

ADAPTATION DU FLUX MULTIMÉDIA EN TEMPS RÉEL DANS UN RÉSEAU P2P IMS (PEER TO PEER INTERNET MULTIMEDIA SUBSYSTEM)

Résumé : Les services multimédias occupent une grande part du trafic réseau, la majorité du trafic sur internet sera un contenu vidéo délivré par le réseau P2P ou en streaming à partir de serveurs vu les différentes applications multimédias demandées actuellement par les utilisateurs possédant des terminaux multimédias. La première contribution est liée à l'étude de la signalisation dans le réseau IMS à travers la mise en place d'un Framework permettant l'étude de la partie signalisation dans le réseau IMS, et ce en nous intéressant à tous les points en relation avec les sessions multimédias dans ce réseau afin de garantir la qualité de services pour nos architectures proposées dans cette thèse. La mise en place du cadre de travail mentionné est effectuée à travers l'intégration du module SIP au simulateur NS2 de même qu'à travers le développement d'un code TCL qui permet de simuler les différentes demandes et réponses qui traversent les serveurs du réseau IMS (P-CSCF, I-CSCF, S-CSCF). Ces différents serveurs sont créés au niveau du simulateur NS2 comme des proxys SIP. La deuxième contribution consiste en l'adaptation de la qualité de vidéos codées en SVC pour des pairs hétérogènes en tenant en compte de leurs performances dans un réseau IMS P2P. La contrainte d'hétérogénéité des pairs s'effectue en gérant leurs performances de même qu'en gérant le changement de leurs types d'accès d'un réseau à un autre. Cette gestion de contraintes s'effectue à travers la proposition d'une architecture réseau et d'un modèle qui permet l'adaptation de la qualité de la vidéo et qui assure la continuité de service dans un réseau IMS Peer to Peer à base du codage multicouches et évolutif. La mise en valeur du modèle d'adaptation de la qualité des vidéos nous permet de montrer que les valeurs de qualité de service et de qualité d'expérience obtenues sont satisfaisantes. Notre troisième contribution a trait à l'adaptation de la qualité de la vidéo SVC dans un environnement contenant une large population d'utilisateurs hétérogènes ayant des performances différentes, utilisateurs qui téléchargent des fichiers volumineux et qui sont susceptibles de changer leurs accès réseau d'un type d'accès à un autre. Cette contribution se base essentiellement sur l'intégration de la gestion des chunks à notre architecture et à notre modèle d'adaptation de la qualité afin de porter au plus haut niveau possible l'amélioration des valeurs de la qualité de service dans une architecture combinant le réseau IMS, le réseau pair à pair géré par le protocole Bittorrent et comportant des vidéos à base du codage SVC. Les résultats obtenus montrent une nette amélioration de la qualité par rapport à la contribution précédente, en l'occurrence la deuxième. Enfin, notre quatrième contribution, la dernière, a consisté en l'utilisation d'une adaptation de la qualité de streaming vidéo dans le cadre d'une architecture basée sur la technologie 5G, et ce pour garantir en même temps les résultats suivants : répartir la charge entre les éléments de l'architecture P2P IMS, réduire le temps de réponse pour les procédures (temps d'authentification utilisateur et temps requis pour qu'un pair puisse rejoindre le réseau) et réduire la durée de téléchargement des chunks (diminuer la latence dans le réseau).

Mots clés : IMS, Peer to Peer, Streaming video, Adaptation de qualité, H.264/SVC, QOS, QOE.

Adnane GHANI

ADAPTATION DU FLUX MULTIMÉDIA EN TEMPS RÉEL DANS UN
RÉSEAU P2P IMS (PEER TO PEER INTERNET MULTIMEDIA SUBSYSTEM)

Année : 2020 N° thèse : 185/ST2I

Année : 2020



Thèse N° : 185/ST2I

École Nationale Supérieure d'Informatique et d'Analyse des Systèmes
Centre d'Études Doctorales en Sciences des Technologies de l'Information et de l'Ingénieur

THÈSE DE DOCTORAT

ADAPTATION DU FLUX MULTIMÉDIA EN TEMPS RÉEL DANS UN RÉSEAU P2P IMS (PEER TO PEER INTERNET MULTIMEDIA SUBSYSTEM)

Présentée par

Adnane GHANI

Le 24/10/2020

Formation doctorale : Informatique

Structure de recherche : LRGE/ERIT (Équipe de Recherche en Informatique et Télécommunications)

JURY

Professeur Mohammed EL HASSOUNI

PES, FLSH, Université Mohammed V de Rabat

Président & Rapporteur

Professeur Ahmed HAMMOUCH

PES, ENSET, Université Mohammed V de Rabat

Directeur de thèse

Professeur El Hassan IBN ELHAJ

PES, INPT, Rabat

Co-Encadrant de thèse

Professeur Amina RADGUI

PH, INPT, Rabat

Rapporteur

Professeur Abdelilah JILBAB

PH, ENSET, Université Mohammed V de Rabat

Rapporteur

Professeur Chafik NACIR

PES, ENSET, Université Mohammed V de Rabat

Examineur

Avant-Propos

Le travail effectué dans cette thèse s'inscrit dans le cadre d'une collaboration entre le laboratoire de recherche en Génie Electrique (LRGE) à l'Ecole Normale Supérieure de l'Enseignement Technique (ENSET) de Rabat et le laboratoire de Recherche en Systèmes de communication et Signal (Multimedia, Signal and Communications Systems, MUSICS) à l'institut National des postes et Télécommuniactions (INPT) de Rabat, sous la direction du Professeur **Mr . Ahmed Hammouch**, à l'ENSET de Rabat et l'encadrement du Professeur **Mr. EL HASSAN IBN ELHAJ** à l'Institut National des Postes et Télécommunications (INPT) de Rabat.

Je tiens à exprimer mes sincères remerciements :

Au Professeur **Mr. Mohammed EL HASSOUNI**, qui m'a fait l'honneur de présider mon jury de thèse, et qui a consacré leur temps pour lire ma thèse et l'évaluer.

Au Professeur **Mr. Ahmed Hammouch**, mon directeur de thèse, pour ses conseils avisés et son soutien tout au long de ma thèse. Qu'il trouve ici le témoignage de mon estime et ma profonde gratitude.

Au Professeur **Mr. EL HASSAN IBN ELHAJ**, mon co-directeur de thèse, pour son encadrement, ses recommandations, sa patience et ses qualités humaines et également pour sa disponibilité tout au long de la réalisation de ce travail. Qu'il trouve ici le témoignage de mon estime et ma profonde gratitude.

Au Professeurs **Mme. Amina RADGUI** à l'Institut National des Postes et Télécommunications (INPT) de Rabat, **Mr Abdelilah JILBAB** à l'ENSET de Rabat qui ont consacré leurs temps pour lire ma thèse et l'évaluer. Leurs questions et remarques vont grandement participées à la finition de ce manuscrit.

Au Professeurs **Mr. Abdelaali Chaoub** à l'Institut National des Postes et Télécommunications (INPT) de Rabat, **Mr. Chafik NACIR** à l'ENSET de Rabat qui ont bien accepté de faire partie de ce jury. Qu'il trouve ici le témoignage de mon estime et ma profonde reconnaissance.

Enfin je voudrais exprimer mes plus profonds remerciements à mon père, ma mère, mes frères, ma famille et ma belle-famille pour leurs sentiments, leurs soutiens et leurs encouragements durant toute la durée de cette thèse.

Un grand merci à tous!

Abstract

Multimedia services occupy a large part of network traffic, the majority of internet traffic will be video content delivered by the P2P network or in streaming from servers, given the different multimedia applications currently requested by users with multimedia terminals, we can see the presence of several multimedia applications such as: (Video streaming, Video on demand, IPTV, videoconference,teleconference,).

When we talk about a multimedia service, it is essential to talk about the network carrying multimedia data, in reality, there are a variety of networks, and access networks using each different technologies and also different languages and protocols, and all these types of networks do not allow the satisfaction of user requests in terms of quality of service expected in general and in terms of multimedia quality of service more precisely, and especially in the case of heterogeneous networks containing several users with different terminals.

The first contribution is interested in the study of signaling in the IMS network through the implementation of a Framework, allowing the study of the signaling part in the IMS network, and by focusing on all points in relationship with the multimedia sessions in this network, in order to guarantee the quality of services to our proposed architectures in this thesis.

The second contribution consists in adapting the quality of the videos coded in SVC for heterogeneous peers by taking into account their performances (hardware and network) in an IMS P2P network, the constraint of heterogeneity of the peers is carried out by managing their performance (CPU, RAM, Bandwidth, battery life), and also by managing the change of their types of access from one network to another, this through a proposed architecture and a model that allow adaptation of the video quality and which ensures continuity of service in an IMS Peer to Peer network based on multilayer and evolutionary coding (SVC), while showing that the values of quality of service and quality of experience obtained are satisfactory.

The third contribution consists in adapting the quality of SVC video in an environment containing a large population of heterogeneous peers with different performances and who download large files and who are probably to change their network accesses from one type of access to another, this contribution is mainly based on the integration of chunk management into our architecture and our quality adaptation model which are already present in the second contribution, in order to improve the quality of service values as much as possible, in an architecture combining the IMS network, a peer-to-peer network managed by the Bittorrent

protocol and based on SVC coding. The results obtained show a marked improvement in quality by comparing to the previous contribution.

The fourth contribution consists in using an adaptation of video streaming with an architecture based on 5G technology to both distribute the load between the elements of the P2P IMS architecture, Reduce the response time for procedures (authentication user, time required for a peer to join the network), download time for chunks (reduce latency in the network).

Résumé

Les services multimédias occupent une grande part du trafic réseau, la majorité du trafic sur internet sera un contenu vidéo délivré par le réseau P2P ou en streaming à partir de serveurs vu les différentes applications multimédias demandés actuellement par les utilisateurs possédant des terminaux multimédias, on peut constater la présence de plusieurs applications multimédia comme par exemple : (Streaming vidéo, Vidéo à la demande, IPTV, visioconférence, vidéoconférence, téléconférence,....).

La première contribution est liée à l'étude de la signalisation dans le réseau IMS à travers la mise en place d'un Framework permettant l'étude de la partie signalisation dans le réseau IMS, et ce en nous intéressant à tous les points en relation avec les sessions multimédias dans ce réseau afin de garantir la qualité de services pour nos architectures proposées dans cette thèse. La mise en place du cadre de travail mentionné est effectuée à travers l'intégration du module SIP (Session Initiation Protocol) au simulateur NS2 (Network Simulator 2) de même qu'à travers le développement d'un code TCL (Tool Command Language) qui permet de simuler les différentes demandes et réponses qui traversent les serveurs du réseau IMS (P-CSCF (Proxy-Call Session Control Function), I-CSCF (Interrogating-Call Session Control Function), S-CSCF(Serving-Call Session Control Function)). Ces différents serveurs sont créés au niveau du simulateur NS2 comme des proxys SIP.

La deuxième contribution consiste en l'adaptation de la qualité des vidéos codés en SVC pour des pairs hétérogènes en tenant en compte de leurs performances (matérielle et réseau) dans un réseau IMS P2P. La contrainte d'hétérogénéité des pairs s'effectue en gérant leurs performances (CPU (Central Processing Unit), RAM, (Random Access Memory), Bande passante, autonomie de la batterie) de même qu'en gérant le changement de leurs types d'accès d'un réseau à un autre. Cette gestion de contraintes s'effectue à travers la proposition d'une architecture réseau et d'un modèle qui permet l'adaptation de la qualité de la vidéo et qui assure la continuité de service dans un réseau IMS Peer to Peer à base du codage multicouches et évolutif (SVC). La mise en valeur du modèle d'adaptation de la qualité des vidéos nous permet de montrer que les valeurs de qualité de service et de qualité d'expérience obtenues sont satisfaisantes.

Notre troisième contribution a trait à l'adaptation de la qualité de la vidéo SVC dans un environnement contenant une large population d'utilisateurs hétérogènes ayant des performances différentes, utilisateurs qui téléchargent des fichiers volumineux et qui sont

susceptibles de changer leurs accès réseau d'un type d'accès à un autre. Cette contribution se base essentiellement sur l'intégration de la gestion des chunks (morceaux) à notre architecture et à notre modèle d'adaptation de la qualité, lesquels ont été présentés dans la deuxième contribution afin de porter au plus haut niveau possible l'amélioration des valeurs de la qualité de service dans une architecture combinant le réseau IMS, le réseau pair à pair géré par le protocole Bittorrent et comportant des vidéos à base du codage SVC. Les résultats obtenus montrent une nette amélioration de la qualité par rapport à la contribution précédente, en l'occurrence la deuxième.

Enfin, notre quatrième contribution, la dernière, a consisté en l'utilisation d'une adaptation de la qualité de streaming vidéo dans le cadre d'une architecture basée sur la technologie 5G, et ce pour garantir en même temps les résultats suivants : répartir la charge entre les éléments de l'architecture P2P IMS, réduire le temps de réponse pour les procédures (temps d'authentification utilisateur et temps requis pour qu'un pair puisse rejoindre le réseau) et réduire la durée de téléchargement des chunks (diminuer la latence dans le réseau).

