

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

MODÉLISATION ET CARACTÉRISATION DU TRAFIC IMS

ANNE MARTINE CORVIL
DÉPARTEMENT DE GÉNIE INFORMATIQUE ET GÉNIE LOGICIEL
ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

MÉMOIRE PRÉSENTÉ EN VUE DE L'OBTENTION
DU DIPLÔME DE MAÎTRISE ÈS SCIENCES APPLIQUÉES
(GÉNIE INFORMATIQUE)
DÉCEMBRE 2007



Library and
Archives Canada

Bibliothèque et
Archives Canada

Published Heritage
Branch

Direction du
Patrimoine de l'édition

395 Wellington Street
Ottawa ON K1A 0N4
Canada

395, rue Wellington
Ottawa ON K1A 0N4
Canada

Your file Votre référence

ISBN: 978-0-494-36904-3

Our file Notre référence

ISBN: 978-0-494-36904-3

NOTICE:

The author has granted a non-exclusive license allowing Library and Archives Canada to reproduce, publish, archive, preserve, conserve, communicate to the public by telecommunication or on the Internet, loan, distribute and sell theses worldwide, for commercial or non-commercial purposes, in microform, paper, electronic and/or any other formats.

The author retains copyright ownership and moral rights in this thesis. Neither the thesis nor substantial extracts from it may be printed or otherwise reproduced without the author's permission.

AVIS:

L'auteur a accordé une licence non exclusive permettant à la Bibliothèque et Archives Canada de reproduire, publier, archiver, sauvegarder, conserver, transmettre au public par télécommunication ou par l'Internet, prêter, distribuer et vendre des thèses partout dans le monde, à des fins commerciales ou autres, sur support microforme, papier, électronique et/ou autres formats.

L'auteur conserve la propriété du droit d'auteur et des droits moraux qui protègent cette thèse. Ni la thèse ni des extraits substantiels de celle-ci ne doivent être imprimés ou autrement reproduits sans son autorisation.

In compliance with the Canadian Privacy Act some supporting forms may have been removed from this thesis.

Conformément à la loi canadienne sur la protection de la vie privée, quelques formulaires secondaires ont été enlevés de cette thèse.

While these forms may be included in the document page count, their removal does not represent any loss of content from the thesis.

Bien que ces formulaires aient inclus dans la pagination, il n'y aura aucun contenu manquant.

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

Ce mémoire intitulé:

MODÉLISATION ET CARACTÉRISATION DU TRAFIC IMS

présenté par: CORVIL Anne Martine

En vue de l'obtention du diplôme de: Maîtrise ès sciences appliquées

A été dûment accepté par le jury d'examen composé de :

Mme NICOLESCU Gabriela, Doct., présidente

M. PIERRE Samuel, Ph.D., membre et directeur de recherche

Mme KARA Nadjia, Ph.D., membre et codirecteur de recherche

M. ANTONIOLO Giuliano, Ph.D., membre

DÉDICACE

À Antoine Juders, Hanz Grégory et Charles Frédéric

REMERCIEMENTS

Je tiens en premier lieu à remercier le professeur Samuel Pierre dont le soutien, les conseils et l'appui constant m'ont guidé tout au long de ma recherche.

Je tiens aussi à remercier le Dr. Nadja Kara de l'Institut International des Télécommunications (IIT) pour avoir conjointement dirigé mes recherches avec le professeur Samuel Pierre.

Un remerciement spécial est adressé à M. Vincent Planat de HP France pour son support et ses conseils durant ma recherche.

Je veux remercier l'Institut International des Télécommunications (IIT) et le Laboratoire de Recherche en Réseautique et Informatique Mobile (LARIM) pour la bourse octroyée ce qui m'a permis de me consacrer à mes études. Je profite aussi pour dire merci aux membres du LARIM pour leur soutien et leur aide précieuse.

Je tiens à souligner ma gratitude à ma famille, à mon époux et à mes enfants pour les sacrifices consentis et leur soutien sans lesquels je n'aurais pas pu atteindre mon objectif.

Je remercie, enfin, tous ceux que je n'ai pas eu la possibilité de nommer et qui m'ont soutenu d'une manière ou d'une autre durant mes études.

RÉSUMÉ

Le sous-système multimédia IP (IMS) est une solution proposée par le 3GPP (3rd Generation Partnership Project) afin d'assurer la convergence des réseaux 3G. Basé sur le protocole SIP (Session Initiation Protocol) proposé par l'IETF (Internet Engineering Task Force), IMS est une architecture standardisée qui permet de fournir un large éventail de services multimédia dans les réseaux à commutation de paquets. Bien qu'IMS soit en phase de déploiement par les opérateurs de réseaux 3G, il reste, néanmoins, certains défis à relever avant que ces services ne soient disponibles commercialement. On retient, comme défis importants, la modélisation du trafic et la gestion de la Qualité de Service (QS) pour garantir la fiabilité du transfert des services IMS à travers les réseaux mobiles.

Ce mémoire vise à caractériser le modèle d'IMS et à analyser l'effet du transfert de services multimédia à travers un réseau 3G sur la signalisation IMS. Pour y parvenir, nous avons d'abord analysé l'architecture d'IMS sous l'angle des recommandations du 3GPP, puis nous avons proposé une architecture simplifiée d'un réseau 3G IMS. Nous avons recensé les services pouvant être offerts dans un tel réseau et nous en avons retenu un sous-ensemble. Nous avons, par la suite, analysé le trafic dans le cadre de cette architecture de services, en tenant compte de ces composantes : données et signalisation. Ensuite, nous avons adapté des modèles existants pour représenter le trafic de données. Nous avons dégagé le caractère hétérogène, multi-protocolaire et multi-fréquentiel du trafic de signalisation et proposé de nouveaux modèles pour le représenter, basés sur les spécifications de 3GPP et sur des observations de services IMS implantés. Les modèles obtenus ont été calibrés et validés par comparaison avec des mesures réelles de trafic IMS fournies par HP puis utilisés pour simuler un réseau 3G IMS à partir d'OPNET Modeler (version 11.5).

Nous avons ainsi évalué les performances du réseau en fonction du type de service multimédia transféré, du nombre d'utilisateurs et de leur statut de mobilité. Les résultats obtenus ont montré que le réseau d'accès radio terrestre de l'UMTS (UTRAN) constitue un goulot d'étranglement pour le trafic multimédia dans un

réseau 3G IMS. Il contribue à 70% des délais de bout en bout encourus par le trafic audio et à 93% de ceux encourus par le trafic vidéo. Les résultats ont montré également que les temps de réponse étaient élevés pour le trafic de signalisation mais que le réseau d'accès n'y contribuait qu'à 30%. On en déduit que 70% des délais rencontrés par le trafic de signalisation sont attribuables aux protocoles TCP et aux traitements effectués dans le sous-système IMS.

De façon générale, les résultats obtenus montrent que le service audio dans un réseau 3G IMS a une performance acceptable. Par contre, le service vidéo performe mal en considérant le délai de bout-en-bout et la gigue, de même que l'on constate les délais élevés du trafic de signalisation. L'analyse des résultats a montré que les paramètres qui permettaient d'améliorer la performance du trafic de signalisation entraînaient une augmentation des délais pour le trafic vidéo. Aussi, nous proposons de réduire le trafic de signalisation. La compression de la signalisation sur l'UTRAN serait une solution envisageable, en ce sens.

Les principales contributions de cette recherche se trouvent au niveau des modèles de trafic proposés et des évaluations de performance réalisées. Les résultats obtenus peuvent être utilisés pour la prédiction de trafic IMS et pour l'établissement de stratégies efficaces de gestion des profils de services et d'optimisation de la QS dans les réseaux mobiles.

ABSTRACT

The IP Multimedia Subsystem (IMS) was proposed by 3GPP (3rd Generation Partnership project) as a solution to ensure all-IP convergence for the 3G networks. Based on SIP (Session Initiation Protocol) proposed by the IETF (Internet Engineering Task Force), IMS is considered as a non proprietary solution that can guarantee interoperability between IP and non IP networks. It provides a broad range of multimedia services over packet switch domains. Such services are not yet commercially available even though the 3G network providers have already started deploying IMS platforms. There are needs to study many IMS aspects such as service traffic modeling and Quality of Service (QoS) management to guarantee reliable IMS service delivery.

This research focuses on IMS service traffic modeling, IMS performance evaluation and simulation tools aspects. In this work, we first analyzed the IMS core network architecture as proposed by 3GPP. Then, we proposed a simplified 3G IMS network, presented various IMS services that are being considered for implementation in 3GPP and then selected a representative set of them. We also analyzed the traffic in the proposed network given the services selected by taking into account the signaling and the media plane. We adapted existing models to represent the IMS media traffic. We found that IMS signaling traffic is heterogeneous with multiple protocols and patterns. We then proposed new models to represent the IMS signaling traffic based on 3GPP specifications as well as on real observations of implemented IMS services. The models obtained were calibrated, validated by comparison with real measures of IMS traffic obtained from HP, and used to build a 3G IMS network with the OPNET simulator (version 11.5).

The performance of the proposed network was evaluated according to the multimedia services selected, the number of users and their mobility. We noticed that the UMTS terrestrial radio network (UTRAN) was a bottleneck for the multimedia traffic in a 3G IMS network. In fact, we found that 70% of end-to-end delay of the audio traffic and 93% of end-to-end delay of the video traffic came from the UTRAN. However, we noticed that the contribution of the UTRAN in the response

time of the signaling traffic was only 30%. We then concluded that 70% of the end-to-end delay of the signaling traffic comes from the transport protocol, TCP, and from delay due to processing in IMS subsystem.

We noticed that the performance of the audio services in a 3G IMS network was acceptable. Nevertheless, video services had unacceptable performance regarding the end-to-end delay and the jitter. Moreover, the response time for the signaling traffic was considerable. We found that parameters which reduce the end-to-end delay of the signaling traffic raised the end-to-end delay of video traffic. Because of that, we suggest to reduce the signaling traffic. Compression of signaling messages can be considered to reduce the delays.

The main contributions of this research include the traffic models proposed and the performance evaluation realized. The results obtained can be used to predict performance trends of IMS traffic in 3G networks and to choose parameter values optimally for service profile and QoS management in mobile networks.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS.....	v
RÉSUMÉ	vi
ABSTRACT	viii
TABLE DES MATIÈRES.....	x
LISTE DES FIGURES	xii
LISTE DES TABLEAUX.....	xiv
LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS.....	xvi
LISTE DES ANNEXES.....	xix
CHAPITRE 1 INTRODUCTION	1
1.1 Définitions et concepts de base.....	1
1.2 Éléments de la problématique.....	6
1.3 Objectifs de recherche	7
1.4 Plan du mémoire	8
CHAPITRE 2 IMS : ARCHITECTURE ET SERVICES.....	9
2.1 Présentation sommaire d'IMS	9
2.2 Présentation du trafic.....	12
2.2.1 Présentation du trafic de signalisation	13
2.2.2 Présentation du trafic de données.....	15
2.3 Architecture d'IMS	30
2.4 Conclusion	33
CHAPITRE 3 ARCHITECTURE DE SERVICES	34
3.1 Architecture du réseau 3G IMS	34
3.2 Architecture de services	35
3.3 Signalisation dans le réseau proposé.....	37
3.3.1 Procédures d'inscription	37

3.3.2	Procédures d'enregistrement.....	38
3.3.3	Signalisation de service	40
3.4	Analyse du trafic dans le réseau proposé	47
3.4.1	Modèle de trafic voix.....	47
3.4.2	Modèle de trafic vidéo	48
3.4.3	Modèle de trafic de signalisation.....	50
CHAPITRE 4	ÉVALUATION DE PERFORMANCE	56
4.1	Indices de performance	56
4.2	Plan d'expérience.....	57
4.3	Implantation du réseau proposé dans OPNET.....	58
4.3.1	Représentation du modèle UMTS	60
4.3.2	Configuration du trafic	62
4.3.3	Profils de service	65
4.3.4	Calibrage et validation.....	67
4.4	Résultats et interprétation	71
4.4.1	Résultats des scénarios I et III.....	72
4.4.2	Résultats des scénarios V et VII.....	75
4.4.3	Résultats des scénarios II et IV	77
4.4.4	Résultats des scénarios VI et VIII	81
4.5	Validation des résultats	88
CHAPITRE 5	CONCLUSION	90
5.1	Synthèse des travaux et principales contributions	90
5.2	Limitations des travaux	93
5.3	Indications de recherche future.....	94
BIBLIOGRAPHIE		95
ANNEXES		100

LISTE DES FIGURES

Figure 2.1	Architecture d'un réseau 3G IMS	11
Figure 2.2	Architecture du service de présence	17
Figure 2.3	Publication de l'information de présence	18
Figure 2.4	Souscription et notification d'information de présence.....	19
Figure 2.5	Service de présence dans IMS	20
Figure 2.6	Messagerie instantané en mode Pager	21
Figure 2.7	Établissement de session de messages instantanés	22
Figure 2.8	Architecture du service PoC	25
Figure 2.9	Architecture du service PoC dans IMS.....	25
Figure 2.10	Établissement d'une session PoC.....	27
Figure 2.11	Réseaux de file d'attente d'IMS.....	30
Figure 2.12	Files d'attente pour analyser le délai d'une session SIP avec UMTS.	31
Figure 2.13	Files d'attente modélisant une chaîne de serveurs SIP.....	31
Figure 3.1	Architecture simplifiée d'un réseau 3G IMS	35
Figure 3.2	Architecture de services.....	37
Figure 3.3	L'UE initie une inscription au réseau.....	38
Figure 3.4	Procédure d'enregistrement à IMS.....	40
Figure 3.5	Publication d'information de présence	41
Figure 3.6	Ajout d'un contact.....	42
Figure 3.7	Création d'un groupe privé	43
Figure 3.8	Poster un contenu	44
Figure 3.9	Établissement de session VoIP dans IMS.....	46
Figure 3.10	Modèle d'un appel simple.....	48
Figure 3.11	Modèle d'une source vidéo MPEG	50
Figure 3.12	Flot de signalisation.....	51
Figure 3.13	Signalisation de service par session (un seul utilisateur)	53
Figure 4.1	Topologie du réseau proposé	60
Figure 4.2	Nombre de retransmissions au niveau TCP pour les 3 configurations	70

Figure 4.3	Délai au niveau TCP pour les 3 configurations	70
Figure 4.4	Délai moyen TCP (scénarios I et III).....	73
Figure 4.5	Nombre moyen de retransmissions TCP (scénarios I et III).....	73
Figure 4.6	Trafic vidéo - délai moyen bout-en-bout (scénarios I et III)	73
Figure 4.7	Trafic vidéo - gigue moyenne (scénarios I et III).....	73
Figure 4.8	Trafic audio - délai moyen bout-en-bout (scénarios I et III)	74
Figure 4.9	Trafic audio – gigue moyenne (scénarios I et III).....	74
Figure 4.10	Trafic vidéo - délai moyen bout-en-bout (scénarios V et VII)	76
Figure 4.11	Trafic vidéo - gigue moyenne (scénarios V et VII).....	76
Figure 4.12	Trafic audio - délai moyen bout-en-bout (scénarios V et VII)	76
Figure 4.13	Trafic audio – gigue moyenne (scénarios V et VII).....	76
Figure 4.14	Trafic vidéo - délai moyen bout-en-bout (scénarios II et IV).....	79
Figure 4.15	Trafic vidéo - gigue moyenne (scénarios II et VI).....	79
Figure 4.16	Trafic audio - délai moyen bout-en-bout (scénarios II et IV)	80
Figure 4.17	Trafic audio - gigue moyenne (scénarios II et IV).....	80
Figure 4.18	Délai TCP (scénarios VI et VIII)	82
Figure 4.19	Nombre moyen de retransmissions TCP (scénarios VI et VIII)	82
Figure 4.20	Trafic vidéo - délai moyen bout-en-bout (scénarios I et III)	83
Figure 4.21	Trafic vidéo - gigue moyenne (scénarios VI et VIII).....	83
Figure 4.22	Trafic audio - délai moyen bout-en-bout (scénarios VI et VIII).....	83
Figure 4.23	Trafic audio – gigue moyenne (scénarios VI et VIII)	83
Figure 4.24	Trafic vidéo - délai moyen bout en bout (32 kbps).....	87
Figure 4.25	Trafic vidéo - délai moyen bout en bout (64 kbps).....	87

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2-1	Interfaces pour le service PoC	26
Tableau 3-1	Trafic de signalisation en fonction de la source.....	52
Tableau 3-2	Trafic de signalisation à destination de l'XDMS	52
Tableau 3-3	Sollicitation des nœuds critiques du réseau	54
Tableau 3-4	Interarrivées des requêtes de signalisation au S-CSCF	54
Tableau 3-5	Interarrivées au S-CSCF (sans période OFF /session)	55
Tableau 4-1	Configuration des différents scénarios	58
Tableau 4-2	Configuration du modèle de voix.....	63
Tableau 4-3	Configuration du modèle de vidéo suivant MPEG-4	63
Tableau 4-4	Trafic de signalisation divisé en applications	64
Tableau 4-5	Estimation de la fréquence d'utilisation des services.....	65
Tableau 4-6	Paramètres de configuration des services audio.....	66
Tableau 4-7	Paramètres de configuration des services vidéo.....	66
Tableau 4-8	Paramètres de configuration du service - administrateur	66
Tableau 4-9	Paramètres de configuration du service - membre	67
Tableau 4-10	Temps de réponse en sec des requêtes de signalisation (avant correction).....	68
Tableau 4-11	Temps de réponse en sec. des requêtes de signalisation (après correction)	68
Tableau 4-12	Profil de QS et modes RLC	69
Tableau 4-13	Temps de réponse (maximum) en sec des requêtes de signalisation .	70
Tableau 4-14	Temps de réponse (moyen) en sec des requêtes de signalisation (scénarios I et III).....	72
Tableau 4-15	Délai moyen bout-en-bout (sec) (GMM UMTS) par trafic	74
Tableau 4-16	Temps de réponse (moyen) en sec des requêtes de signalisation (scénarios V et VII)	75
Tableau 4-17	Délai moyen bout-en-bout (sec) (GMM UMTS) par trafic (scénarios V et VII)	77
Tableau 4-18	Activation du contexte PDP (sec)	77

Tableau 4-19	Temps de réponse (moyen) en sec des requêtes de signalisation (scénarios II et IV).....	78
Tableau 4-20	Temps de réponse (moyen) en sec des requêtes de signalisation (scénarios VI et VIII).....	81
Tableau 4-21	Activation de contextes PDP (temps moyen en sec).....	85
Tableau 4-22	Temps de réponse (moyen) en sec des requêtes de signalisation pour des débits de 32 kbps et 64 kbps	86
Tableau 4-23	Délais trouvés pour le réseau d'accès et le réseau cœur	88

LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS

2G	Seconde génération
3A	Authentication, Authorization, and Accounting
3G	Troisième génération
3GPP	Third Generation Partnership Project
AAL	ATM Adaptation Layer
AP	Application Protocol
APN	Access Point Name
AS	Application Server
ATM	Asynchronous Transfer Mode
BGCF	Breakout Gateway Control Function
CDMA	Code Division Multiple Access
CS	Circuit Switched
CSCF	Call Session Control Function
DCH	Dedicated Channel
FACH	Forward Access Channel
FER	Frame Error
FP	Frame Protocol
GGSN	Gateway GPRS Serving Node
GMM	GPRS Mobility Management
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Global System for Mobile Communications
HLR	Home Location Register
HSDPA	High-Speed Downlink Packet Access
HSS	Home Subscriber Server
HTTP	HyperText Transfer Protocol
I-CSCF	Interrogating Call Session Control Function
IETF	Internet Engineering Task Force
IMS	IP Multimedia SubSystem
IP	Internet protocol

ISIM	IP Multimedia Services Identity Module
LTE	Long Term Evolution
MEGACO	Media Gateway Control
MGW	Media Gateway
MPEG	Moving Picture Experts Group
MRF	Media Ressource Function
MRFC	Media Ressource Function Controller
MRFP	Media Ressource Function Processor
MSRP	Message Session Relay Protocol
OMA	Open Mobile Alliance
P-CSCF	Proxy Call Session Control Function
PA	Presence Agent
PDP	Packet Data Protocol Context
PDU	Protocol Data Unit
POC	Push-to-talk Over Cellular
PS	Packet Switched
PS	Presence Server
PSTN	Public Switched Telephone Network
PUA	Presence user Agent
QoS	Quality of Service
QS	Qualité de Service
RAB	Radio Access Bearer
RFC	Request For Comments
RLC	Radio Link Controller
RLP	Radio Link Protocol
RTP	Real Time Protocol
RTCP	Real Time Control Protocol
S-CSCF	Serving Call Session Control Function
SDP	Session Description Protocol
SGSN	Serving GPRS Support Node
SIP	Session Initiation Protocol
SLF	Subscriber Location Function

SGW	Signaling Gateway
TBCP	Talk Burst Control Protocol
TCP	Transmission Control Protocol
UDP	User Datagram Protocol
UE	User Equipment
UICC	Universal Integrated Circuit Card
UIT	Union Internationale des Télécommunications
UMTS	Universal Terrestrial Radio Access Network
URL	Unified Ressource Locator
USIM	Universal Subscriber Identity Module
VLR	Visitor Location Register
VoIP	Voice Over Internet Protocol
WCDMA	Wideband Code Division Multiple Access
WLAN	Wide Local Access Network
XCAP	XML Configuration Access Protocol
XDMC	XML Document Management Client
XDMS	XCAP Document Management Server
XML	eXtensible Markup Language

SYMBOLES

Cx	Point de référence entre un CSCF et le HSS
Gm	Point de référence entre le GGSN et le P-CSCF
ISC	Point de référence entre un CSCF et un Application Server
Iu	Point de référence entre le réseau d'accès et le réseau cœur
Mp	Point de référence entre MRFP et MRFC
Mr	Point de référence entre CSCF et MRFC

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE I	Détail des tâches pour les Applications	100
ANNEXE II	Détail des Trajectoires	102
ANNEXE III	Temps de Réponse du trafic de signalisation selon le débit (administrateur)	103
	Temps de Réponse du trafic de signalisation selon le débit (membre)	104

CHAPITRE 1

INTRODUCTION

Les réseaux de troisième génération visent la convergence de deux grands concepts en communication : l'Internet et les réseaux cellulaires. En effet, les réseaux cellulaires peuvent offrir actuellement de très hauts débits à leurs usagers. Parallèlement, l'Internet est passé d'un petit réseau reliant quelques sites de recherches à un vaste réseau mondial offrant différents services de communication combinant voix, vidéo et données. En ce sens, le sous-système multimédia IP (IMS) est l'élément clé dans l'architecture 3G qui rend possible l'accès à tous ces services que l'Internet fournit, peu importe où l'on se trouve et sa condition de mobilité. Pour cela, IMS exploite des protocoles standards IP et offre une architecture que les opérateurs fixes et mobiles peuvent utiliser pour délivrer de nouveaux services générateurs de revenus. Cependant, telle que l'architecture d'IMS est définie, le déploiement de ces services implique de nombreux défis et une bonne analyse du trafic lié à ceux-ci devient essentielle. D'où le présent mémoire qui s'intéresse à caractériser le trafic IMS dans le contexte des réseaux 3G et à analyser l'effet du transfert de services multimédia sur la signalisation IMS. Dans ce chapitre d'introduction, après avoir défini les concepts de base, nous préciserons les éléments de la problématique ainsi que les objectifs de recherche et enfin nous présenterons les grandes lignes du mémoire.

1.1 Définitions et concepts de base

Le réseau 3G IMS inclut un réseau d'accès 3G et une plateforme IMS. La 3G désigne la troisième génération des technologies de téléphonie mobile. Un *réseau cellulaire 3G* est un réseau de transmission par ondes radio pouvant servir des terminaux mobiles sur une zone de couverture divisée en cellules et faisant suite aux réseaux cellulaires 2G comme le *GSM (Global system for Mobile communications)*. Ces réseaux offrent un débit élevé pouvant atteindre 2 Mbps et supportant des applications multimédia : accès rapide à l'internet, traitement d'images et

vidéoconférences. Ils visent à offrir aussi une mobilité globale à l'échelle planétaire, l'intégration et la compatibilité des services de différents réseaux fixes et mobiles.

Les *applications multimédia* sont des services de communication qui intègrent différents types de média tels que l'audio, la vidéo et les données. Ces services permettent de construire des applications comme la vidéo-téléphonie, la vidéoconférence ou encore des applications de vidéo à la demande. Ces services se distinguent des services comme la navigation WEB par leurs exigences beaucoup plus strictes en *Qualité de Service (QS)* de bout en bout, ensemble de caractéristiques ou contraintes qui doivent être satisfaits par le réseau tout au long du transport des flux de trafic de la source à la destination.

L'Union Internationale des télécommunications (UIT) a proposé la norme IMT-2000 pour les réseaux 3G. On retient deux variantes de cette norme : l'*UMTS (Universal Mobile Telecommunications System)* et CDMA2000. Le 3GPP [1] est à l'origine de l'UMTS dont la définition a hérité d'un certain nombre de concepts de la norme GSM. Dans ce projet, on met l'emphasis sur l'UMTS qui répond aux besoins de fournir des services temps réel pour les données et des services de voix performants. L'héritage GSM de l'UMTS place celui-ci en situation favorable, le nombre important d'utilisateurs du GSM étant un facteur prépondérant pour le succès futur de l'UMTS.

L'UMTS est composé de 3 parties : l'équipement utilisateur, le réseau d'accès et le réseau cœur (CN).

L'*équipement utilisateur (UE)* peut être entre autres un PDA, un ordinateur, un téléphone et permet à l'utilisateur d'accéder à l'infrastructure et aux services.

Le *réseau d'accès* regroupe les fonctions propres au transport de l'information entre l'UE et le réseau cœur. Il utilise la technologie *W-CDMA (Wideband Code Division Multiple Access)*. C'est la partie du réseau qui gère l'interface et les ressources allouées sur l'interface radio. Il inclut les *nœud-B (Node-B)* qui assurent la transmission et la réception radio et le *contrôleur de réseau radio (RNC)* qui se charge de la gestion de l'admission au réseau et des liens radio. Chaque Nœud-B est associé à un RNC.

L'UMTS propose une architecture ouverte en séparant les fonctions liées à la technologie d'accès de celles qui ne dépendent pas du mode d'accès. Ainsi, il est possible de connecter les réseaux d'accès de technologies différentes au réseau cœur de l'UMTS comme le *BRAN (Broadband Radio Access Network)*, le SRAN (satellite Radio Access Network) et l'UTRAN (Universal Terrestrial Access Network). Pour cela, la notion de *RAB (Radio Access Bearer)*, a été introduite et c'est le RAB qui transporte les données entre l'UE et le réseau cœur. Ainsi, le réseau cœur ne connaît pas les caractéristiques précises du RAB, c'est-à-dire la manière dont il sera mis en œuvre; par exemple, le type de canal radio utilisé, les protocoles employés et leur mode de fonctionnement ne sont connus que du réseau d'accès.

Le *réseau cœur* est la partie du réseau qui gère l'ensemble des abonnés et les services fournis aux abonnés. Il est formé de deux domaines : le domaine *CS (Circuit Switch)* et le domaine *PS (Packet switch)*. En fait, le réseau cœur de l'UMTS est très similaire à celui du réseau GSM, mentionné au début de cette section. En effet, dans le GSM, le service à commutation de paquets a été introduit en complément du service traditionnel à commutation de circuits et porte le nom de *GPRS (General Packet Radio Service)*. Dans la norme UMTS, ce service porte le nom de domaine PS alors que le service à commutation de circuit porte le nom de domaine CS. Dans ce projet, nous nous intéressons au domaine PS du fait qu'IMS repose intégralement sur ce domaine et permet aux utilisateurs d'accéder à un ensemble de services à travers celui-ci. Le domaine PS regroupe le *nœud de service GPRS (SGSN)* et le *nœud de passerelle GPRS (GGSN)*. Le SGSN (Serving GPRS Support Node) contrôle la localisation des utilisateurs et réalise des fonctions de sécurité. Le GGSN (Gateway GPRS Support Node) est chargé du routage des appels et assure l'interopérabilité avec des réseaux externes à commutation de paquets tels l'Internet.

Le réseau cœur a, comme le réseau d'accès, un service support; celui-ci est appelé *CNB, Core Network Bearer (CNB)* alors que le service support du réseau d'accès est le RAB. Le CNB et le RAB constituent une façon optimale pour réaliser les *services supports de l'UMTS* au dessus des topologies cellulaires en tenant compte des aspects comme la mobilité et le profil des usagers mobiles. Pour assurer un certain niveau de qualité de service, des services support avec des paramètres et

des fonctionnalités bien définies doivent être établis entre la source et la destination permettant une synchronisation entre les requis d'une application et les services de l'UMTS [2].

Un service support doit avoir la capacité de fournir la QS entre un usager et un réseau ou entre un domaine et un autre domaine réseau adjacent. Pour cela, des mécanismes comme le contrôle de signalisation, le transport des données de l'utilisateur et la gestion de la QS sont réalisés.

Le 3GPP a défini 4 classes différentes de QS pour l'UMTS: *Conversationnelle (conversational)*, *à flux continu (streaming)*, *interactive (interactive)*, *d'arrière plan (background)*. Le facteur déterminant faisant la différence entre ces classes est la sensibilité du trafic aux délais. La classe conversationnelle est conçue pour les trafics les plus sensibles aux délais, alors que la classe d'arrière plan est la moins sensible aux délais.

La classe conversationnelle et la classe à flux continu sont prévues, généralement, pour acheminer un flux temps réel mais les deux se distinguent par leur niveau de sensibilité au délai. Ainsi, les services conversationnels en temps réel comme la voix et la vidéo téléphonie sont les applications les plus sensibles aux délais et doivent être transportés dans la classe conversationnelle.

La classe interactive et celle d'arrière-plan sont généralement utilisées pour transporter les applications traditionnelles comme le WWW, le courriel, TELNET, FTP et les News. Ces deux classes, en raison des contraintes de délais moins strictes comparés aux classes conversationnelles et à flux continu, offrent un meilleur taux d'erreur en utilisant des mécanismes avancés de retransmission et de codage de canal. La distinction entre les applications interactives (ex. navigation web) et d'arrière-plan (ex. téléchargement de fichiers, SMS), permet d'assurer un temps de réponse plus court pour les applications interactives. Le trafic interactif a également une plus haute priorité que celle du trafic d'arrière-plan quant aux mécanismes d'ordonnancement. Ainsi, les applications générant un trafic d'arrière-plan utilisent les ressources de transmission seulement si les applications interactives n'en ont pas besoin. Ceci est important dans un environnement sans fil où la bande passante est très limitée.

Il reste néanmoins qu'il n'existe pas de correspondance typique entre les classes de QS définies par le 3GPP pour l'UMTS et les classes de services d'une

application. Un service interactif par nature peut générer un trafic acheminé par la classe conversationnelle si l'application a des contraintes élevées de délai. Outre la classe de trafic, d'autres attributs décrivent le service fourni par le réseau UMTS à l'utilisateur d'un service support UMTS. Ce sont, entre autres :

- *le débit binaire maximal* (en kbps) qui est le nombre maximal de bits fourni par le réseau UMTS en un point du réseau tout au long d'une période de temps donnée sur la durée de cette période;
- *le débit binaire garanti* (en kbps) qui est le nombre garanti de bits fourni par le réseau UMTS en un point du réseau tout au long d'une période de temps donnée sur la durée de cette période;
- *l'ordre de livraison* (oui/non) qui indique si le support UMTS doit livrer les unités de données de services *SDUs* (Service Data Unit) dans le bon ordre de séquence ou non;
- *la taille maximale du SDU* (octets) qui est la taille maximale permise;
- *le taux d'erreur des SDU* qui indique la fraction de SDUs perdus ou erronés;
- *la livraison des SDUs erronées* (oui/non) qui renseigne si les SDUs erronées sont livrées ou rejetées;
- *le délai de transfert* (msec) qui indique le délai maximal du 95^{ème}% de la distribution du délai pour toutes les SDUs livrées pendant la durée de support du service.