Tables des Matières

| | |
|---|------|
| Avant-Propos..... | i |
| Abstract | ii |
| Résumé..... | iv |
| Tables des Matières | vi |
| Liste des Acronymes | xi |
| Liste des Figures..... | xiii |
| Liste des Tableaux..... | xv |
| Liste des Expressions mathématiques | xvii |
| Introduction générale..... | 1 |
| Chapitre 1 : Etat de l'art | 11 |
| I.1 Introduction..... | 12 |
| I.2 Internet Multimedia Subsystem (IMS) | 12 |
| I.2.1 Offre de la technologie IMS :..... | 12 |
| I.2.2 Architecture IMS : | 14 |
| I.2.2.1 Couche 'Access' : | 16 |
| I.2.2.2 Couche "Session Control" | 18 |
| a. Composants IMS : | 18 |
| I.2.2.3 Couche "Services & Applications" : | 22 |
| I.2.3 Protocole SIP : | 23 |
| I.2.4 Projet Open Source IMS Core..... | 24 |
| I.2.4.1 Présentation..... | 24 |
| a. FOKUS Project Source IMS..... | 24 |
| b. Project Source IMS | 24 |
| c. FHoSS..... | 24 |
| d. Méthodes d'authentification IMS dans le noyau ouvert. | 24 |
| I.2.4.2 Partie expérimentale..... | 24 |
| a. Mise en place et tester l'environnement expérimental..... | 24 |
| I.2.4.3 Communication sécurisée sur le réseau entre deux clients à travers le serveur OpenVPN | 26 |
| I.2.4.4 Points Forts de l'IMS : | 26 |
| I.2.4.5 Points Faibles de l'IMS : | 26 |

| | |
|--|----|
| I.3 Peer to Peer Internet Multimedia Subsystem | 26 |
| I.4 Norme de codage SVC :..... | 27 |
| I.4.1 Évolutivité temporelle..... | 29 |
| I.4.2 Evolutivité spatiale..... | 31 |
| I.4.3 Evolutivité SNR | 32 |
| I.5 Conclusion | 33 |
| Chapitre 2 : Etude de la performance du protocole SIP assurant la signalisation dans le réseau IMS.. | 35 |
| II.1 Introduction..... | 36 |
| II.1.1 Qualité de service | 36 |
| II.2 Contexte..... | 37 |
| II.2.1 Protocole SIP | 38 |
| II.2.2 Problématique | 40 |
| II.3 Travaux antérieurs | 41 |
| II.4. Architecture de signalisation du réseau IMS implémenté | 43 |
| II.5 Simulation..... | 43 |
| II.5.1 Travail effectué à l'aide du simulateur NS2 | 43 |
| II.6 Conclusion | 51 |
| Chapitre 3 : Connectivité transparente pour l'approvisionnement multimédia adaptatif sur un réseau IP Multimédia Subsystem compatible pair à pair | 52 |
| Peer to Peer (P2P)..... | 52 |
| III.1 Introduction | 53 |
| III.1.1 Spécification de la normalisation du réseau IMS pour la compatibilité avec le réseau pair à pair (IMS P2P)..... | 53 |
| III.2 Streaming vidéo dans le réseau IMS P2P..... | 58 |
| III.2.1 Présentation | 58 |
| III.2.2 Problématique..... | 58 |
| III.3 Travaux antérieurs..... | 59 |
| III.4 Architecture du streaming P2P sur IMS implémenté | 62 |
| III.4.1 Continuité de service | 62 |
| III.4.2 Modèle d'adaptation..... | 65 |
| III.4.3 Adaptation de la bande passante..... | 77 |
| III.4.4 Adaptation de la qualité suivant les performances de l'équipement | 77 |
| III.4.4.1 Puissance de calcul (CPU)..... | 77 |
| III.4.4.2 Consommation de la mémoire (RAM) | 78 |
| III.4.4.3 Autonomie de la batterie | 79 |

| | |
|---|-----|
| III.4.4.4 Réseau d'accès | 79 |
| III.5 Métriques d'évaluation de la Qualité de Service et de la Qualité d'expérience..... | 79 |
| III.5.1 Qualité de Service : | 80 |
| III.5.2 Qualité de l'expérience :..... | 80 |
| III.6 SIMULATION | 81 |
| III.6.1 Simulateur | 81 |
| III.6.2 Travail effectué à l'aide du simulateur | 81 |
| III.6.3 Scénario 1 | 82 |
| III.6.3.1 Objectif..... | 82 |
| III.6.3.2 Paramètres de la simulation..... | 83 |
| III.6.3.3 Résultats et discussion..... | 86 |
| III.6.4 Scénario 2..... | 89 |
| III.6.4.1 Objectif..... | 89 |
| III.6.4.1.1 Paramètres de la simulation..... | 89 |
| III.6.4.1.2 Résultats et discussion..... | 89 |
| III.6.5 Scénario 3 | 90 |
| III.6.5.1 Objectif..... | 90 |
| III.6.5.2 Paramètres de la simulation..... | 90 |
| III.6.5.3 Résultats et discussion..... | 92 |
| III.7 Analyse comparative avec un travail de recherche récent..... | 97 |
| III.8 CONCLUSION | 99 |
| Chapitre 4 : Adaptation de la qualité pour le streaming vidéo dans un réseau P2P IMS Bittorrent.... | 100 |
| IV.1. Introduction..... | 101 |
| IV.1.1 Présentation du protocole Bittorrent | 101 |
| IV.1.1.1 Gestion de contenu dans le réseau IMS P2P Bittorrent..... | 101 |
| IV.1.1.1.1 Présentation..... | 101 |
| IV.2 Problématique | 102 |
| IV.3 Travaux antérieurs..... | 102 |
| IV.4 Architecture du streaming P2P Bittorrent sur IMS implémenté | 104 |
| IV.4.1 Gestion des chunks..... | 104 |
| IV.4.2 Modèle d'adaptation..... | 105 |
| IV.4.3 Métriques d'évaluation de la Qualité de Service et de la Qualité d'expérience | 113 |
| IV.4.3.1 Qualité de Service : | 113 |
| IV.5 Simulation | 113 |

| | |
|--|-----|
| IV.5.1 Travail effectué à l'aide du simulateur..... | 113 |
| IV.6 Scénarios | 114 |
| IV.6.1 Scénario 1..... | 114 |
| IV.6.1.1 Objectif..... | 114 |
| IV.6.1.2 Paramètres de la simulation..... | 114 |
| IV.6.1.3 Résultats et discussion..... | 115 |
| IV.6.2 Scénario 2..... | 115 |
| IV.6.2.1 Objectif..... | 115 |
| IV.6.3 Scénario 3..... | 117 |
| IV.6.3.1 Objectif..... | 117 |
| IV.6.4 Scénario 4..... | 118 |
| IV.6.4.1 Objectif..... | 118 |
| IV.6.4.2 Paramètres de la simulation..... | 118 |
| IV.6.4.3 Résultats et analyses..... | 119 |
| IV.7 Mécanisme de la gestion des Chunks dans le protocole Bittorrent : | 120 |
| IV.8 CONCLUSION | 121 |
| Chapitre 5 : Un cadre de streaming vidéo adaptatif pour les réseaux 5G peer-to-peer: ouvrir la voie au 5G-IMS..... | 122 |
| V.1 Introduction | 123 |
| V.2 Présentation du réseau IMS dans 5G..... | 123 |
| V.3 Problématique..... | 124 |
| V.4 Travaux antérieurs | 124 |
| V.5. Architecture du streaming P2P sur vIMS implémentée | 125 |
| V.5.2 Modèle d'adaptation..... | 127 |
| V.3 Métriques d'évaluation de la Qualité de Service et de la Qualité d'expérience..... | 135 |
| V.3.1 Qualité de Service : | 135 |
| V.4. Simulation..... | 135 |
| V.4.1 Travail effectué à l'aide du simulateur | 135 |
| V.5 Scénarios..... | 136 |
| V.5.1 Scénario 1 | 136 |
| V.5.1.1 Objectif..... | 136 |
| V.5.1.2 Paramètres de la simulation..... | 136 |
| V.5.1.3 Résultats et discussion..... | 136 |
| V.5.2 Scénario 2 | 137 |

Tables des Matières

| | |
|--|-----|
| V.5.2.1 Objectif..... | 137 |
| V.5.3 Scénario 3..... | 139 |
| V. 5.3.1 Objectif..... | 139 |
| V.5.4 Scénario 4..... | 140 |
| V.5.4.1 Objectif..... | 140 |
| V.5.4.2 Paramètres de la simulation..... | 140 |
| V.5.4.3 Résultats et analyses..... | 141 |
| V.5.6 Mécanisme de gestion des chunks par le protocole Bittorrent..... | 142 |
| V.7 CONCLUSION..... | 142 |
| Conclusion générale..... | 143 |
| Bibliographie..... | 147 |

Liste des Acronymes

| Acronyme | Définition |
|-----------------|--|
| IPTV | Télévision sur IP |
| NGN | Next Generation Network |
| IMS | IP Multimedia Subsystem |
| P2P | Peer to Peer |
| SVC | Scalable Video Coding |
| SNR | Signal-To-Noise Ratio |
| QOS | Quality of Service |
| QOE | Quality of Experience |
| NS2 | Network Simulator 2 |
| SIP | Session Initiation Protocol |
| P-CSCF | Proxy- Call/Session Control Functions |
| I-CSCF | Interrogating - Call Session Control Function |
| S-CSCF | Serving - Call Session Control Function |
| HSS | Home Subscriber Server |
| P2P IMS | Peer to Peer IP Multimedia Subsystem |
| CPU | Central Processing Unit |
| RAM | Random Access Memory |
| MOS | Mean Opinion Score |
| PSNR | Peak-Signal-To-Noise Ratio |
| UE | User Equipement |
| VQM | Video Quality Measurement |
| PLR | Packet loss Rate |
| TCP | Transmission Control Protocol |
| UDP | User Datagram Protocol |
| 3GPP | 3rd Generation Partnership Project |
| RTC | Réseau Téléphonique Commuté |
| MRFC | Media Resource Function Controller |
| MGW | Media Gateway |
| MGCF | Media Gateway Control Function |
| SLF | Subscriber location function |
| BGCF | Breakout Gateway Control Function |
| SGW | Signalling Gateway |
| NASS | Network Attachment Sub-System |
| S-PDF | Serving policy decision function |
| A-RACF | Access-resource and admission control function |
| DSLAM | Digital Subscriber Line Access Multiplexer |
| PDF | Policy Decision Function |
| BAS | Broadband Access Server |
| WAG | Wireless Access Gateway |
| PDG | Packet Data Gateway |
| RAN | Radio Access Network |
| SGSN | Serving GPRS Support Node |

Lste des Acronymes

| | |
|-----------|--|
| GGSN | Gateway GPRS Support Node |
| PEF | Policy Enforcement Function |
| MRF | Media Resource Function |
| ALG | Application Level Gateway |
| CDR | Call Detailed Record |
| HLR | Home Location Register |
| SIP UA | SIP User Agent |
| SIP B2BUA | SIP Back-to-Back User Agent |
| OSA-SCS | Open Service Access Service Capability Server |
| DIAMETER | Extensible Messaging Protocol |
| VOD | Video On demand |
| OpenIMS | Open Source IMS |
| FHoSS | FOKUS Home Subscriber Server |
| NAT | Network Address Translation |
| VOIP | Voice Over IP |
| OpenSIP | Open Session Initiation Protocol |
| VPN | Virtual Privat Protocol |
| AAA | Authentication, Authorization, Accounting/Auditing |
| IDR | instantaneous decoding refresh |
| GOP | Group of pictures |
| CGS | Coarse Grain Scalable |
| MGS | Medium Grain Scalable |
| FGS | Fine Granularity Scalability |
| RTP | Real-Time Transport Protocol |
| AS | Application Server |
| UAC | User Agent Client |
| JSVM | Joint Scalable Video Model |
| PCRF | Policy and charging rules function |
| CSS | Content Source Server |
| CCS | Content Cache Server |
| FLR | Frame loss Rate |
| QP | Quantization parameter |

Liste des Figures

| | |
|---|----|
| Figure I 1: Evolution des technologies télécoms..... | 14 |
| Figure I 2: Couches de l'architecture IMS..... | 15 |
| Figure I 3: Architecture globale de l'IMS..... | 16 |
| Figure I 4: Présentation du système CSCF..... | 19 |
| Figure I 5: Architecture IMS..... | 19 |
| Figure I 6: Interaction entre serveurs d'application et Session control..... | 23 |
| Figure I 7: architecture open IMS..... | 25 |
| Figure I 8: Diagramme de bloc de l'encodeur H.264/SVC pour deux couches spatiales..... | 28 |
| Figure I 9: Exemple illustratif d'approches d'évolutivité en H.24/SVC..... | 29 |
| Figure I 10: Exemple d'évolutivité temporelles et spatiales H.264/SVC..... | 30 |
| Figure I 11: Mode de granularité d'évolutivité SNR H.264 / SVC pour un exemple à deux couches .. | 33 |
| | |
| Figure II 1: Authentification d'un client IMS..... | 38 |
| Figure II 2: Requêtes SIP échangées entre deux téléphones..... | 39 |
| Figure II 3: Architecture implémenté..... | 43 |
| Figure II 4: Minimum moyen de délai de transmission des paquets par bande passante des sessions.. | 46 |
| Figure II 5: Comparaison entre valeurs obtenus par simulation et valeurs standard..... | 46 |
| Figure II 6: Délai maximum d'enregistrement par nombre des clients..... | 47 |
| Figure II 7: Moyen de délai de transmission de bout en bout par rapport au nombre des paquets..... | 48 |
| Figure II 8: Comparaison entre valeurs obtenus par simulation et valeurs standard..... | 49 |
| Figure II 9: Taille des paquets sur le délai de transmission de bout en bout..... | 49 |
| Figure II 10: Taille des paquets sur gigue..... | 50 |
| Figure II 11: Maximum de la moyenne de délai de transmission sur taille des paquets..... | 50 |
| | |
| Figure III 1: Etude de faisabilité sur les services de distribution de contenu pair à pair basés sur le sous-système multimédia IP (IMS)..... | 54 |
| Figure III 2: Procédure d'établissement communication client tracker..... | 56 |
| Figure III 3: procédure de transmission des médias..... | 57 |
| Figure III 4: Schéma décrivant le problème traité dans ce chapitre..... | 64 |
| Figure III 5: Architecture P2P IMS implémentée..... | 65 |
| Figure III 6: Principe de codage SVC..... | 66 |
| Figure III 7: Adaptation dans le codage vidéo évolutif..... | 66 |
| Figure III 8: Scalabilité Temporelle..... | 67 |
| Figure III 9: Flux binaire avec couches spatiales, temporelles et qualitatives..... | 68 |
| Figure III.10: Combinaisons entre les différentes couches de la séquence vidéo..... | 71 |
| Figure III.11: Schéma du modèle d'adaptation..... | 72 |
| Figure III.12: Algorithme de sélection de la couche SVC appropriée en fonction des performances du client et du type d'accès..... | 76 |
| Figure III 13: Capture d'écran de la sortie NS2 Simulation Nam..... | 82 |
| Figure III 14: PSNR par rapport aux sous-couches..... | 86 |