1.2 Éléments de la problématique

IMS est d'un grand intérêt à la fois pour les opérateurs de téléphonie fixe et mobile, les programmeurs d'applications et les clients. En effet, IMS permet aux réseaux de transporter un grand éventail de trafic de données tout en simplifiant l'architecture réseau et en réduisant les coûts d'exploitation. Cela explique l'attrait des opérateurs pour IMS, d'autant plus qu'ils sont en quête de nouvelles opportunités pour justifier leur investissement dans l'achat d'équipements pour les réseaux 3G. Cette opportunité semble être trouvée dans les services multimédia [3].

De plus, IMS fournit un cadre qui permet de développer rapidement des services sans recourir à la standardisation. Les développeurs peuvent donc concentrer leurs efforts sur les produits et les services plutôt que sur les problèmes de compatibilité des différentes plates-formes.

Enfin, IMS facilite la proposition de nouveaux services convergents et multimédia tant sur des terminaux mobiles que fixes. Les clients peuvent ainsi s'attendre à des services de communications enrichis, homogènes et moins chers.

De nombreux autres arguments pourraient être trouvés pour justifier l'attrait pour IMS, il n'en demeure pas moins que sa mise en œuvre soulève certaines interrogations et pose des défis que les opérateurs de réseaux mobiles n'avaient pas encore rencontrés jusqu'à présents. Quelle bande passante sera-t-elle nécessaire pour les nouveaux services? Quelle utilisation sera-t-elle faite de ces services, quelle sera la charge et comment évaluer la performance du réseau?

Déjà, le délai associé au contrôle des paquets liés aux services de la voix sur IP est prévu pour être excessif comparé au délai correspondant pour les réseaux GSM/UMTS actuels à commutation de circuits. Foster et al. [4] estiment que l'utilisation de SIP [5], protocole en mode texte, pour le contrôle dans un réseau UMTS entraîne une utilisation inefficace de l'interface radio. Les opérateurs sont donc concernés sur la viabilité des services basés IP dans un réseau UMTS.

La procédure pour l'établissement de session pour les services multimédia entre deux entités implantant IMS paraît compliquée également. Kim et al. [6] en analysant la communication point-à-point de la Voix sur IP, soulignent le délai de

connexion important en raison d'un grand nombre de messages échangés au cours des phases visant à établir la connexion entre deux entités.

De plus, l'offre d'IMS concerne les services multimédia qui sont des services temps réel comme la voix sur IP, la vidéoconférence, la messagerie instantanée où la qualité de service (QS) est un facteur extrêmement important; en ce sens, l'approche IP «moindre effort», sans garantie de délai ou de délivrance des paquets, peut paraître moins appropriée.

Il n'y a pas encore, à ce jour, de réseaux 3G IMS déployés ni de modèle de trafic IMS connu. En ce sens, la caractérisation du modèle d'IMS, l'analyse de l'effet du transfert des services multimédia sur la signalisation IMS et l'étude de performance d'un réseau 3G IMS constituent des préoccupations pertinentes et des défis de recherche. Le trafic de signalisation est considéré comme étant un important type de trafic réseau [7], d'où l'emphase à mettre sur celui-ci pour évaluer la performance du réseau.

1.3 Objectifs de recherche

L'objectif principal de ce mémoire est de caractériser et de modéliser le trafic IMS basé sur sa charge de signalisation et de trafic média afin d'évaluer la performance du réseau. De manière plus spécifique, nous visons les objectifs suivants :

1. analyser l'architecture d'IMS sous l'angle des recommandations du 3GPP afin d'identifier un ensemble de fonctionnalités essentielles à son déploiement;
2. proposer une architecture de services IMS qui intègre un sous-ensemble approprié de services IMS conduisant à la modélisation du trafic;
3. évaluer la performance de l'architecture de services proposée en utilisant le simulateur OPNET.

1.4 Plan du mémoire

Ce mémoire comprend 5 chapitres. Faisant suite à ce premier chapitre d'introduction, le chapitre 2 présente une architecture d'IMS et ses services. Il inclut également une revue de littérature permettant une analyse de la performance du sous-système IMS. Le chapitre 3 introduit une architecture de services IMS dont la performance sera évaluée au chapitre 4. Ce dernier contient aussi le plan d'expérience pour l'évaluation de performance, les résultats obtenus ainsi qu'une analyse de ces résultats. Enfin, le chapitre 5 présente une synthèse du travail de recherche réalisé en mettant l'accent sur les principales contributions apportées par notre travail et des directions de recherche possible comme travaux futurs.

CHAPITRE 2

IMS : ARCHITECTURE ET SERVICES

La version 3 (ou Release 99) est la première version opérationnelle de la norme UMTS produite par le standard 3GPP. Les versions 4 à 6 proposent des évolutions et améliorations en termes de services, débits et technologies aux niveaux du réseau d'accès et du réseau cœur. Dans la version 3, on retrouve le protocole IP seulement dans le domaine PS mais, à partir de la version 5 le protocole IP est introduit dans le réseau d'accès comme alternative aux couches ATM [8].

IMS a fait son entrée dans la version 5 de la norme UMTS, dès l'apparition de SIP dans le réseau cœur [9]. Ce dernier a migré vers une architecture «Tout-IP » où IMS gère la signalisation de contrôle d'appel et utilise le domaine PS pour transporter les données et les messages de signalisation de façon efficace afin d'assurer la qualité de service pour les applications multimédia. La version 6 de 3GPP ajoute l'interconnectivité avec les réseaux WLAN. Le concept de réseaux tout IP et de convergence propose de raccorder tous les réseaux d'accès GSM, 3G et ses évolutions, tels HSDPA ou LTE à un réseau cœur IP.

Dans ce chapitre, nous faisons d'abord une présentation sommaire d'IMS puis nous présentons le trafic dans un réseau 3G incluant ce sous-système. Nous terminerons le chapitre par une analyse de l'architecture d'IMS.

2.1 Présentation sommaire d'IMS

IMS devrait faciliter l'accès à tous les services audio, vidéo et données basés sur IP, à travers différents réseaux d'accès. Parmi ces services, on retrouve: la Voix sur IP (VoIP), le *Push-to-talk* sur téléphones cellulaires (POC), les jeux multi-joueurs, les vidéoconférences, la messagerie instantanée, les services pour communautés, l'information de présence et le partage de contenus.

IMS standardise l'architecture d'accès aux services multimédia à travers des réseaux 3G. Il offre les fonctionnalités suivantes:

- la gestion de session en négociant les paramètres de la session;
- l'authentification, l'autorisation, et la facturation (AAA : Authentication, Authorization, and Accounting) :
 - l'identification de l'utilisateur,
 - la détermination de ses privilèges,
 - la facturation de son trafic en fonction de son profil;
- la mise en place de la sécurité;
- l'interconnexion avec les opérateurs;
- l'interfonctionnement avec les réseaux existants;
- l'aiguillage et l'orchestration des services existants, fournis aux usagers.

Pour réaliser ces fonctions, IMS fournit plusieurs éléments de base: le HSS (Home Subscriber Server) qui s'occupe de la gestion de l'annuaire des abonnés, l'ensemble des modules CSCF (Call session Control Function) qui gère les sessions, le MRF (Media Ressource Function) pour les interactions média et des serveurs d'applications (AS) pour l'exécution et le pilotage des services. Tous ces éléments communiquent en utilisant le protocole SIP, sauf le HSS qui utilise le protocole DIAMETER pour communiquer avec l'I-CSCF et le S-CSCF.

Un utilisateur est identifié par le réseau de deux façons : une ou plusieurs identités publiques pour le routage des messages dans le domaine IMS et une identité privée utilisée pour l'authentification et la facturation (release-5). Ces deux types d'identité sont enregistrés dans la base de données du HSS. À chaque identité publique est associé un profil de service et d'abonnement qui est mémorisé dans la base de données du HSS. IMS autorise ou non l'accès à une ressource de réseau ou à une application selon le profil de l'abonné. Dans le cas où un réseau contient plusieurs HSS, un SLF (Subscriber Location Function) est ajouté. C'est une base de données qui fait le lien entre les adresses des utilisateurs et les HSSs.

Si l'utilisateur veut accéder à un serveur d'applications, cela nécessite l'intervention d'un contrôleur S-CSCF, (Serving Call Session Control Function). Ce dernier intervient dans l'orchestration des services fournis par les ASs. Deux autres CSCFs sont aussi utilisés le P-CSCF (proxy) et le I-CSCF (Interrogating). Le premier authentifie l'utilisateur et vérifie l'exactitude de la requête SIP. Directement connecté

au GGSN, il fournit des fonctions de gestion de la QS telle que PDF (Policy Decision Function). Le second retrouve les informations relatives à la localisation de l'utilisateur à des fins de routage. L'implication d'AS dans l'exécution des services aux usagers peut requérir l'usage d'un MRF (Multimedia Resource Function). Ce dernier est divisé en deux parties : MRFC (Media Resource Function Controller) et MRFP (Media Resource Function Processor). Le MRFC est un contrôleur du MRFP qui gère les interactions entre les usagers et les services de conférence et de transcodage.

On retrouve également au niveau de l'architecture d'IMS, le BGCF (Breakout Gateway Control Function) et une passerelle PSTN décomposé en SGW (Signaling Gateway) en MGCF (Media Gateway Controller Function) et en MGW (Media Gateway) permettant à un utilisateur IMS de communiquer avec d'autres réseaux.

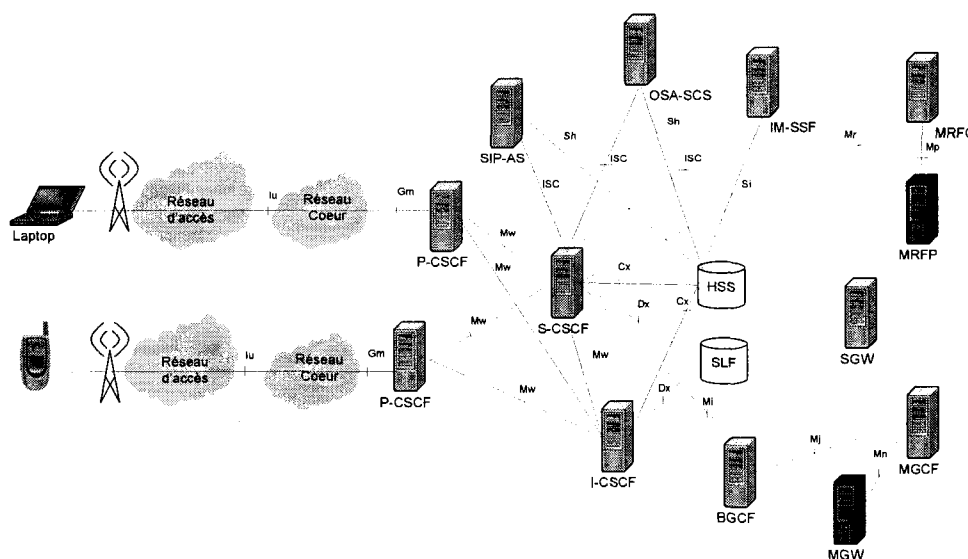


Figure 2.1 Architecture d'un réseau 3G IMS

Les différents éléments de ce réseau, comme on le constate à la Figure 2.1, sont reliés à l'aide d'interfaces et la communication s'établit suivant des protocoles bien définis. On retrouve, par exemple, l'interface *Iu* entre le réseau cœur et le réseau d'accès. Chacune de ces interfaces supporte deux types de protocoles : les protocoles AP (Application Protocol), comprenant les échanges de signalisation entre les équipements, et les protocoles FP (Frame Protocol), utilisés pour transporter les

données usager. L'interface *Gm* permet au P-CSCF d'échanger des messages avec le GGSN. L'interface *ISC* est utilisée pour l'échange de messages entre le S-CSCF et les serveurs d'applications ASs.

Le protocole SIP est à la base de ces différents échanges entre S-CSCF et les serveurs d'applications. Normalisé et standardisé par l'IETF, Internet Engineering Task Force, SIP intervient dans l'établissement des sessions comme protocole de signalisation [5]. En ce sens, il joue un rôle primordial dans l'établissement, la modification et la libération de sessions. Il se charge aussi de localiser les divers participants et de négocier les différents formats médias nécessaires à leur communication, via l'encapsulation de messages SDP (Session Description Protocol). Ce dernier est une syntaxe permettant de décrire les paramètres d'une session : le type de médias (audio et/ou vidéo) et la manière dont les informations sont encodées [10]. SIP peut s'appuyer sur divers couches de transport et permet la négociation du flux RTP, RTCP. Il est indépendant de l'architecture de réseau sous jacente et des flux multimédia.

Le HSS est relié à l'I-CSCF et au S-CSCF via l'interface *Cx* pour permettre l'échange de certaines données de l'utilisateur liées à la souscription aux services IMS. Cet échange se fait avec le protocole DIAMETER [11]. DIAMETER constitue un protocole de base et un ensemble d'extensions suivant les contextes applicatifs. Enfin, l'interface *Mr* permet au S-CSCF de communiquer avec le MRF et l'interface *Mp* (protocole H.248), référé aussi en tant que MEGACO (Media Gateway Control), est utilisé entre MRFC et MRFPs.

Dans le standard 3GPP, deux modèles de facturation sont définis dans [12, 13]. Cependant, l'aspect facturation n'est pas pris en compte car considéré en dehors du contexte de ce projet.

2.2 Présentation du trafic

Dans le réseau, le flux de données qui transite est séparé en deux plans, le plan de contrôle et le plan de données. Le plan de données est relatif aux données de l'utilisateur (audio, vidéo et texte) et le plan contrôle est utilisé pour véhiculer l'ensemble de la signalisation entre le terminal de l'utilisateur (l'UE) et le réseau. Par ailleurs, la

signalisation est composée de deux sous ensembles: le premier est échangé entre le réseau d'accès et le terminal et correspond entre autres aux fonctions d'établissement de connexion ou d'établissement et de libération de ressources radio. Nous désignons ce premier sous-ensemble de signalisation dans le 3G; le second sous-ensemble permet, entre autres, les fonctions d'établissement et de gestion de sessions. Ce dernier sous-ensemble de signalisation sera désigné de signalisation dans IMS et l'emphase est portée dans ce projet sur sa caractérisation.

2.2.1 Présentation du trafic de signalisation

L'accès au réseau 3G IMS dépend de la présence sur la carte UICC (Universal Integrated Circuit Card) du terminal de l'utilisateur soit d'une application USIM (Universal Subscriber Identity Module) soit d'une application ISIM (IP multimedia Services Identity module). Le premier permet l'accès au réseau UMTS, le second, plus spécifiquement, contient un ensemble de paramètres permettant à un terminal d'opérer dans un réseau IMS. Ainsi, un module ISIM contient une identité privée, une ou plusieurs identités publiques ayant le format d'une adresse SIP URL (sous la forme SIP : utilisateur@domain) ou d'un numéro de téléphone, l'identifiant du réseau local de l'utilisateur, et un code secret *long-term* nécessaire entre autres à l'authentification.

Dès sa mise sous tension, l'UE réalise un certain nombre d'opérations destinées à sélectionner un réseau capable d'offrir des services à l'utilisateur. Parmi ces opérations, on retrouve, la sélection du réseau d'accès, la sélection de cellule et l'inscription au réseau sélectionné. Une fois les deux premières opérations effectuées, l'UE va s'inscrire au réseau cœur de son réseau local pour bénéficier des services auxquels il a souscrit. En effet, avant d'utiliser le réseau, un terminal doit se connecter suivant une procédure appelée *UMTS GPRS attach*. Durant la procédure d'attache au réseau, le SGSN envoie une requête au HLR pour recevoir les paramètres lui permettant d'authentifier l'UE. Si l'authentification est réussie, le SGSN envoie une requête de mise à jour de location au HLR pour tenir compte de cette association entre le SGSN et le terminal ce qui permettra ensuite de localiser ce dernier. Cette procédure permet ainsi d'identifier l'équipement et d'établir un lien logique le reliant au nœud de service SGSN. Il est maintenu tant que l'UE se déplace dans la zone de couverture du SGSN.

Pour permettre le transfert des données dans le réseau, un contexte *PDP* (Packet Data Protocol Context), doit être établi selon une procédure *PDP Context Activation*. Cette opération négocie une adresse PDP qui est une adresse IP pour l'UE. Le contexte PDP regroupe les informations qui permettent à un terminal de transmettre des données sur un réseau de commutation de paquets externe qui contient un sous-système IMS. Il contient la qualité de service associée à la communication représentée par les attributs du RAB alloué par le réseau d'accès; Il contient aussi l'APN (Access Point Name) qui est l'identifiant du réseau PDP externe auquel le mobile souhaite accéder et l'adresse IP de l'UE. En fait, c'est un canal de communication qui s'établit où le SGSN de support de service choisit un GGSN de passerelle approprié du réseau pour permettre la transmission de la signalisation à destination du sous-système IMS. Un contexte PDP doit être activé pour permettre le trafic de signalisation.

En fonction de la configuration imposée par l'opérateur du réseau cellulaire, il peut exister plusieurs contextes PDP entre un usager donné et le GGSN. Dans ce cas, le premier est réservé à la signalisation et les autres associés aux différents trafics de l'utilisateur.

Une fois ces deux étapes achevées, l'UE peut initier les procédures d'enregistrement, lui permettant de se connecter à un S-CSCF dans son réseau local pour obtenir des services IMS. L'UE doit d'abord trouver l'adresse IP du P-CSCF qui lui servira de point d'entrée au réseau IMS. À noter que l'adresse du P-CSCF peut être connue dès l'activation du *contexte PDP*. Une fois le P-CSCF connu, l'utilisateur peut s'enregistrer au réseau IMS, par l'envoi d'une requête SIP *REGISTER* afin d'initier ou de recevoir tout autre message de signalisation.

Dépendamment où se trouve l'UE (dans son réseau local où en visite dans un autre réseau) et dépendamment de la configuration d'IMS, la requête peut passer par plusieurs CSCFs (P-CSCF_{réseau visiteur}, I-CSCF_{réseau local}) avant d'atteindre le S-CSCF qui lui sera assigné. Cet enregistrement dans IMS est indépendant de l'enregistrement au réseau d'accès (UMTS GPRS attach). Il permet à IMS d'obtenir l'adresse IP du terminal de l'utilisateur, d'authentifier ce dernier, d'établir des associations de sécurité et d'autoriser l'établissement de sessions.

L'établissement de session de base met en communication deux entités que nous désignerons par UE_{source} et $UE_{destinataire}$. Il démarre par l'envoi d'un message *INVITE* de l'UE source vers l'UE destinataire. Les deux entités vont négocier les caractéristiques du flux qu'ils supporteront pendant la session. Il s'ensuit des réservations de ressources nécessaires de part et d'autres, la possibilité d'activer deux ou plusieurs *contextes PDP*, selon la configuration mise en place, pour le transport du flux requis et la mise en place de *RABs*. Plusieurs messages SIP sont échangés entre ces deux UEs, à travers les différents CSCFs, pour assurer l'établissement de la session et permettre aux terminaux d'accéder aux services multimédia en utilisant les procédures de contrôle SIP.

2.2.2 Présentation du trafic de données

La base des services offerte par les réseaux 3G consiste en l'acheminement des appels vocaux. Cependant, les réseaux 3G sont capables de supporter des montées en charge bien plus importantes que les réseaux de génération antérieure. En effet, cette technologie offre une moindre saturation et une meilleure qualité audio. En fait, les services offerts par le réseau 3G pourraient-être regroupés en 4 classes [14]. Ce sont :

- conférence, ensemble de services permettant de communiquer en utilisant le canal voix et le canal vidéo;
- messagerie, ensemble de services permettant de communiquer au moyen de messages (ex. SMS, MMS);
- accès Réseau, ensemble de services pour accéder à des réseaux distants publics ou privés;
- localisation, ensemble de services qui par la connaissance de la position permettent de proposer des services tels que navigation, logistique et commerce.

Les avantages introduites par IMS sont son fonctionnement en mode session basé sur SIP, contrairement au mode appel des réseaux traditionnels et le fait qu'il fournit au réseau cœur une couche intermédiaire entre le réseau d'accès et les applications. Il offre ainsi la possibilité d'ouvrir plusieurs sessions au cours d'une même communication permettant ainsi d'avoir plusieurs composantes multimédia.

Moyennant une bonne entente entre constructeurs et opérateurs, IMS permettra de fournir simultanément plusieurs services sur IP aux utilisateurs mobiles [15]. En ce sens, les organismes de normalisation et les acteurs industriels impliqués dans cette tâche ont pour rôle de définir un ensemble de technologies suffisamment ouvertes et performantes pour permettre la création et la mise en place de nouveaux services [8]. Ainsi, l'OMA, Open Mobile Alliance, est un organisme qui intervient en complément des travaux de normalisation. Il arrive ainsi qu'OMA formule de nouvelles exigences qu'IMS doit respecter en vue d'implanter un nouveau service. En général, OMA émet des exigences pour IMS et le 3GPP étend cette architecture afin de les respecter [15].

Un certain nombre de service, qui ont fait l'objet d'une phase de normalisation à l'OMA, retiennent notre attention dans ce projet. Parmi ceux-ci nous citons, la présence, la messagerie instantanée, de même que la gestion de groupe qui peut être utilisé en complément de ces services.

Divers autres services peuvent être offerts en utilisant l'infrastructure d'IMS mais le niveau de maturé des services mentionnés permet de prévoir qu'ils seront fournis initialement par IMS à côté des services traditionnels comme la voix et la vidéo.

2.2.2.1 Service de présence

Ce service permet à un usager d'être informé sur la possibilité de joindre un autre usager, la disponibilité de ce dernier et sur son intention de communiquer. Ce service peut indiquer si des usagers sont en-ligne ou non. Si les usagers sont en-ligne, ce service peut informer s'ils sont libres ou occupés. De plus, il permet aux usagers d'indiquer les moyens de communications dont ils disposent. Par exemple, ils peuvent indiquer s'ils peuvent recevoir de l'audio, de la vidéo et de la messagerie instantanée, et à partir de quel terminal.

A. Principes et Fonctionnement

Divers rôles sont définis dans ce service tel qu'indiqué à la Figure 2.2. L'utilisateur qui fournit l'information est appelé *presentity*, une entité de présence. Cette

information peut concerner l'état de l'entité, ses possibilités et son adresse de communication, etc. L'utilisateur peut utiliser divers équipements connus sous le nom de PUAs (Presence User Agents). Chacun d'eux détient une partie d'information sur le *presentity* et fournit cette information à l'agent de présence PA (Presence agent). Ce dernier peut être une partie intégrale d'un serveur de présence PS (Presence Server). Le PA recueille les informations et a une information complète sur la présence du *presentity*.

Un autre rôle définit au niveau de ce service est le *watcher*. C'est une entité qui cherche des informations de présence sur un *presentity* auprès du PA. On distingue différents types de *watchers*. Ceux qui requièrent l'information actuelle de présence de l'entité, ce sont les *fetchers* et ceux qui retrouvent des informations sur une base régulière, ce sont les *Pollers*. Enfin, les *subscribed watchers* demandent à être notifiés sur les éventuels changements de présence du *presentity*.

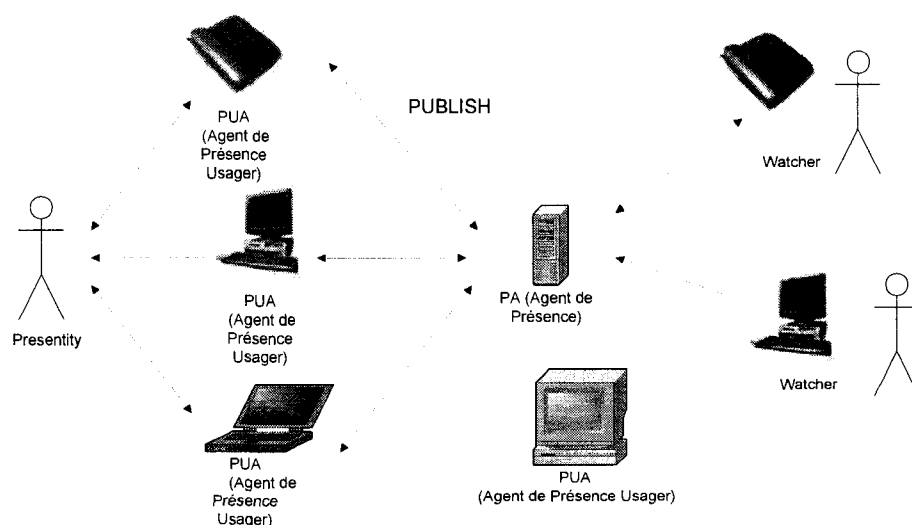


Figure 2.2 Architecture du service de présence

Les *watchers* bénéficient du service de présence. En effet, les entités de présence peuvent décider quelle information sur leur présence peut être divulguée à une liste de *watchers* autorisés. Ces derniers peuvent accéder à cette information en temps réel et décider quand et comment interagir avec le *presentity*. De plus, d'autres services peuvent bénéficier également des informations de présence. Par exemple, un répondeur automatique pourrait profiter d'information sur la présence de

l'utilisateur, pour l'informer de nouveaux messages enregistrés pour lui. Pour cela, ce service peut être envisagé comme un service générique servant de base à la mise en place d'autres services [15].

B. Architecture du service

Ce service est bâti sur l'architecture de notification d'évènement SIP [16]. Celle-ci, permet à un PUA de souscrire, via un SIP SUBSCRIBE, des informations de présence sur le *presentity*. Par contre, pour rendre disponible une information de présence, la méthode REGISTER peut être utilisée. Celle-ci fournit une information basique comme l'emplacement courant (adresse IP). Ainsi, si un usager est enregistré, le PA met sa présence en-ligne (online) et hors ligne (offline) dans le cas contraire. Pour une information plus riche, on passe par les documents PIDF (Presence Information Data Format) [17]. Ces documents sont envoyés via un SIP PUBLISH (Figure 2.3) à l'agent de présence conformément aux spécifications de l'IETF [18].

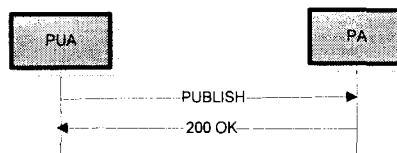


Figure 2.3 Publication de l'information de présence

L'agent de présence regroupe les informations de présence. Il notifie en utilisant la commande SIP NOTIFY, tel qu'illustré à la Figure 2.4, tous les PUAs qui ont souscrit chaque fois qu'un changement se produit dans l'information de présence.

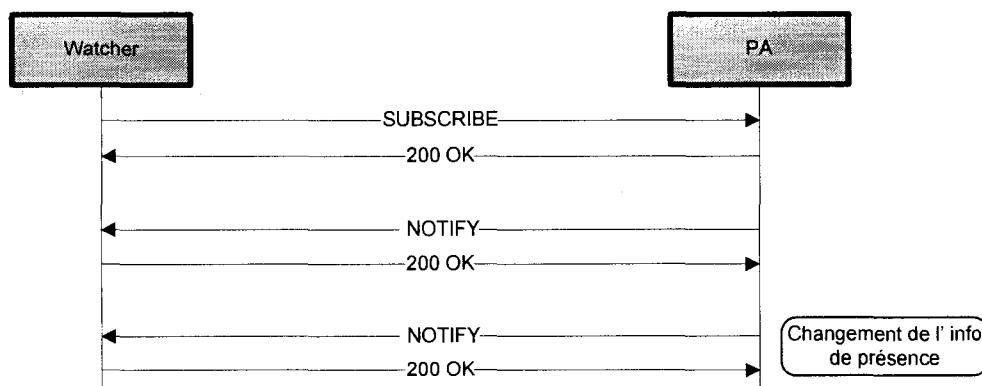


Figure 2.4 Souscription et notification d'information de présence

C. Service de présence dans IMS

Le 3GPP a défini dans le 3GPP TS 23.141 [19] une architecture pour supporter le service de présence dans IMS. Le terminal IMS joue à la fois le rôle du *watcher* et du PUA. Le PA est un serveur d'application (AS) communément appelé serveur de présence tel qu'indiqué à la Figure 2.5. Il se pose un problème d'échelle lorsque chaque *presentity* a un nombre élevé de *watchers*, le PA va devoir communiquer constamment des NOTIFYs. La solution est de mettre en place un serveur de liste, RLS (Ressource List Server) qui va connaître l'ensemble des correspondants d'une entité de manière à démultiplier une annonce au lieu de faire autant de transaction que de *watchers*. La gestion de ces listes se fait par le protocole XCAP (XML Configuration Access Protocol) défini dans [20]. Le RLS est implanté également comme un serveur d'application standardisé par l'OMA sous le nom de XDMS. Le protocole XCAP utilise le transport HTTP. Notons ici que ce trafic HTTP-XCAP ne suit pas le trajet IMS P/I /S-CSCF, il est directement échangé entre le client et le XDMS.

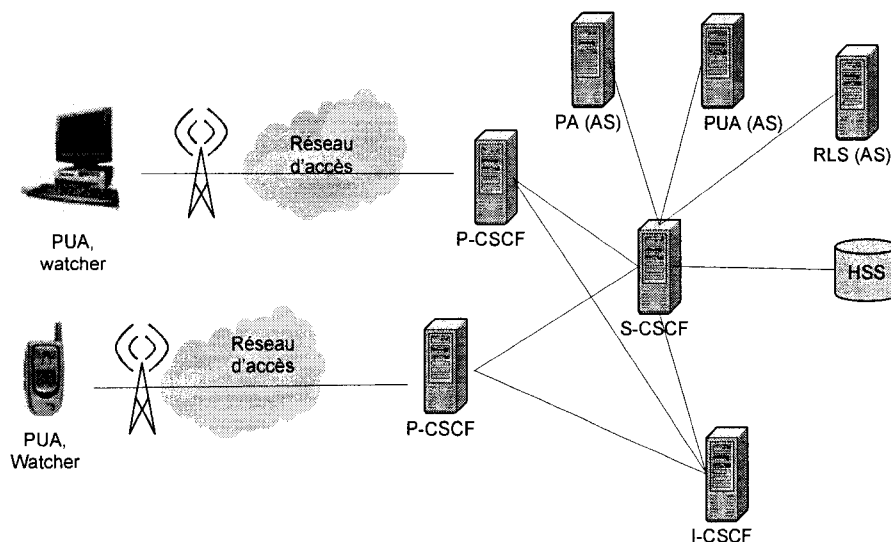


Figure 2.5 Service de présence dans IMS

L'information de présence peut même être déduite de l'activité d'une entité dans le réseau. Ainsi, le serveur de présence génère l'information de présence en surveillant ce qui se passe au niveau du profil de l'entité en communiquant avec le HSS et au niveau du contrôleur de service associé. Le *presentity* peut toujours intervenir auprès du réseau IMS pour contrer la publication de cette information de présence dont le réseau dispose.

2.2.2.2 Service de messagerie instantané

Ce service permet à un usager d'envoyer instantanément des messages à d'autres usagers et d'établir un dialogue interactif (chat). Contrairement au courrier électronique ou à SMS du GSM, ce moyen de communication est caractérisé par le fait que le contenu des messages n'est sauvegardé dans aucun nœud du réseau (serveur de messagerie ou SMSC). Le message est en général un texte mais il peut être également une page HTML, une image, un fichier, etc. La plupart des services modernes offrent un système de notification de présence, indiquant si les individus de la liste de contacts sont simultanément en ligne et s'ils sont disponibles pour discuter. Ce service s'opère soit en mode *pager* ou en mode *session*.

A. Principes et Fonctionnement

Ce service peut fonctionner en mode pager ou en mode Session. Ces deux modes sont détaillés dans les sections suivantes.

A.1 Messagerie instantanée en mode Pager

Suivant ce mode chaque message est envoyé indépendamment en utilisant la méthode SIP MESSAGE [21]. Ce mode est utilisé de préférence quand des courts messages doivent être envoyés à un seul ou à un nombre restreint de destinataires.