Liste des Figures

| | |
|--|-----|
| Figure III 15: MOS par rapport au PSNR | 88 |
| Figure III 16: MOS par rapport aux sous couches..... | 88 |
| Figure III 17: VQM par rapport aux sous-couches | 89 |
| Figure III 18: Moyen du Taux de téléchargement en fonction du nombre de nœuds | 92 |
| Figure III 19: Comparaison entre modèle IQA [24] et modèle adaptation..... | 93 |
| Figure III 20: Moyen du Taux de téléchargement par un pair en cas de changement d'adresse et sans changement d'adresse | 94 |
| Figure III 21: Moyen de délai de transmission des paquets vidéo de bout en bout par rapport au nombre de paquets..... | 95 |
| Figure III 22: Gigue par rapport au délai de transmission des paquets vidéo | 95 |
| Figure III 23: Comparaison entre Taux de perte des paquets avec l'utilisation de l'algorithme d'adaptation et sans l'utilisation de l'algorithme | 96 |
| Figure III 24: Comparaison entre le taux de perte des paquets avec l'utilisation du cadre AVIS pour la séquence globale contenant toutes les couches et la séquence du niveau SVC 9..... | 98 |
| Figure III 25 : Comparaison entre le taux de perte des paquets (PLR) avec l'utilisation du framework AVIS pour le streaming de notre séquence du niveau SVC 9 et le streaming de la séquence utilisée par les auteurs de | 99 |
| | |
| Figure IV 1: Architecture P2P Bittorrent IMS implémentée..... | 105 |
| Figure IV 2: Le processus de traitement d'une vidéo par notre architecture | 106 |
| Figure IV 3: Modèle d'adaptation de la qualité à base des chunks | 107 |
| Figure IV 4: Processus de la demande de la vidéo par un pair..... | 109 |
| Figure IV 5: Diagramme décrivant le problème résolu..... | 110 |
| Figure IV 6: Algorithme: sélection de la couche SVC appropriée en fonction des performances du client et du type d'accès et extraction des chunks convenables | 112 |
| Figure IV 7 : Nombre des pairs par rapport à la durée de téléchargement | 115 |
| Figure IV 8: Taille des paquets par rapport à la durée de téléchargement | 116 |
| Figure IV 9: Débit d'upload par rapport à la durée de téléchargement | 118 |
| Figure IV 10: Comparaison entre le protocole Zeta et le protocole Bittorrent..... | 119 |
| | |
| Figure V 1: L'architecture proposée..... | 125 |
| Figure V 2: Le processus de traitement d'une vidéo par notre architecture..... | 127 |
| Figure V 3: Le processus de demande d'une vidéo par un pair | 129 |
| Figure V 4 : Processus de la demande de la vidéo par un pair | 131 |
| Figure V 5: Diagramme décrivant le problème résolu. | 132 |
| Figure V 6: Algorithme: sélection de la couche SVC appropriée en fonction des performances du client et du type d'accès et extraction des chunks convenables | 134 |
| Figure V 7: Nombre des pairs par rapport à la durée de téléchargement | 137 |
| Figure V 8: Taille des paquets par rapport à la durée de téléchargement..... | 138 |
| Figure V 9: Débit d'upload par rapport à la durée de téléchargement | 140 |
| Figure V 10: Comparaison entre le protocole Zeta et le protocole Bittorrent | 141 |

Liste des Tableaux

| | |
|---|-----|
| Tableau II 1: Requêtes SIP..... | 40 |
| Tableau II 2: Réponses SIP | 40 |
| Tableau II 3: Type des paquets SIP..... | 44 |
| Tableau II 4: Bande passante des serveurs du réseau IMS..... | 44 |
| Tableau II 5 : Performances des clients IMS..... | 45 |
| Tableau II 6: Moyenne minimale de délai de transmission des paquets par bande passante des sessions | 45 |
| Tableau II 7: Délai maximum d'enregistrement client IMS..... | 47 |
| | |
| Tableau III 1: Différentes résolutions spatiales..... | 67 |
| Tableau III . 2: Test de séquence..... | 69 |
| Tableau III 3: Paramètres de codage | 69 |
| Tableau III. 4: Configuration des paramètres de la vidéo SVC..... | 70 |
| Tableau III 5: Structure vidéos SVC avec les niveaux de qualités respectives | 70 |
| Tableau III. 6: Présentation de la scalabilité de différentes couches..... | 70 |
| Tableau III.7: Différents niveaux de la qualité..... | 73 |
| Tableau III. 8: Symboles pour le modèle de complexité analytique | 78 |
| Tableau III.9: Echelle de notation pour estimer la qualité des flux vidéo SVC | 81 |
| Tableau III 10: Test des séquences..... | 83 |
| Tableau III 11: Paramètres de codage | 83 |
| Tableau III 12: Configuration des paramètres de la vidéo SVC..... | 84 |
| Tableau III 13: Structure vidéos SVC avec les niveaux de qualités respectives | 85 |
| Tableau III 14: PSNR par rapport aux sous-couches | 86 |
| Tableau III 15: Conversion SVC de couche en MOS possible | 87 |
| Tableau III 16: PSNR par rapport au MOS | 87 |
| Tableau III 17: Paramètres de la simulation..... | 90 |
| Tableau III 18: Paramètres de la simulation – suite - | 91 |
| Tableau III 19: Résultats de la simulation pour différents nœuds..... | 92 |
| Tableau III 20: Comparaison entre modèle IQA [24] et modèle adaptation | 93 |
| Tableau III 21: Le temps estimé pour un pair pour rejoindre le réseau P2P | 94 |
| Tableau III 22:Analyse comparative avec les derniers travaux de recherche | 97 |
| | |
| Tableau IV 1: Paramètres de la simulation..... | 114 |
| Tableau IV 2: Résultat du scénario 1 | 115 |
| Tableau IV 3:Résultat du scénario 2 | 116 |
| Tableau IV 4: Performances des terminaux | 117 |
| Tableau IV 5: Résultats du scénario 3..... | 117 |
| Tableau IV 6: Paramètres de la simulation –Scénario 4- | 118 |
| Tableau IV 7: Evaluation de la transmission des paquets | 119 |
| Tableau IV 8: Evaluation de la tramission des paquets..... | 120 |
| Tableau IV 9 : Nombre des chunks versus Taille de la séquence | 120 |

Liste des Tableaux

| | |
|---|-----|
| Tableau V 1: Paramètres de la simulation..... | 136 |
| Tableau V 2: Résultat du scénario 1..... | 137 |
| Tableau V 3: Résultat du scénario 2..... | 138 |
| Tableau V 4: Performances des terminaux..... | 139 |
| Tableau V 5: Résultats du scénario 3..... | 139 |
| Tableau V 6: Paramètres de la simulation –Scénario 4-..... | 140 |
| Tableau V 7: Evaluation de la transmission des paquets..... | 141 |
| Tableau V 8: Evaluation de la transmission des paquets..... | 142 |
| Tableau V 9 : Nombre des chunks versus Taille de la séquence..... | 142 |

Liste des Expressions mathématiques

| | |
|--|-----|
| Expression mathématique III 1: Adaptation de la bande passante | 77 |
| Expression mathématique III 2: Complexité du décodage d'un flux SVC..... | 78 |
| Expression mathématique III 3: Taux de consommation de la mémoire RAM (Random Access Memory)..... | 79 |
| Expression mathématique III 4: Suite arithmétique de la croissance linéaire..... | 80 |
| Expression mathématique III 5 : Méthode de mise à l'échelle de note d'estimation de la qualité des flux vidéo SVC (MOS par rapport au niveau SVC)..... | 81 |
| | |
| Expression mathématique IV 1: Taux de congestion | 120 |
| | |
| Expression mathématique V 1: Taux de congestion | 141 |

Introduction générale

1. Contexte

Les services multimédias occupent de plus en plus une grande partie du trafic réseau. Ainsi, Cisco, entreprise leader en matière de réseaux informatiques, prévoit que 90% du trafic sur Internet seront des contenus vidéo délivrés par le réseau P2P (Peer To Peer, en français : Pair à Pair) ou à partir de serveurs de streaming. Vu les différentes applications multimédias demandées actuellement par les utilisateurs possédant des terminaux multimédias, on peut constater la présence de plusieurs applications multimédias comme par exemple : Streaming vidéo, Vidéo à la demande, IPTV (Internet Protocole Television), visioconférence, vidéoconférence, téléconférence.

Quand on parle d'un service multimédia, il est primordial de parler de réseau véhiculant les données multimédia. En réalité, il existe une variété de réseaux et de réseaux d'accès utilisant chacun des technologies différentes, et il existe aussi des langages et des protocoles différents. Mais, force est de constater que tous ces types de réseaux ne permettent pas la satisfaction des demandes des utilisateurs en termes de qualité de service attendue en général et en termes de qualité de service multimédia plus précisément, surtout dans le cas des réseaux hétérogènes contenant plusieurs utilisateurs possédant des terminaux différents.

Les réseaux de nouvelles générations NGN (Next Generation Network) sont apparus pour permettre la convergence des réseaux vers un seul réseau tout IP (Internet Protocole), ce qui permet en effet une convergence des services. Ainsi, grâce à de tels réseaux (NGN), la délivrance des services multimédia à tous les utilisateurs est assurée, quel que soit le terminal (téléphone, tablette, PC,...) et quelle que soit la technologie d'accès (Wired, Wifi, mobile,...).

Au centre des réseaux NGN figure le réseau IMS (IP Multimedia Subsystem) qui s'affirme comme l'unique architecture de référence pour la convergence fixe / mobile ayant été à ce jour soumise à normalisation. Il y a lieu de noter à cet égard que, désormais, il est devenu possible de mettre en œuvre un seul protocole de communication et d'utiliser un seul terminal pour bénéficier simultanément de l'usage de trois fonctionnalités, à savoir regarder la télévision, accéder à Internet et se servir de son téléphone. Cette performance est due également à l'introduction dans le réseau IMS de la notion des sessions.

Tout en se distinguant par des avantages certains, comme nous venons de le voir, l'architecture IMS ne manque pas d'inconvénients. Ainsi, en matière d'insuffisances affectant cette architecture, nous noterons l'existence de grands problèmes pour assurer la

délivrance des services multimédia avec une qualité appréciable. C'est qu'il s'agit d'une architecture centralisée Client-Serveur.

Grâce à l'apparition des réseaux Peer to Peer IMS (P2P IMS), la résolution de ces problèmes est devenue possible. Ainsi, en utilisant les propriétés d'auto-organisation du réseau P2P et l'architecture IMS, les réseaux P2P IMS sont devenus plus fiables, évolutifs et moins centralisés. A ces avantages s'associe la participation de ces réseaux à l'amélioration de la qualité de service multimédia.

Cette amélioration qui demeure importante pour les besoins d'évaluation du service ne peut s'obtenir cependant en se concentrant seulement sur le réseau transportant le flux multimédia. A cet égard, il convient de noter également la partie codage vidéo qui a été aussi mise à contribution dans l'amélioration de la qualité de service multimédia.

Parmi les codages les plus récents, il existe le codage H.264 / SVC [38] (Scalable Video Coding) qui combine dans un flux multicouche unique trois types de « scalabilité » (évolutivité), scalabilité spatiale (en relation avec la résolution des terminaux), temporelle (en relation avec le « bitrate », débit binaire) et qualitative (traitant la notion du bruit dans le signal vidéo) [1].

2. Motivation du choix du sujet :

Nous parlerons ci-dessous de notre choix de traiter le sujet d'*Adaptation d'un flux multimédia en temps réel dans un réseau Peer to Peer IMS (P2P IMS)*

Actuellement, il existe une multitude d'applications qui sont classées selon trois formes :

1- L'interactivité : il existe deux types :

- Interactives : radio et TV, vidéo à la demande, e-learning (enseignement à distance).
- Non interactives : vidéo surveillance, téléguidage, vidéoconférence, téléphonie, conférence téléphonique, TV interactive, télémédecine, téléachat, bourse, jeux.

2- La criticité :

- (Très) critiques : guidage et supervision, télé opération chirurgicale...
- (Moyennement) critiques : vidéoconférence, bourse, téléachat
- Non critiques : TV, radio, jeux...

3- Temps réel :

- Streaming de données audio/vidéo préalablement stockées.
- Streaming en temps réel de données audio-vidéo.
- Applications interactives d'audio/vidéo.

Chaque type de ces applications nécessite un débit déterminé et peut être servi à une multitude de types d'équipements. A cet égard, il importe de noter deux situations :

a. Lorsque le contenu multimédia est codé d'une seule manière et lorsque les utilisateurs hétérogènes (Pc, Tablette, téléphone) ne changent pas le réseau d'accès durant l'opération de la réception du flux multimédia, il s'agit d'un flux qui peut être visualisé côté client de trois façons différentes :

- Visualisation d'une façon meilleure si le flux est transmis avec un débit constant ou inférieur à la bande passante des utilisateurs hétérogènes (Pc, Tablette, téléphone) qui ont des performances suffisantes pour la lecture

- Visualisation d'une façon moyenne ou dégradée si le flux a été transmis avec un débit non suffisant ou aussi si le client n'a pas assez de performances pour la lecture.