Selon la Figure 2.6, un usager (source) envoie une requête MESSAGE à un proxy qui l'achemine comme n'importe quelle autre requête SIP. Lorsque le destinataire le reçoit, il répond par un 200 OK qui est envoyé à l'utilisateur source.

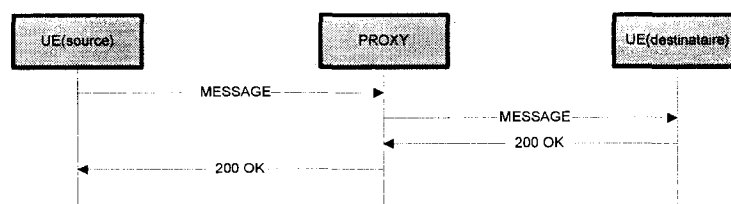


Figure 2.6 Messagerie instantané en mode Pager

A.2 Messagerie Instantanée en mode Session

Dans ce mode, le trafic généré par la messagerie instantané est considéré comme un flux média faisant partie d'une session SIP régulière. Cependant, contrairement à une session où du trafic audio ou du trafic vidéo est transmis en utilisant le protocole RTP, le flux formé des différents messages instantanés est transmis via le protocole MSRP (Message Session Relay Protocol) [22]. MSRP est un protocole texte dont la particularité réside dans le fait qu'il s'opère toujours au-dessus de protocoles qui offrent le contrôle de congestion comme TCP. Le mode session est requis en particulier pour des conversations plus étendues comme dans le cas de conférences en mode texte. En effet, les données sont transmises suivant un lien fiable et la taille des messages n'est pas limitée.

L'utilisateur qui désire établir une session va envoyer une requête SIP INVITE qui contient un SDP indiquant le type de media et le support pour MSRP. Une fois la requête INVITE initiale traitée, les autres messages SIP transmis durant la session ne traversent plus aucun proxy (Figure 2.7).

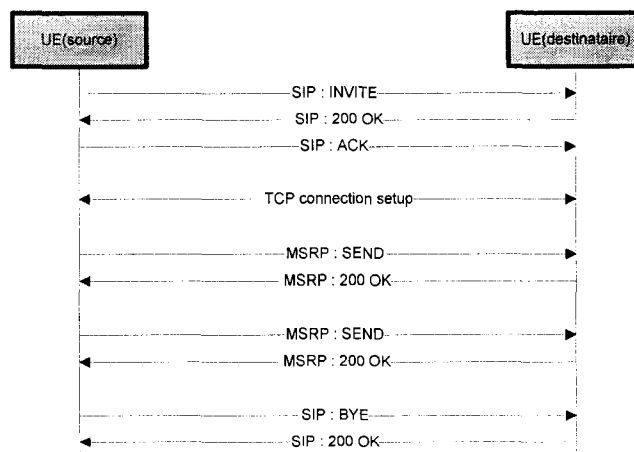


Figure 2.7 Établissement de session de messages instantanés

B. Service de messagerie instantanée dans IMS

B.1 Mode pager

Le 3GPP a introduit dans le 3GPP TS 24.229 [21] le support de la méthode MESSAGE par les terminaux IMS. Lorsqu'un usager IMS désire envoyer des messages, il utilise la requête MESSAGE. Celle-ci va au P-CSCF puis arrive au S-CSCF pour être testée par rapport au profil de l'utilisateur. Si tous les tests réussissent, la requête arrive à l'I-CSCF, du réseau local de l'utilisateur destinataire, qui à l'aide du HSS détermine le S-CSCF de l'utilisateur destinataire; le message peut alors être envoyé. On vérifie ensuite que le message peut être reçu en fonction du profil de la destination pour finalement l'acheminer à son destinataire. Celui-ci répond par un 200 OK.

B.2 Mode session

La messagerie instantanée en mode session est introduite dans la version 6 des spécifications du 3GPP [23]. Ainsi, le protocole MSRP est implanté dans les terminaux IMS. De plus, le MRFP (Media Resource Function Processor) peut aussi implanter ce protocole. De ceci découlent deux scénarios différents pour établir une session de messagerie instantanée. Dans le premier cas, un terminal IMS, établit une session avec un autre terminal. Les messages SIP, dans ce cas, traversent les nœuds IMS (P-CSCF, S-CSCF, etc.). Le MSRP est ensuite envoyé de bout en bout. Dans le second cas, deux dispositifs interviennent qui sont le MRFC et le MRFP. Ils vont garder une information d'état sur les deux intervenants qui souhaitent communiquer. Dans ce scénario, l'utilisateur qui désire communiquer doit s'inscrire au niveau de la

passerelle des messages. Pour cela, une requête INVITE est envoyée au P-CSCF puis arrive au S-CSCF qui l'envoie au MRFC. Celui-ci qui contrôle le MRFP par le biais du protocole H.248, crée une passerelle pour l'utilisateur. Il initie ensuite une connexion TCP avec le terminal IMS de l'utilisateur et lui envoie une requête de visite MSRP. Le terminal est alors informé de son statut de visiteur dans le protocole MSRP et accepte par un MSRP 200 OK. Le protocole H.248 est utilisé, à ce stade, pour informer le MRFC qu'une nouvelle connexion MSRP a été établie. La mise au point de la session est finalisée par l'envoi d'un 200 OK par le MRFC. Le deuxième intervenant s'invite aussi selon la même procédure. Les deux terminaux sont associés à cette passerelle MRFP et ils peuvent envoyer des messages.

2.2.2.3 Service de dialogue instantané PoC (Push-to-talk Over Cellular)

C'est un service vocal similaire aux communications *talkie walkie* mais sur une base de la technologie VoIP. Ce service, contrairement au service habituel de voix est un service en alternat ou semi-duplex. À un instant donné, seul un participant a la possibilité de parler et l'accès au canal de parole doit être demandé de manière explicite.

Il existe différentes spécifications incompatibles du service actuellement. La plupart sont propriétaires et non basées sur IMS. Dans ce projet, nous portons attention aux spécifications du service proposé par l'OMA et basé sur IMS [24].

A. Principes et Fonctionnement

Le service PoC définit différents types de sessions ou modes de communication:

- la session PoC One-to-One est une communication parlée entre deux usagers;
- la Session PoC One-to-Many (Appel de groupe) permet à un usager de rentrer en communication avec plusieurs autres abonnés PoC de manière ponctuelle et prédéfinie.

Ce service met en œuvre deux types de flux de données :

- le flux audio dont chaque trame VoIP est encapsulé dans un paquet RTP et transportée par les couches UDP/TCP;

- le flux de contrôle TBCP (Talk Burst Control Protocol) pour la gestion du canal de parole. Ces messages sont encapsulés dans des paquets RTCP, protocole de contrôle. La couche TBCP assure les services nécessaires à la gestion du canal de parole.

B. Architecture du service PoC

L'architecture du service, tel qu'indiqué à la Figure 2.8, est basée sur un serveur d'application PoC qui est chargé de la gestion des sessions et assure la diffusion des paquets de parole à tous les participants de la session. Il permet différents types d'arbitrage et gestion de conflit d'accès entre usagers. Grâce à ce serveur, il devient possible de gérer l'accès au canal de parole en fonction d'une file d'attente, de manière équitable, ou en tenant compte de niveaux de priorité entre usagers [8]. Un serveur d'applications PoC peut jouer deux rôles, contrôleur et participant. Dépendant de la session engagée, un PoC peut jouer à la fois le rôle de contrôleur et de participant; cependant, un seul serveur PoC peut être contrôleur dans le cas où plusieurs serveurs PoC sont présents.

Une autre composante de cette architecture est l'équipement usager qui contient deux éléments logiques : le client PoC et le XDMS (XML document Management Client). D'autres serveurs font partie de cet ensemble tels *l'Aggregation Proxy* et les serveurs XDMS (XML Document Management Server). Le proxy sert de point d'entrée au client XDMS pour contacter le réseau et réalise l'authentification et le routage des messages venant du client XDMS. Les serveurs XDMS sont responsables de la gestion des listes et groupe d'usagers du service. On distingue le serveur PoC XDMS qui gère des documents spécifiques au service PoC et le *shared XDMS* dont les documents qu'il gère peuvent être aussi utilisés par d'autres services tels le service de présence.

Il faut noter que dans sa définition élaborée par l'OMA le service POC est lié au service de présence qui donne à chaque participant une indication sur la disponibilité des autres membres du groupe. Ainsi, le serveur de présence apparaît également comme un élément de cette architecture.

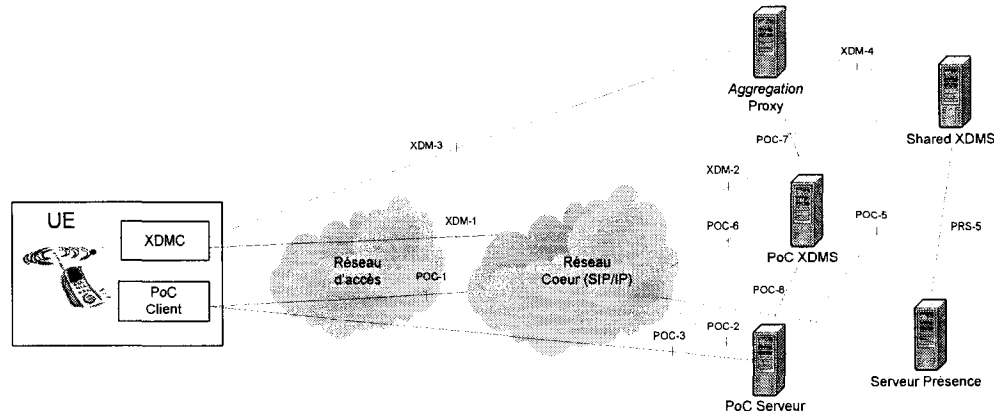


Figure 2.8 Architecture du service PoC

Cette architecture comporte une série d'interfaces (POC-1 à POC-8, XDM-1 à XDM-4) qui permettent à la communication de s'établir entre les différents éléments au moyen de protocoles particuliers (SIP, RTP/TBCP, XCAP). Les interfaces POC-1 et POC-2 basées sur SIP et permettant l'établissement et la terminaison des sessions POC; l'interface POC-3 est associée au trafic usager. Elle véhicule la voix sous la forme de paquet RTP (Real Time Protocol) ainsi que les paquets RTCP (gestion du flux RTP). De même, l'interface XDM-3 est utilisée par le client XDMC via le protocole XCAP pour la gestion de document.

C. Service PoC dans IMS

Le 3GPP a défini dans le 3GPP TR 23.979 [25] une architecture pour supporter le service PoC dans IMS, comme illustré à la Figure 2.9.

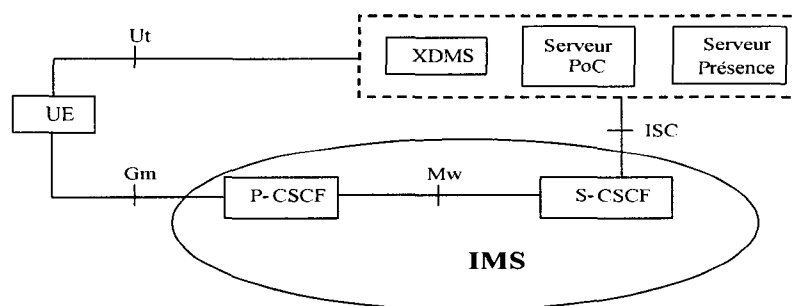


Figure 2.9 Architecture du service PoC dans IMS

On constate que les interfaces définies précédemment, dans le cadre de l'architecture du service PoC, ont leurs correspondants dans IMS, tel qu'illustré au Tableau 2-1.

Tableau 2-1 Interfaces pour le service PoC

Interface	Protocol	Correspondant IMS
POC-1	SIP	Gm
POC-2 / POC-6	SIP	ISC
POC-3 / POC-4	RTP/TBCP	Mb
XDM-1 / XDM-2	SIP	ISC
XDM-3	XCAP	Ut

D. Établissement d'une session entre deux usagers

La Figure 2.10 montre les différentes phases de l'établissement d'une session PoC entre deux usagers de réseaux distincts. La session met en œuvre deux serveurs PoC, un contrôleur et un participant. La session PoC est initiée par un usager (UE source) en utilisant la méthode SIP INVITE contenant les paramètres SDP de la session. Les Nœuds S-CSCFs interviennent en tant que serveurs SIP impliqués dans les sessions IMS de sorte que le routage du message s'effectue adéquatement. Lorsque le serveur PoC du réseau du destinataire (UE destinataire) reçoit le message, il le transmet à ce dernier via le S-CSCF auquel il est inscrit.

Si le destinataire accepte la session, il transmet un message SIP 200 OK. Avant de transmettre la réponse l'équipement du destinataire pourrait établir un contexte PDP spécifique flux RTP et RTCP de la session PoC de même que l'équipement source en recevant le 200 OK. L'allocation d'un deuxième contexte PDP, bien que disponible dans certains GGSN/SGSN du marché pour séparer les flux RTP de la signalisation, n'est pas obligatoire dans les standards.

La session étant établie, le serveur POC du réseau de l'utilisateur source, responsable de la session indique à celui-ci que le canal de parole lui est alloué (Talk Bursts Granted) et à l'utilisateur destinataire que le canal est indisponible (Talk Burst Taken). Le message SIP ACK est un acquiescement de réception du message 200 OK.

L'utilisateur source peut commencer à émettre des trames RTP de parole. Comme les messages TBCP, les trames RTP ne transitent pas par les serveurs S-CSCFs, leur rôle étant limité au traitement de signalisation SIP.

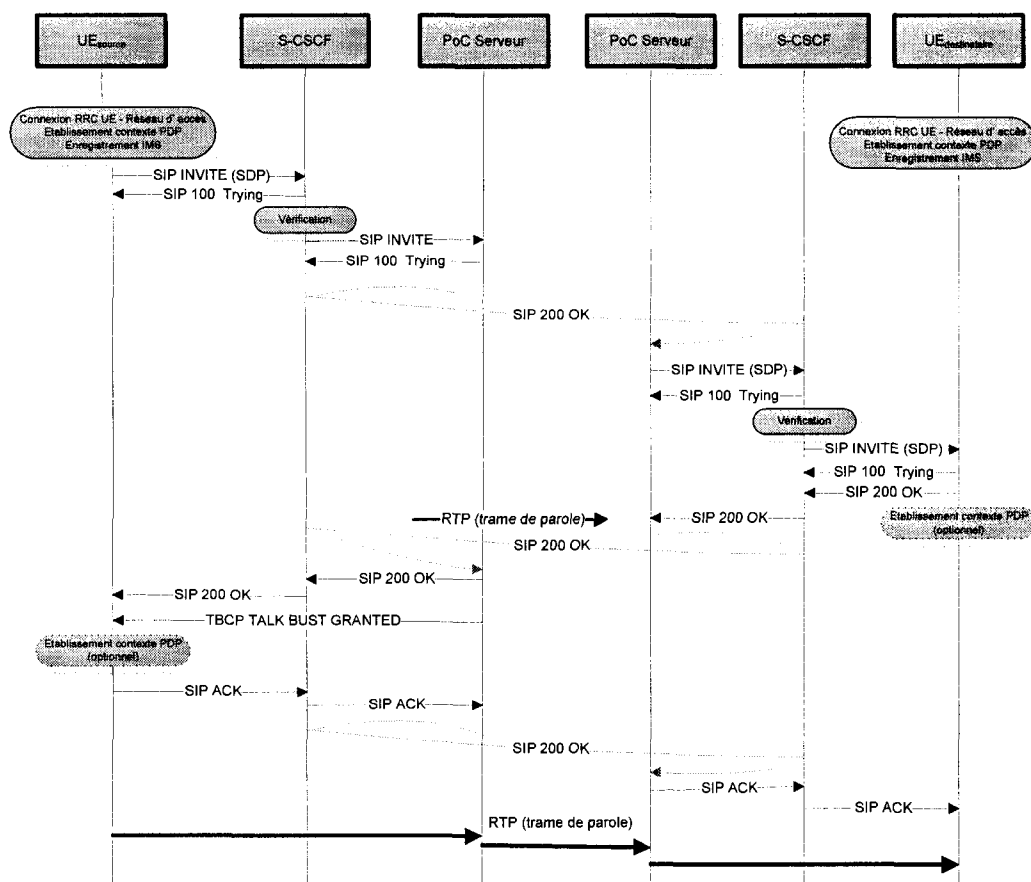


Figure 2.10 Établissement d'une session PoC

2.2.2.4 Service de gestion de groupe d'utilisateurs

Ce service permet à chaque utilisateur de définir, consulter ou mettre à jour des listes d'utilisateurs préférentiels (ex. groupe de travail, amis et collègues). Les groupes sont décrits avec la syntaxe XML (eXtensible Markup Language) et leur gestion se fait avec les commandes HTTP GET, pour la lecture, et HTTP PUT pour la création et la mise à jour.

Le service de gestion de groupe repose sur la manipulation de listes. La même liste créée dans le cadre d'un service peut être utilisée par d'autres services et les mêmes fonctions de gestion de groupe peuvent être utilisées d'un service à l'autre. Le service de gestion de groupe permet de mettre en place d'autres services comme le service de présence, de messagerie, de forum de discussion [26] et d'appels conférence.

A. Principes et fonctionnement

Au cœur de ce service se retrouve des serveurs XDMS (XCAP Data Management Servers). Ce composant défini par l'OMA pour la gestion des documents utilisateurs est basé sur XCAP. Ce protocole fournit au client les moyens d'ajouter, de modifier et de détruire des documents XML stockés sur un serveur. XCAP utilise HTTP 1.1 comme protocole de transport. Il implante en fait une série d'opérations qui sont liées à des méthodes HTTP 1.1. XCAP fournissant au client des fonctions de création, de suppression, de remplacement et de recherche dans les documents.

B. Service de Gestion de groupe dans IMS

Dans [26], le 3GPP a défini une architecture pour supporter le service de gestion de groupe dans IMS. Dans IMS, ce service permet de définir différents rôles et droits aux membres d'un groupe et de définir des propriétés pour chaque groupe.

Parmi ces rôles, nous citons :

- administrateur de groupe : celui-ci a tous les droits pour voir et gérer le groupe, leurs informations spécifiques (services, etc.), les identifiants, les propriétés des membres et les propriétés relatives aux membres. En tout

temps un groupe a au moins un administrateur. Celui-ci par défaut n'est pas un membre. L'entité qui crée un groupe devient son administrateur;

- membre de groupe : une entité du groupe pouvant être un autre groupe;
- autres : ce sont les services et les entités externes au groupe. Ils peuvent ou non accéder au contenu de celui-ci selon des règles établies.

Le contenu du groupe inclut l'identifiant du groupe, ses informations spécifiques, la liste des identifiants des membres du groupe. L'identifiant du groupe doit être unique, adressable et peut être suggéré par l'administrateur de groupe à la création. Les informations relatives au groupe sont de deux sortes:

- informations sur le groupe : celles-ci sont des textes qui peuvent être utilisées, par exemple, pour décrire le type et l'usage du groupe;
- propriétés du groupe : elles concernent la visibilité du groupe et sa durée. La visibilité définit qui peut voir l'identifiant du groupe lors d'une recherche. La durée détermine si un groupe à une date d'expiration ou s'il sera détruit par l'administrateur du groupe.

Les informations sur les services spécifiques du groupe donnent des informations additionnelles sur la manière dont le groupe peut être utilisé dans le contexte spécifique d'une application.

2.3 Architecture d'IMS

Cette section décrit les différents travaux liés à l'analyse de performances du réseau IMS basé particulièrement sur le délai de signalisation. Certains travaux étudient le réseau à l'aide de modèles analytiques qui concernent les sources et les nœuds IMS (terminal, serveurs CSCFs, serveur de destination) indépendamment du trafic à l'entrée.

Ainsi, Rajagopal et Devetsikiotis [27] analyse un réseau mobile incluant un sous-système IMS en fonction du délai bout-à-bout basé sur la signalisation avec SIP. Le réseau est associé à une fonction de coût et des modèles de file d'attente sont analysés. IMS est vu comme un réseau ouvert de file d'attentes dont chaque composante suit un modèle M/G/1 (cf. Figure 2.11).

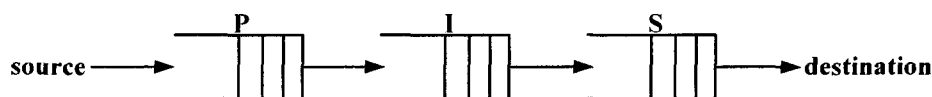


Figure 2.11 Réseaux de file d'attente d'IMS

Une méthodologie pour caractériser la charge des serveurs SIP est proposée dans lequel du trafic réel est observé afin de contrôler les messages de signalisation SIP. Des temps de réponses approximatifs sont déduits du trafic observé et la charge sur les serveurs est estimée. Par cette approche, une distribution Lognormale est déduite à partir de données collectées de serveurs SIP Yahoo.

Chebbo et Wilson [28] ont développé dans les laboratoires de Fujitsu un outil de modélisation pour un opérateur de réseau mobile utilisant SIP comme protocole de contrôle. Cet outil, réalisé en Excel, incorpore un modèle de trafic, un modèle de serveur SIP, un modèle de fonction et un modèle de système basé sur la prévision des besoins des utilisateurs. Les serveurs SIP sont modélisés comme des files d'attentes M/M/1.

Une étude de cas, sur un réseau hétérogène ayant une infrastructure SIP combinée à des réseaux d'accès UMTS et WLAN, a été menée par Banerjee et al [29], avec comme objectif principal d'évaluer la performance de la gestion de la

mobilité fait avec SIP. Le sous-système IMS est modélisé comme un réseau de files d'attentes où les CSCFs suivent un modèle M/M/1 et le serveur de destination un modèle M/G/1/PR. Une analyse des résultats s'en suit (cf. Figure 2.12).

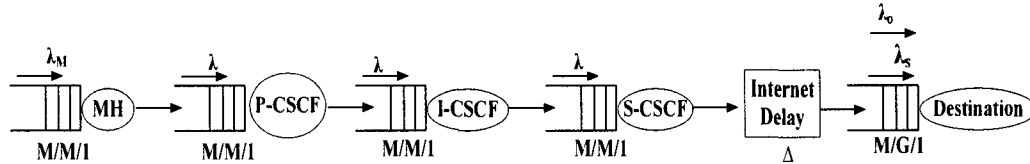


Figure 2.12 Files d'attente pour analyser le délai d'une session SIP avec UMTS

Gurbani et al. [30] analysent la performance et la fiabilité point-à-point d'un écosystème SIP, incluant plusieurs proxys intermédiaires, en fonction de divers paramètres de réseau. Le temps moyen de réponse d'un serveur proxy est calculé en fonction des hypothèses établies pour le temps de service. Le serveur SIP est modélisé comme un réseau ouvert de files d'attentes où chacune suit le modèle M/M/1 (cf. Figure 2.13). Chaque file correspond à d'éventuelles requêtes et réponses SIP durant la phase d'établissement d'un appel. Le modèle proposé est également étendu à un réseau de serveur SIP.

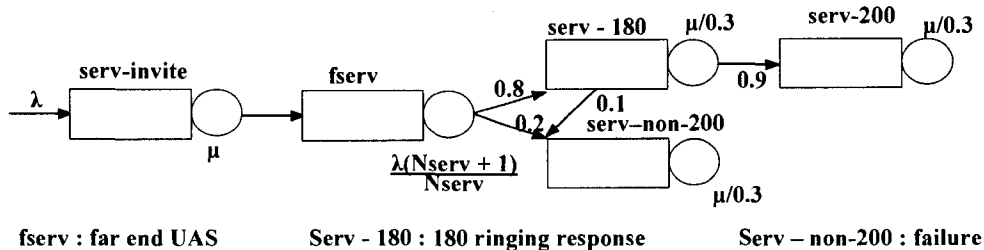


Figure 2.13 Files d'attente modélisant une chaîne de serveurs SIP

Le réseau est analysé au regard, entre autres, des taux d'arrivées, des taux de services, des délais et des schémas de réplifications variables. L'analyse considère des paramètres de performance tels que le temps de réponse moyen de bout-en-bout, le nombre moyen de paquets dans le système, sa disponibilité et la probabilité de perte de paquets.

Zhu [31] analyse l'utilisation de SIP dans un réseau UMTS incluant un sous-système IMS en mettant l'emphasis sur les délais et les goulots d'étranglement. Pour cela, une étude détaillée des différentes procédures intervenant dans l'établissement et la fermeture de session de voix est présentée. Il est trouvé que chaque nœud IMS peut représenter un goulot d'étranglement dépendant de la distribution du trafic dans le réseau. Zhu étudie le délai, de manière analytique, en faisant l'hypothèse que le trafic dans le réseau suit le modèle M/D/1.

Fathi et al. [32] évaluent le délai d'établissement d'une session SIP par rapport aux protocoles TCP (Transport Control Protocol), UDP (User Datagram Protocol) et RLP (Radio Link Protocol) en fonction du taux d'erreur par trames du lien sans fil et du délai d'attente des messages SIP. Pour calculer le délai d'attente des messages, ils considèrent un système composé d'une file d'attente à chaque nœud. La source et les serveurs CSCFs sont modélisés par un modèle M/M/1 alors que le terminal de destination est modélisé par un modèle M/G/1.

D'autres études de performance existent qui s'appuient sur des modèles de simulation et mettent l'emphasis sur le trafic à l'entrée du réseau. Les caractéristiques statistiques du trafic de données qui doit être acheminé sont évaluées. Les modèles sont alors liés à la nature du trafic basé sur les services disponibles (ex. voix, vidéoconférence et transfert de fichiers). Une telle approche est suivie par Houéto et Pierre dans [33] pour évaluer la performance du réseau UMTS. Ils ont élaboré un modèle de simulation pour représenter les divers types de trafics. Le modèle a été ensuite utilisé pour simuler le cas des réseaux UMTS avec l'agrégation de différents types de services.

Plus spécifiquement dans [34], Pous et al. réalisent une évaluation de performance des services de présence et de messageries instantanées basés sur SIP selon la norme 3GPP. Cette étude utilise un modèle de simulation incluant un modèle de la mobilité de l'utilisateur, un modèle *d'appel/session* et un modèle de trafic basé sur les services implantés. Les demandes de session suivent une distribution de poisson et la durée des sessions et des appels suivent une distribution exponentielle négative.

Hernández et al. étudient dans [9] la performance de différents scénarios d'IMS avec un modèle de simulation SIP-IMS. Les différents scénarios permettent de modéliser l'établissement d'une session IMS afin d'évaluer des paramètres liés à la Qualité de Service (QS).

2.4 Conclusion

L'analyse de l'architecture d'IMS montre un sous-système complexe. Les études existantes dans la littérature sur ce trafic ne convergent pas vers un modèle analytique en particulier et sont basées sur différentes hypothèses. De même, les modèles de simulation qui existent ne s'attardent que sur des aspects particuliers d'IMS et ne permettent pas de caractériser son trafic dans sa totalité. En effet, plusieurs études réalisées sur IMS ont analysé l'impact de l'utilisation du protocole SIP dans ce sous-système. Ceux-ci se sont limités essentiellement à des aspects spécifiques comme la performance de la gestion de mobilité fait avec SIP [29] mais il n'existe aucun travail à date sur la caractérisation du trafic IMS. D'autres travaux ont été réalisés pour évaluer la performance d'IMS. Ils se sont concentrés sur des scénarios particuliers liés au mécanisme d'établissement de session permettant d'évaluer seulement certains aspects d'IMS tel que l'influence du délai de traitement d'un CSCF dans l'établissement de session [9].

Dans les chapitres qui suivent, nous nous proposons d'élaborer une architecture simplifiée d'IMS basée sur les recommandations du 3GPP. Puis, nous choisirons un sous-ensemble parmi les services définis par le 3GPP dans le cadre d'IMS. Nous ferons ensuite une analyse du trafic dans le réseau ainsi constitué. La performance du réseau proposé sujet aux sous-ensembles de services sera également évaluée.

CHAPITRE 3

ARCHITECTURE DE SERVICES

Dans ce chapitre, une architecture d'un réseau mobile 3G IMS et une architecture de services sont décrites. Ensuite, une étude détaillée de la signalisation dans le réseau ainsi constitué est présentée. En fin de chapitre, une analyse du trafic est réalisée.

3.1 Architecture du réseau 3G IMS

C'est une architecture simplifiée du réseau 3G IMS proposé par le standard 3GPP. Ainsi, cette architecture permet de servir un usager qui se trouve toujours dans son réseau local, c'est-à-dire dans le réseau auquel l'abonnement a été souscrit. Les visites (roaming) dans les réseaux des autres opérateurs ne sont pas prisent en compte. Dans ce contexte, seules les fonctions de point de contact et de contrôleur sont retenues pour le CSCF de telles sortes que les rôles de P-CSCFS et S-CSCFS se trouvent combinés au niveau d'un seul nœud physique que nous désignerons simplement par S-CSCF. De ce fait, les interactions entre P-CSCFs et S-CSCFs ne seront pas directement modélisés.

L'architecture proposée est ainsi composée d'un réseau d'accès 3G et d'un sous-système IMS (Figure 3.1). Le réseau d'accès comprend les équipements suivants : Node B, RNC (Radio Network Controller), HLR (Home Location Register), SGSN (Serving GPRS Support Node) et GGSN (Gateway GPRS Support Node). Le sous-système IMS inclut le S-CSCF et le HSS. Une couche d'application contenant un MRF et des modules SIP AS complète cette architecture.

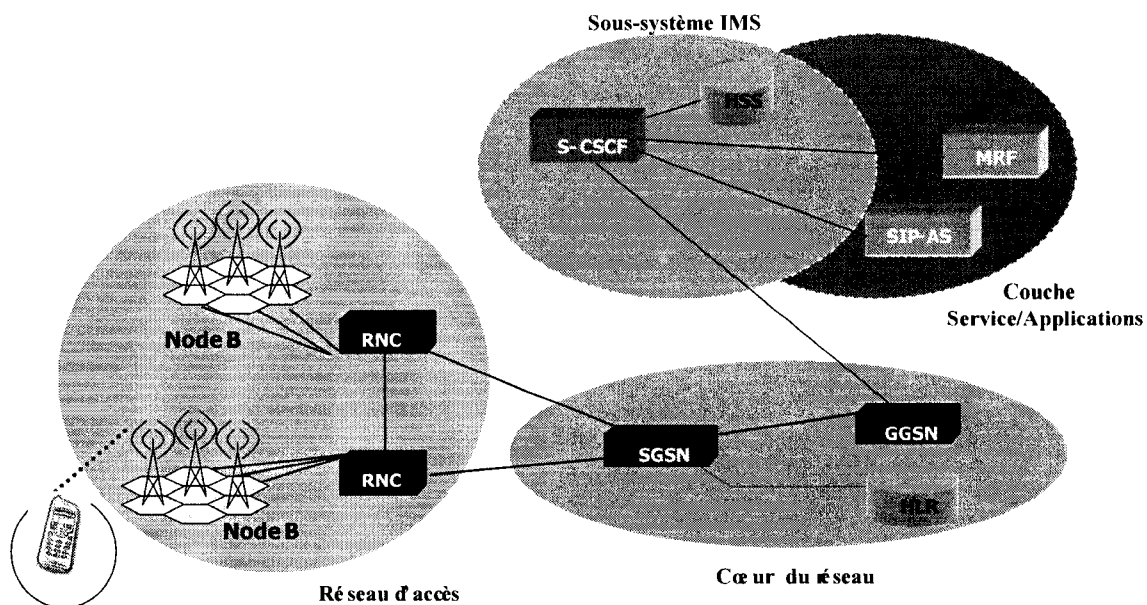


Figure 3.1 Architecture simplifiée d'un réseau 3G IMS

3.2 Architecture de services

Dans ce projet, l'emphasis est portée sur la caractérisation du trafic IMS. Ce sous-système a été introduit, rappelons-le, dans la version 5 de la norme UMTS par le 3GPP afin de conférer au réseau 3G la souplesse et les ressources nécessaires à la mise en œuvre de services multimédia. Pour cela, nous estimons que différents services multimédia seront offerts dans les réseaux 3G IMS construits autour de la voix et la vidéo au dessus de services comme le service de présence et de gestion de groupe.