- Visualisation d'une façon médiocre à laquelle s'ajoute dans certains cas la possibilité de non-lecture de la vidéo si le flux a été transmis avec un débit faible.

b. Par contre, dans la seconde situation, le contenu multimédia est codé d'une seule manière et transmis avec un débit constant à des utilisateurs hétérogènes (Pc, Tablette, téléphone) qui peuvent changer le réseau d'accès durant l'opération de la réception du flux multimédia. A noter que même si que le client a une bande passante et des performances suffisantes, s'il change le réseau d'accès pendant l'opération de la réception de la vidéo, il ne peut pas accomplir l'opération de la lecture.

Pour assurer une bonne visualisation de la vidéo à la réception, et assurer la continuité de service vidéo pour les clients, il faut diagnostiquer le problème et répondre aux questions suivantes :

- Comment garantir la livraison du service vidéo aux clients ?
- Quels sont les problèmes qui influencent la qualité ? (Transmission réseau, codage vidéo, bande passante).
- Qu'est-ce qu'il faut étudier, la partie réseau, la partie codage ou les deux ?

Pour diagnostiquer le problème et répondre à ces questions, il est primordial d'avoir un environnement global (partie réseau assurant la continuité de service, partie codage vidéo et adaptation de la qualité pour atteindre la qualité requise) qui offre les services multimédias et qui garantit la qualité de service nécessaire aux utilisateurs.

Pour atteindre cet objectif, il faut tout d'abord être conscient des problèmes de discontinuité de service au sein des réseaux et des problèmes qui touchent la qualité de service (QOS) pour les services multimédias dans le réseau. De même, il importe d'être conscient de la qualité côté client (Qualité d'expérience) pour un réseau contenant des clients hétérogènes,

puis il faut réfléchir aux outils qui permettent la mise en place de cet environnement. Ainsi, il convient de mener une étude détaillée de ces outils pour ensuite proposer un modèle précis qui puisse garantir la qualité de service maximale aux utilisateurs. Enfin, il importera d'évaluer ce modèle. A cet effet, il faudra procéder aux tests et aux simulations nécessaires qui démontrent que les résultats obtenus répondent bien aux besoins des utilisateurs des réseaux actuels.

Pour aborder le sujet choisi, nous avons choisi de nous intéresser aux points les plus importants que voici :

- **Continuité de service multimédia dans le réseau**

Parmi les avantages du réseau IMS, il y a la convergence des réseaux vers un réseau tout IP assurant une continuité de service pour le cas d'un utilisateur qui change l'accès d'un réseau à un autre.

- **Intégration des Réseaux Peer to Peer à IMS**

La technologie Pair-à-Pair offre un ensemble d'avantages parmi lesquels apparaissent la facilitation et l'accélération des échanges entre plusieurs ordinateurs au sein d'un réseau ainsi que la diminution de la charge au serveur central à travers la répartition de la charge pour une ressource, ce que ne permet pas l'architecture client-serveur sur laquelle est basée la technologie IMS. Aux avantages de la technologie Pair-à-Pair s'associe la croissance sans problème du système.

Afin de bénéficier de ces avantages, une amélioration du réseau IMS a été effectuée pour supporter la distribution du contenu vidéo à base du système Peer to Peer. Cette amélioration est réalisée au niveau architectural tout en respectant certaines exigences techniques telles que maintenir la même procédure de gestion et d'enregistrement des clients, comme le cas des clients IMS, ainsi que fournir à l'utilisateur Peer to Peer les adresses des autres pairs dont il peut récupérer le contenu demandé. En matière des exigences techniques mentionnées, on notera l'intérêt d'identifier les exigences liées à la qualité de service dans le cas de distribution de contenu vidéo dans le réseau Peer to Peer IMS [2].

- **Codage de la vidéo**

Il existe dans la littérature deux types de codeurs vidéo, sans scalabilité et avec scalabilité.

- **Codeurs sans scalabilité** : la séquence vidéo entière peut être décomposée en unités plus petites, qui sont ensuite codées ensemble. [3]
- **Codeurs avec scalabilité** : Dans le codage vidéo évolutif ou en couches, la vidéo est codée hiérarchiquement en une couche de base et une ou plusieurs couches

d'amélioration. Le décodage de la couche de base offre une qualité vidéo faible mais standard. Tout en décodant la couche de base avec des couches d'amélioration, ce type de décodage améliore encore la qualité vidéo. Il est à noter à cet égard qu'il existe différentes formes d'évolutivité, y compris l'évolutivité temporelle, spatiale et SNR.

Les codeurs avec scalabilité attirent l'attention avec leur évolutivité et permettent de donner une solution à l'hétérogénéité des clients dans le réseau, en offrant la possibilité aux chercheurs de la mise en place des modèles d'adaptation de la qualité vidéo en respectant les préférences des utilisateurs.

- **Modèle d'adaptation de la qualité.**

Les problèmes principaux qui apparaissent pour la diffusion multimédia (streaming video) dans un contexte IMS Peer to Peer sont la discontinuité de service ainsi que des valeurs insuffisantes affectant la qualité de service (délai, la gigue) de même que la qualité de l'expérience

Pour remédier à la discontinuité de service, le réseau IMS propose le changement de la technologie d'accès (handover vertical) ou le changement du terminal, et ce sans qu'il y ait de perturbation de service. Il est ainsi clair que la mise en œuvre de la technologie IMS permet de résoudre le problème de la discontinuité de service..

En matière de Streamig Video à base de codage SVC, la vidéo peut être diffusée à différents débits en fonction du nombre des sous-flux inclus dans la vidéo. Cette caractéristique est à la base de nombreux modèles d'adaptation de la qualité, modèles qui modifient leurs paramètres de streaming suivant les conditions du réseau.[4]. Grâce à ces modèles, des valeurs plutôt acceptables de la qualité de service et de la qualité de l'expérience sont assurées.

- **Qualité de la vidéo à la réception**

Pour évaluer la vidéo côté récepteur, il est essentiel de faire une étude analytique des métriques portant sur un influx vidéo. Il s'agit en particulier des métriques de QoS (Quality of Service) et des métriques tant objectives que subjectives de la QoE (Quality of Experience). Au passage, il a ya lieu de noter que ces métriques sont importantes pour le cas des réseaux Peer to Peer.

- ***Qualité de service***

La qualité de service (QDS) (ou quality of service (QoS)) consiste en la capacité à véhiculer dans des conditions satisfaisantes un type de trafic déterminé, en termes de disponibilité, débit, délais de transmission, gigue, taux de perte de paquets...

- *Qualité d'expérience*

La Qualité d'Expérience renvoie à la Qualité d'Expérience utilisateur. A cet égard, il importe de différencier ce que représente la Qualité d'expérience pour un utilisateur par opposition à la façon dont on la mesure réellement. En effet, la QoE représente l'ensemble des caractéristiques objectives et subjectives propres à satisfaire, fidéliser ou donner confiance à un utilisateur au travers du cycle de vie d'un service. A l'opposé, la mesure de la QoE se fait par une évaluation subjective d'une personne ou d'une population cohérente d'utilisateurs sur un service dont elles ont l'usage.

3. Objectifs de la thèse

Pour répondre aux problématiques soulevées dans les paragraphes ci-dessus, ce travail a traité les concepts des architectures réseaux ainsi que leurs principaux composants (protocoles,...) de même qu'il a abordé les concepts des systèmes Peer to Peer de streaming vidéo. L'objectif de cette thèse est de contribuer à l'adaptation du flux multimédia en temps réel dans un réseau Peer to Peer IMS. Cette adaptation a été mise en place dans plusieurs architectures réseaux (réseau IMS, réseau Peer to Peer IMS, réseau Peer to Peer Bittorent IMS, réseau Peer to Peer IMS suivant la technologie 5G, Cinquième Génération).

Les principales contributions se présentent comme suit :

La première contribution est liée à l'étude de la signalisation dans le réseau IMS à travers la mise en place d'un Framework permettant l'étude de la partie signalisation dans le réseau IMS, et ce en nous intéressant à tous les points en relation avec les sessions multimédias dans ce réseau afin de garantir la qualité de services pour nos architectures proposées dans cette thèse. La mise en place du cadre de travail mentionné est effectuée à travers l'intégration du module SIP (Session Initiation Protocol) [13] au simulateur NS2 (Network Simulator 2) [15] de même qu'à travers le développement d'un code TCL (Tool Command Language) [63] qui permet de simuler les différentes demandes et réponses qui traversent les serveurs du réseau IMS (P-CSCF (Proxy-Call Session Control Function) , I-CSCF (Interrogating-Call Session Control Function), S-CSCF(Serving-Call Session Control Function)). Ces différents serveurs sont créés au niveau du simulateur NS2 comme des proxys SIP.

La deuxième contribution consiste en l'adaptation de la qualité des vidéos codés en SVC pour des pairs hétérogènes en tenant en compte de leurs performances (matérielle et réseau) dans un réseau IMS P2P. La contrainte d'hétérogénéité des pairs s'effectue en gérant leurs performances (CPU (Central Processing Unit), RAM , (Random Access Memory), Bande

passante, autonomie de la batterie) de même qu'en gérant le changement de leurs types d'accès d'un réseau à un autre. Cette gestion de contraintes s'effectue à travers la proposition d'une architecture réseau et d'un modèle qui permet l'adaptation de la qualité de la vidéo et qui assure la continuité de service dans un réseau IMS Peer to Peer à base du codage multicouches et évolutif (SVC). La mise en valeur du modèle d'adaptation de la qualité des vidéos nous permet de montrer que les valeurs de qualité de service et de qualité d'expérience obtenues sont satisfaisantes.

Le travail lié à notre deuxième contribution sera effectué en utilisant une architecture dans un réseau IMS compatible Peer to Peer, en procédant à l'adaptation de la qualité avec le codage SVC de même qu'en créant une version étendue d'un modèle complexe d'adaptation de la qualité pour le streaming Peer-to-Peer de codage vidéo évolutif (SVC). Ce modèle se base sur les performances des utilisateurs (CPU, RAM, bande passante, autonomie de la batterie). Il s'agit d'une extension qui consiste à gérer le changement du réseau d'accès pour un pair d'un réseau à un autre en ce modèle ajoutant un autre paramètre matérialisé par l'adresse IP du pair, et ce pour gérer le changement de l'adresse IP du pair intervenu en raison d'un transfert ou d'une perte de connectivité. Cette extension permet une continuité de service dans le réseau en garantissant que la liste des pairs est mise à jour après chaque changement d'adresse d'un pair. La release 7 du réseau IMS permet au réseau IMS de prendre en charge les UE (User Equipment) avec plusieurs accès et rend plus facile le transfert de session IMS entre les réseaux d'accès [2]. Ce modèle est mis en œuvre dans un environnement hétérogène des équipements afin d'éviter de longues durées de démarrage de la vidéo d'une manière selon laquelle chaque client ne reçoit que le flux compatible avec ses performances.

Nous avons quantifié les performances de streaming en utilisant deux métriques d'évaluation, une métrique objective (Mean Opinion Score, MOS) et une métrique subjective (Peak Signal to Noise Ratio, PSNR) de même qu'en mettant à contribution la métrique de mesures de la qualité de la vidéo (Video Quality Measurement, VQM). En outre, nous avons extrait des valeurs de taux de perte de paquets (Packet Loss Rate, PLR,) et les métriques réseaux qui sont en relation avec la qualité de service (le délai de transmission des paquets vidéo de bout en bout et la gigue par rapport au délai de transmission des paquets vidéo). Et pour procéder à une comparaison des résultats obtenus concernant le changement du type d'accès au réseau pour un pair, nous avons mis en place deux scénarios de simulation, l'un comportant plusieurs pairs connectés au réseau jusqu'à la fin du téléchargement de la vidéo

par les pairs, l'autre (scénario) admettant un changement d'adresse d'un pair pendant l'opération de téléchargement de la séquence vidéo par les pairs.

Notre troisième contribution a trait à l'adaptation de la qualité de la vidéo SVC dans un environnement contenant une large population d'utilisateurs hétérogènes ayant des performances différentes, utilisateurs qui téléchargent des fichiers volumineux et qui sont susceptibles de changer leurs accès réseau d'un type d'accès à un autre. Cette contribution se base essentiellement sur l'intégration de la gestion des chunks (morceaux) à notre architecture et à notre modèle d'adaptation de la qualité, lesquels ont été présentés dans la deuxième contribution afin de porter au plus haut niveau possible l'amélioration des valeurs de la qualité de service dans une architecture combinant le réseau IMS, le réseau pair à pair géré par le protocole Bittorrent [53] et comportant des vidéos à base du codage SVC. Les résultats obtenus montrent une nette amélioration de la qualité par rapport à la contribution précédente, en l'occurrence la deuxième.

La mise en place de la troisième contribution a été effectuée en utilisant une architecture réseau contenant une large population de pairs hétérogènes qui téléchargent des vidéos SVC adaptatives. Cette architecture réseau associe le réseau P2P Bittorrent au réseau IMS en exploitant les avantages du codage multicouches qui délivre des flux SVC selon des débits différents et en mettant en valeur la technique de sélection des chunks utilisée par le protocole Bittorrent vu que ce protocole utilise un processus évolutif de distribution de contenu et vu qu'il est conçu pour distribuer des fichiers volumineux. Cela se fait en utilisant la bande passante de téléchargement de tous les nœuds (appelés pairs) téléchargeant le fichier. Pour gérer la contrainte d'hétérogénéité des pairs et le changement du type d'accès des pairs, nous intégrons la gestion des chunks au modèle étendu d'adaptation de la qualité, modèle déjà présenté dans la deuxième contribution, ce qui permet de gérer les performances des pairs et leur accès au réseau en garantissant un niveau appréciable de QoS. Il est à noter que nous avons effectué plusieurs scénarios de simulation avec le protocole Bittorrent pour l'évaluation de notre modèle d'adaptation et que nous avons extrait les paramètres suivants : Start Time (Temps de démarrage de la simulation), First Chunk Time (Temps de la réception du premier chunk), Last Chunk Time (Temps de la réception du dernier chunk), Stop Time (Temps de fin de la simulation), Download Duration (Durée de téléchargement). Ces paramètres permettent l'évaluation de notre modèle, et nous avons établi une comparaison entre le protocole P2P Bittorrent et le protocole P2P Zeta [47], sachant que Bittorrent fonctionne en mode TCP (Transmission Control Protocol) et que le protocole Zeta fonctionne en mode UDP (User Datagram Protocol).

Enfin, notre quatrième contribution, la dernière, a consisté en l'utilisation d'une adaptation de la qualité de streaming vidéo dans le cadre d'une architecture basée sur la technologie 5G, et ce pour garantir en même temps les résultats suivants : répartir la charge entre les éléments de l'architecture P2P IMS, réduire le temps de réponse pour les procédures (temps d'authentification utilisateur et temps requis pour qu'un pair puisse rejoindre le réseau) et réduire la durée de téléchargement des chunks (diminuer la latence dans le réseau).

Ce processus d'adaptation de la qualité de diffusion vidéo a été effectué à travers l'intégration du module GreenCloud [62] au simulateur NS2 [15] de même qu'à travers le développement d'un code TCL [63] (Tool Command Language) qui permet de simuler les différentes demandes, réponses et requêtes qui traversent le réseau IMS Peer to Peer. Les serveurs mis en œuvre dans l'architecture proposée sont des serveurs virtuels (virtual P-CSCF, virtual I-CSCF, virtual S-CSCF) ayant pour rôle d'évaluer notre architecture dans la technologie 5G.

4. Organisation de la thèse

Ce rapport est composé de cinq chapitres.

Chapitre 1 : Dans ce chapitre, nous présenterons en premier lieu une introduction générale à l'architecture globale du réseau IMS (Internet Multimedia Subsystem) en abordant ses composants et les protocoles de communication qu'ils utilisent de même qu'en considérant de façon initiale le protocole SIP (Session Initiation Protocol), lequel est responsable de la signalisation au sein du réseau IMS. Ensuite, viendront successivement une introduction aux réseaux Peer to Peer IMS et une présentation de la norme du codage SVC (Scalable Video Coding).

Chapitre 2 : Ce chapitre a pour but de présenter une étude de la performance du protocole SIP qui assure la signalisation dans le réseau IMS. Ainsi, interviendra une brève présentation de la qualité de service. L'intérêt portera ensuite sur la mise en place de l'architecture réseau ainsi que sur la simulation lui correspondant qui s'effectue à l'aide d'un simulateur pour tirer les résultats à mettre à contribution dans l'évaluation de la performance du protocole. SIP.

Chapitre 3 : Ce chapitre est consacré à la mise en évidence de la connectivité transparente pour l'approvisionnement multimédia adaptatif sur un réseau IP Multimedia Subsystem compatible Peer to Peer (P2P). Ainsi, se succéderont une introduction au streaming vidéo considéré dans le cadre du réseau P2P IMS et la présentation d'une mise en place d'une

architecture réseau et d'un modèle d'adaptation permettant d'adapter la qualité de la vidéo suivant les performances des clients possédant des équipements hétérogènes.

Chapitre 4 : Ce chapitre traitera de la réalisation d'une adaptation de la qualité pour le streaming vidéo, et ce dans le cadre d'un réseau P2P IMS Bittorrent, lequel est capable gérer des milliers d'utilisateurs. Ainsi, seront établies une introduction au protocole Bittorrent et aux des métriques mises à contribution dans l'évaluation. Ensuite, il sera question de la mise en place d'une architecture réseau de même que de l'élaboration d'un modèle d'adaptation destiné à assurer l'adaptation de la qualité de la vidéo à base de la gestion des chunks.

Chapitre 5 : Ayant pour but la réalisation d'une adaptation de la qualité pour le streaming vidéo dans une architecture P2P IMS à base de la technologie 5G, ce chapitre verra l'élaboration d'une introduction portant sur l'architecture IMS dans le cadre de la technologie 5G de même qu'une présentation des métriques outillant l'évaluation. L'intérêt portera par la suite sur une architecture réseau à mettre en place en vue de garantir en même temps trois performances, en l'occurrence procéder à une répartition de la charge entre les éléments de l'architecture P2P IMS, réduire le temps de réponse pour les procédures (temps d'authentification utilisateur, temps nécessaire pour qu'un pair puisse rejoindre le réseau). Enfin, il sera question d'élaborer un modèle d'adaptation conçu pour garantir l'adaptation de la qualité de la vidéo à base de la gestion des chunks pour réduire la latence dans le réseau.

Chapitre 1 : Etat de l'art

I.1 Introduction

Premièrement, nous allons présenter la technologie IMS (Internet Multimedia Subsystem), et ce à travers ses différents composants, son architecture et les différents services qui l'offrent. De même, nous établirons une présentation détaillée du protocole SIP (Session Initiation Protocol), lequel protocole garantit la signalisation dans le réseau IMS.

En deuxième lieu, nous allons aborder le sujet de l'intégration du réseau Peer to Peer dans le réseau IMS.

Troisièmement, nous présenterons la norme de codage SVC (Scalable video coding) en présentant chaque type d'évolutivité individuellement et en décrivant leurs caractéristiques.

I.2 Internet Multimedia Subsystem (IMS)

Le réseau mobile a été développé en plusieurs étapes progressives :

- **1^{er} génération** : Donne aux utilisateurs des services basiques avec un prix cher et les communications téléphoniques ont des difficultés à être utilisés.
- **2^{ème} génération** : Donne à l'utilisateur non seulement la voix, mais aussi d'autres services alternatifs.
- **3^{ème} génération** : Les utilisateurs ont l'opportunité d'exploiter une large bande passante, une variété des services vocaux, et le prix des communications téléphoniques ont devenu accessible à la moyenne des personnes qui peuvent facilement les prendre.
- **La téléphonie sur IP** : les utilisateurs peuvent exploiter les services riches de communication téléphoniques.
- **La technologie IMS** : C'est la coexistence du réseau mobile et fixe.

I.2.1 Offre de la technologie IMS :

- IMS délivre des services multimédia IP aux utilisateurs des téléphones mobiles.
- Laisser les services de l'internet accessible n'importe où.
- Les utilisateurs d'IMS peuvent exploiter les services d'internet pendant la période de roaming.
- Rester en ligne avec les collègues pour la vidéo-conférence.

La technologie IMS est standardisée par 3GPP, il supporte le contrôle de session, et la sécurité. L'abonné IMS a le droit de mixer et utiliser une variété de services (voix, vidéo, data).

La technologie IMS est définie comme la clé de la convergence vers le tout IP des réseaux et services télécoms. Elle doit permettre aux opérateurs de proposer, sur téléphones mobiles, des services fonctionnant sur IP. IMS est une architecture de service standardisée définie par le 3GPP, l'ETSI et l'IETF basée sur le protocole SIP d'initialisation de sessions multimédias, utilisé pour la visioconférence ou la voix sur IP. L'IMS est adapté aussi bien aux réseaux filaires qu'aux réseaux mobiles. Cela favorisera donc la convergence fixe / mobile. Il permettra également l'interfonctionnement avec le réseau RTC. L'IMS est la seule architecture de référence pour la convergence fixe / mobile actuellement normalisée. Avec la technologie IMS, un seul terminal serait en mesure d'être utilisé pour accéder à internet, regarder la télévision et en même temps servir de téléphone en utilisant un seul protocole de communication. Tous les équipements de communication seront en mesure de traiter l'information qu'ils transmettent en utilisant un langage et un protocole uniformisé.

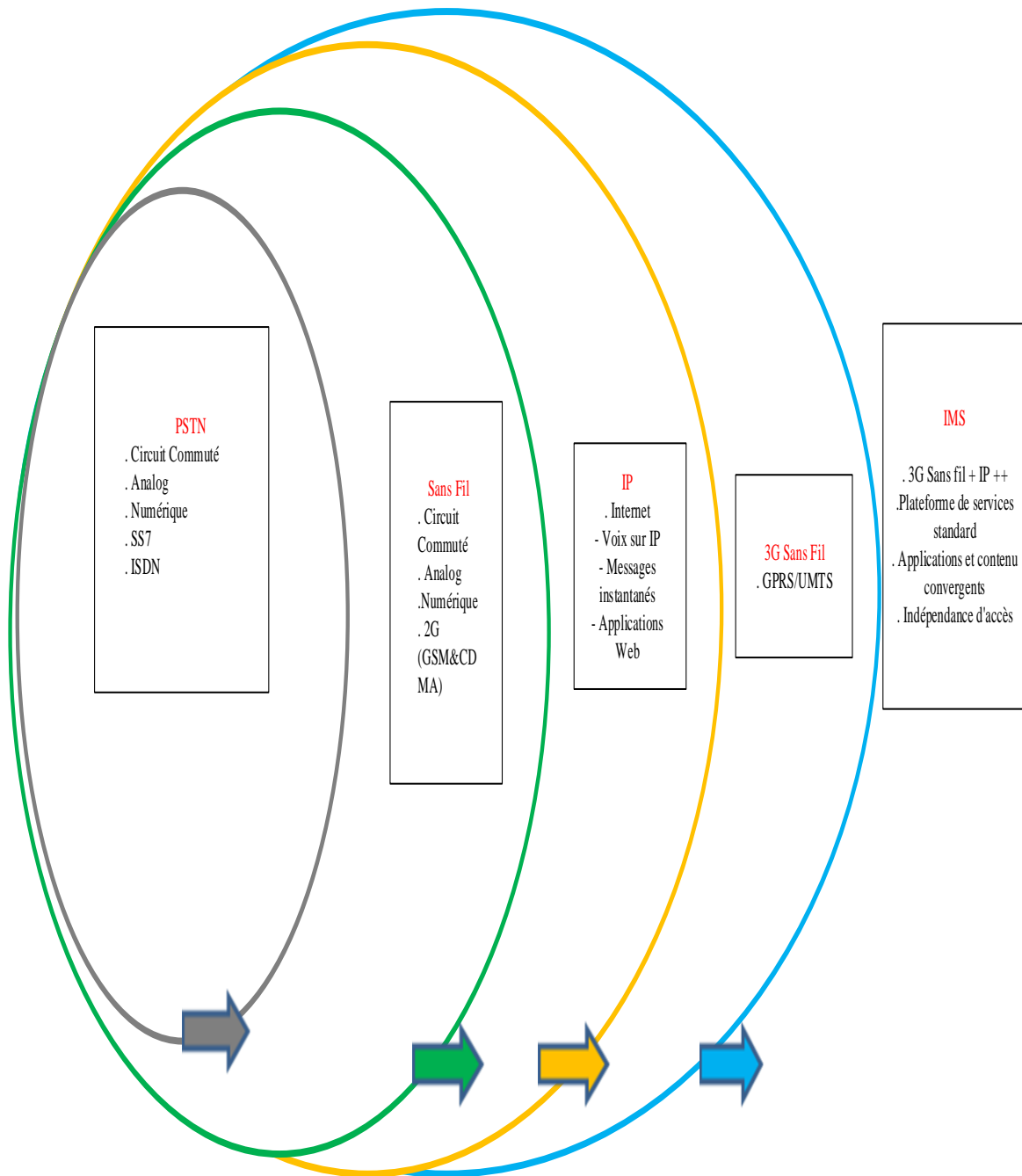


Figure I 1: Evolution des technologies télécoms

I.2.2 Architecture IMS :

L'IMS est une architecture centralisée divisée en plusieurs couches. Avant de pouvoir accéder aux plateforme de services, l'utilisateur doit s'authentifier auprès de l'opérateur. Pour cela le HSS (Home Subscriber Server) assure les fonctions d'authentification, de localisation, de proxy SIP [6]... Le CSCF (Call Session Control Function) contrôle l'ouverture des sessions SIP et l'établissement des appels. On y trouve aussi les MGW (Media Gateway) et les MGCF (Media Gateway Control Function) qui vont permettre de s'interconnecter avec des réseaux

RTC ainsi que le MRFC (Multimedia Resource Function Controller) qui contrôle les ressources utilisées par le client.