Il a été montré que les services de présence et de gestion de groupe pouvaient être envisagés comme des services génériques servant de base à la mise en place d'autres services (cf.2.2.2.1, 2.2.2.4). De plus, notre intérêt pour les services de présence et de gestion de groupe repose sur le fait qu'ils causent un trafic de signalisation important qui peut surgir à tout moment au cours d'une session (ce qui sera montré à la section 3.3), contrairement à la majorité des services où la signalisation intervient seulement en début et en fin de session. Ainsi, l'impact du trafic de signalisation peut

être beaucoup plus réaliste avec une architecture implantant ces deux services. En ce sens, nous retenons les services audio, vidéo, de présence et de gestion de groupe comme des services fondamentaux permettant de comprendre et de caractériser le trafic IMS.

Par ailleurs, le trafic généré par les services voix et vidéo sera considéré comme essentiellement constitué du trafic usager et le trafic de contrôle est dans ce cas considéré comme une surcharge du trafic usager. Par contre, le trafic généré par les services de présence et de gestion de groupe est considéré comme essentiellement constitué du trafic de signalisation.

Les services audio et vidéo peuvent être implantés dans l'architecture présentée ci-dessus. Par contre, les services de présence et de gestion de groupe impliquent l'utilisation de serveurs d'applications spécifiques conformément à l'architecture proposée par le 3GPP (cf.2.2.2.3, paragraphe C), ces serveurs sont ajoutés à l'architecture proposée:

- un serveur XDMS pour sauvegarder toutes les données XCAP;
- un serveur ICS pour la gestion de groupe et les services associés;
- un serveur de présence.

Pour la synchronisation entre la localisation des usagers et leurs données sur le serveur XDMS, les serveurs ICS et XDMS ont des interfaces *Ut* (XCAP) et *ISC* (SIP). L'architecture de réseau présentée précédemment est ainsi complétée (cf. Figure 3.2). Cette architecture de services fera référence dans la suite de ce document.

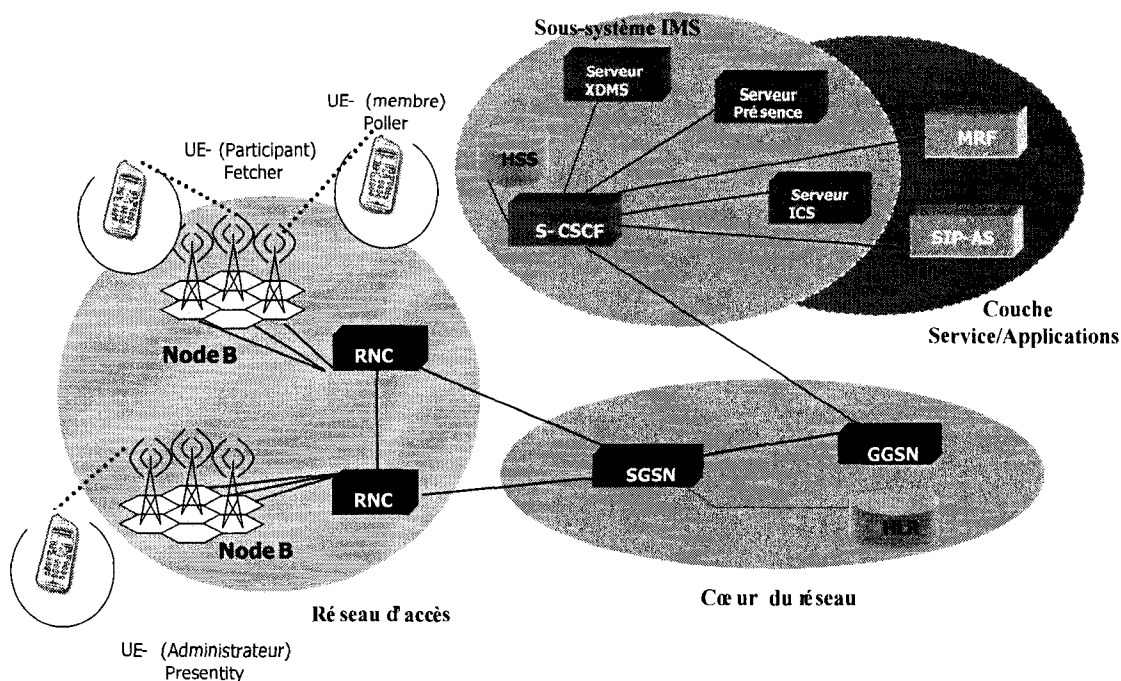


Figure 3.2 Architecture de services

3.3 Signalisation dans le réseau proposé

Dans cette section sont répertoriées les différentes procédures liées à la signalisation dans le réseau proposé. Elles concernent l'inscription, l'enregistrement et la *signalisation de service*.

3.3.1 Procédures d'inscription

Parmi les opérations réalisées lors de la mise sous tension de l'équipement de l'utilisateur, nous ne considérons que l'inscription au domaine commutation de paquets (PS). Celle-ci appelée, rappelons-le, *UMTS GPRS attach*, permet d'informer le SGSN de la localisation de l'utilisateur et de mettre en place une connexion de signalisation entre l'UE et le réseau cœur. Pour ce réseau, nous supposons qu'une connexion de signalisation s'est d'abord établie entre l'UE et le réseau d'accès (Figure 3.3) suivant le protocole RRC (Radio Ressource Control). La demande d'inscription est alors émise par le mobile à destination du SGSN. Pour permettre le transfert des données dans le

réseau, un contexte *PDP* doit être établi. Les phases de cette activation sont montrées à la Figure 3.3. Pour cela, l'UE transmet la requête *Activate PDP context* ainsi que le domaine auquel le message est destiné. Lorsque le message arrive au SGSN celui-ci vérifie l'identité de l'UE auprès du HLR pour le droit d'accès au réseau 3G. Une fois l'identité du UE vérifiée, le SGSN permet alors au UE d'accéder au GGSN vers lequel le message est transmis. Le GGSN termine le PDP context et envoie le message SIP à l'IMS auquel il est connecté. Le GGSN avec la collaboration d'IMS établit les ressources nécessaires à la communication pour le réseau cœur et pour le réseau d'accès. Au niveau du réseau cœur, le lien entre le SGSN et le GGSN s'établit au moyen de la procédure *Create PDP Context*. Au niveau du réseau d'accès, l'allocation des ressources est commandée par le message *RAB Assignment Request*.

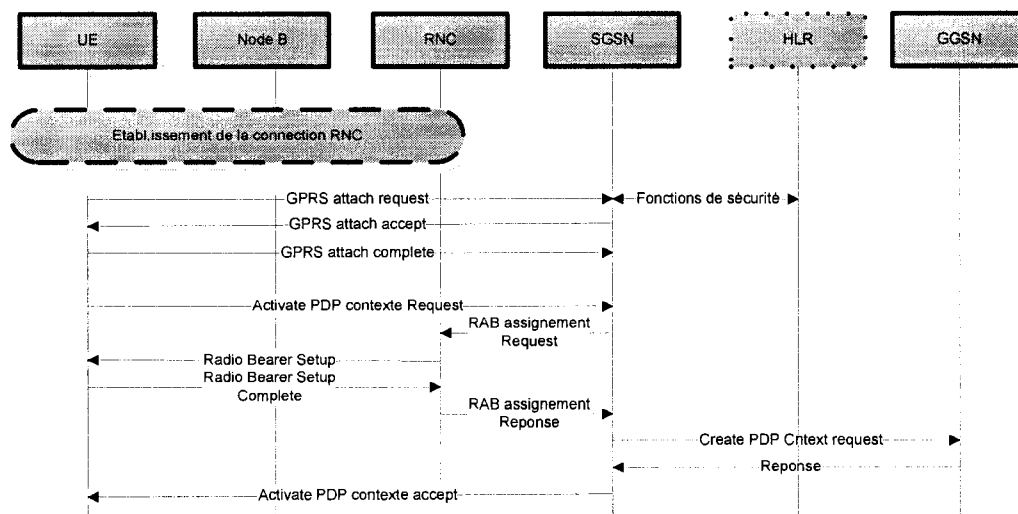


Figure 3.3 L'UE initie une inscription au réseau

3.3.2 Procédures d'enregistrement

Après s'être connecté au réseau 3G le terminal doit ensuite accéder au sous-système IMS. Normalement, durant la procédure d'activation du contexte PDP, l'UE trouve aussi l'adresse du proxy CSCF qui est le point d'entrer au sous-système IMS. Dans cette architecture, ce rôle est rempli par un S-CSCF qui est directement branché au

GGSN. L'UE peut donc envoyer une demande d'enregistrement au sous-système IMS. L'enregistrement à IMS se fait avec une requête SIP REGISTER. L'objectif de l'enregistrement est d'associer une identité publique à une adresse de contact ce qui permet, entre autres, au S-CSCF de pouvoir rejoindre le terminal de l'utilisateur lorsque cela est nécessaire. La requête émise par l'UE traverse le réseau d'accès et le réseau cœur en utilisant le canal de communication établi conformément aux procédures de signalisation du réseau 3G. Elle arrive au GGSN qui la transmet directement au S-CSCF (Figure 3.4). Celui-ci va interroger le HSS à l'aide d'un message DIAMETER Multimedia-Auth-Request (MAR) afin de pouvoir authentifier et autoriser ou non l'utilisateur à accéder à IMS. La première requête d'enregistrement est toujours authentifiée dans IMS [15]. Le HSS envoie les informations demandées, les vecteurs d'authentification, dans un message DIAMETER Multimedia-Auth-Answer (MAA). Alors, le S-CSCF envoie une réponse SIP 401 (Unauthorized) au UE qui contient un défi que celui-ci doit résoudre. Lorsque l'UE reçoit cette réponse, il prend note du défi, produit une réponse appropriée et envoie la réponse au défi par le biais d'une nouvelle requête SIP REGISTER. Cette requête suit le même parcours que la première requête REGISTER et arrive au S-CSCF. La réponse au défi est validée avec les informations que contenait le message MAA envoyés précédemment par le HSS. Si l'authentification réussit, le S-CSCF envoie un message DIAMETER SAR au HSS pour l'informer de la réussite de l'enregistrement et pour recevoir les informations du profil de l'abonné. Puis, il conserve certaines informations contenues dans la requête et qui permettront de retrouver l'UE (ex. l'adresse de contact et l'adresses des nœuds formant le chemin menant à l'utilisateur). Finalement, le S-CSCF envoie un message SIP OK pour l'informer du succès de la procédure (cf. Figure 3.4).

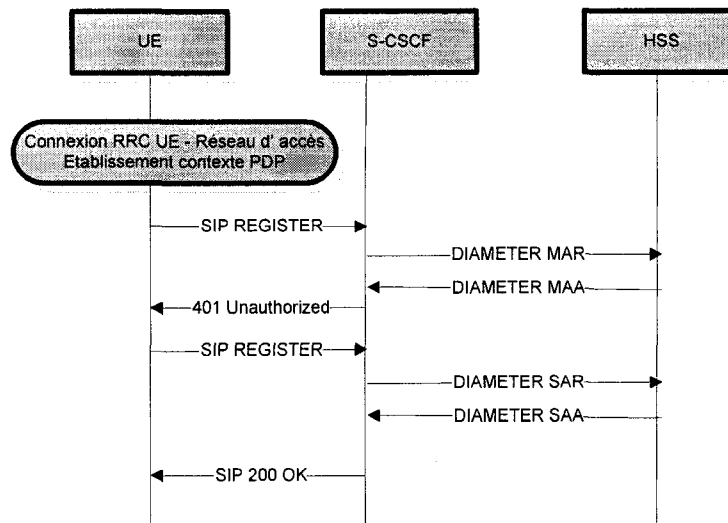


Figure 3.4 Procédure d'enregistrement à IMS

3.3.3 Signalisation de service

Une fois que l'UE s'est enregistré à IMS, il peut publier ses informations de présence et souscrire à son propre profil et au service de son groupe. Une fois ces procédures réalisées avec succès. L'utilisateur peut choisir parmi les services offerts. Il peut, entre autres :

- créer un contact;
- créer un groupe privé;
- partager un groupe;
- supprimer un groupe partagé;
- notifier d'un changement dans un groupe partagé;
- ajouter un contact dans un groupe partagé;
- enlever un contact dans un groupe;
- enlever l'initiateur d'un groupe partagé;
- poster un document;
- détruire un contenu.

Dépendant des services choisis, se produit dans le réseau une signalisation que nous désignons par *signalisation de service*. Les procédures qui s'y rattachent et qui

seront détaillées dans les sections suivantes résultent de l'implémentation fait par HP du service de Gestion de groupe [35].

3.3.3.1 Souscription au Service

Les procédures relatives à la publication d'information de présence et de souscription au service sont indiquées à la Figure 3.5. Pour publier ces informations de présence, l'utilisateur envoie une requête PUBLISH au S-CSCF qui se charge de le transmettre au serveur de présence. Ce dernier répond par un 200 OK qui est acheminé à l'UE via le S-CSCF.

La souscription au service est une communication qui s'établit entre le UE et le XDMS par l'intermédiaire des messages SUBSCRIBE et NOTIFY, GET et PUT. Les requêtes et réponses SIP (SUBSCRIBE, NOTIFY et 200 OK) sont transmises par l'intermédiaire du S-CSCF et de l'ICS-SERVEUR.

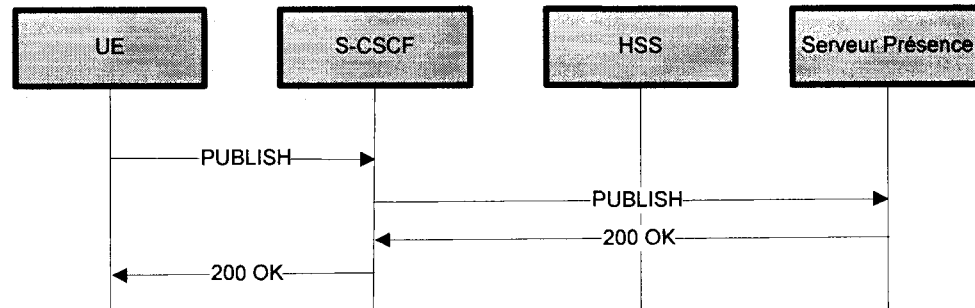


Figure 3.5 Publication d'information de présence

3.3.3.2 Fin de la Souscription au Service

Pour mettre fin à la souscription, l'utilisateur envoie un message SUBSCRIBE avec le champ *Expires* à 0. Lorsque le message arrive à l'ICS-Serveur, ce dernier envoie une série de SUBSCRIBE à l'XDM-serveur pour lui demander de désenregistrer l'UE pour tous les documents auxquels il s'était préalablement enregistré pour l'utilisateur. À la fin de cette procédure, l'UE reçoit un NOTIFY sans information.

3.3.3.3 Ajout d'un contact

L'ajout d'un contact s'effectue selon la procédure indiquée à la Figure 3.6. Elle permet à un usager (UE1) de retrouver, sur le serveur XDMS, l'adresse de communication d'un usager de contact (UE2) à partir de son numéro de téléphone. Pour cela, les messages GET et 200 OK sont d'abord échangés. L'information récupérée permet à l'UE1 de s'inscrire aux informations de présence de son contact, à l'aide des messages XMPP Presence.

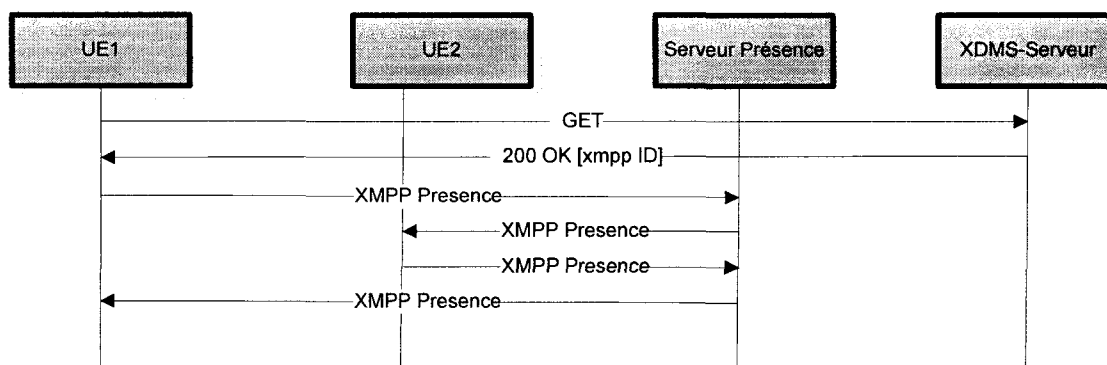


Figure 3.6 Ajout d'un contact

3.3.3.4 Création d'un Groupe privé

Des messages PUT et 200 OK sont échangés entre l'UE et le XDMS-Serveur. Ils permettent à l'UE de créer le document de groupe à partager dans son propre répertoire sur le XDMS, de mettre à jour le document contenant les références au groupe privé et d'ajouter les membres du groupe selon la procédure indiquée à la Figure 3.7.

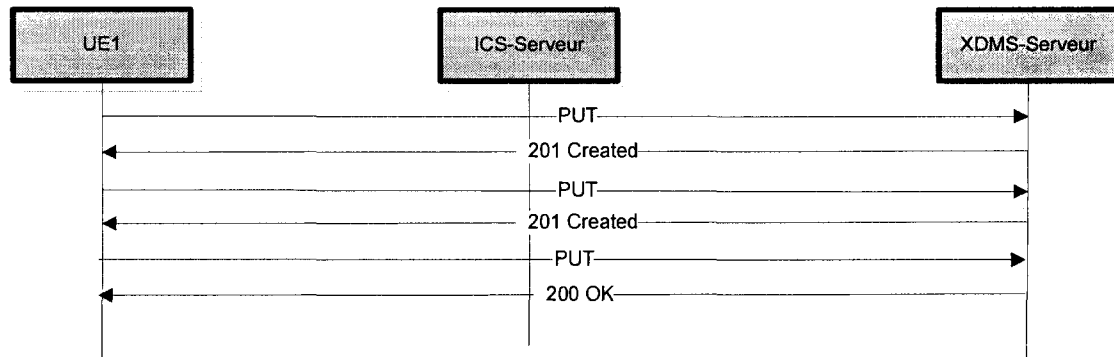


Figure 3.7 Création d'un groupe privé

3.3.3.5 Création et destruction d'un groupe partagé

Des messages PUT et *201 Created* sont échangés entre l'UE et le XDMS-Serveur permettant la création d'un groupe partagé. Le XDMS notifie ensuite les membres faisant partie du groupe grâce à des requêtes SIP NOTIFY. Les membres peuvent alors accepter ou refuser de faire partie du groupe créé.

Pour détruire le groupe, l'utilisateur (UE1) va le supprimer du document contenant les références au groupe partagé se trouvant dans son répertoire sur le XDMS

3.3.3.6 Poster un contenu

La Figure 3.8 montre la procédure pour poster un document qui peut être par exemple un film ou une image, dans un répertoire du serveur XDMS. L'utilisateur qui désire faire cette opération d'envoi de document, transmet le message HTTP POST, pour créer un répertoire pour mettre le document. Sur la Figure 3.8, nous supposons qu'il existe de la place dans le répertoire en question pour poster le document. Sinon, la procédure inclue une étape pour s'assurer de la disponibilité de la place. Lorsque le document est sauvegardé. L'ICS-Serveur met à jour le document de description du groupe puis retrouve la liste de tous les membres du groupe et les notifie de la disponibilité du document. Un membre du groupe qui veut récupérer le document utilise la commande HTTP GET.

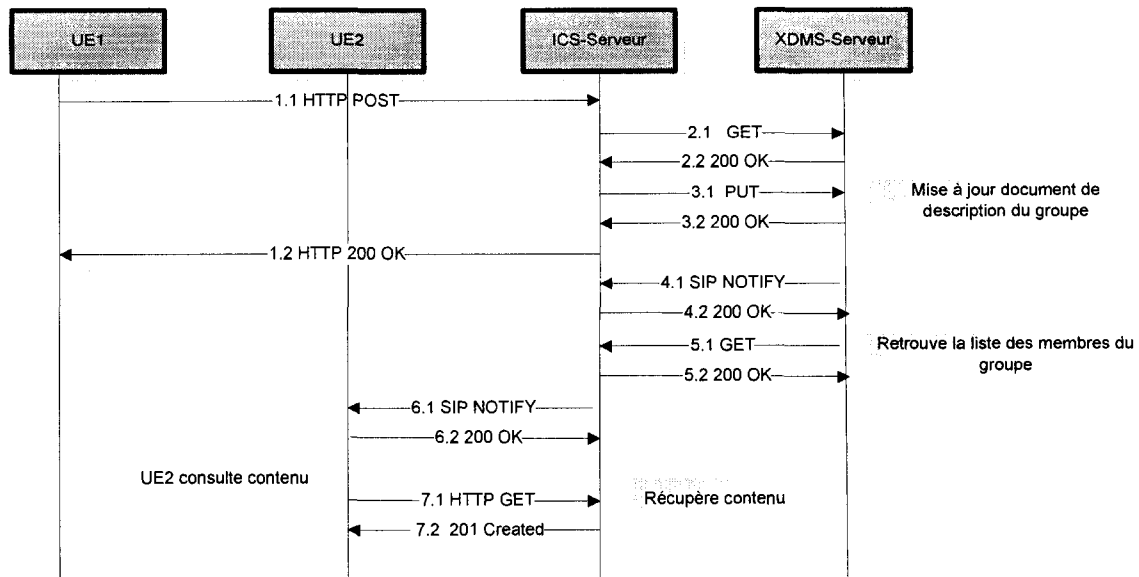


Figure 3.8 Poster un contenu

3.3.3.7 Établissement d'une session Voix sur IP

La Figure 3.9 montre les phases de l'établissement d'une session IMS entre deux entités mobiles respectivement désignés UE_{source} et $UE_{destinataire}$. L' UE_{source} concerne l'équipement de l'utilisateur qui initie l'appel et l' $UE_{destinataire}$, celui qui reçoit l'appel. Nous supposons que les deux entités mobiles sont dans le même réseau 3G et que l' UE_{source} a un premier contexte PDP actif permettant le transport de la signalisation. Cette hypothèse simplificatrice permet entre autre de n'avoir qu'un seul S-CSCF. L'établissement d'une session est initié par l' UE_{source} avec l'envoi d'une requête SIP INVITE et peut être décomposé en trois grandes étapes [8]. La première étape permet de localiser l' $UE_{destinataire}$, la deuxième étape permet de négocier les paramètres de la session et mettre au point les ressources et à la troisième étape s'effectue la signalisation de fin d'établissement. La requête SIP contient les paramètres SDP relatifs aux caractéristiques de la session que souhaite établir l'utilisateur. Le message traverse le réseau et arrive au S-CSCF responsable de l' $UE_{destinataire}$ (selon le modèle proposé, il n'y a qu'un seul S-CSCF qui dessert le réseau). Le S-CSCF après avoir effectué les contrôles adéquats, va envoyer le message INVITE au premier point de contact du réseau local de

l'UE_{destinataire}. Si l'UE_{destinataire} a un contexte PDP actif son adresse IP est connue et le routage s'effectue. Sinon, lorsque le message INVITE arrive au SGSN du réseau de l'UE_{destinataire}, le réseau va initier une procédure d'activation d'un contexte PDP. Le type de service ainsi que les caractéristiques des ressources qui serviront de support de communication, sont négociés entre l'UE et le réseau, pour le transport des messages de signalisation. Il faut noter que chaque nœud recevant la requête retourne un message 100 Trying à l'UE_{source}. Lorsque l'UE_{destinataire} reçoit la requête, il retourne une réponse SIP 183 *Session Progress* indiquant qu'il a bien reçu la demande de session IMS. Ce message contient également les paramètres SDP proposés par l'UE_{destinataire} en réponse à ceux requis par l'appelant. Cet échange permet de négocier les paramètres de session entre les entités dans le cas où l'UE_{destinataire} ne serait pas capable de supporter l'un des formats de codage proposé. À la réception du message l'UE_{source} envoie un message SIP PRACK contenant les paramètres SDP finalement choisis. À ce stade, une réservation de ressource est nécessaire. Cependant, un seul PDP est activé et permet le transport de la signalisation et du média requis. L'échange SIP 200 OK et UPDATE entre les deux entités indiquent le succès de cette étape.

Le message SIP RINGING est envoyé par l'UE_{destinataire} et indique la réception d'un appel. Il envoie ensuite le message 200 OK pour indiquer que l'appel est accepté. L'établissement de la session se complète par l'envoi d'un message d'acquittement de l'UE_{source} ayant initié la session.

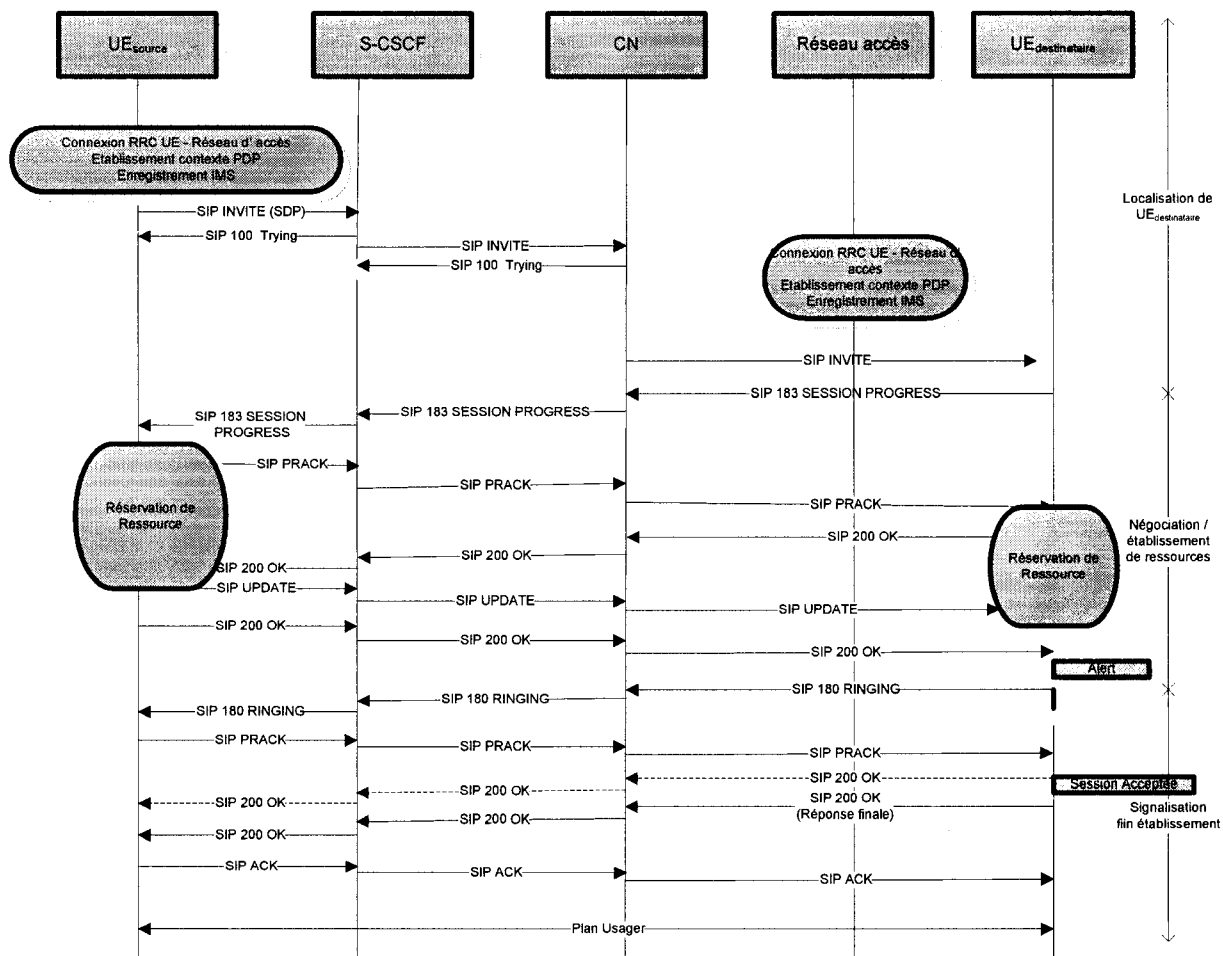


Figure 3.9 Établissement de session VoIP dans IMS

3.4 Analyse du trafic dans le réseau proposé

Le trafic dans le réseau résulte des services multimédia (voix et vidéo) et des services génériques (présence et gestion de groupe) regroupés en trafic usager et trafic de signalisation. Ainsi, pour caractériser le trafic dans le réseau, nous nous intéressons à dégager le caractère de chacune de ces sources de trafic. Le trafic voix et le trafic vidéo ont fait l'objet de nombreuses études qui affirment le caractère particulier de chacun d'eux. Pour cela, ces deux sources de trafic seront considérées séparément dans notre analyse. Le trafic de signalisation résultant des services de présence et de gestion de groupe sera analysé comme une source unique dont les caractéristiques seront mises en évidence dans cette étude. Une fois les caractéristiques du trafic dégagées, il s'agira de trouver les modèles stochastiques qui représentent le mieux les paramètres du trafic dans le réseau. L'objectif étant une modélisation à des fins de prédiction de performance.

3.4.1 Modèle de trafic voix

Dans les réseaux à commutation de circuit, la voix est transportée sur un circuit dédié établi au moment de la connexion. Ce circuit est construit à l'établissement de l'appel téléphonique et maintenu pendant la durée de la communication. Dans les réseaux à commutation de circuits, on a longtemps utilisé des modèles de trafic de voix qui font intervenir les lois d'Erlang et de Poisson [36]. L'approche commutation de paquets imposée par IP permet d'optimiser entre autre les ressources média (détection de silences). Il en est résulté la technologie de détection et de suppression de silence mis à profit par presque tous les codecs (codeur-décodeur) lors de la compression-décompression de la voix. Pour cela, la modélisation d'une source de trafic de voix numérisée doit tenir compte des deux états : état ON (talkspurt) ou activité vocale durant lequel des paquets de voix sont transmis et état OFF ou silence durant lequel aucun paquet n'est transmis sur le réseau.

Des études récentes ont montré qu'il fallait tenir compte de l'auto-similarité de la distribution des inter-arrivées des paquets dans la caractérisation d'un trafic au risque de fausser les analyses subséquentes à cette caractérisation. Cependant, des

travaux réalisés sur le trafic de voix démontrent que la distribution des inter-arrivées des paquets de voix n'est pas auto-similaire et qu'elle est caractérisée par des dépendances à court-terme, on peut citer entre autres les travaux réalisés par Ben Ali dans [36]. En tenant compte de ces résultats et de la nature constante des tailles de paquets de voix (36 octets utiles et 50 octets d'en-têtes = 86 octets), on peut continuer à utiliser des modèles existants pour le trafic voix.

Ainsi, le modèle de trafic de voix peut être décrit par une chaîne de Markov à temps continu et à deux états discrets. Divers études font référence aux travaux réalisés par Brady [37] où il est démontré que les périodes relatives à ces deux états sont distribuées suivant une loi exponentielle. Le temps de maintien de chacun des deux états suit alors une loi exponentielle de moyenne $1/\lambda$ pour l'état ON et $1/\mu$ pour l'état OFF. Un appel téléphonique complet constitue une session contenant des périodes ON-OFF tels qu'indiqués à la Figure 3.10. Nous retenons, le modèle de voix proposé par Habib et al. [38], une source ON-OFF où la période ON suit une distribution exponentielle de moyenne 352 ms et la période OFF suit une distribution exponentielle de moyenne 650 ms.