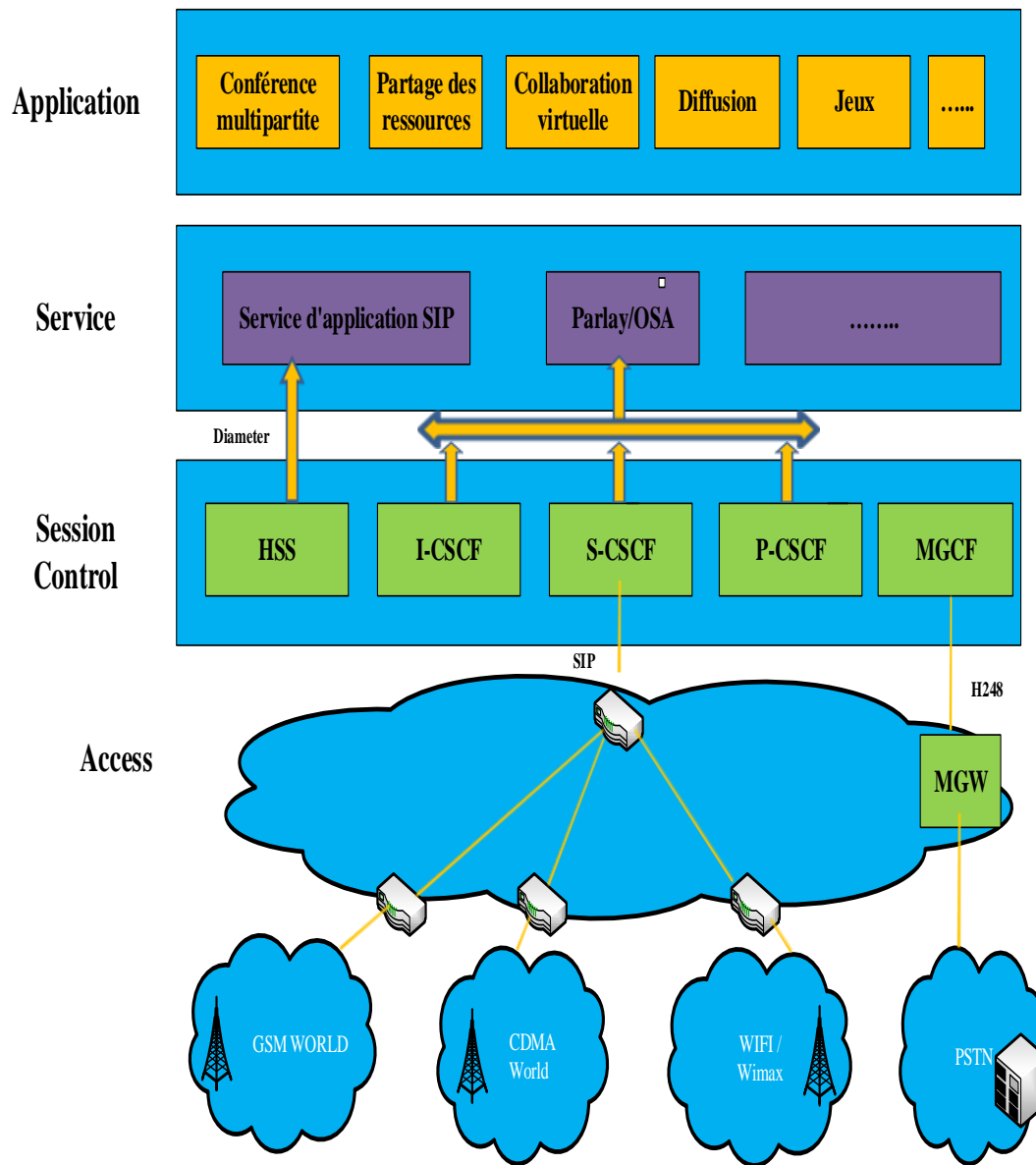


Figure I 2: Couches de l'architecture IMS

Comme on peut le voir sur le schéma ci-dessus, l'architecture IMS est découpée en quatre couches fonctionnelles.

- La couche "Access" permet l'interopérabilité entre les différents médias d'accès et l'architecture IMS.
- La couche "Session Control" gère toutes les sessions SIP établies à travers l'architecture IMS. Elle contrôle en particulier, l'ouverture des sessions SIP et l'établissement des appels.

- La couche "Service" met à disposition, pour la couche application, un ensemble d'API implémentant le protocole SIP.
- La couche "Application" fournit l'ensemble des applications disponibles dans une architecture IMS telle que la présence, la visio-conférence, etc.

I.2.2.1 Couche 'Access' :

La couche "Access" est la partie qui va gérer toutes les interconnexions entre la plateforme IMS et les différents médias d'accès aux réseaux. Nous aurons donc dans cette couche une multitude de Gateway. Dans le cadre rouge [7], l'ensemble des entités dédiées à la gestion de l'accès à la plateforme IMS.

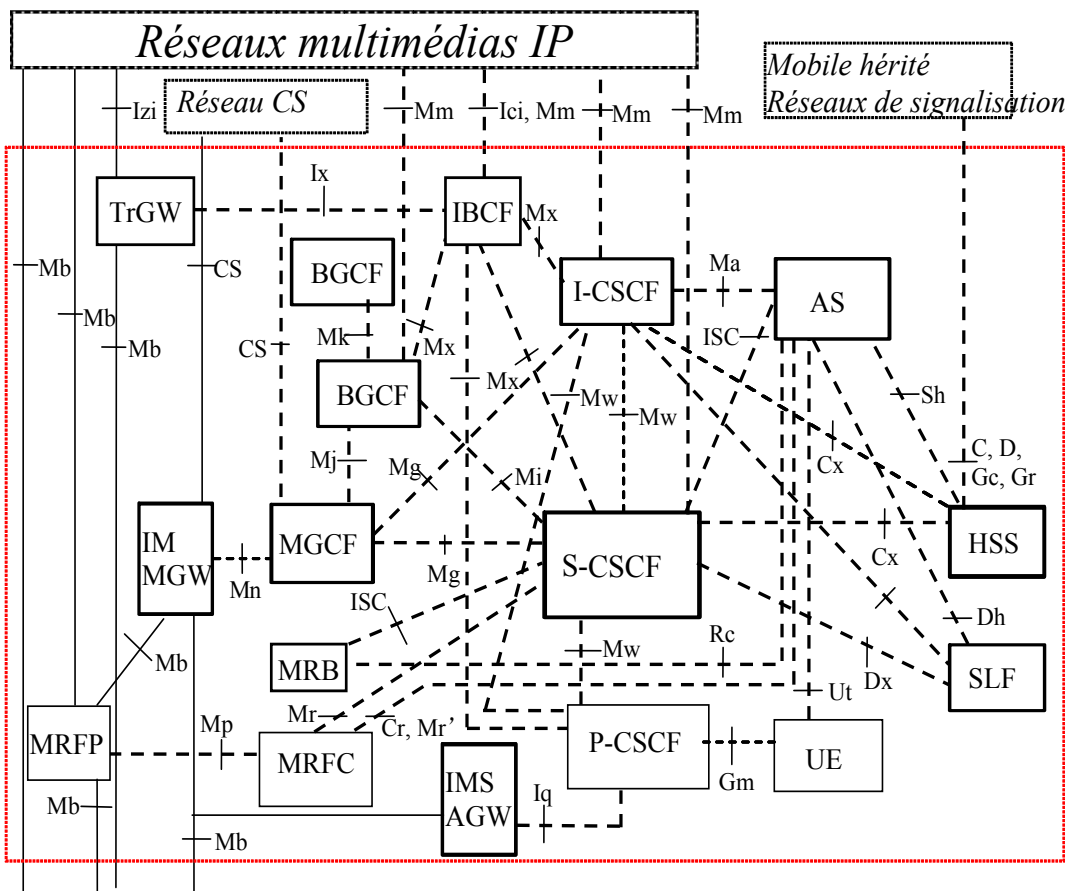


Figure I 3: Architecture globale de l'IMS

Les principales composantes du schéma ci-dessus sont :

- **SLF** (fonction de localisation de l'abonné) est une entité au sein d'un sous-système multimédia IP qui fournit des informations sur le serveur d'abonné résidentiel (HSS) qui est associée à un profil d'utilisateur particulier.
- **BGCF** est un proxy SIP qui traite les demandes de routage à partir d'un S-CSCF. Il inclut aussi des fonctionnalités de routage basé sur des numéros de téléphone.

- **MGCF** est un paramètre SIP qui contrôle les ressources d'une passerelle média (MGW) à travers une interface H.248.
- **SGW** est une interface de signalisation avec le plan de signalisation de la CS. Il transforme les protocoles de couche inférieure comme Stream Control Transmission Protocol (SCTP) pour passer utilisateur du RNIS de la MGCF au réseau CS.
- **NASS** (Network Attachment Sub-System) également chargée d'attribuer certains paramètres (e.g.adresse IP) aux terminaux utilisateur lors de leur attachement au réseau.
- **S-PDF** (Serving Policy DecisionFunction) effectue des décisions de politique. Elle reçoit des requêtes depuis une fonction application et envoie des demandes de ressources à la seconde sous fonction, elle se base sur le profil de l'utilisateur pour prendre ses décisions politiques.
- **A-RACF** elle se situe dans le réseau d'accès. Elle prend des décisions de contrôle d'admission aux ressources du réseau d'accès et communique ces décisions à la S-PDF.
- **DSLAM** (Digital Subscriber Line Access Multiplexor) est une machine qui se trouve au niveau des centraux téléphoniques. Elle rassemble le trafic d'un grand nombre de lignes ADSL pour l'envoyer vers le réseau de l'opérateur internet et inversement.
- **PDF** Il s'agit de la fonction de décision de politiques, qui met en œuvre la politique locale sur l'utilisation des ressources.
- **BAS** (Broadband Access Server) est un équipement réseau (typiquement un routeur), qui assure l'interconnexion entre les DSLAM d'un réseau xDSL et le réseau d'un Fournisseur d'accès à Internet (FAI).
- **WAG** (WLAN Access Gateway) assure le filtrage, la politique et la charge des fonctionnalités pour le trafic entre le WLAN équipement utilisateur et le 3GPP réseau.
- **PDG** (Packet Data Gateway) Authentifie l'abonné et les autorités de l'abonné, Fournit tunnel IPsec, et protège le trafic des utilisateurs, Alloue un IP et effectue la facturation des services.
- **RAN** (Radio Access Network) est la partie radio d'un système de télécommunication mobile. Il met en œuvre une technologie d'accès radio.
- **SGSN** (Servir noeud de support GPRS) est responsable de la livraison de paquets de données depuis et vers les stations mobiles à l'intérieur de sa zone de desserte géographique.
- **GGSN** (Gateway GPRS Support Node) est une passerelle d'interconnexion entre le réseau paquet mobile (GPRS ou UMTS) et les réseaux IP externes.
- **PEF** (Policy Enforcement Function) a la capacité de maintien de flux de paquets dans le réseau IP.
- **MRF** (fonction de ressources multimédias) fournit les médias fonctions connexes telles que la manipulation des médias et la lecture de tonalités et annonces.
- **MRFC** une partie du contrôleur MRF.
- **IMS-MGW** (IMS Media Gateway) peut mettre fin à des voies supports à partir d'un réseau à commutation de circuits et les flux de média à partir d'un réseau de paquets.

- **ALG** (passerelle de niveau application) se compose d'un élément de sécurité qui augmente un pare-feu ou NAT utilisé dans un réseau informatique . Ce composant doit toujours être en marche.

I.2.2.2 Couche "Session Control"

a. Composants IMS :

➤ Système CSCF:

Le système général de l'architecture IMS est la fonction de contrôle de la session téléphonique, il est appelé CSCF permet :

- Contrôle de qualité de service.
- Session de contrôle des services : comme le routage, roaming, l'enregistrement et l'inscription.
- L'authentification des services.

Ainsi, le système CSCF est divisé en trois sous-systèmes Proxy-CSCF, Interrogating-CSCF, Servicing-CSCF. Chaque'une de ses trois fonctions de contrôle à des différents rôles dans le cœur IMS.

Le contrôle d'appel initié par un terminal IMS doit être pris en charge dans le réseau nominal (réseau auquel l'utilisateur a souscrit à ses services IMS) car l'utilisateur correspondant peut souscrire à un grand nombre de services et certains d'entre eux peuvent ne pas être disponibles ou peuvent fonctionner différemment dans un réseau visité, notamment suite à des problèmes d'interaction de service. Cela a induit la définition de trois entités CSCF : P-CSCF (Proxy CSCF), I-CSCF (Interrogating CSCF) et S-CSCF (Serving-CSCF).

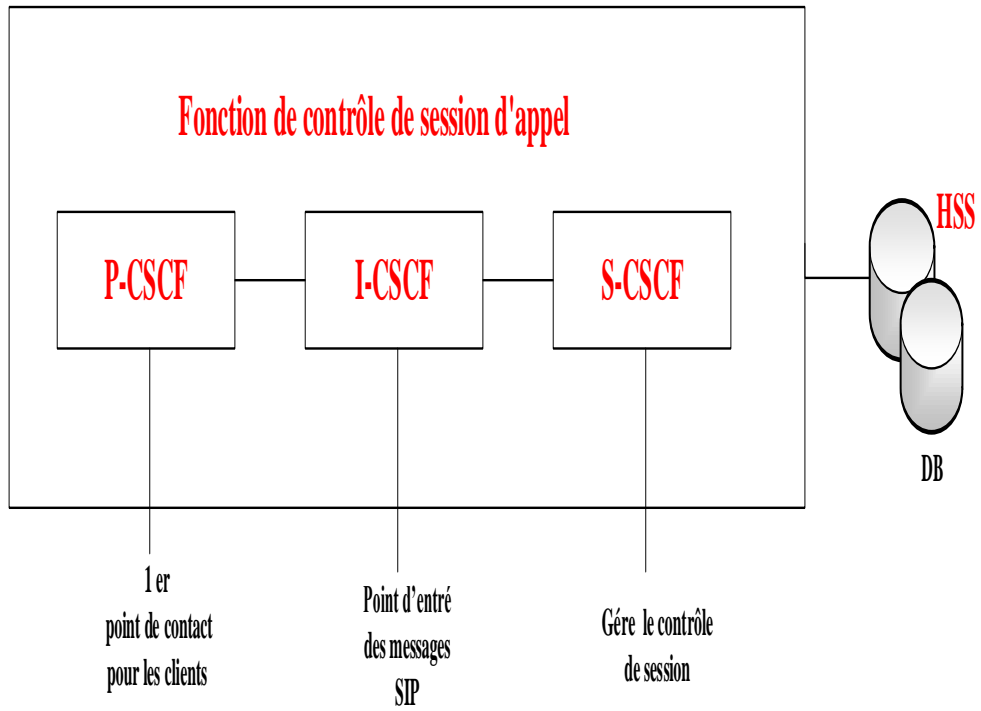


Figure I 4: Présentation du système CSCF

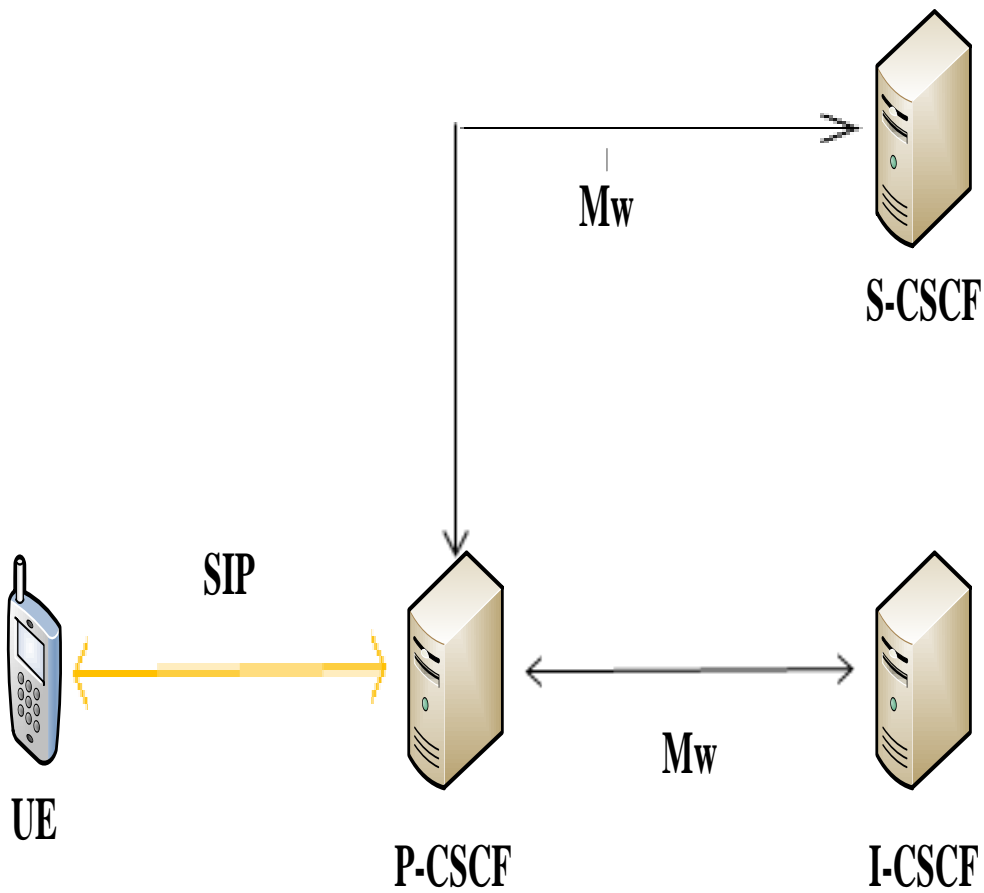


Figure I 5: Architecture IMS

Serveur P-CSCF :

- Le serveur P-CSCF est le premier point de contact pour l'équipement de l'utilisateur IMS et le réseau IMS.
- Le serveur P-CSCF fait traverser les demandes-réponses de signalisations SIP entre l'abonné et le réseau.
- Le serveur P-CSCF permet l'authentification des utilisateurs. Quand l'utilisateur est authentifié, le serveur P-CSCF informe les autres composants du réseau de l'identité d'utilisateur, alors l'activité de la prochaine authentification sera réduite.
- Le serveur P-CSCF inclut d'autres fonctions : la détection de la session d'urgence, la recharge de l'interface connue par le nom PCRF (Policy and charging Rules Function) and IP security association (IPsec).

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

- L'acheminement de la méthode SIP REGISTER émise par le terminal à l'entité I-CSCF à partir du nom du domaine nominal.
- L'acheminement des méthodes SIP émises par le terminal au S-CSCF dont le nom a été obtenu dans la réponse à la procédure d'enregistrement.
- Le routage des méthodes SIP ou réponses SIP au terminal.
- La génération de CDRs (Call Detailed Record).
- La compression / décompression des messages SIP.

Serveur I-CSCF :

- Le serveur I-CSCF est responsable de retrouver le chemin dans le réseau. Il route les demandes de signalisations SIP vers les destinations nécessaires, et il est le premier point de communication avec les autres réseaux.
- Le serveur I-CSCF, attrape la signalisation SIP pour les demandes non-autorisées, ce qui permet de protéger le serveur HSS et le serveur S-CSCF.
- Le serveur I-CSCF détermine la localisation des demandes qui seront dirigés vers les composants du réseau comme l'information de l'identité qui vient des autres opérateurs.
- Le serveur I-CSCF est utilisé pour le routage entre les autres réseaux, protéger le réseau contre les accès non autorisés, donc il est considéré comme le pare-feu du réseau IMS.

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

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

Serveur S-CSCF :

- Le serveur S-CSCF est comme un serveur SIP qui permet le contrôle de session. Son rôle est faire l'inspection de session.
- Le serveur S-CSCF est utilisé pour gérer tous les aspects des services de l'utilisateur de la session IMS. Il contrôle l'état de l'enregistrement de l'abonné aux applications.
- Le serveur S-CSCF effectue le routage des services SIP. Il contrôle les messages SIP, dans le but d'identifier qu'elle service sera utilisé avant d'atteindre la destination finale spécifié.
- Le serveur S-CSCF cherche dans le serveur HSS, des informations sur chaque profil utilisateur.

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

- L'émulation de la fonction Registrar puisqu'il accepte les méthodes SIP d'enregistrement et met à jour le HSS.
- L'émulation de la fonction Proxy server puisqu'il accepte les méthodes SIP et les achemine.
- L'émulation de la fonction User Agent puisqu'il peut terminer des méthodes SIP par exemple lorsqu'il exécute des services complémentaires.
- L'interaction avec des serveurs d'application après avoir analysé les critères de déclenchement des services correspondants.
- La génération de CDRs.

Serveur HSS :

- Le serveur HSS est une base de donnée à l'intérieure du réseau IMS, il est utilisé pour stocker les profils des abonnées. Chaque profil est consisté sur les informations sensibles de l'utilisateur comme les clés de cryptographie et les services que l'utilisateur peut y accéder.

- Possibilité d'utilisation de plusieurs bases de données HSS. Dans ce cas, le réseau utilise, dans un premier temps Subscription Location Function (SLF), qui peut gérer la requête pour le serveur HSS.

Le HSS intègre plusieurs fonctions, dont certaines existent déjà dans les fonctions du Home Location Register (HLR) des réseaux mobiles :

- Base de données des profils d'abonnés.
- Autorisations d'abonnement au service.
- Les paramètres de préférence des abonnés.
- Serveur d'authentification des mobiles.
- Home Location Register (HLR) pour le "roaming".
- Fonction indiquant la présence d'un abonné.
- Fonction de localisation d'un abonné.

I.2.2.3 Couche "Services & Applications" :

Cette partie de l'architecture contient un certain nombre de types de serveurs d'application. Ce sont tous les entités SIP comme prévu dans l'architecture IMS. Ces serveurs hébergent et exécutent des services et peuvent fonctionner dans un certain nombre de modes SIP à savoir, SIP UA (User Agent), une fonction de fin de session, SIP B2BUA (Back-to-Back User Agent) qui agit comme un serveur proxy SIP.

Un serveur d'application héberge et exécute les services et peut fonctionner dans un certain nombre de Modes classiques de SIP. Les serveurs d'applications sont attachés à la S-CSCF ce qui leurs permet d'influencer sur le déroulement de la session SIP à la demande du service.

Dans ces couches, on retrouvera des services comme :

- La présence,
- La messagerie instantanée,
- La vidéoconférence,
- La messagerie Unifiée,
- etc.

On peut voir si dessous, l'interaction entre les serveurs d'applications et la partie "Session Control".

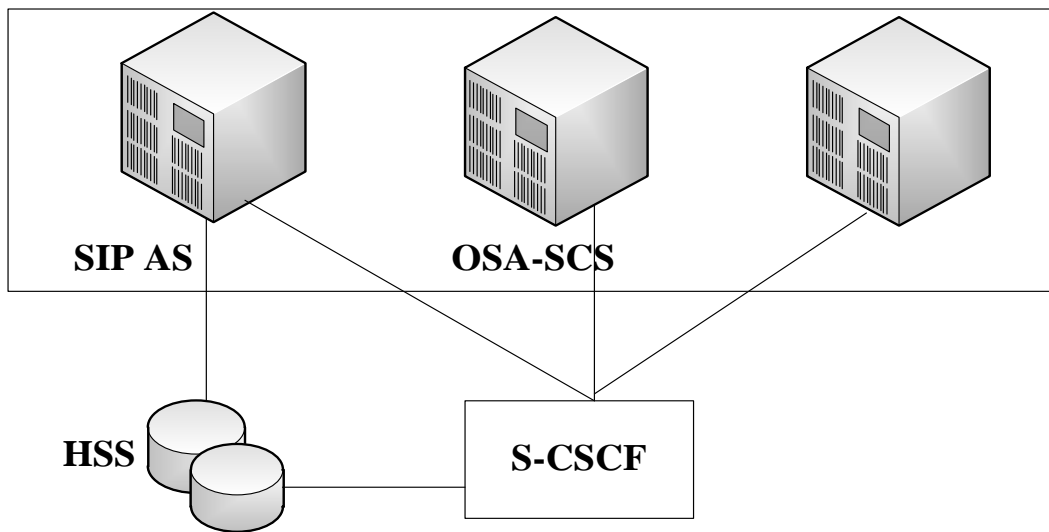


Figure I 6: Interaction entre serveurs d'application et Session control.

Serveur d'application :

Le serveur d'application communique basiquement en utilisant la signalisation SIP avec le serveur S-CSCF, ou en utilisant DIAMETER (Le protocole DIAMETER successeur du protocole RADIUS est un protocole AAA (Authentication, Authorization, Accounting). Il permet aux opérateurs d'authentifier des utilisateurs, de leur autoriser certains services et de collecter des informations sur l'utilisation des ressources). Le serveur d'application exécute les services et gère les applications comme le serveur de présence et la prestation des services, exemple des serveurs d'applications : serveur de streaming vidéo et serveurs à la demande (VoD) ou du direct (IPTV).

I.2.3 Protocole SIP :

Le protocole de signalisation multimédia de base de l'IMS standardisé par l'IETF, il offre à l'utilisateur la mobilité. Il est utilisé pour signaler et contrôler les sessions de télécommunications.

Le protocole SIP n'est pas seulement vulnérable à des attaques IP qui sont nombreux, mais aussi à des attaques conçues spécialement pour elle et c'est une raison de plus pourquoi la sécurité est considérée comme un enjeu majeur.

I.2.4 Projet Open Source IMS Core

I.2.4.1 Présentation

a. FOKUS Project Source IMS

L'Open IMS de base a été conçu par l'Institut Fraunhofer Fokus à Berlin et elle vise à créer un environnement d'expérimentation pour les développeurs et les concepteurs d'avoir la chance de créer, de modifier et d'étudier IMS et de ses services.

b. Project Source IMS

Le noyau de source IMS Open est une partie de l'aire de jeux ouverte IMS et c'est l'application qui est utilisée pour mettre en place un banc d'essai afin de simuler un scénario pratique.

c. FHoSS.

Le FHoSS est l'un des éléments fondamentaux et importants de l'Open d'IMS de base. Il est basé sur le langage de programmation Java et il est open source ainsi que le reste du projet IMS.

d. Méthodes d'authentification IMS dans le noyau ouvert.

L'Open IMS de base utilisé pour soutenir SIP-to-IMS comme une passerelle NAT helper pour les clients SIP qui est retirée du projet aujourd'hui.

I.2.4.2 Partie expérimentale.

a. Mise en place et tester l'environnement expérimental.

Logiciel ouvert IMS (Open IMS).

L'Open IMS est l'architecture standardisée du NGN pour fournir des services multimédias quel que soit le type de réseau d'accès.

L'Open IMS est basée sur un réseau cœur tout IP, elle utilise le protocole SIP pour la gestion des sessions de communication entre utilisateurs.

Le cœur ouvert IMS a été installée en suivant le guide qui est disponible sur le site Web du projet de base IMS ouverte à <http://www.openimscore.org>.

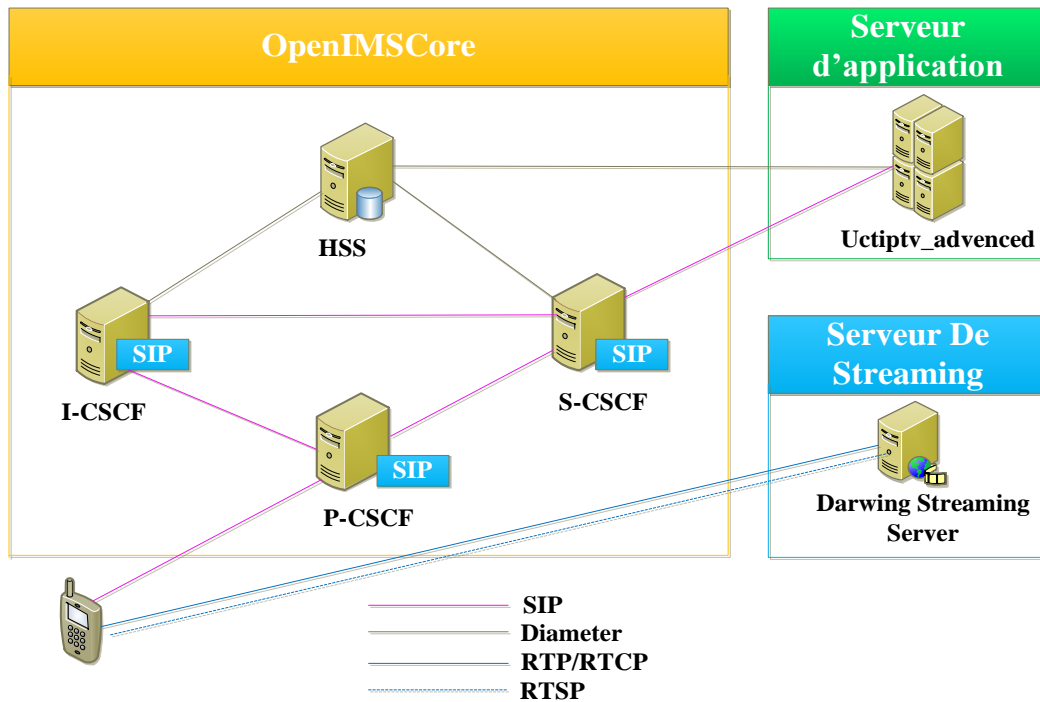


Figure I 7: architecture open IMS

Les services présentés par la plateforme Open IMS :

- Serveur IPTV : la télévision sur IP.
- Serveur VOIP : la Voix sur IP.
- Serveur VOD : la vidéo à la demande.
- Serveur de Streaming : Serveur de streaming vidéo comme serveur Darwing streaming.
- Serveur OpenSIPs : Serveur de présence.