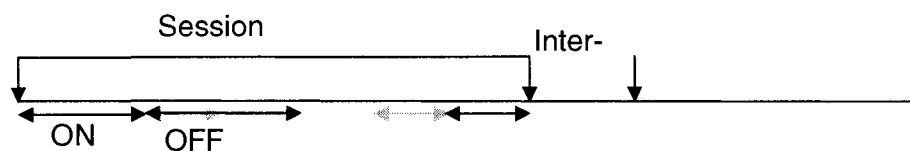


Figure 3.10 Modèle d'un appel simple

3.4.2 Modèle de trafic vidéo

Le MPEG (Moving Picture Experts Group) a développé différents standards qui touchent les technologies nécessaires à l'interopérabilité multimédia, parmi lesquels, MPEG-1, MPEG-2 et MPEG-4, qui sont très utilisés pour le codage vidéo. Chacun de ces standards utilise un modèle de codage légèrement différent mais à la base on retrouve un flux vidéo qui se décompose en plusieurs scènes, une scène en plusieurs groupe d'images GOP (Group Of Pictures) et un GOP en plusieurs trames vidéo de différents types (Intra codées I, Prédictives P, Bidirectionnelle prédictives B) (Figure 3.11):

- les trames I emploient seulement le codage intra-trame, basé sur la transformation discrète de cosinus (DCT) et sur le codage d'entropie;
- les trames P emploient un algorithme de codage semblable aux trames I mais avec une compensation de mouvement par rapport à la trame I ou P précédente;
- les trames B sont semblables aux trames P sauf que la compensation de mouvement peut être effectuée par rapport à la trame I ou P ou une interpolation des deux.

Divers travaux ont adressé le problème relié aux distributions des tailles des différents éléments: trames, GOP et scènes. On retient, entre autres, les travaux de Krunz et al. [39]. Ces derniers montrent que la longueur de la scène suit une loi géométrique, que les trames I, P et B suivent des lois log-normales, et que la taille de la trame I de chaque début de GOP subit une auto régression dans une même scène. Les trames I sont ainsi modélisées comme suit:

Soit I_0 la taille de la première trame I (ou le premier GOP) pour la scène en cours, n étant l'index de la GOP dans une même scène et $AR\epsilon$ le coefficient d'auto-régression. On a :

- $\delta I_0 = \delta I_{-1} = 0$
- $I_n = I_{n-1} + \delta I_n$
- $\delta I_n = a_1 * \delta I_{n-1} + a_2 * \delta I_{n-2} + AR\epsilon$

La Figure 3.11 illustre un modèle d'une source vidéo MPEG.

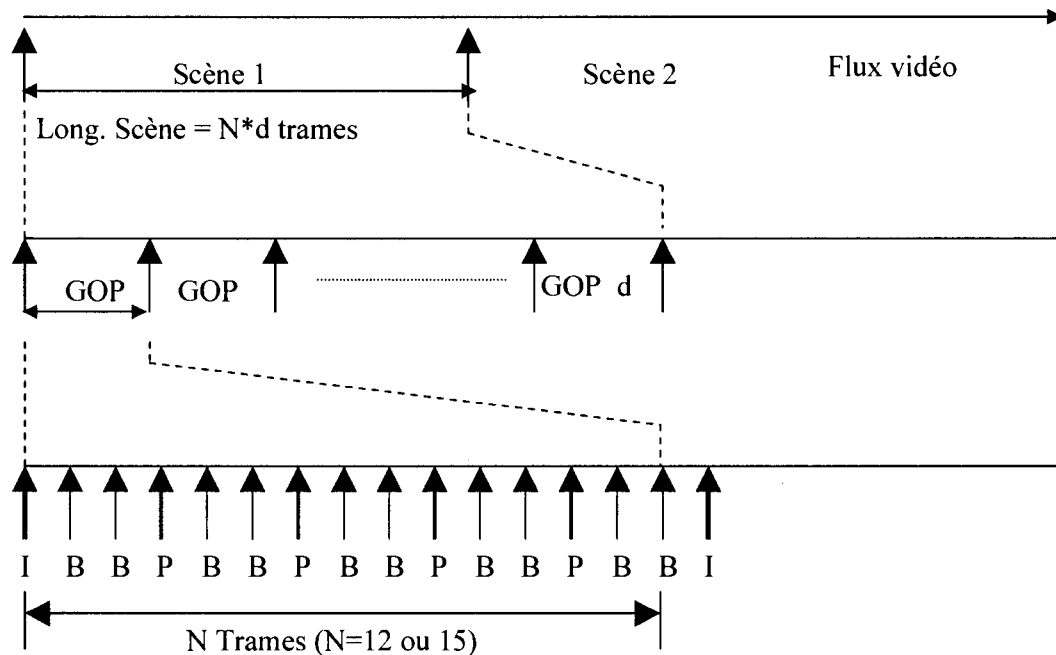


Figure 3.11 Modèle d'une source vidéo MPEG

De manière plus spécifique, la norme MPEG-4 touche les bas débits (jusqu'à 2 Mbit/s). Conçue pour le web et la mobilité, elle permet d'obtenir des séquences de qualité supérieure à des débits équivalents à ceux de MPEG-1 ou 2 ou de compresser les séquences à qualité inchangée avec des débits beaucoup plus faibles tout en apportant une grande interactivité [40]. Ce modèle retient notre attention et les détails de son implantation seront présentés dans le prochain chapitre.

3.4.3 Modèle de trafic de signalisation

Le trafic de signalisation est constitué d'une série de requêtes et de réponses. Ce sont essentiellement des messages SIP révélant le caractère interactif du trafic. Au-delà, de cette première caractérisation, l'analyse du trafic de signalisation montre que celui-ci peut être décomposé en un flot déterministe et un flot probabiliste. Le flot déterministe est lié au respect des procédures liées à l'enregistrement, à la publication et à la souscription au service. Une fois ces procédures effectuées,

l'utilisateur peut choisir parmi les services disponibles engendrant dans le réseau un trafic dit de *signalisation de service* (cf.3.3.3). Ce trafic peut être considéré comme un trafic probabiliste puisqu'il ne dépend que du comportement des usagers (Figure 3.12). Les procédures de fin de souscription et d'enregistrement sont considérées faisant partie du trafic déterministe.

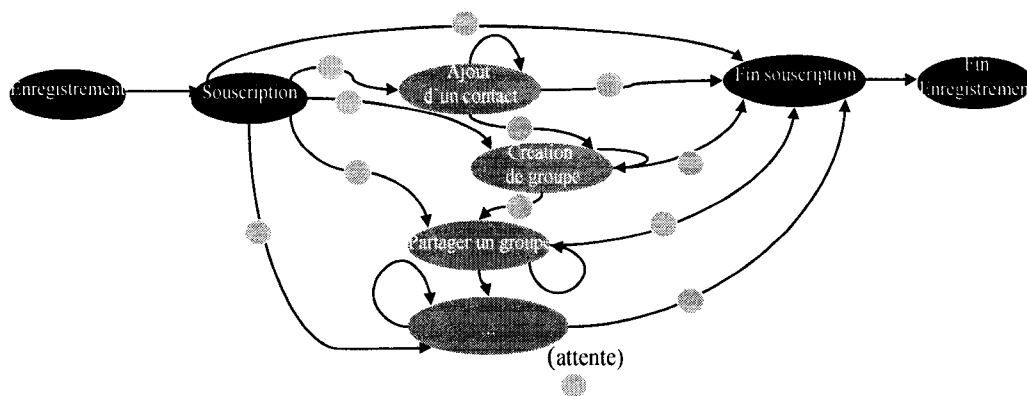


Figure 3.12 Flot de signalisation

Le flux déterministe se reproduit aisément en se basant sur les procédures standards. Il s'agit de pouvoir caractériser le trafic probabiliste. Pour cela, le trafic généré par une application implantant les services de présence et de gestion de groupe a été capturé sur un réseau mobile 3G IMS. L'analyseur de réseau, le logiciel de capture ETHERREAL [41] installé du côté de la source et du côté des serveurs ICS et XDMS permet la capture des paquets coïncidant respectivement avec les instants de génération et de réception du trafic ainsi que des détails sur les différents champs le concernant. L'analyse des traces montre que, contrairement au trafic de voix mais similairement au trafic internet, le trafic de signalisation est asymétrique avec des fichiers de tailles variables. Nous désignons par trafic internet le trafic généré par une application HTTP à partir d'un navigateur web. En effet, un fort pourcentage du trafic est constitué d'un trafic HTTP ou similaire au trafic HTTP provenant ou en direction du XDMS. À titre d'exemple, pour 125 sec de trafic capturé durant une session où des usagers interagissent, 35% proviennent de l'XDMS (cf. Tableau 3-1)

et sont, pour la plupart, des réponses à des GET ou des PUT, du trafic HTTP (cf. 2.1.2.4). De plus, 50%, soit 22.53% du trafic provient de l'ICS serveur et 27.41% du trafic provient du S-CSCF. 70% du trafic ICS et S-CSCF sont à destination du XDMS comme décrit dans le Tableau 3-2. Ce trafic est constitué de requête SIP et HTTP.

Tableau 3-1 Trafic de signalisation en fonction de la source

Somme de Taille (octets)	Source							
Taille (octets)	ICS-SERVEUR	P-CSCF/S-CSCF	Serveur-Présence	UE	UE1	UE2	XDMS-Serveur	Total
Total	41242	50166	4925	8521	6966	6491	64714	183025
	22.53%	27.41%	2.69%	4.66%	3.81%	3.55%	35.36%	

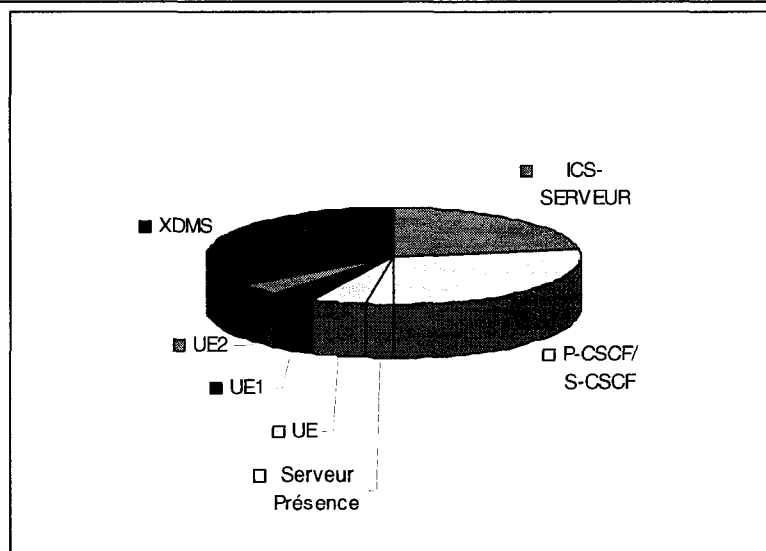


Tableau 3-2 Trafic de signalisation à destination de l'XDMS

Destinataire	XDMS-Serveur		
Somme de Taille (octets)	Source		
Taille (octets)	ICS-SERVEUR	S-CSCF	Total
Total	29030	5087	34117

Plusieurs études montrent que le trafic internet présente un caractère fractal (ou autosimilaire). Staehle et al. ont recensés plusieurs modèles pour ce trafic dans [42]. Dans ce projet, nous nous intéressons particulièrement au modèle proposé pour

le trafic Internet à partir d'un réseau UMTS [43]. Celui-ci est constitué de séquence d'appels paquets (*packet calls*). Chaque appel est formé de plusieurs paquets. Une session de service paquet (*packet service session*) peut contenir un ou plusieurs appels paquets selon l'application. Dans le modèle proposé, les sessions arrivent selon un processus de poisson, le nombre d'appel suit une distribution Géométrique de moyenne 5 (appels/session). L'utilisation de la distribution Géométrique (représentation discrète de la distribution Exponentielle) s'explique par le fait que les simulations utilisent une échelle de temps discret. Entre chaque *appel paquets* se produit une période OFF qui suit une distribution géométrique de moyenne 412 (s). Un *appel paquets* contient en moyenne 25 paquets dont les tailles suivent une distribution de Pareto ($\alpha = 1.1$ et $K = 81.5$).

La prépondérance du trafic HTTP dans le trafic de signalisation et la parallèle entre les périodes d'appels paquets et les *signalisations de service* nous permettent de dégager des éléments relatifs au trafic. Pour un seul utilisateur, le trafic de signalisation peut être, comme illustré à la Figure 3.13, où les sessions arrivent selon un modèle de poisson et les interarrivées des périodes de signalisation et des périodes OFF suivent une distribution exponentielle :

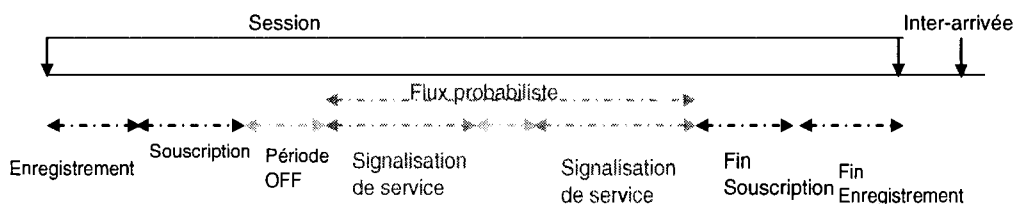


Figure 3.13 Signalisation de service par session (un seul utilisateur)

Plus précisément, les procédures expliquées précédemment montrent que les signalisations de service dépendent grandement du nombre de groupes formé par les usagers et du nombre de membres de chacun de ces groupes. Le Tableau 3-3 montre la sollicitation de certains nœuds critiques du réseau dépendamment du nombre de membres impliqués dans chaque groupe et des services choisis.

Tableau 3-3 Sollicitation des nœuds critiques du réseau

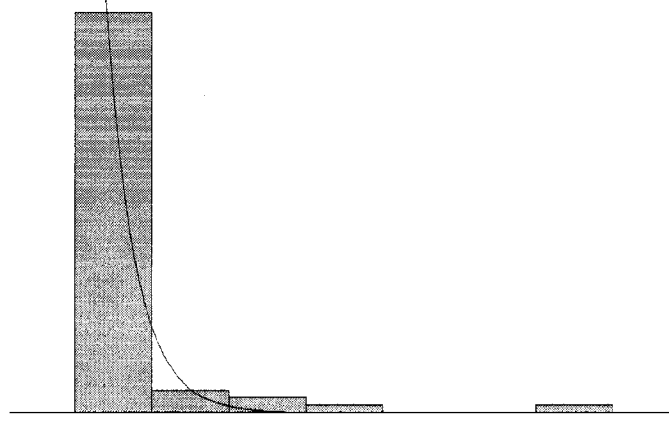
Signalisation	S-CSCF	ICS-Serveur	XDMS	GGSN
Enregistrement Publication } <i>Client startup</i> Souscription	14	10	13	10
Créer un contact	-	-	1	6
Crée un groupe privé	-	-	3	6
Créer un groupe partagé	$3+n$	$12+2n$	$15 + 2n$	$6+ 4n$
Destruction d'un groupe partagé	$1+ n$	$5+2n$	$5+2n$	$2+ 2n$
Ajout contact dans groupe partagé	-	4	4	4
Enlever un contact dans un groupe	-	4	4	4
Poster un contenu	-	$5+2n$	4	$2+4n$

n : nombre de membres par groupe

Il en résulte l'importance de certains services par rapport à d'autres du point de vue du trafic de signalisation. De ce fait, une approche simulant le comportement d'un usager créant des groupes et opérant certaines fonctions de gestion de groupe permet une bonne estimation de ces *signalisations de services*.

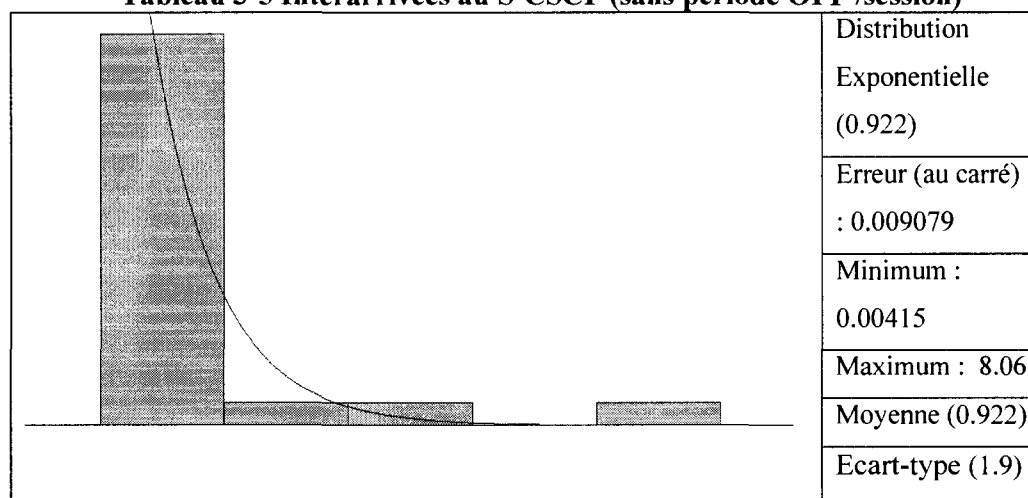
Il s'agit à ce stade de trouver les paramètres pour ces distributions. En analysant les traces en provenance du trafic réel mentionné en début de section et les requêtes qui arrivent au S-CSCF, il est confirmé que les inter-arrivées des paquets suivent une distribution exponentielle. Le Tableau 3-4 donne les paramètres de la distribution des interarrivées des requêtes trouvées avec ARENA [44] à partir d'un trafic d'une durée de 125 sec.

Tableau 3-4 Interarrivées des requêtes de signalisation au S-CSCF

	Distribution Exponentielle
	Expression : $EXPO(2.25)$
	Erreur (au carré) : 0.003703
	Minimum : 0.00256
	Maximum : 40.7
	Moyenne (2.25)
	Ecart-type (6.4)

La dispersion des interarrivées s'explique, en se basant sur les procédures de signalisation, par la présence des périodes OFF incluses dans le trafic. En considérant pour une session les interarrivées et en tenant compte des périodes OFF on trouve toujours une distribution exponentielle (cf. Tableau 3-5). Par contre, il est observé dans le contexte des traces analysées, que les paramètres de la distribution (la moyenne dans ce cas) sont fonction du type de service choisi, tel que montré plus en détail au chapitre suivant où sera introduit la notion de profils de service.

Tableau 3-5 Interarrivées au S-CSCF (sans période OFF /session)



Dans le contexte des traces analysées et des flots de signalisation observés, il ne peut être établi que la moyenne des paquets par période de signalisation soit de 5 ni que la distribution des tailles de paquets suivent une distribution de Pareto tel que proposé en [43]. En effet, le nombre des paquets ainsi que la distribution des tailles des paquets sont trouvés spécifiques à ce trafic; Il en ressort, ainsi, la nécessité de calibrer et valider le modèle de trafic de signalisation proposé, ce qui sera détaillé au chapitre suivant.

CHAPITRE 4

ÉVALUATION DE PERFORMANCE

La performance du réseau proposé ne peut être évaluée par des modèles analytiques car le nombre de variables qu'il serait nécessaire de prendre en compte serait alors trop grand. L'approche retenue est d'élaborer un plan d'expérience, de l'implanter, de collecter les résultats et de les interpréter [45, 46]; le réseau proposé ainsi que sa charge ayant été déjà modélisée (cf. chapitre 3). Une étape importante, en amont à ce processus, est la définition et la sélection des indices de performance, fonction des objectifs formulés dans ce projet. Aussi, dans ce chapitre, nous présenterons les indices de performance et le plan d'expérience suivi de l'implantation du réseau proposé; les résultats seront ensuite présentés et analysés.

4.1 Indices de performance

La gestion de la Qualité de Service (QS) est essentielle pour garantir la fiabilité de la délivrance des services IMS à travers les réseaux. Rappelons-le, ces services se distinguent des services comme la navigation WEB par leurs exigences beaucoup plus strictes en QS. Aussi, pour évaluer la QS dans le réseau proposé, nous nous intéressons aux paramètres suivants: *le délai, la variation du délai, le taux de perte de paquet, et le nombre de retransmission de paquets.*

Le délai auquel on s'intéresse est le *délai de bout-en-bout* qui peut être défini comme le temps pris par un message pour aller d'un nœud à un autre. Dans le cas des services multimédia qui nous concernent, le délai est un paramètre critique particulièrement pour la voix. La recommandation G.114 de ITU-T [47] indique que pour une bonne qualité de la voix, pas plus que 150 msec de délai de bout en bout unidirectionnel ne doit être toléré. Selon cette recommandation, un délai entre 150 msec et 400 msec peut être considéré comme acceptable dans certains cas, malgré une perception de la dégradation de la qualité.

Pour le trafic de signalisation, le délai correspond au *temps de réponse* pour l'exécution des différentes procédures. Le temps de réponse mis pour la réalisation des procédures comme le *GPRS Attach*, l'activation du contexte PDP, l'enregistrement à IMS et la souscription au service sont des critères de performance

critique dans ce projet, puisque ces procédures sont des étapes préliminaires nécessaires à la délivrance des services.

La variation du délai appelée aussi *gigue* est une variation des délais encourus par deux paquets successifs. La gigue est un paramètre important pour la QS, particulièrement pour la voix car elle peut rendre la conversation téléphonique hachée. Ce paramètre doit être maintenu à moins de 10 msec. De même, les exigences de QS pour les applications de vidéo interactive de bonne qualité sont quasi-similaires à ceux des applications de voix : un délai d'environ 150 msec, une gigue de moins de 10 msec; bien qu'il existe certaines différences au niveau des exigences de la vidéo par rapport à ceux de la voix.

Le taux de perte de paquet est un rapport du nombre de paquets perdus pendant une transmission au nombre de paquet transmis. Les applications audio et vidéo nécessitent des délais très stricts, pour cela des protocoles de transport fiable comme TCP (Transmission Control Protocol) ne peuvent être utilisés. Des protocoles comme UDP (User Datagram Protocol) sont utilisés pour satisfaire des contraintes de délai avec néanmoins des pertes de paquets. Tel qu'indiqué dans la recommandation G.113 de l'ITU-T [48], jusqu' à 10% de taux de perte de paquets semble ne pas avoir d'influence notable sur la qualité de la voix.

Pour garantir la fiabilité du trafic de signalisation, celui-ci est transporté avec le protocole TCP qui garantit que les données arrivent dans l'ordre et assure la retransmission des paquets perdus. Cependant, la retransmission a un coût important et le *nombre de retransmission de paquet* constitue, de ce fait, un critère de performance pour le trafic de signalisation.

4.2 Plan d'expérience

Le plan d'expérience élaboré se base sur la variation de facteurs pouvant influencer les indices de performances présentées. Dans ce plan d'expérience, les statistiques sont centrées sur les trois indices de performance les plus critiques pour les services offerts par le réseau proposé : le délai, la gigue, le temps de réponse des procédures de signalisation. Cette simplification est rendue possible car un certain nombre de simulations a été mené où les autres indices de performance sont considérés afin de valider et de calibrer le trafic dans le réseau (cf. 4.3.3).

De l'analyse du trafic dans le réseau proposé, on peut retenir trois facteurs critiques pouvant influencer les indices de performance : *le nombre d'utilisateurs*, *le profil de service des utilisateurs*, et *le statut de mobilité des utilisateurs*. La notion de profil de services des utilisateurs a été introduite à la section 3.4.2 et sera détaillée dans la section suivante;

Pour chacun de ces 3 facteurs, deux niveaux sont retenus. Ce nombre restreint de niveaux permet de simplifier l'étude de performance et de la concentrer sur les configurations estimées intéressantes. C'est donc un plan d'expérience à 2^3 scénarios, tel qu'indiqué au Tableau 4-1.

Tableau 4-1 Configuration des différents scénarios

SCENARIO		1	2	3	4	5	6	7	8
Profil de Service	usager groupe 1	√		√		√		√	
	usager groupe 2		√		√		√		√
Charge du réseau	nombre usager restreint	√	√			√	√		
	grand nombre d'utilisateurs			√	√			√	√
Condition de mobilité	usager fixe	√	√	√	√				
	usager mobile					√	√	√	√

Afin de mesurer les erreurs dans les mesures effectuées, chaque expérience sera reproduite trois fois. Plus précisément, le plan d'expérience élaboré est un plan à $2^3 \times 3$ scénarios.

4.3 Implantation du réseau proposé dans OPNET

Nous simulons le réseau proposé en faisant choix d'un simulateur permettant un bon compromis entre le réalisme et la complexité du modèle. Il existe une série de simulateurs, parmi lesquels, NS-2, GloMoSim/Qualnet et OPNET qui pourrait être considérée. L'environnement de simulation Opnet Modeler a été retenu parce qu'il fournit une implantation quasi-complète du modèle 3G que nous considérons dans ce projet, le modèle UMTS. De plus, par son architecture modulaire et extensible, OPNET offre un environnement complet de développement pour concevoir et

implanter de nouveaux modèles. Le modèle IMS peut être, mis en place à partir des serveurs proxy SIP qu'OPNET fournit [9].

OPNET est un outil de simulation qui a été essentiellement développé pour la simulation de réseaux informatiques et de télécommunications. Il fournit de nombreuses bibliothèques de modèles de réseaux et reste assez ouvert puisqu'on peut accéder aux programmes sources de la plupart des modèles. OPNET se compose de trois différents outils : OPNET Modeler, le cœur du simulateur qui permet d'exécuter des simulations à événements discrets, OPNET Planer qui permet de décrire les scénarios de simulation et un outil d'analyse statistique.

OPNET [49] est un outil dont la structure interne des modèles est organisée de manière hiérarchique. Les couches inférieures du modèle général sont définies au travers d'un automate à états finis. Bien qu'il soit complexe à utiliser en comparaison à d'autres logiciels du domaine, OPNET offre un environnement de développement complet et permet la création de modèle réaliste.

L'environnement de modélisation d'OPNET se compose de projets et de scénarios. Un projet peut ainsi regrouper plusieurs scénarios. Un scénario comprend différents éléments tels que des modèles de réseau, des fichiers de résultats, des séquences de simulation, des analyses de configuration et des fichiers de vecteur de résultat.

Chaque station de travail dans Opnet peut supporter un certain nombre de profils. Les profils correspondent à un ensemble particulier d'applications modélisant les habitudes d'un groupe d'utilisateurs. Les profils sont munis d'un motif de répétition indiquant le nombre de répétitions et le temps entre deux répétitions. Pour chaque profil, on indique les applications, le schéma de répétition ainsi que le mode d'exécution (sériel ou parallèle). Chaque application peut être divisée en un certain nombre de tâches s'exécutant séquentiellement ou en parallèle. Les tâches correspondent à un certain nombre de phases de transfert ou de traitement de données qui peuvent s'exécuter séquentiellement ou concurremment. La version utilisée dans ce projet est le 11.5.A.

À la Figure 4.1, la topologie du réseau proposé est montrée. Il s'agit de l'implantation dans OPNET de l'un des scénarios du plan d'expérience. En fait, la configuration du réseau cœur et du sous-système IMS est commune à tous les

scénarios. Les détails d'une cellule et des connections au réseau cœur peuvent varier d'un scénario à un autre.

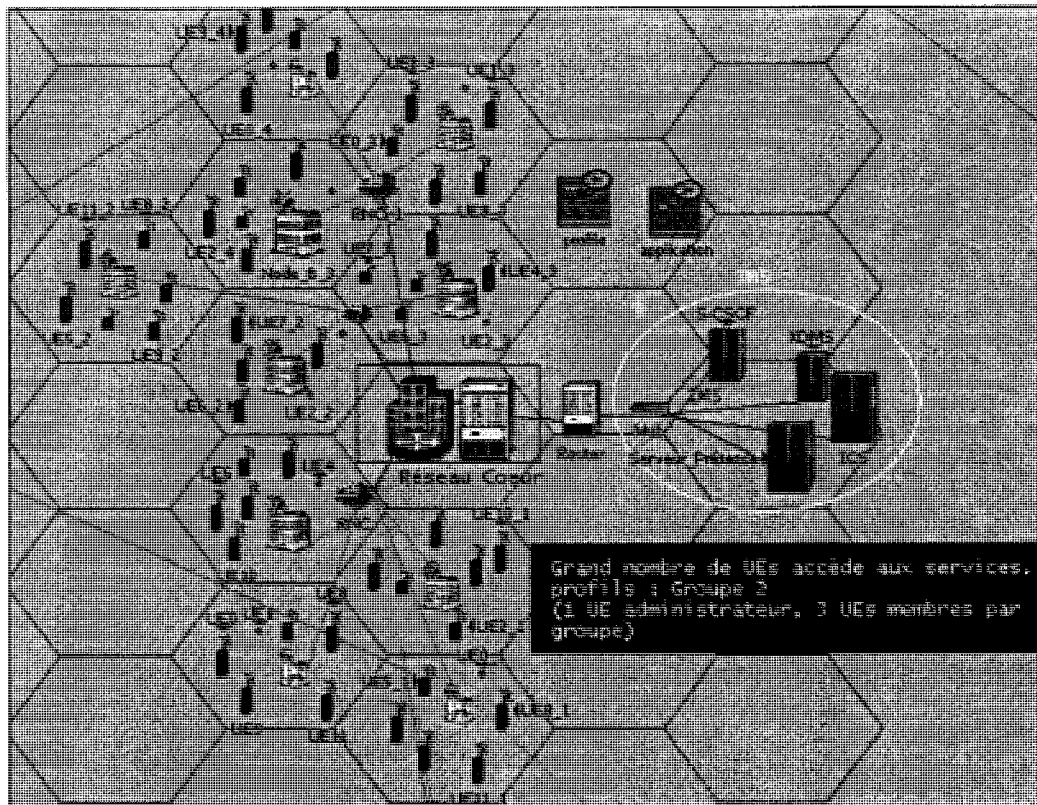


Figure 4.1 Topologie du réseau proposé

4.3.1 Représentation du modèle UMTS

Opnet permet de modéliser un réseau UMTS, tel que proposé par le 3GPP [2], afin d'évaluer la qualité de service de bout en bout, le débit, le taux de perte de paquet, le délai de bout en bout et la variation de délai via le réseau d'accès et le réseau cœur. UMTS utilise la technique d'accès W-CDMA qui supporte deux modes de communication duplex: Frequency Division Duplex (FDD) et Time Division Duplex (TDD). Le modèle supporte le mode FDD seulement où des bandes de différentes fréquences sont utilisées pour les liaisons montantes et descendantes.

La trame radio a une longueur de 10 ms et est divisée en 15 intervalles. Le facteur d'étalement varie de 256 à 4 pour les liaisons montantes et de 512 à 4 pour

les liaisons descendantes. Avec ces facteurs d'étalement des taux de transmissions jusqu'à 2 Mbps sont possibles.

Le modèle supporte la procédure *GPRS attach* et l'activation de contexte PDP tel qu'expliqué au chapitre précédent (cf. 3.3.1). Il supporte aussi l'activation de multiple contexte PDPs. En effet, un terminal, à la réception de PDUs (Protocol data units) active un contexte PDP si un n'était pas déjà activé. Le contexte PDP inclut le profil de QS requis, associé à la classe de trafic des PDUs reçus. Chaque classe de trafic est associée à un profil de QS configurable incluant, entre autres, taux de transmission, niveau de priorité, vulnérabilité. À noter que les 4 classes de trafics définis dans UMTS sont supportées. Une fois activée, le contexte PDP demeure actif pour le reste de la simulation.

Trois modes RLC sont supportés : mode acquitté (AM), mode non acquitté (UM) et mode transparent (TrM). Dépendant du mode RLC choisi, cela a un impact sur le débit et le délai du fait que chacun d'eux utilisent des algorithmes différents.

Des canaux dédiés, DCH (Dedicated CHannel), sont supportés dans les voies montantes et descendantes lesquelles sont utilisées par des terminaux en état CELL_DCH. Les DCHs sont configurables par QS pour chaque RNC. Le modèle supporte les canaux DSCH (Downlink Shared CHannel) qui sont utilisés par les terminaux en état CELL_DSCH pour les communications dans les directions descendantes. L'état CELL_FACH est aussi modélisé et permet à un terminal d'utiliser le canal RACH (Random Access Channel) pour les voies montantes et FACH (Forward access Channel) pour les voies descendantes.

Les stations UMTS dans le modèle comprennent une couche application qui communique directement avec une couche GMM (GPRS Mobility Management). Les stations plus avancées incluent toute la pile de protocole TCP(UDP)/IP entre la couche application et la couche GMM. Ce sont ces stations qui seront utilisées pour les simulations. Les stations comprennent également une couche RLC/MAC. Un émetteur radio, un receveur et une antenne.

La couche GMM a des fonctions pour :

- la gestion de la mobilité comme le *GPRS attach*,
- la gestion de session telle que l'activation de contexte PDP,
- le contrôle de ressources comme l'établissement et la fermeture de *radio bearers*.

Des mouvements d'un terminal à l'intérieur d'une cellule sont modélisés. Trois types d'environnement sont d'intérêts : intérieur, piétonnier et véhiculaire et leur représentation dans OPNET suivent les recommandations ITU-R M.1225 [50]. Dans le modèle, au démarrage, chaque terminal est attaché au plus proche Node-B et il n'y a pas de mobilité avant l'attachement.

À préciser qu'OPNET ne modélise pas l'établissement de connexion PS (packet-switched). Il est assumé que les terminaux restent attaché durant la simulation, il n'y a donc pas de *GPRS detach*. Il n'y a pas non plus de PDP context désactivation ou réactivation. Ainsi, durant une simulation, le PDP context n'est pas désactivé et est réutilisé la prochaine fois que le terminal requiert un profil de QS associé à ce PDP. Il n'y a pas non plus de négociation de la QS requise. Le SGSN soit accorde totalement la QS requise par le terminal soit la rejette.

4.3.2 Configuration du trafic

Dans cette section sont présentées la configuration des trafics audio et vidéo ainsi que celle du trafic de signalisation.

4.3.2.1 Trafic audio

D'après les spécifications de l'UMTS, le codec de la voix est un codec GSM d'une taille de 20 ms à un débit de 12.2 kbps. Le modèle générique d'une source de trafic voix est paramétré pour générer un trafic symétrique conforme aux spécifications de l'UMTS et aux données présentées à la section III.2.1 (Tableau 2-1).

Tableau 4-2 Configuration du modèle de voix

CODEC DE VOIX	GSM
Durée de silence (msec)	Exp(0.650)
Durée de l'activité vocale (msec)	Exp(0.325)
Longueur de la trame (msec)	20
Nombre de trames de voix / paquet	1
Taux de codage (kbps)	13
Détection et suppression de silence	Active
Type de Service (ToS)	Interactive voice (6)
Classe UMTS (Qualité de Service)	Conversationnel (0)

4.3.2.2 Trafic vidéo

L'analyse sur le trafic vidéo, à la section III.2.2, montre les caractéristiques multi fractales de ce trafic. Le modèle présenté est basé sur les travaux de BEN ALI dans [36] et consiste à définir une interruption OPNET autoprogrammée pour chaque type de trame vidéo (suivant le motif de génération IBBPBPBP...) (cf. Tableau 4-3).

Tableau 4-3 Configuration du modèle de vidéo suivant MPEG-4

TAILLE DE I (BITS)	LOGNORMALE (2549, 141932)
Taille de P (bits)	Lognormale(187, 25593)
Taille de B (bits)	Lognormale(62, 2991)
Taille de la scène (bits)	Géométrique (0.1)
M (occurrence de P) (bits)	Constante(3)
N (taille du GOP) (bits)	Constante(12)
a_1 (autoreg1) (bits)	Constante (0.53)
a_2 (autoreg2) (bits)	Constante (0.15)
$AR\epsilon$ (bits)	Normale (0, 392)
Taux de génération (trame/sec)	Constante(25)
Type de Service (ToS)	Excellent Effort (3)
Classe UMTS (Qualité de Service)	Interactive (2)

4.3.2.3 Trafic de signalisation

L'application sur mesure fournie par OPNET a été configurée afin de générer un trafic de signalisation conforme au trafic analysé au chapitre précédent (cf. 3.4.3). Le trafic est ainsi divisé en une série d'applications représentant les divers flux le composant, tel qu'indiqué à la Figure 3.13. Chaque application est formée d'un ensemble de tâches pouvant, entre autre, s'exécuter suivant un ordre donné, avec un protocole de transport spécifique (TCP, UDP, ...) et une qualité de service donnée comme le montre le Tableau 4-4. De même, chaque tâche est décomposée en une série de phases qui sont elles-mêmes formées d'une série de requêtes et réponses, conformément aux procédures expliquées dans la section 3.3. Les statistiques réalisées à partir des requêtes et réponses prélevées sur l'application gestion de groupe implantée par HP [51] montrent que les requêtes se produisent suivant un cycle bien défini. Une première série concerne *l'enregistrement de l'utilisateur (Register/client startup)* conforme à l'analyse réalisée à la section 3.4.3. Une deuxième série concerne une étape *initiale* liée à la création de groupe et à l'ajout de la plupart des membres du groupe, environ 80%. Une autre série de requête constitue une étape stable où des membres sont ajoutés au groupe et où d'autres fonctions de gestion de groupe s'effectuent. Durant ces deux étapes se produisent les *signalisations de services* introduites au chapitre précédent. Les détails des tâches formant les applications décrites dans le Tableau 4-4 sont présentés à l'Annexe I.

Tableau 4-4 Trafic de signalisation divisé en applications

APPLICATIONS	TACHES	PROTOCOLE	ToS/QS
Register/Client startup	Enregistrement	TCP	Best Effort(0) / Background(3)
	Souscription		
	Publication		
Création groupe	Création groupe	-	-
État initial	Ajout membre	-	-
État stable	Ajout membre	-	-
	Gestion groupe		

4.3.3 Profils de service

Les profils, rappelons-le, permettent de modéliser les habitudes d'un groupe d'utilisateurs et correspondent à un ensemble particulier d'applications. Des statistiques à partir des données extraites du réseau de HP [52], dont une synthèse est fournie dans le Tableau 4-5, ont permis d'établir deux types de profils de services : Profil groupe 1 et profil groupe 2. Chaque profil se distingue par le nombre de membres par groupe et par l'usage fait des services multimédia. Ainsi, le profil groupe 2 concerne de jeunes utilisateurs faisant en moyenne 10 appels audio par jour de 2 minutes chacun répartis sur 12 heures correspondant à la période d'activité estimée pour ce groupe.

Tableau 4-5 Estimation de la fréquence d'utilisation des services

Services	Profil	Nombre d'appels	Durée de service (seconde)/appel	Période d'activité (heure)
Audio	Groupe 1	5	120	12
	Groupe 2	10	120	9
Vidéo	Groupe 1	5	600	12
	Groupe 2	2	900	9
Signalisation (État stable - gestion de groupe)	Groupe 1	1	n/a	12
	Groupe 2	2	n/a	9

Au niveau de chaque groupe deux rôles sont implantés : *administrateur* et *membre*. L'administrateur est responsable de la création du groupe et il se charge aussi d'ajouter les autres membres du groupe. Les deux profils utilisent les schémas de répétitions spécifiés aux tableaux 4.6 et 4.7 correspondant respectivement aux services audio et vidéo :

Tableau 4-6 Paramètres de configuration des services audio

Durée service (sec)	Constant (120)	
Nombre de répétitions / service	Illimité	
Patron de répétition	Série	
Durée du profil	Toute la simulation	
Nombre de répétitions profil	Illimité	
Temps inter-service (sec)	Profil groupe 1	Exponentiel (6480)
	Profil groupe 2	Exponentiel (4320)

Tableau 4-7 Paramètres de configuration des services vidéo

Durée service (sec)	Profil groupe 1	Constant (600)
	Profil groupe 2	Constant (900)
Nombre de répétitions / service	Illimité	
Patron de répétition	Série	
Durée du profil	Toute la simulation	
Nombre de répétitions du profil	Illimité	
Temps inter-service (sec)	Profil groupe 1	Exponentiel (16200)
	Profil groupe 2	Exponentiel (8640)

Les tableaux 4.8 et 4.9 montrent respectivement les paramètres de configuration du service gestion de groupe pour administrateur et membre.

Tableau 4-8 Paramètres de configuration du service - administrateur

APPLICATIONS			
Register/Client startup	Durée (sec)	Fin dernière tâche	
	Nombre de répétitions du service	Une fois au démarrage	
Création Groupe	Durée (sec)	Constant(60)	
	Nombre de répétitions du service	Une fois au démarrage	
État initial	Durée (sec)	Constant(120)	
	Nombre de répétitions du service	Une fois au démarrage	
État stable	Durée (sec)	Constant(60)	
	Nombre de répétitions / service	Illimité	
	Durée du profil	Toute la simulation	
	Nombre de répétitions profil	Illimité	
	Temps inter-service (sec)	Profil groupe 1	Exponentiel (32400)
		Profil groupe 2	Exponentiel (17280)

Tableau 4-9 Paramètres de configuration du service - membre

APPLICATIONS			
Register/Client startup	Durée (sec)	Fin dernière tâche	
	Nombre de répétitions du service	Une fois au démarrage	
État stable	Durée (sec)	Constant(60)	
	Nombre de répétitions du service	Illimité	
	Durée du profil	Toute la simulation	
	Nombre de répétitions profil	Illimité	
	Temps inter-service (sec)	Profil groupe 1	Exponentiel (32400)
		Profil groupe 2	Exponentiel (17280)

4.3.4 Calibrage et validation

Les hypothèses suivantes ont été faites permettant de simuler le modèle :

- pour la voix et la vidéo, le protocole de transport UDP est utilisé alors que pour le trafic de signalisation, on utilise le protocole TCP;
- des canaux dédiés (DCH) sont utilisés sur les liaisons montantes et descendantes;
- deux types d'environnement sont considérés urbain-piétonnier et urbain-véhiculaire. L'environnement urbain-piétonnier est utilisé dans les scénarios où les usagers sont fixes. Dans le cas des scénarios où les usagers sont mobiles on utilise l'environnement urbain-véhiculaire;
- plusieurs types de trajectoires sont considérées (cf. Annexe II) : *W-lan-roaming-1* causant un déplacement d'une cellule à un autre avec effet de relèvements, *w_lanroaming_2* a le même effet mais en sens contraire, *trajectoire-5* provoquant un déplacement circulaire dans une même cellule et *Vector* causant un déplacement rectiligne;

Diverses simulations ont été conduites afin de calibrer et de valider le trafic. Des hypothèses ont été émises et beaucoup d'estimations ont été faites à partir de données extraites du système de HP [52], relatif au réseau proposé. Il s'agit à ce stade d'évaluer les indices de performances retenues et d'ajuster certains paramètres adéquats du réseau.

Les simulations ont concernés des usagers du groupe 1 avec 4 membres par groupe. Une première série de simulations a permis de noter l'impact des temps de démarrage des applications à l'intérieur d'un profil. En effet, les services étaient configurés pour démarrer au même moment, ce qui en principe ne correspond pas au comportement normal des usagers. Les premières tâches correspondant à l'enregistrement des usagers au service ont eu des temps de réponse très élevés, arrivant jusqu'à 40 secondes alors que ces tâches durent moins de 10 secondes [52]. De même, le nombre de retransmission au niveau TCP arrivaient presque à 30. Une correction a été introduite au niveau des temps de démarrage où des distributions uniformes ont été introduites garantissant que tous les nœuds du réseau ne démarrent pas les applications au même moment. Les tableaux 4.10 et 4.11 montrent respectivement les temps de réponse avant et après correction.

**Tableau 4-10 Temps de réponse en sec. des requêtes de signalisation
(avant correction)**

	Register/Client startup	Création groupe	État initial	État stable
administrateur	50	3.8	1.8	2
Membre	40	n/a	n/a	3

**Tableau 4-11 Temps de réponse en sec des requêtes de signalisation
(après correction)**

	Register/Client startup	Création groupe	État initial	État stable
administrateur	7.8	3.8	1.6	3
Membre	7.8	n/a	n/a	3

Une autre série de simulation a montré l'impact des profils de QS par classe de service ainsi que des services RLC associés à chaque classe. Ainsi, si le profil de QS est configuré inadéquatement, au niveau de la couche RLC/MAC les paquets relatifs aux applications concernées sont détruits, empêchant ces dernières de fonctionner correctement. La nécessité de configurer adéquatement le profil de QS concerne particulièrement la classe interactive, dans le cadre de ce réseau, qui est la classe de service utilisée pour le service vidéo. En effet, le trafic généré par ce

service est important et utilise une bonne fraction de la bande passante. La classe Interactive requiert ainsi une configuration précise sinon le service de conférence ne peut fonctionner correctement. Dans ce contexte, les paramètres du modèle de trafic vidéo présenté précédemment ont été modifiés afin de permettre un fonctionnement plus stable du service. Les modifications apportées ont pour conséquence que la taille des paquets sont moins variables que le trafic vidéo modélisé en 4.3.3, la taille des trames a été adaptée au débit de la liaison montante et descendante de 64 kbps retenu par le trafic interactif.

Le Tableau 4-12 montre les valeurs des paramètres ajustés afin de garantir le fonctionnement correct des applications dans le réseau proposé. On rappelle que les services audio et la signalisation utilisent respectivement la classe conversationnelle et arrière plan.

Tableau 4-12 Profil de QS et modes RLC

CLASSE DE SERVICE	DEBIT LAISON montante, descendante (kbps)	Service RLC
Conversationnelle	64 kbps	Non acquitté
Interactive	64 kbps	acquitté
Arrière plan	32 kbps	acquitté

En augmentant le nombre de postes dans le réseau, nous constatons que le lien radio constitue un goulot d'étranglement particulièrement pour le trafic de signalisation et que la configuration des nœuds au niveau du réseau d'accès a un certain impact sur les indices de performance. Ainsi, une série de simulations utilisant une vingtaine de postes usagers ayant les mêmes profils de services mais répartis suivant trois configurations différentes. Dans la première configuration, les 20 postes se retrouvent dans une même cellule, dans la seconde, les postes sont réparties sur deux cellules et dans la dernière configuration, les postes sont réparties sur 4 cellules. Chaque cellule est rattachée à un Nœud-B. Pour les deux premières configurations, un seul RNC est utilisé et deux RNC dans la troisième. Le Tableau 4-13 montre l'impact des 3 configurations sur les temps de réponse des requêtes de signalisation. Les figures 4.2 et 4.3 montrent le nombre de retransmission au niveau TCP et les délais. La deuxième configuration a été retenue car elle offre une bonne

performance comparée à la première et presque la même que la troisième mais à un coût d'équipement inférieur.

Tableau 4-13 Temps de réponse (maximum) en sec des requêtes de signalisation

		Register/Client startup	Création groupe	État initial	État stable
Configuration 1 (20UEs, 1 cellule, 1Node-B, 1RNC)	Administrateur	12.5	3	1.8	9.6
	Membre	17.5	n/a	n/a	5.2
Configuration 2 (20UEs, 2 cellules, 2Node-Bs, 1RNC)	Administrateur	6.5	3	1.5	8
	Membre	6.7	n/a	n/a	4
Configuration 3 (20UEs/ 2cellules, 4Node-Bs, 2RNC)	Administrateur	6.3	3	1.5	7
	Membre	6.5	n/a	n/a	3.53

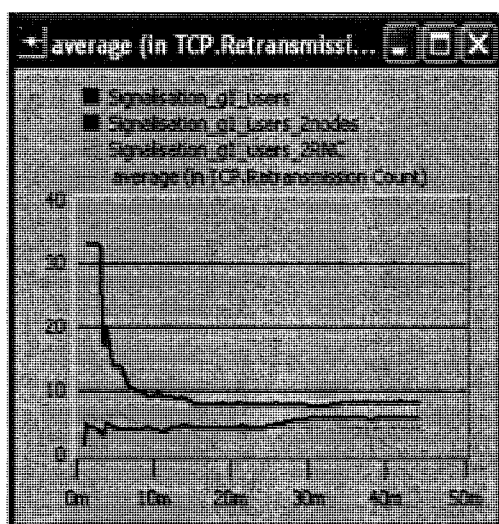


Figure 4.2 Nombre de retransmissions au niveau TCP pour les 3 configurations

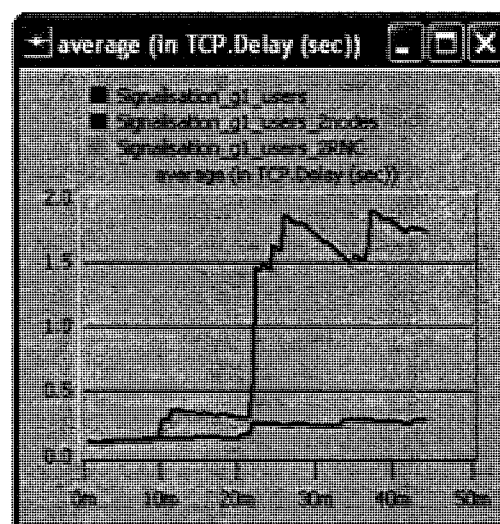


Figure 4.3 Délai au niveau TCP pour les 3 configurations

4.4 Résultats et interprétation

Les résultats concernent 8 scénarios, répliqués chacun trois fois, conformément au plan d'expérience (cf. Tableau 4.1) Pour tous les scénarios, on retrouve la même configuration pour le réseau cœur et le sous-système IMS. Le nombre maximum d'utilisateurs représenté est 60, limite que peut supporter un SGSN tel que modélisé dans OPNET. Les utilisateurs sont divisés en groupe de 4 et chaque groupe a un administrateur, les autres utilisateurs sont des membres. La simulation dure 9 heures pour les scénarios relatifs aux utilisateurs du groupe 1 et 12 heures pour ceux concernant les utilisateurs du groupe 2 conformément aux périodes d'activités estimées. Les 8 scénarios se distinguent ainsi :

- Le scénario I regroupe 12 utilisateurs du groupe 1 et le scénario II comprend 12 utilisateurs du groupe 2.
Pour ces deux scénarios, le statut de mobilité des utilisateurs est fixe et on considère que leur nombre est restreint.
- Le scénario III a 60 utilisateurs du groupe 1 et le scénario IV a 60 utilisateurs du groupe 2. Dans le cas des scénarios III et IV, le nombre d'utilisateurs est considéré important et le statut de mobilité des utilisateurs est fixe.
- Le scénario V regroupe 12 utilisateurs du groupe 1 et on retrouve 12 utilisateurs du groupe 2 dans le scénario VI. Pour ces deux scénarios, le nombre d'utilisateurs est restreint et les utilisateurs sont mobiles.
- Le scénario VII a 60 utilisateurs du groupe 1 et le scénario VIII en a 60 du groupe 2. Le nombre d'utilisateurs est considéré important et les utilisateurs sont mobiles.

Dans le cas des 4 scénarios avec utilisateurs mobiles, certains de ceux-ci se déplacent dans la même cellule, d'autres déplacements se font avec effet de relèvement.

Les premières simulations présentées précédemment (cf. section 4.3.4) ont montré l'impact des profils de service et des profils de QS sur les indices de performance. Pour cela, nous présenterons les résultats des scénarios, hiérarchiquement, selon le profil de service : profil groupe 1 et profil groupe 2, selon

le statut de mobilité : usager fixe et mobile et selon la QS du trafic : Conversationnel (audio), Interactive (vidéo) et arrière-plan (signalisation).

4.4.1 Résultats des scénarios I et III

Les résultats des scénarios I et III sont regroupés et représentent les usagers fixes ayant le profil du groupe 1; la différence réside dans le nombre d'usagers et dans la configuration du réseau d'accès. En effet, le scénario I a 12 usagers répartis sur deux cellules. Le réseau d'accès comprend 2 Node-Bs et un RNC alors que le scénario a 60 usagers répartis sur 10 cellules. Le réseau d'accès pour le scénario III a 10 Node-Bs et 3 RNCs.

Le Tableau 4-14 montre le temps de réponse (moyen) en sec des requêtes de signalisation.

Tableau 4-14 Temps de réponse (moyen) en sec des requêtes de signalisation (scénarios I et III)

Scénarios I et II						
		Register/ Client startup		Création groupe	État initial	État stable
Scénario I : 12UEs, 2 cellules, 2Node-Bs, 1RNC	Administrateur	Enregistrement	2.76	3.32	1.54	$\mu = 3.15$ $\sigma = 0.63$
		Souscription	3.58			
		Publication	0.81			
			7.1			
	Membre	Enregistrement	1.95	n/a	n/a	$\mu = 2.65$ $\sigma = 0.21$
		Souscription	3.26			
		Publication	0.80			
			6.01			
Scénario III : 60UEs, 10cellules, 10Node-Bs, 3RNCs	Administrateur	Enregistrement	2.30	3.00	1.77	$\mu = 2.77$ $\sigma = 0.40$
		Souscription	3.53			
		Publication	0.81			
			6.64			
	Membre	Enregistrement	2.23	n/a	n/a	$\mu = 2.91$ $\sigma = 0.64$
		Souscription	3.30			
		Publication	0.8			
			6.33			

μ : temps de réponse moyen, σ = variance

Les temps de réponse pour le trafic de signalisation dépendent de la taille des différentes requêtes concernées. D'autres facteurs y contribuent aussi, parmi lesquels l'état de congestion du réseau causant des pertes et des retransmissions des paquets. Les figures 4.4 et 4.5 indiquent respectivement le délai moyen bout-en-bout et le nombre de retransmission moyen au niveau TCP.

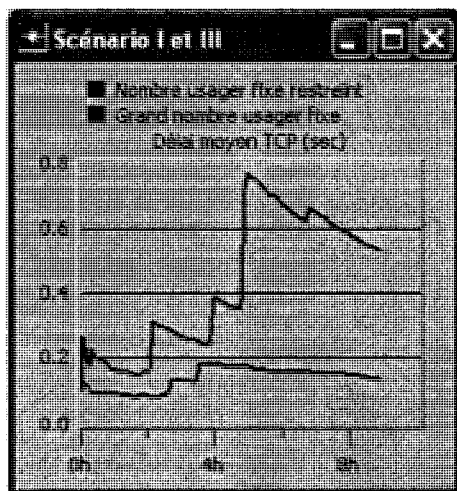


Figure 4.4 Délai moyen TCP
(scénarios I et III)

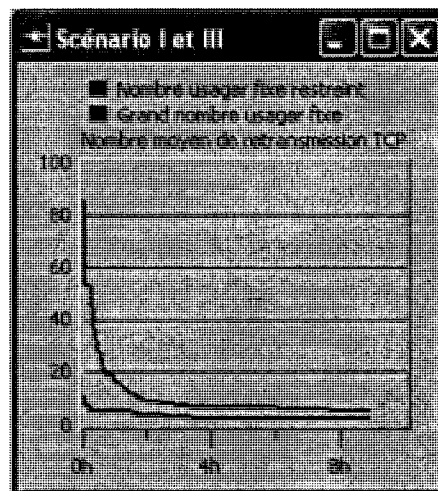


Figure 4.5 Nombre moyen de
retransmissions TCP (scénarios I et III)

Les figures 4.6 et 4.7 représentent le délai moyen de bout-en-bout ainsi que la gigue moyenne pour le trafic vidéo. Entre les deux scénarios, les usagers ont le même profil de trafic. Le différentiateur est le nombre d'utilisateurs qui ont soumis le trafic, soit 45 utilisateurs pour le scénario III contre 10 pour le scénario I.

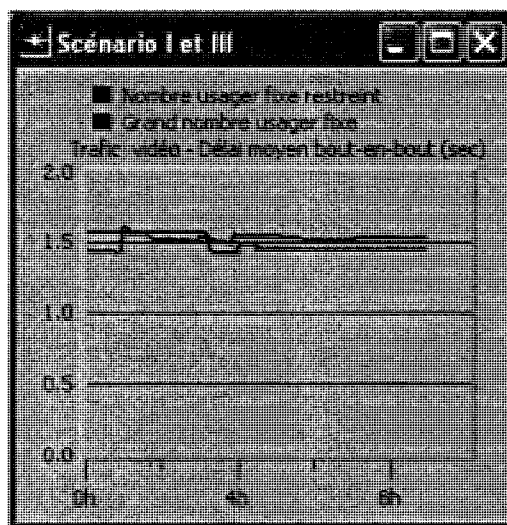


Figure 4.6 Trafic vidéo - délai moyen
bout-en-bout (scénarios I et III)

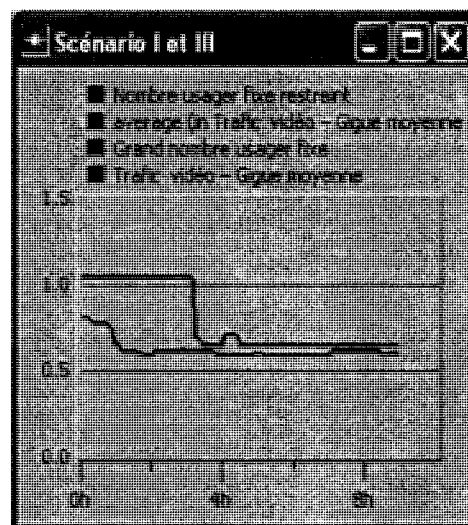


Figure 4.7 Trafic vidéo - gigue
moyenne (scénarios I et III)

Les figures 4.8 et 4.9 représentent respectivement le délai moyen de bout-en-bout ainsi que la gigue moyenne pour le trafic audio. Entre les deux scénarios, les usagers ont le même profil de trafic.

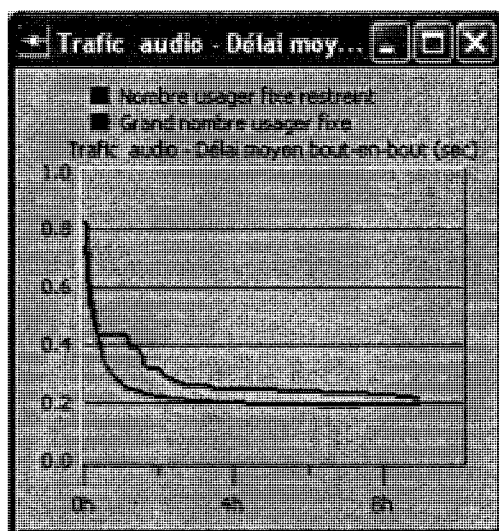


Figure 4.8 Trafic audio - délai moyen bout-en-bout (scénarios I et III)

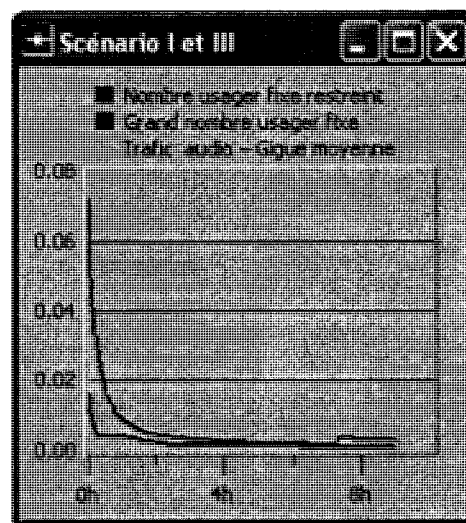


Figure 4.9 Trafic audio – gigue moyenne (scénarios I et III)

Dans le Tableau 4-15 est montrée la contribution de la couche GMM (GPRS Mobility Management) de l'UMTS aux délais moyen bout-à-bout des 3 trafics.

Tableau 4-15 Délai moyen bout-en-bout (sec) (GMM UMTS) par trafic

	Audio	Vidéo	Signalisation
Scénario I	$\mu = 0.12$ $\sigma = 0.15$	$\mu = 1.44$ $\sigma = 0.15$	$\mu = 0.13$ $\sigma = 0.01$
Scénario III	$\mu = 0.10$ $\sigma = 0.09$	$\mu = 1.51$ $\sigma = 0.26$	$\mu = 0.13$ $\sigma = 0.01$

L'analyse des résultats pour les deux scénarios montre que pour un même profil de service et pour une même configuration au niveau des cellules, l'impact sur les indices de performance reste négligeable lorsqu'on augmente le nombre d'utilisateurs fixes dans le réseau. Des résultats de ces deux scénarios, il en découle l'impact du réseau d'accès sur les indices de performances.

4.4.2 Résultats des scénarios V et VII

Les résultats des scénarios V et VII sont regroupés représentant les usagers mobiles ayant le profil du groupe 1. Le Tableau 4-16 montre le temps de réponse (moyen) en sec des requêtes de signalisation.

Tableau 4-16 Temps de réponse (moyen) en sec des requêtes de signalisation (scénarios V et VII)

		Register/ Client startup		Création groupe	Etat initial	Etat stable
Scénario V : 12UEs, 2cellules, 2Node-Bs, 1RNC	Administrateur	Enregistrement	2.50	3.1	2.00	$\mu = 2.82$ $\sigma = 0$
		Souscription	3.39			
		Publication	0.92			
			6.81			
	Membre	Enregistrement	2.13	n/a	n/a	$\mu = 6.75$ $\sigma = 11.41$
		Souscription	3.40			
		Publication	0.87			
			6.4			
Scénario VII : 60UEs, 10cellules, 10Node-Bs, 3RNCs	Administrateur	Enregistrement	2.37	3.1	2.5	$\mu = 3.05$ $\sigma = 0.70$
		Souscription	3.39			
		Publication	1.17			
			6.93			
	Membre	Enregistrement	2.20	n/a	n/a	$\mu = 4.52$ $\sigma = 7.4$
		Souscription	3.40			
		Publication	0.87			
			6.47			

μ : temps de réponse moyen, σ = variance

Les figures 4.10 et 4.11 représentent, respectivement, le délai moyen de bout-en-bout ainsi que la gigue moyenne pour le trafic vidéo. Entre les deux scénarios, les usagers ont le même profil de trafic. Ce qui différencie c'est le nombre d'usagers qui ont soumis le trafic. Ainsi, dans le scénario V, 44 usagers ont soumis du trafic vidéo contre 11 pour le scénario VII.

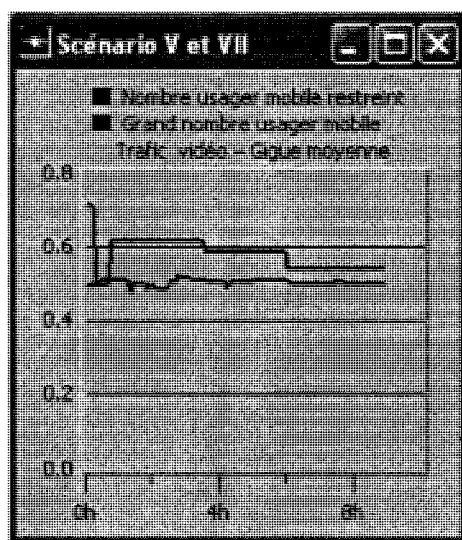


Figure 4.10 Trafic vidéo - délai moyen bout-en-bout (scénarios V et VII)

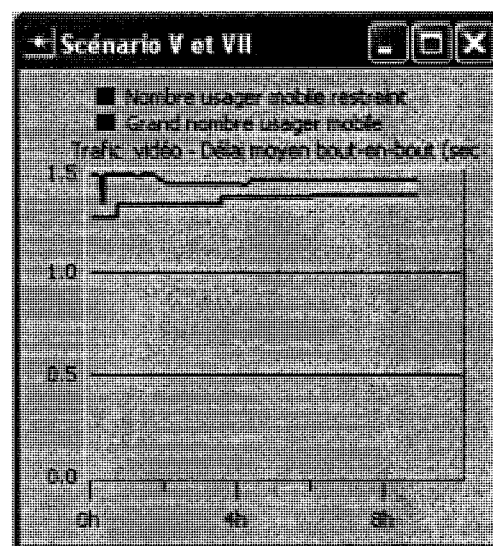


Figure 4.11 Trafic vidéo - gigue moyenne (scénarios V et VII)

Les figures 4.12 et 4.13 représentent respectivement le délai moyen de bout-en-bout ainsi que la gigue moyenne pour le trafic audio. Entre les deux scénarios, les usagers ont le même profil de trafic.

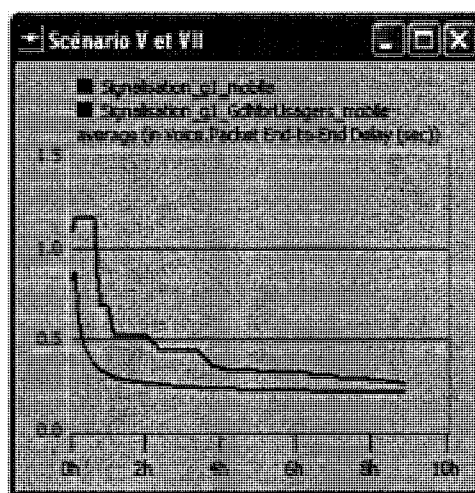


Figure 4.12 Trafic audio - délai moyen bout-en-bout (scénarios V et VII)

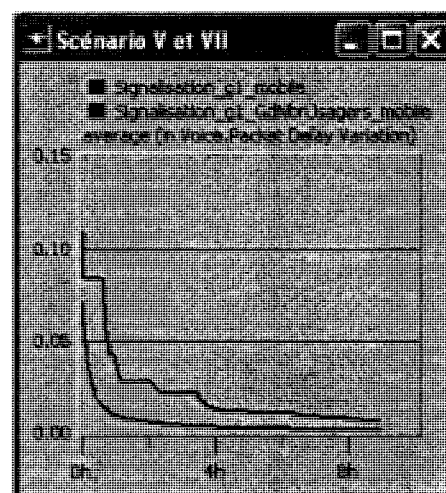


Figure 4.13 Trafic audio - gigue moyenne (scénarios V et VII)

Dans le Tableau 4-17 est montrée la contribution de la couche GMM de l'UMTS par rapport aux délais moyen bout-à-bout des 3 trafics.

Tableau 4-17 Délai moyen bout-en-bout (sec) (GMM UMTS) par trafic (scénarios V et VII)

	Audio	Vidéo	Signalisation
Scénario V	$\mu = 0.16$ $\sigma = 0.22$	$\mu = 1.43$ $\sigma = 0.04$	$\mu = 0.14$ $\sigma = 0.01$
Scénario VII	$\mu = 0.13$ $\sigma = 0.16$	$\mu = 1.45$ $\sigma = 0.18$	$\mu = 0.13$ $\sigma = 0.01$

L'analyse des résultats pour les deux scénarios V et VII montre que le nombre d'utilisateurs avec statut de mobilité et la trajectoire de l'utilisateur a un impact sur le trafic de signalisation particulièrement à l'état stable où est constaté une augmentation des temps de réponse, et de l'écart entre les temps de réponse. On constate aussi que les délais augmentent pour les GPRS attachs et les activations de contextes PDP. À ce titre, le Tableau 4-18 compare le temps d'activation des 3 contextes PDP selon la QS du trafic de 3 utilisateurs avec 3 trajectoires distinctes : w_lan_roaming_1, Trajectory_5 et Vector (cf. annexe I).

Tableau 4-18 Activation du contexte PDP (sec)

	1 ^{er} context	2 ^{ème} context	3 ^{ème} context
Wlan-roaming-1	0.46	4.35	45.44
Trajectoire_5	0.46	0.46	7.29
Vector	0.46	0.46	0.46

4.4.3 Résultats des scénarios II et IV

Les scénarios II et IV concernent les utilisateurs fixes ayant le profil du groupe 2; la différence réside dans le nombre d'utilisateurs et dans la configuration du réseau d'accès. Ces deux scénarios confirment également que pour un même profil de service et pour une même configuration au niveau des cellules, l'impact sur les indices de performance n'est pas considérable lorsqu'on augmente le nombre d'utilisateurs fixes dans le réseau. Ainsi, le Tableau 4-19 montre qu'il n'existe pas de différence significative dans les temps moyen de réponse des requêtes de signalisation dans le cas des scénarios II et IV.

**Tableau 4-19 Temps de réponse (moyen) en sec des requêtes de signalisation
(scénarios II et IV)**

		Register/ Client startup		Création groupe	État initial	État stable
Scénario II : 12UEs, 2cellules, 2Node-Bs, 1RNC	Administrateur	Enregistrement	1.96	3.00	2.15	$\mu = 2.58$ $\sigma = 0.01$
		Souscription	3.25			
		Publication	0.79			
			6.00			
	Membre	Enregistrement	2.00	n/a	n/a	$\mu = 2.93$ $\sigma = 0.83$
		Souscription	3.42			
		Publication	0.79			
			6.21			
Scénario IV : 60UEs, 10cellules, 10Node-Bs, 3RNCs	Administrateur	Enregistrement	2.69	3.00	2.00	$\mu = 2.95$ $\sigma = 0.86$
		Souscription	3.29			
		Publication	0.83			
			6.81			
	Membre	Enregistrement	2.28	n/a	n/a	$\mu = 2.86$ $\sigma = 0.58$
		Souscription	3.35			
		Publication	0.82			
			6.45			

μ : temps de réponse moyen, σ = variance

Les figures 4.14 et 4.15 représentent, respectivement, le délai moyen de bout-en-bout ainsi que la gigue moyenne pour le trafic vidéo. À noter que dans le scénario II, 10 usagers ont soumis du trafic vidéo contre 47 pour le scénario IV.

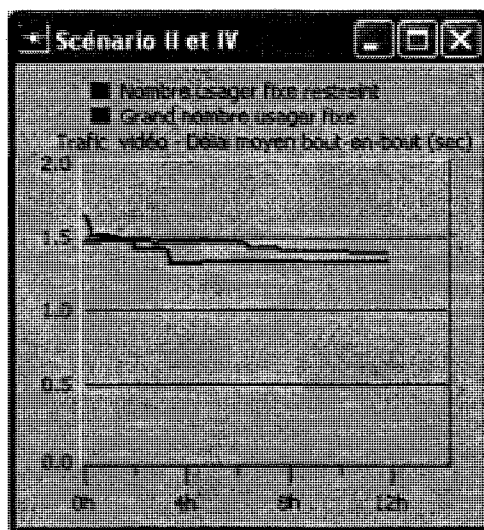


Figure 4.14 Trafic vidéo - délai moyen bout-en-bout (scénarios II et IV)

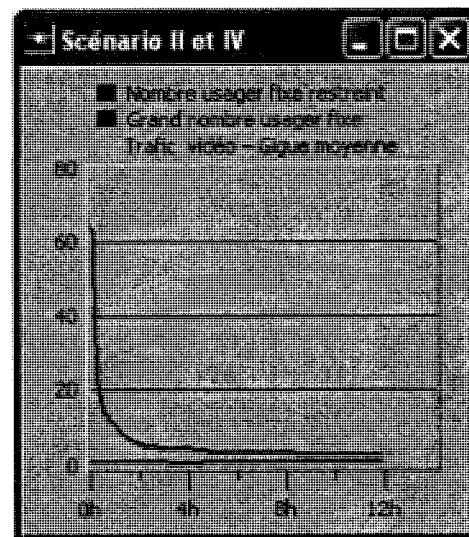


Figure 4.15 Trafic vidéo - gigue moyenne (scénarios II et VI)

On remarque que le trafic vidéo ne fonctionne pas correctement pour certains usagers. Ainsi, 15% des usagers, (scénario IV) ayant émis du trafic vidéo n'ont pu en recevoir en retour. Cela peut s'attribuer au fait que ces usagers ont le profil du groupe 2 où la durée du trafic vidéo est de 900 sec avec une fréquence de deux conférences par période d'activité. On remarque une nette augmentation de la gigue comparativement aux autres scénarios.

Les figures 4.16 et 4.17 représentent respectivement le délai moyen de bout-en-bout ainsi que la gigue moyenne pour le trafic audio.

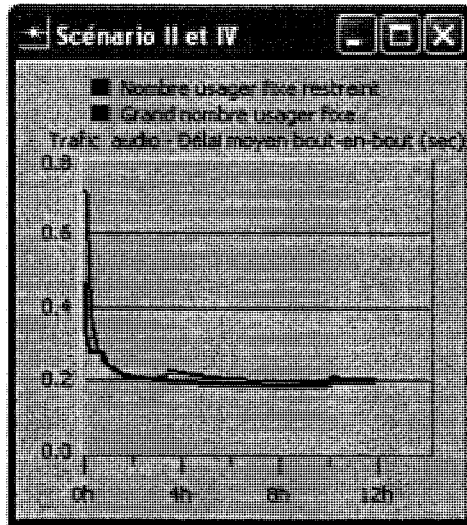


Figure 4.16 Trafic audio - délai moyen bout-en-bout (scénarios II et IV)

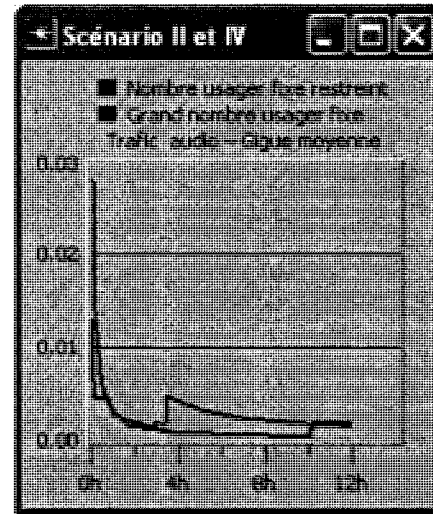


Figure 4.17 Trafic audio - gigue moyenne (scénarios II et IV)

4.4.4 Résultats des scénarios VI et VIII

Les résultats des scénarios VI et VIII sont regroupés représentant les usagers mobiles ayant le profil du groupe 2; la différence réside dans le nombre d'utilisateurs, dans la configuration du réseau. Le Tableau 4-20 montre le temps de réponse (moyen) en sec des requêtes de signalisation.

Tableau 4-20 Temps de réponse (moyen) en sec des requêtes de signalisation (scénarios VI et VIII)

		Register/ Client startup		Création groupe	État initial	État stable
Scénario VI : 12UEs, 2cellules, 2Node-Bs, 1RNC	Administrateur	Enregistrement	2.14	3.15	1.73	$\mu = 2.81$ $\sigma = 0.03$
		Souscription	3.36			
		Publication	0.91			
			6.41			
	Membre	Enregistrement	2.25	n/a	n/a	$\mu = 3.81$ $\sigma = 2.57$
		Souscription	3.36			
		Publication	0.91			
			6.52			
Scénario VIII : 60UEs, 10cellules, 10Node-Bs, 3RNCs	Administrateur	Enregistrement	6.96	3.09	1.85	$\mu = 4.83$ $\sigma = 8.06$
		Souscription	3.36			
		Publication	0.86			
			11.18			
	Membre	Enregistrement	2.35	n/a	n/a	$\mu = 3.42$ $\sigma = 1.57$
		Souscription	3.41			
		Publication	0.89			
			6.65			

μ : temps de réponse moyen, σ = variance

Les figures 4.18 et 4.19 indiquent respectivement le délai et le nombre de retransmission au niveau TCP. Celui-ci est le protocole de transport pour le trafic de signalisation, les délais de ce protocole contribuent au temps de réponse du trafic de signalisation.

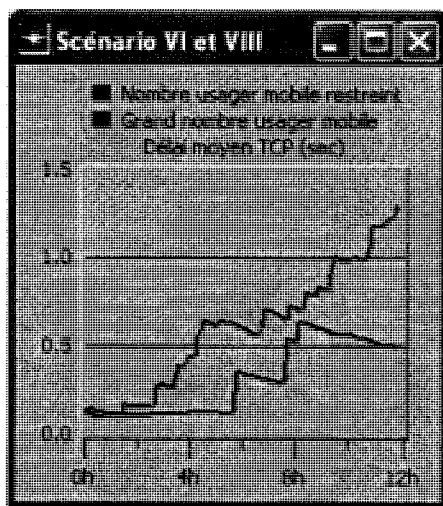


Figure 4.18 Délai TCP (scénarios VI et VIII)

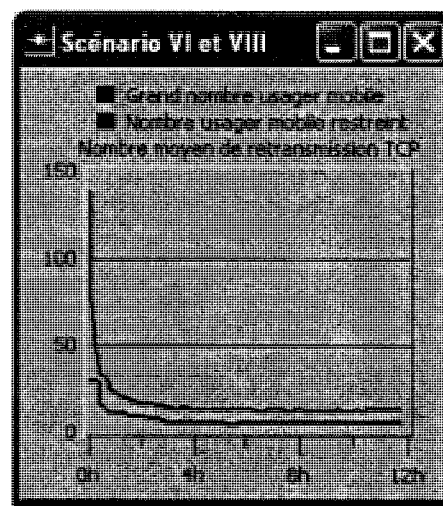


Figure 4.19 Nombre moyen de retransmissions TCP (scénarios VI et VIII)

Les figures 4.20 et 4.21 montrent le délai moyen de bout-en-bout ainsi que la gigue moyenne pour le trafic vidéo. Entre les deux scénarios, les usagers ont le même profil de trafic. Ce qui différencie c'est le nombre d'usagers qui ont soumis le trafic. Ainsi, dans le scénario VIII, 49 usagers ont soumis du trafic vidéo contre 10 pour le scénario VI.

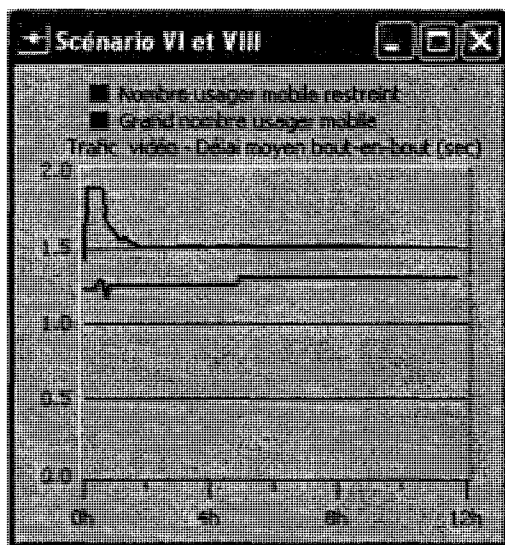


Figure 4.20 Trafic vidéo - délai moyen bout-en-bout (scénarios I et III)

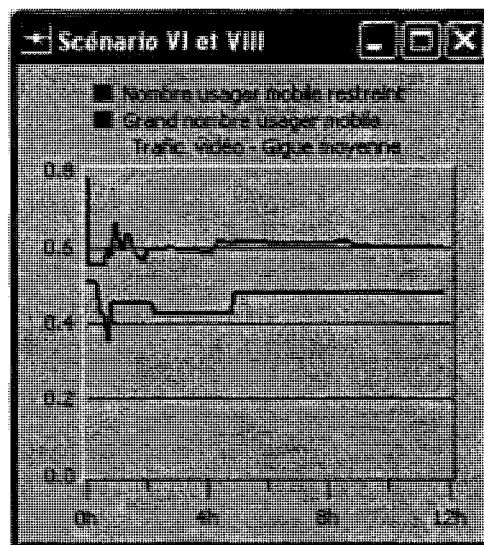


Figure 4.21 Trafic vidéo - gigue moyenne (scénarios VI et VIII)

On remarque que le trafic vidéo ne fonctionne pas correctement pour certains usagers. Ainsi, 13% des usagers ayant émis du trafic vidéo n'ont pu en recevoir en retour. De plus, la performance du trafic vidéo tend à se dégrader avec le nombre d'usagers. Les figures 4.22 et 4.23 représentent le délai moyen de bout-en-bout ainsi que la gigue moyenne pour le trafic audio. Entre les deux scénarios, les usagers ont le même profil de trafic.

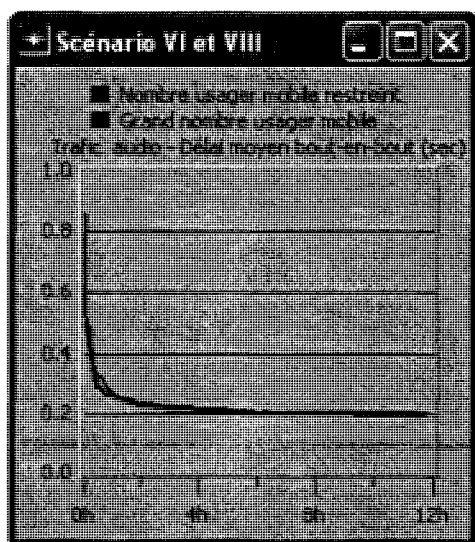


Figure 4.22 Trafic audio - délai moyen bout-en-bout (scénarios VI et VIII)

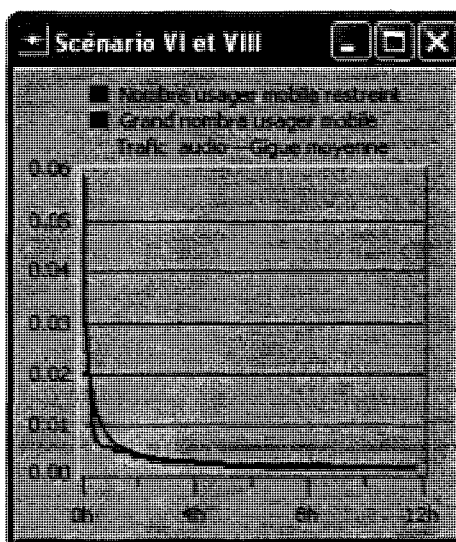


Figure 4.23 Trafic audio – gigue moyenne (scénarios VI et VIII)

L'analyse des résultats pour les deux scénarios VI et VIII montre que la mobilité a un impact sur les temps de réponse du trafic de signalisation particulièrement à l'état stable. On remarque que les délais liés aux *GPRS attach* et les délais d'activation de contexte PDP augmentent considérablement dans le cas de la mobilité et selon la trajectoire de l'utilisateur. Cela provoque un problème d'équité dans le réseau car les délais pour l'activation d'un contexte PDP peuvent varier de 0.45 sec à 45.4 sec selon la trajectoire de l'utilisateur et selon que le déplacement se fait avec relèvement ou non. On peut prévoir que la performance du réseau se dégrade avec l'augmentation du nombre d'utilisateurs mobiles.

Des résultats de ces différentes simulations, nous pouvons tirer un certain nombre de conclusions.

En premier lieu, on remarque que le réseau d'accès radio de l'UMTS (UTRAN) constitue un goulot d'étranglement bien que l'UTRAN a une bande passante pouvant aller jusqu'à 2 Mbps. En effet, les services audio et vidéo sont transportés par un réseau d'accès UMTS origine puis par un réseau d'accès UMTS destination. Le délai moyen bout-en-bout pour le trafic de la voix est d'environ 200 ms et la contribution de l'UMTS (GMM UMTS) est d'environ 140 ms, soit une contribution de 70%. Relatif au trafic vidéo, la contribution de l'UMTS est très élevée. Le délai moyen bout-en-bout résultant des fonctions GMM de l'UMTS pour le trafic vidéo (classe interactive) est évalué à 1,4 sec alors que le délai moyen bout-en-bout en global est en moyenne de 1.5 sec., soit une contribution de 93%. Les fonctions GMM de l'UMTS contribuent également au temps de réponse du trafic de signalisation, le délai moyen au niveau GMM UMTS de chaque message étant évalué à environ 150 ms. On rappelle que chaque composante (cf. 4.3.2.3) du trafic de signalisation inclut une série de messages traversant le réseau d'accès radio UMTS plusieurs fois. Ainsi, à l'enregistrement par exemple, le réseau UMTS est sollicité 4 fois, ce qui fait que la contribution de l'UMTS pour l'Enregistrement (du *Register* au *200 OK*) atteint environ 600 ms, soit une contribution de 30% environ. Le délai élevé rencontré par le trafic en traversant le réseau d'accès radio UMTS s'explique, entre autres, par les phénomènes d'interférences radio.

On constate que la contribution de l'UMTS n'est pas la même pour les trafics audio, vidéo et signalisation. Elle est très élevée pour le trafic vidéo, mais moins pour le trafic de signalisation et le trafic audio. Cela s'explique du fait que le trafic vidéo est composé de gros paquets qui sont fragmentés en un nombre important de cellules en passant par l'UTRAN. De plus, les gros paquets sont beaucoup plus vulnérables aux erreurs de transmission que les petits paquets. Les paquets de signalisation sont très variables pouvant aller de 150 à 2000 octets et plus. En ce sens, la contribution de l'UMTS est plus forte comparée à celle sur le trafic audio, ce dernier étant constitué de petits paquets.

En second lieu, on remarque que la condition de mobilité des usagers entraîne un trafic de signalisation important avec impact sur l'équité dans les temps de réponse. On constate que les délais augmentent pour les *GPRS attachs* et l'activation de contextes PDP. La contribution de l'UMTS est encore plus grande aux délais moyens calculés pour les indices de performance. Le Tableau 4-21 montre la différence entre les temps moyen pour l'activation de contexte PDP pour 60 usagers avec et sans mobilité:

**Tableau 4-21 Activation de contextes PDP (temps moyen en sec)
selon la mobilité**

	1 ^{er} contexte	2 ^{ème} contexte	3 ^{ème} contexte
60 usagers fixes	$\mu = 1.58$ $\sigma = 2.47$ max = 10.2	$\mu = 0.68$ $\sigma = 1.47$ max = 9.51	$\mu = 0.91$ $\sigma = 1.49$ max = 7
60 usagers mobiles	$\mu = 2.07$ $\sigma = 6.07$ max = 45.43	$\mu = 0.45$ $\sigma = 0$ max = 0.46	$\mu = 3.10$ $\sigma = 8.02$ max = 45.44

En troisième lieu, on constate que dans l'ensemble des scénarios, le service audio a un fonctionnement correct avec respect des standards de performance tant pour le délai moyen de bout-en-bout qui est d'environ 200 ms que pour la gigue qui est inférieur à 10 ms ce qui n'est pas le cas des trafics vidéo

Les temps de réponse relative au trafic de signalisation sont élevés et le délai moyen encouru par ce trafic au niveau du réseau d'accès radio (environ 30% du

délai global) ne suffit pas pour expliquer ces valeurs élevées. D'autres facteurs ayant impact sur ces temps de réponse sont, entre autres :

- les délais TCP qui varient selon le profil de service et la condition de mobilité des usagers. Les délais TCP sont en moyenne de quelques centaines de millisecondes mais peuvent atteindre jusqu'à 1.5 sec;
- les profils de QS par classe de service ainsi que les services RLC associés à chaque classe. À la section 4.3.4, nous avons justifié les valeurs fixées pour les débits de liaison pour les trois trafics. Ces valeurs garantissaient un fonctionnement correct pour le trafic vidéo. On constate que ces choix ne sont pas sans impact sur le trafic de signalisation. Ainsi, en considérant une liaison de 64 kbps pour le trafic de signalisation, QS arrière-plan, au lieu des 32 kbps utilisé dans les résultats précédents, on remarque des changements significatifs pour les temps de réponse. Le Tableau 4-22 compare les temps de réponse pour une liaison de 32 kbps et 64 kbps, dans le cadre des scénarios II, IV dont les usagers sont du groupe 2 avec un profil vidéo est important. On trouve que le *client startup* pour le scénario II, par exemple, est de 4.11 sec et l'enregistrement (du Register au 200 OK) est ramené à 1.5 sec, soit une différence de 1.26 sec.

Tableau 4-22 Temps de réponse (moyen) en sec des requêtes de signalisation pour des débits de 32 kbps et 64 kbps

		Register/ Client startup (Enregistrement)		État initial		État stable	
		32 kbps	64 kbps	32 kbps	64 kbps	32 kbps	64 kbps
Scénario II : 12UEs fixes	Administrateur	6.00	4.11	2.15	<u>4.55</u>	2.58	1.77
	Membre	6.21	4.95	n/a		2.93	2.54
Scénario IV : 60UEs fixes	Administrateur	6.81	5.21	2.00	1.55	2.95	<u>10.44</u>
	Membre	6.81	5.21	n/a		2.86	2.23
		6.45	5.88				

μ : temps de réponse moyen, σ = variance

À l'annexe III est affichée la comparaison entre les temps de réponse pour les différents scénarios classés par rôle. On remarque que dans l'ensemble les performances sont meilleures pour le trafic de signalisation avec un débit de 64 kbps.

Par contre, on remarque une tendance à l'augmentation du délai moyen de bout-en-bout pour le trafic vidéo, avec le nombre d'utilisateurs, comme le montre les figures suivantes (Figures 4.24 et 4.25). Dans l'ensemble des scénarios, la gigue pour le trafic vidéo a augmenté aussi.

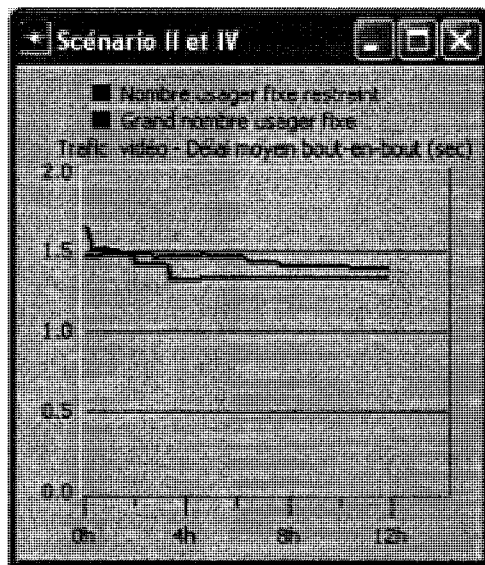


Figure 4.24 Trafic vidéo - délai moyen bout en bout (32 kbps)

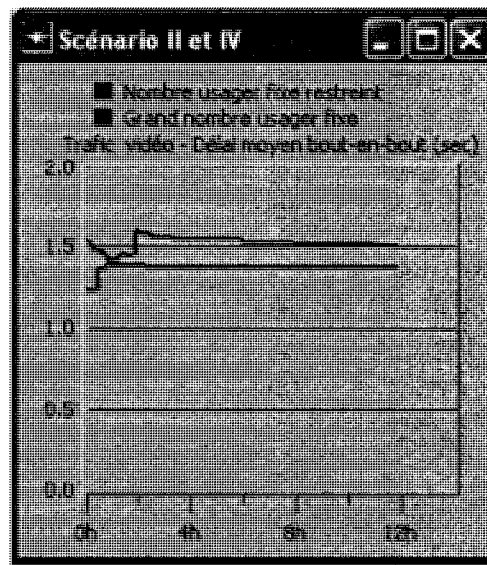


Figure 4.25 Trafic vidéo - délai moyen bout en bout (64 kbps)

Il faut définir avec soin les profils de QS associé à chaque application ainsi que les services RLC associés à chaque classe. En effet, on a constaté que les paramètres qui permettaient d'améliorer la performance du trafic de signalisation entraînaient une augmentation des délais pour le trafic vidéo. De même, par rapport au trafic de signalisation, une amélioration dans les temps de réponse d'une partie du trafic engendre une dégradation à d'autres niveaux comme en témoigne les valeurs soulignées au tableau précédent. On peut donc déduire que les différentes composantes du trafic de signalisation ont des besoins distincts en QS.

- Les liens câblés ont un taux d'utilisation pratiquement nulle, les délais aux niveaux des files d'attente tant au niveau des RNCs, des GGSNs, du SGSN, des routeurs et du hub sont de l'ordre de nanosecondes et ne contribuent pas de manière significative au temps de réponse. Par contre, la nature du trafic c'est-à-dire la taille des paquets qui s'échangent, la fréquence à laquelle ces changements

s'effectuent et le nombre de nœuds qui interagissent (UES, S-CSCF, XDMS, Serveur de présence) sont d'autres facteurs qui expliquent les temps de réponse trouvés pour les composantes du trafic de signalisation.

4.5 Validation des résultats

Notre étude de performance se place dans un contexte où les travaux précédemment réalisés sur IMS n'adressent que des aspects spécifiques de ce sous-système. En ce sens, nous ne pouvons valider qu'une partie de nos résultats et assumer de leurs bonnes cohérences. Pour cela, nous avons retenu deux études sur la performance d'IMS, l'une réalisée à l'aide de simulations [34] et l'autre à partir de méthodes analytiques [29].

Dans [34], Pous et al. évaluent la performance des services de présence et de messagerie instantanée basée sur SIP à partir d'un modèle implanté dans un simulateur UMTS appelé FRAM (Framework for Radio Architecture Modeling). Le réseau modélisé comprend 784 NodeBs, 4RNCs, 2SGSNs et un GGSN, un P-CSCF, un I-CSCF et un S-CCF. Les simulations concernent 25000 utilisateurs qui sont supposés être dans leur réseau local et desservis par un même opérateur. Pour la signalisation IMS et les données (messages instantanées) un canal DCH à 64Kbits/s est utilisé. Le Tableau 4-23 montre les délais trouvés dans [34] par Pous et al.:

Tableau 4-23 Délais trouvés pour le réseau d'accès et le réseau cœur

	Activation 1 ^{er} contexte PDP	Enregistrement IMS	Souscription
Délais Réseau accès	1.471	0.795	0.449
Délais Réseau cœur	0.770	0.876	0.525
	2.241	1.671	0.974

Les résultats trouvés montrent que la signalisation SIP introduit des délais considérables. Les résultats ont également montré qu'un délai de 16.6 sec était nécessaire pour établir une connexion pour le service de messagerie instantanée et seulement 29% du total des délais trouvés étaient attribuable au réseau d'accès. Ces

résultats valident une partie de nos résultats. Nous avons également trouvé des temps semblables pour l'activation du premier contexte PDP variant de 1.58 sec à 2.01 sec selon les scénarios. L'enregistrement à IMS avec un canal de 64 kbps avait été évalué à 1.5 sec et la souscription incluant un « SIP Subscribe », un « Notify » et deux « 200 OK », tel qu'expliqué dans cet article, a un délai d'environ 0.621 sec. Nous avons également trouvé pour la signalisation SIP des temps de réponse élevés dont 30% seulement était attribuable au réseau d'accès.

Dans [29], Banerjee et al. analysent la performance de relève de SIP dans un réseau basé IP avec différents réseaux d'accès UMTS et WLAN. Nous nous intéressons au délai trouvé dans le cas de la relève vers un réseau UMTS. Tel qu'expliqué, ce délai de relève est le délai nécessaire pour envoyer une requête INVITE d'un usage mobile (MH) à son correspondant (CH). Deux fonctions sont ici considérées, l'établissement de connexion incluant le *GPRS attach* et l'activation de contexte PDP et l'échange de message SIP pour le ré-établissement de la connexion. Le délai est analysé en utilisant un modèle de délai pour la transmission de trames et paquets via un lien sans fil sous différentes conditions d'erreur. Le délai trouvé pour l'établissement de connexion (wireless delay) varie de 1.47 sec à 3.62 sec selon la largeur de bande du canal (9 kbps, 19.2 kbps et 128 kbps) et selon le taux erreur par trame. Le délai de traitement de la requête INVITE est évalué à 0.22 sec.

Dans notre recherche, le délai de connexion est égale en moyenne à 1.82 sec soit 0.30 sec pour le *GPRS attach* et 1.52 sec pour l'activation du premier contexte PDP en considérant un usager mobile avec effet de relève. Ce délai est dans les marges des données trouvées dans [29] en considérant l'utilisation des canaux de 32 et 64 kbps pour nos travaux. Le délai trouvé pour la première requête SIP après l'activation du premier contexte PDP est d'environ 0.8 sec. Il est 4 fois plus grand que le temps de traitement mis pour un message SIP dans l'analyse fait par Banerjee et al. Cependant, en tenant compte des nombreuses hypothèses émises en [29] simplifiant le délai de traitement, on peut aisément justifier les résultats de notre étude de performance. Ces hypothèses concernent entre autres la taille d'un message SIP (500 octets), le taux d'arrivée des messages, le temps de traitement des messages (identiques pour les CSCFs), leur taux d'arrivée aux CSCFs et sur les modèles de délai d'attente au niveau des différents nœuds (M/M/1 et M/G/1).

CHAPITRE 5

CONCLUSION

Divers travaux récents sur IMS ont montré sa complexité et les défis de son déploiement. Dans ce mémoire nous avons adressé l'un de ces défis qui consistent à caractériser le trafic IMS afin de pouvoir dimensionner adéquatement des réseaux incluant ce sous-système. Ainsi, nous avons analysé le trafic IMS en nous concentrant sur sa charge de signalisation et nous avons proposé un modèle de trafic. Ce modèle se situe dans le contexte d'une architecture fonctionnelle et de services que nous avons proposés basés sur les recommandations du 3GPP. Nous avons également analysé la performance du réseau proposé.

Dans ce dernier chapitre, nous présentons une synthèse des travaux et des principales contributions avant d'aborder les limitations de notre recherche ainsi que les indications de travaux futurs.

5.1 Synthèse des travaux et principales contributions

Dans ce mémoire nous nous sommes concentrés sur l'étude du trafic IMS dans le contexte des réseaux 3G, plus spécifiquement l'UMTS. Nous avons donc, dans un premier temps, analysé l'architecture d'IMS sous l'angle des recommandations du 3GPP. Cette analyse a confirmé la complexité de l'architecture IMS en raison de ses nombreuses interfaces et des définitions de ses entités fonctionnelles. Cependant, au cœur de cette architecture complexe se retrouve le S-CSCF et le HSS remplissant les fonctions essentielles permettant le déploiement de services convergeant multimédia. Nous nous sommes ainsi basés sur ces deux entités pour proposer une architecture fonctionnelle simplifiée comprenant un sous-système IMS inter-relié à une couche de services et d'applications pouvant contenir un MRF et d'éventuels modules SIP AS.

Dans un second temps, nous avons analysé des services pouvant être offerts dans un réseau 3G IMS. Bien que ces services puissent être nombreux, nous avons retenu ceux qui ont fait l'objet d'une phase de normalisation à l'OMA et dont le niveau de maturité permet de prévoir qu'ils seront fournis initialement par IMS. De

ce sous-ensemble de services nous avons retenu les services de présence et de gestion de groupe. Il a été montré que ces derniers peuvent être envisagés comme des services génériques servant de base à la mise en place de différents services multimédia construits autour de la voix et la vidéo. Cette architecture modulaire facilitera le déploiement de services IMS tout en permettant l'ajout progressif de nœuds et services.

Nous avons ensuite analysé le trafic IMS dans le cadre de cette architecture fonctionnelle et de services, désigné réseau proposé. Nous avons fait l'étude du trafic en tenant compte de ses deux composantes : trafic de données et trafic de signalisation. Pour le trafic de données, nous avons fait une synthèse des travaux existants dans la littérature qui présentaient un intérêt pour notre étude et nous avons retenu les paramètres permettant de le modéliser. Relatif au trafic de signalisation, l'analyse, la caractérisation et la modélisation proposée constituent une contribution importante dans ce projet. Nous avons dégagé le caractère hétérogène, multi-protocolaire, multi-fréquentiel du trafic de signalisation pouvant être assimilé au caractère fractal de l'internet. Ainsi, le trafic est analysé en fonction de ses différentes composantes regroupées selon leurs fonctions, leurs fréquences et selon leur nature déterministe ou probabiliste.

Par la suite, nous avons abordé l'étude de la performance d'IMS dans le contexte du réseau proposé. Tenant compte que ces types de réseaux sont dans leur première phase de déploiement, la simulation a été le moyen le plus approprié pour évaluer la performance. Le modèle de trafic de données a été adapté dans l'outil de simulation alors que le trafic de signalisation y a été implanté. Parmi les indices de performance retenus pour évaluer la performance, nous avons introduit la notion de temps de réponse par opposition au délai moyen bout-en-bout par message; ce dernier ne renseignant pas effectivement sur la performance des différentes composantes du trafic de signalisation.

Notre étude de performance a montré que le réseau d'accès radio de l'UMTS constitue un goulot d'étranglement pour le trafic multimédia dans un réseau 3G IMS. En effet, 70% des délais encourus par le trafic audio est attribuable au réseau d'accès. Dans le cas du trafic vidéo, la contribution du réseau d'accès est encore plus grande et atteint 93%. Par contre, les résultats ont montré que le réseau d'accès ne

contribuait qu'à 30% des temps de réponse pour les messages de signalisation. Il en résulte que 70% des délais encourus par le trafic de signalisation sont attribuables au protocole de transport TCP et surtout aux traitements effectués par les nœuds dans le sous-système IMS. Il s'en déduit alors le rôle des protocoles SIP et XCAP dans les temps de réponse trouvés.

L'évaluation de performance a montré la corrélation entre les profils de service et la configuration au niveau des cellules. Elle a montré la nécessité de configurer adéquatement les profils de QS associé à chaque classe pour que les trafics puissent fonctionner correctement. Cette évaluation a montré également que pour un même profil de service et pour une même configuration au niveau des cellules, l'impact sur les indices de performance reste négligeable quand on augmente le nombre d'utilisateur fixe dans le réseau. Par contre, une tendance à la dégradation s'observe lorsque le nombre d'utilisateurs mobile augmente dans le réseau. Le trafic de signalisation augmente avec la mobilité avec effet sur l'équité dans les temps de réponse.

Dans l'étude réalisée, le service audio a un fonctionnement correct avec respect des standards de performance tant pour le délai moyen bout-à-bout toujours inférieur à 200 ms que pour la gigue inférieure à 10 ms. Le service vidéo performe mal en considérant que le délai moyen bout-en-bout varie autour de 1.5 sec et une gigue de loin supérieure à 10ms. On constate que les paramètres qui permettaient d'améliorer la performance du trafic de signalisation entraînaient une augmentation des délais pour le trafic vidéo. En ce sens, il faudrait réduire le trafic de signalisation. Ainsi, la compression de la signalisation sur l'UTRAN pourrait avoir pour conséquence des temps de réponse moins élevés pour le trafic de signalisation et un fonctionnement plus correct en regard des indices de performance pour le trafic vidéo.

Finalement, notre recherche a montré aussi que les différentes composantes du trafic de signalisation avaient des besoins distincts en termes de qualité de service. Ainsi, la fonction d'enregistrement au service IMS est une fonction essentielle avec impact sur la perception de l'utilisateur alors qu'une fonction de gestion de groupe comme la destruction d'un membre dans un groupe avait un impact moindre. De plus, l'amélioration des temps de réponse d'une partie du trafic engendre une

dégradation à d'autres niveaux. On propose pour cela, que les fonctions liées à l'enregistrement et à la souscription (client startup) aient une même qualité de service que la voix alors que les autres composantes intervenant dans les étapes initiales et stables aient une qualité de service moindre comme la qualité «moindre effort ».

5.2 Limitations des travaux

Cette recherche nous a permis de caractériser, de modéliser le trafic IMS et d'évaluer la performance d'un réseau 3G IMS proposé. Les résultats de nos recherches sont d'intérêts puisqu'IMS est actuellement en phase de déploiement par les opérateurs de réseaux 3G. Nos travaux présentent néanmoins quelques limitations.

La première limitation que nous pouvons noter concerne la contribution exacte des différents nœuds du sous-système IMS dans les temps de réponse trouvés pour le trafic de signalisation. En effet, notre étude a montré que les délais TCP et les délais de traitement dans le sous-système IMS étaient considérables et représentaient 70% des temps de réponse. Par contre, elle n'a pas quantifié les délais causés par les traitements au niveau du S-CSCF et des serveurs ICS et XDMS. Ces limitations viennent du fait que le simulateur utilisé bien qu'il soit complet au niveau du modèle UMTS a beaucoup de restrictions quant à la modélisation d'un trafic multi-protocolaire (SIP et XCAP). Relatif à la signalisation SIP, OPNET n'offre actuellement que des fonctions basiques liées à l'établissement de session de voix. Il a fallu, d'une part, adapter les serveurs disponibles pour les transformer en S-CSCF, ICS et XDMS et d'autre part, configurer l'application sur mesure d'OPNET pour représenter un trafic multi-protocolaire. Cette démarche a permis d'avoir des résultats précis sur les temps de réponse du trafic de signalisation. Elle a aussi permis d'évaluer l'impact des autres trafics sur le trafic de signalisation. Il a manqué, cependant, des statistiques sur le trafic au niveau de chacun des nœuds IMS.

Les réseaux 3G IMS sont prévus pour supporter un nombre important de services multimédia de toutes sortes. Une deuxième limitation de nos travaux concerne les services retenus dans cette étude. Nous nous sommes concentrés sur

des services considérés comme des services de bases, voix et vidéo et des services génériques, service de présence et de gestion de groupe. En effet, nous avons considéré que les services génériques combinés aux services audio et vidéo pouvaient permettre la mise en place d'un grand nombre de services multimédia d'autant plus que les services retenus offrent une analyse du trafic IMS à différents niveaux de Qualité de Service. Ces hypothèses ont permis de simplifier le modèle et de réduire les temps d'exécution des simulations qui sont très élevés pour des réseaux complexes transportant un trafic multimédia important.

5.3 Indications de recherche future

IMS est en phase de déploiement par les opérateurs de réseaux 3G, de ce fait, les avenues de recherche sont encore nombreuses. Une fois les réseaux 3G IMS opérationnels, on peut s'attendre à l'émergence de nouvelles applications puisque l'IMS facilite l'intégration de nouveaux services et fournit un cadre qui permet de les développer rapidement. De plus, avec l'évolution des habitudes des usagers, la caractérisation d'un trafic demeure un domaine en constant renouvellement. Il faut alors réviser les modèles trouvés ou en développer d'autres.

La modélisation d'un trafic hétérogène et multi-protocolaire dans OPNET implique un certain nombre de restrictions au niveau des informations qui peuvent être recueillies. De plus, même le modèle UMTS présente des restrictions sur le nombre d'usagers qu'on pourrait raisonnablement modéliser. On pourrait se pencher sur d'autres simulateurs ou sur d'autres versions d'OPNET subséquente à la version 11.5 utilisée (11.5) qui tiendraient compte de ses restrictions. Il serait alors possible de renseigner de manière plus précise sur les arrivées, les délais d'attente des requêtes de signalisation et des temps de service au niveau de chaque nœud IMS.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] 3GPP Technical Specification Group Services and System Aspects, *IP Multimedia Subsystem (IMS); Stage 2*, 3GPP TS 23.228, v5.4.0, 2002.
- [2] 3GPP Technical Specification Group Services and System Aspects, *Universal Mobile Telecommunication System (UMTS); QoS Concepts and Architecture*, 3GPP TS 23.107, v5.6.0, 2002.
- [3] C. Urrutia-Valdès, A. Mukhopadhyay, M. El-Sayed, Z. Sayeed and D. Sun, "SIP in 3G Networks : Service Models, Architecture, and network Design", *Bell Labs Technical Journal*, Vol. 9, No. 3, pp. 101-126, 2004.
- [4] G. Foster, M. I. Pous, D. Pesch, A. sesmun and V. Kenneally, "Performance Estimation of Efficient UMTS Packet Voice Call Control", *Vehicular Technology Conference*, Vol. 3, pp 1447-1451, 2002.
- [5] J. Rosenberg., H. Schulzrinne, G. Camarillo, A. Johnston, J. Peterson, R. Sparks, M. Handley and E. Schooler, *SIP: Session Initiation Protocol*, RFC 3261, IETF, 2002.
- [6] J. Y. Kim, J. H. Hahm, Y. S. Kim et J. K. Choi, "Policy-based QoS Control Architecture Model using API for Streaming Services", *International Conference on Networking, International Conference on Systems and International Conference on Mobile Communications and Learning Technologies*, pp. 102-102, 2006.
- [7] A. Kist and R. J. Harris, "SIP signalling delay in 3GPP", *Proceedings of Sixth International Symposium on Communications Internetworking of IFIP-Interworking*, pp. 211-222, 2002.
- [8] P. Lescuyer, *Réseaux 3G - Principes, architectures et service de l'UMTS*, 3ème édition, Paris: DUNOD, 2006.
- [9] A. Hernández, M. Alvarez-Campana and E. Vasquez, "Quality of Service in the IP Multimedia Subsystem", *The 5th COST 290 Management Meeting*, Delft, The Netherlands, Technical Report TD(06)014, February 2006.
- [10] M. Handley and V. Jacobson, *SDP: Session Description Protocol*, RFC 2327, IETF, April 1998.

- [11] P. Calhoun, J. Loughney, E. Guttman, G. Zorn and J. Arkko, *Diameter Base Protocol*, RFC 3588, IETF, September 2003.
- [12] 3GPP Technical Specification Group Services and System Aspects, *Telecommunication management; Charging management; Charging Principles*, 3GPP TS 32.200, v5.9.0, September 2005.
- [13] 3GPP Technical Specification Group Services and System Aspects, , *“Telecommunication management; Charging management; Charging Architecture and Principles”*, 3GPP TS 32.240, v6.3.0, September 2005.
- [14] S. Girodon, *“Réseaux GSM, GPRS, UMTS. Architectures évolutive pour une stratégie services”*, 2002. [en ligne]. Disponible : http://www.girodon.com/support/3-3_presentations-slydes.ppt. [Consulté le 15 mai 2007].
- [15] G. Camarillo and M. A. Garcia-Martin, *The 3G IP multimedia Subsystem (IMS) Merging the Internet and the cellular worlds*, 2nd ed., Chichester, England: John Wiley & Sons, 2006.
- [16] J. Rosenberg, *A presence Event Package for the Session Initiation Protocol (SIP)*, RFC 3856, IETF, August 2004.
- [17] H. Sugano, S. Fujimoto, G. Klyne, A. Bateman, W. Carr, and J. Peterson. *Presence Information Data Format (PIDF)*, RFC 3863, IETF, August 2004.
- [18] A. Niemi, *Session Initiation Protocol (SIP) Extension for Event State Publication*, RFC 3903, IETF, October 2004.
- [19] 3GPP Technical Specification Group Services and System Aspects, *Presence Service; Architecture and Functional description*, 3GPP TS 23.141, v7.1.0, December 2005.
- [20] J. Rosenberg, *The Extensible Markup Language (XML) Configuration Access Protocol (XCAP)*, Internet-Draft draft-ietf-simple-xcap-07, IETF, 2005, Work in Progress.
- [21] 3GPP Technical Specification Group Services and System Aspects, *IP multimedia call control protocol based on Session Initiation Protocol (SIP) and Session Description Protocol (SDP); Stage 3*, 3GPP TS 24.229, v7.7.0, March 2007.

- [22] B. Campbell, *The message Session Relay Protocol*, Internet-Draft draft-ietf-simple-message-sessions-10, IETF, 2005.
- [23] 3GPP Technical Specification Group Services and System Aspects, *Messaging service using the IP Multimedia (IM) Core Network; (CN) subsystem; Stage 3*", 3GPP TS 24.247, v7.1.0, March 2007.
- [24] Open Mobile Alliance, "Push to talk Over Cellular Version 1.0", Candidate Enabler Release, Open Mobile Alliance, 2005.
- [25] 3GPP Technical Specification Group Services and System Aspects, *Push-to-talk over Cellular (PoC) services; Stage 2*, 3GPP TR 23.979, v6.2.0, 2005-2006.
- [26] 3GPP Technical Specification Group Services and System Aspects, *IP Multimedia Subsystem (IMS) Group management; Stage 1*, 3GPP TS 22.250, v6.0.0, November 2002.
- [27] N. Rajagopal and M. Devetsikiotis, "Modeling and Optimization for the design of IMS Networks", *39th Annual Simulation Symposium*, pp. 34-41, 2006.
- [28] H. Chebbo and M. Wilson, "Traffic and load modeling of an IP mobile network", *Fourth International Conference on 3G Mobile Communication Technologies*, London, UK, June 25-27, 2003.
- [29] N. Banerjee, W. Wu, K. Basu, and S. K. Das, "Analysis of SIP-based mobility management in 4G wireless networks", *Computer Communications*, Vol. 27, pp. 697-707, 2004.
- [30] V. K. Gurbani, L. J. Jagadeesan, et V. B. Mendiratta, "Characterizing Session Initiation Protocol (SIP) Network Performance and Reliability", *International service availability symposium No2*, Vol. 3694, pp. 196-211, 2005.
- [31] B. Zhu, "Analysis of SIP in UMTS IP Multimedia Subsystem", M.Sc., North Carolina State University, USA, 2003. [en ligne]. Disponible: <http://www.lib.ncsu.edu/theses/available/etd-05132003-204915/unrestricted/etd.pdf>. [Consulté le 20 janvier 2007].
- [32] H. Fathi, S. S. Chakraborty and R. Prasad, "Optimization of SIP Session Setup Delay for VoIP in 3G Wireless Networks", *IEEE Transactions on Mobile Computing*, Vol. 5, No. 9, pp. 1121-1132, September 2006.

- [33] F. Houéto and S. Pierre, "Quality of service and performance issues in multiservice networks subject to voice and video traffics", *Computer Communications*, Vol. 28, No. 4, pp. 393-404, March 2005.
- [34] M. Pous, D. Pesch and G. Foster, "Performance evaluation of SIP-based presence and instant messaging services for UMTS", in *Proceedings of the 4th International Conference on 3G Mobile Communication Technologies*, 2003, pp. 254 – 258.
- [35] OPENCALL - HP, "Instant Communication Solution Flows and XML Documents", 2007.
- [36] R. Ben Ali, *Mise en correspondance de la qualité de service UMTS avec celle d'une dorsale IP pour les services de téléphonie multimédia*, M.Sc.A., École Polytechnique de Montréal, Qc, Canada, 2003.
- [37] P.T. Brady, "A Model for Generating ON_OFF Speech Patterns in Two-Way Conversations", *Bell System Technology Journal*, Vol. 48, pp. 2445-2472, September 1969.
- [38] I. Habib and T. Saadawi, "Multimedia traffic Characteristics in broadband networks", *IEEE Communications Magazine*, Vol. 30, pp 48-54, 1992.
- [39] M. Krunz and H. Hughes, "A traffic Model for MPEG-Coded VBR Streams", in *Proceedings of The ACM Sigmetrics*, pp.47-55, 1995.
- [40] F. Houéto, *Amélioration coût-performance et modèles de tarification dans les réseaux intégrés de troisième génération*, Ph. D., École Polytechnique de Montréal, Qc, Canada, 2003.
- [41] G. Combs, The Ethereal Network Analyzer Software Tool, Version 0.10.11, www.ethereal.com, [Logiciel].
- [42] D. Staehle, K. Leibnitz and P. Tran-Gia, *Source Traffic Modeling of wireless Application*, Institute of Computer Science, University of Würzburg, Am Hubland, Würzburg, Germany, Report No 26, 2000.
- [43] InterDigital Comm. Corp, *RACH Capacity Analysis Packet – Universal Mobile Telecommunication System (UMTS); selection procedures for the choice of radio transmission technologies of the UMTS, Section B.1.2.2 Traffic Models*, Espoo, Finland, TSG-RAN Working Group 1 meeting #6, July 1999.

- [en ligne]. Disponible: http://www.3gpp.org/ftp/tsg_ran/WG1_RL1/TSGR1_06/Docs/Pdfs/r1-99818.pdf. [Consulté le 10 avril 2007].
- [44] Rockwell Software, Arena, version 9.00.00 CPR6, www.arenasimulation.com. [Logiciel].
- [45] M. Beckerm et A. Beylot, *Simulation des Réseaux*, Paris: Hermes science: Lavoisier, 2006.
- [46] R. Jain, *The art of computer systems performance analysis*, NewYork: J. Wiley, 1991.
- [47] ITU-T, G-114, *One-way transmission time Series G Recommendations, Transmission Systems And Media, Digital Systems And Networks, International telephone connections and circuits*, 2003.
- [48] ITU-T, G-113, *Transmission impairments due to speech processing Series G Recommendations, Transmission Systems And Media, Digital Systems And Networks, International telephone connections and circuits*, 2001.
- [49] <http://www.opnet.com>, [Logiciel]
- [50] ITU-R M.1225, *Guidelines for evaluation of radio transmission technologies for imt-2000*, 1997.
- [51] OPENCALL - HP, *HP technical report*, 2007.
- [52] OPENCALL - HP, *Ethereal files*, 2007.

ANNEXE I Détail des tâches pour les Applications

Enregistrement

Phase	Démarrage	Source	Destination	Taille requête (octets)	Paquet / Requête	Réponse (octets)
SIP REGISTER(1)	Début application	UE (Source)	Proxy_s-cscf	575	1	0
DIAMETER MAR	Fin phase précédente	Proxy_s-cscf	N/A	0	0	0
401 Unauthorized	Fin phase précédente	Proxy_s-cscf	UE (Source)	558	1	0
SIP REGISTER(2)	Fin phase précédente	UE (Source)	Proxy_s-cscf	897	1	0
DIAMETER SAR	Fin phase précédente	Proxy_s-cscf	N/A	0	0	0
200 OK	Fin phase précédente	Proxy_s-cscf	UE (Source)	521	1	0

Publication et Souscription

Phase	Démarrage	Source	Destination	Taille requête (octets)	Paquet / Requête	Réponse (octets)
PUBLISH	Début application	UE (Source)	Proxy_s-cscf	797	1	0
PUBLISH	Fin phase précédente	Proxy_s-cscf	Proxy_presence	1393	1	582
200 OK	Fin phase précédente	Proxy_s-cscf	UE (Source)	526	1	0
SUBSCRIBE	PUBLISH	Proxy_s-cscf	Proxy_xdms	1329	1	737
NOTIFY	Fin phase précédente	Proxy_xdms	Proxy_s-cscf	1516	1	0
200 OK	Fin phase précédente	Proxy_s-cscf	UE (Source)	1416	1	531
200 OK	Fin phase précédente	Proxy_s-cscf	Proxy_xdms	481	1	0
SUBSCRIBE	Fin phase précédente	UE (Source)	Proxy_s-cscf	910	1	0
SUBSCRIBE	Fin phase précédente	Proxy_s-cscf	Proxy_ics	1294	1	724
SUBSCRIBE	Fin phase précédente	Proxy_ics	Proxy_xdms	694	1	0
200 OK	SUBSCRIBE	Proxy_s-cscf	UE (Source)	628	1	0
SUBSCRIBE	SUBSCRIBE	Proxy_ics	Proxy_xdms	682	1	0
SUBSCRIBE	SUBSCRIBE	Proxy_ics	Proxy_xdms	692	1	777
200 OK	Fin phase précédente	Proxy_xdms	Proxy_ics	584	1	0
NOTIFY	Fin phase précédente	Proxy_xdms	Proxy_ics	1340	2	796
GET	NOTIFY	Proxy_ics	Proxy_xdms	322	1	1340
GET	Fin phase précédente	Proxy_ics	Proxy_xdms	355	1	1090
NOTIFY	Fin phase précédente	Proxy_ics	Proxy_s-cscf	1381	1	0
NOTIFY	Fin phase précédente	Proxy_s-cscf	UE (Source)	1416	1	0

GET	Fin phase précédente	Proxy_ics	Proxy_xdms	364	1	504
PUT	Fin phase précédente	Proxy_ics	Proxy_xdms	568	1	368
GET	Fin phase précédente	Proxy_ics	Proxy_xdms	396	1	1340
200 OK	NOTIFY	UE (Source)	Proxy_s-cscf	550	1	0
200 OK	Fin phase précédente	Proxy_s-cscf	Proxy_ics	500	1	0
200 OK	Fin phase précédente	Proxy_xdms	Proxy_ics	711	1	0

Ajout membre

Phase	Démarrage	Source	Destination	Taille requête (octets)	Paquet / Requête	Réponse (octets)
GET	Début application	UE (Source)	Proxy_xdms	536	1	369
SUBSCRIBE	Fin phase précédente	UE (Source)	Proxy_s-cscf	861	1	0
SUBSCRIBE	Previous Phase Ends	Proxy_s-cscf	Proxy_presence	1257	1	690
200 OK	Previous Phase Ends	Proxy_s-cscf	UE (Source)	580	1	0

Gestion Groupe

Phase	Démarrage	Source	Destination	Taille requête (octets)	Paquet / Requête	Réponse (octets)
DELETE	Début application	UE (Source)	Proxy_xdms	536	1	0
200 OK	Fin phase précédente	Proxy_xdms	UE (Source)	369	1	0
NOTIFY	DELETE	Proxy_xdms	Proxy_ics	1183	1	0
GET	Fin phase précédente	Proxy_ics	Proxy_xdms	320	1	1753
DELETE	Fin phase précédente	Proxy_ics	Proxy_xdms	395	1	367
NOTIFY	Fin phase précédente	Proxy_ics	Proxy_s-cscf	869	1	0
DELETE	Fin phase précédente	Proxy_ics	Proxy_xdms	542	1	367
NOTIFY	NOTIFY	Proxy_s-cscf	UE (Source)	986	1	0
SUBSCRIBE	Fin phase précédente	Proxy_ics	Proxy_xdms	727	1	0
200 OK	DELETE	Proxy_ics	Proxy_xdms	398	1	0
200 OK	SUBSCRIBE	Proxy_xdms	Proxy_ics	698	1	0
NOTIFY	SUBSCRIBE	Proxy_xdms	Proxy_ics	677	1	398

ANNEXE II Détail des Trajectoires

W_lan_roaming_1

Speed	X Pos (m)	Y Pos (m)	Distance (m)	Traverse Time	Ground Speed (mi/hr)	Wait Time	Accum Time	Pitch (degrees)	Yaw (degrees)
1	0	0	n/a	n/a	n/a	10.00s	10.00s	Auto computed	Auto computed
2	178.267	-202	269.052	05.00s	120.37	00.00s	15.00s	Auto computed	Auto computed
3	468.919	-306	308.913	05.00s	138.204	00.00s	20.00s	Auto computed	Auto computed
4	922.337	-306	453.418	05.00s	202.853	00.00s	25.00s	Auto computed	Auto computed
5	1,395.13	-240	477.361	05.00s	213.565	00.00s	30.00s	Auto computed	Auto computed
6	1,565.65	-186	178.943	05.00s	80.057	00.00s	35.00s	Auto computed	Auto computed
7	1,887.30	116.3	441.397	05.00s	197.475	00.00s	40.00s	Auto computed	Auto computed

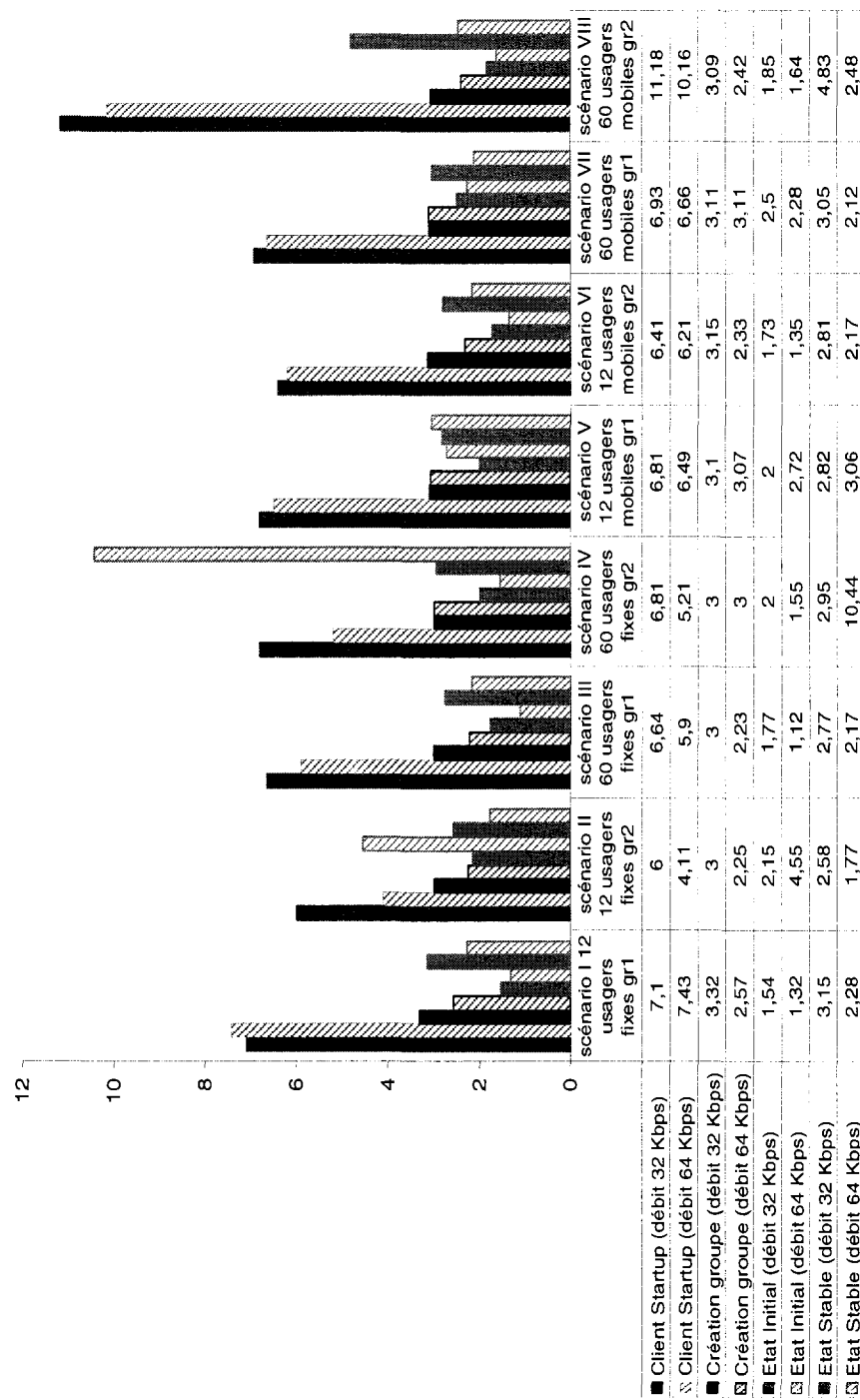
W_lan_roaming_2

Speed	X Pos (m)	Y Pos (m)	Distance (m)	Traverse Time	Ground Speed (mi/hr)	Wait Time	Accum Time	Pitch (degrees)	Yaw (degrees)
1	0	0	n/a	n/a	n/a	50.00s	50.00s	Auto computed	Auto computed
2	-279.026	-143	313.713	05.00s	140.351	00.00s	55.00s	Auto computed	Auto computed
3	-635.56	-236	368.466	05.00s	164.847	00.00s	1m00.00s	Auto computed	Auto computed
4	-1,112.23	-244	476.733	05.00s	213.284	00.00s	1m05.00s	Auto computed	Auto computed
5	-1,391.26	-221	279.997	05.00s	125.267	00.00s	1m10.00s	Auto computed	Auto computed
6	-1,685.78	-58.1	336.504	05.00s	150.547	00.00s	1m15.00s	Auto computed	Auto computed
7	-2,065.57	364.3	568.044	05.00s	254.136	00.00s	1m20.00s	Auto computed	Auto computed

Trajectory_5

Speed	X Pos (deg.)	Y Pos (deg.)	Distance (m)	Traverse Time	Ground Speed	Wait Time	Accum Time	Pitch (degrees)	Yaw (degrees)
1	0	0	n/a	n/a	n/a	1m50.00s	1m50.00s	Auto computed	Auto computed
2	0.001	0.001	192.221	1m00.00s	7.166	1m00.00s	3m50.00s	Auto computed	Auto computed
3	0.004	0.002	351.917	1m00.00s	13.12	1m00.00s	5m50.00s	Auto computed	Auto computed
4	0.005	0	215.357	1m00.00s	8.029	1m00.00s	7m50.00s	Auto computed	Auto computed
5	0.004	-0	237.102	1m00.00s	8.84	1m00.00s	9m50.00s	Auto computed	Auto computed
6	0.001	-0	240.904	1m00.00s	8.981	1m00.00s	11m50.00s	Auto computed	Auto computed
7	0	0	148.773	1m00.00s	5.547	00.00s	12m50.00s	Auto computed	Auto computed

ANNEXE III Temps de Réponse du trafic de signalisation selon le débit (administrateur)



Temps de Réponse du trafic de signalisation selon le débit (membre)