Configuration matérielle et réseau :

Une machine Linux opérationnelle ou une VM Linux, Environ 100 à 150 Mo d'espace libre, de préférence 1Go de RAM, un serveur DNS configurable pré-installé.

Principal client d'IMS open source.

Les UCTIMS est un client conçu pour fonctionner avec Open noyau IMS basé sur le langage de programmation C.

I.2.4.3 Communication sécurisée sur le réseau entre deux clients à travers le serveur OpenVPN

Nous avons garanti la sécurité de l'authentification des différents clients IMS à travers le serveur VPN qui a été installé pour cette raison.

I.2.4.4 Points Forts de l'IMS :

- L'IMS permet de disposer d'une plateforme unique.
- Il est capable de gérer un grand nombre d'applications multimédia (dont la voix sur IP).
- Une très bonne qualité de service sur les réseaux de circuits et de paquets, et entre réseaux fixes et mobiles.

I.2.4.5 Points Faibles de l'IMS :

- L'adaptation de l'IMS à l'accès fixe est coûteuse.
- La proportion d'abonnés qui est concernée par les nouvelles applications technologiques ne peut pas être évaluée avec précision.

I.3 Peer to Peer Internet Multimedia Subsystem

En utilisant les propriétés d'auto-organisation du réseau P2P, le réseau NGN est devenu plus fiable, évolutive et moins centralisé. Les nouveaux algorithmes du réseau P2P est utilisé pour optimiser les ressources du réseau, dans le but de distribuer efficacement le contenu parmi des utilisateurs variés sans faire recours aux opérations de gestion demandé dans le réseau NGN.

L'évolution de l'internet a élevé les communications numériques à de hausses niveau, et a créé les communications audiovisuelles, comme le contenu de distribution, TV digital, vidéo-à-la demande, parmi les applications de l'internet d'aujourd'hui. Ce sont des applications émergentes qui permettent aux utilisateurs la créativité dans le contenu. En remplaçant l'opération client-serveur avec une architecture supérieure et de poids-léger pour la distribution de contenu a créé un challenge dans le réseau, le service de gestion, la configuration, le déploiement et les protocoles. L'entreprise Ipoque a réalisé une étude ou il a démontré que le trafic P2P a dominé le trafic Internet. Parmi les exemples du trafic P2P, il y a BitTorrent, File-sharing et skype telecoms. Ces plates-formes ont embêté les réseaux des opérateurs, car ils consomment une importante bande-passante, vue le contenu sans licence

distribué sur le réseau et qui a diminué le revenu vocal des réseaux des opérateurs. L'avancement de streaming du réseau P2P a indiqué que le potentiel de l'exploitation optimal disponible dans les ressources des utilisateurs a augmenté de 95% de la bande passante de transfert sur le réseau, P2P est une technologie prometteuse qui peut être intégrée avec des plates-formes de télécommunications existantes et qui efficacement distribue le contenu, puisque IMS s'adresse premièrement aux questions de l'hétérogénéité des technologies d'accès, les schémas d'adressage, AAA, QoS, sécurité et gestion de la mobilité du point de vue des opérateurs, il a devenu le candidat idéal pour les fonctionnalités P2P.

I.4 Norme de codage SVC :

L'architecture sophistiquée de la norme H.264 / SVC est particulièrement conçue pour augmenter les capacités de codec tout en offrant une solution de codeur flexible qui prend en charge trois différentes scalabilités: qualité temporelle, spatiale et SNR [8]. Par conséquent, cette architecture devrait fournir les actionneurs nécessaires à une boucle de contrôle de QoS [9]. La figure I.8 illustre la structure d'un codeur H.264 / SVC pour une couche de base à deux espaces configuration évolutive.

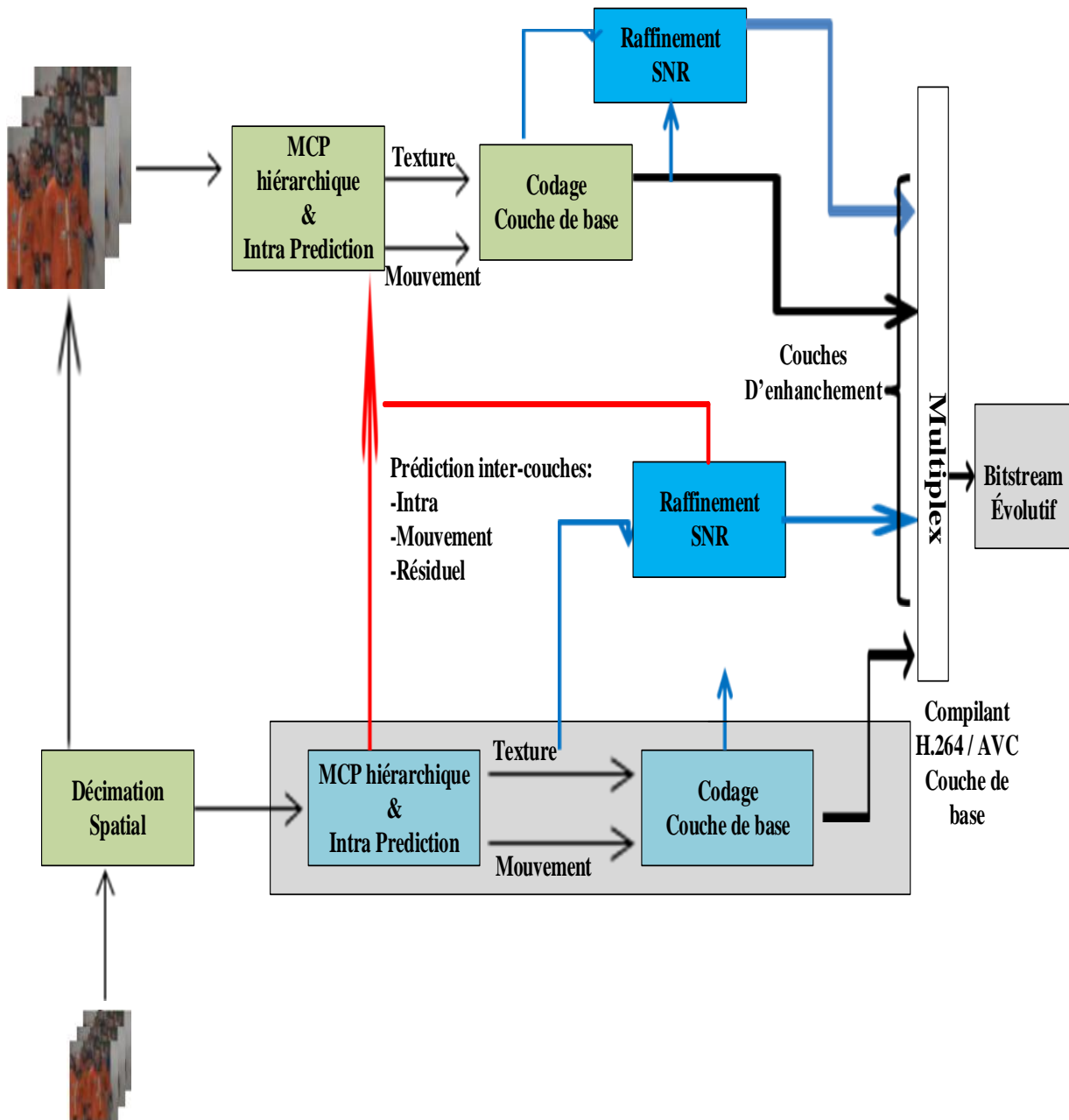


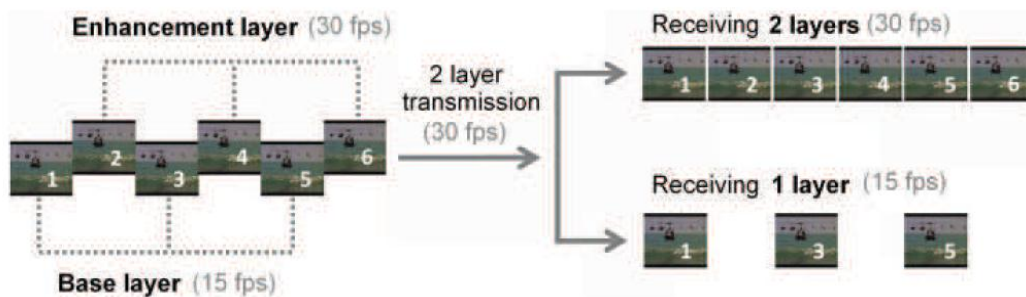
Figure I 8: Diagramme de bloc de l'encodeur H.264/SVC pour deux couches spatiales

En H.264 / SVC, chaque couche de dépendance spatiale nécessite son propre module de prédiction afin d'effectuer à la fois une prédiction compensée par le mouvement et une prédiction intra dans la couche. Outre, il existe un module d'affinage SNR qui fournit les mécanismes nécessaires à la qualité évolutive au sein de chaque couche. La dépendance entre les couches spatiales suivantes est gérée par le module de prédiction inter-couche, qui peut supporter la réutilisation des vecteurs de mouvement, intra la texture ou les signaux résiduels des couches inférieures afin d'améliorer l'efficacité de la compression.

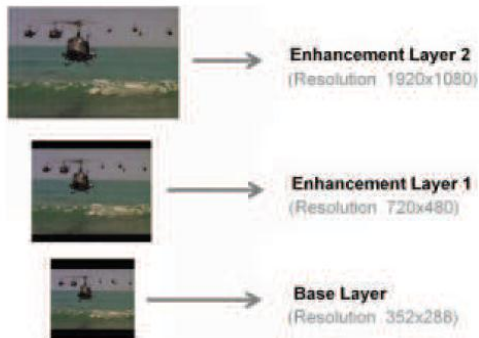
Enfin, le train de bits évolutif H.264 / SVC est fusionné par ce que l'on appelle le multiplex, où différents niveaux temporel, spatial et SNR sont simultanément intégrés dans un seul système évolutif bitstream.

Les sous-sections suivantes présentent chaque type d'évolutivité individuellement, en décrivant leurs caractéristiques. Conformément aux spécifications normalisées du codec vidéo H.264 / SVC.

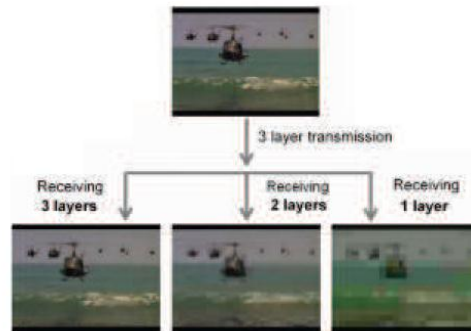
I.4.1 Évolutivité temporelle



(a) Temporal Scalability



(b) Spatial Scalability



(c) Quality Scalability

Figure I 9: Exemple illustratif d'approches d'évolutivité en H.24/SVC

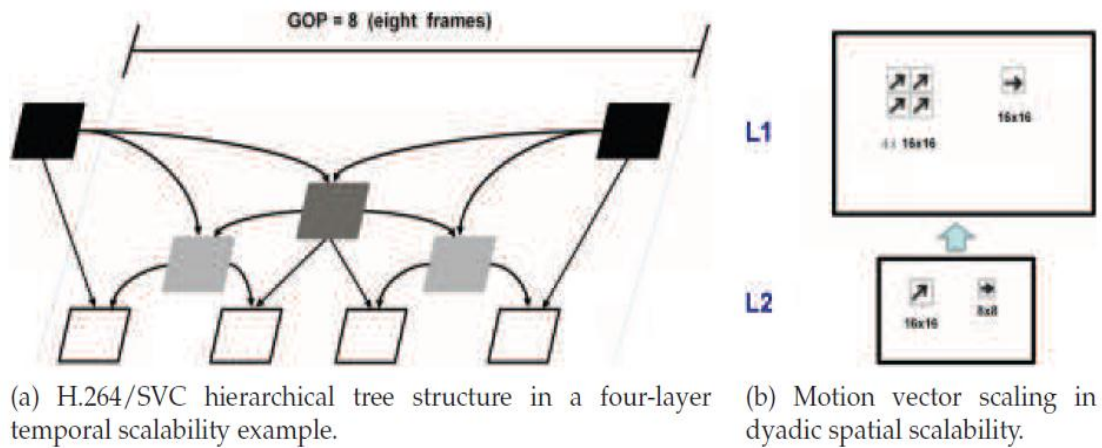


Figure I 10:Exemple d'évolutivité temporelles et spatiales H.264/SVC

Le terme « évolutivité temporelle » fait référence à la capacité de représenter un contenu vidéo avec différents taux de frame par autant de sous-ensembles de flux binaires que nécessaire (Figure I.10) Les flux vidéo encodés peuvent être composé de trois types distincts de cadres : I (intra), P (prédicatif) ou B (bi-prédicatif). Les cadres I explorent uniquement le codage spatial dans l'image, c'est-à-dire les techniques de compression sont appliqués aux informations contenues uniquement dans l'image actuelle, sans utiliser de références à toute autre image. Au contraire, les frames P et B ont une corrélation avec différentes images, car ils explorent directement les dépendances entre eux. En P le codage prédictif inter-images est effectué sur la base d'au moins une image de référence précédente, les images B consistent en une combinaison de codage bi-prédicatif inter-images (c'est-à-dire des échantillons des images de référence antérieures et postérieures sont prises en compte pour la prédiction). En outre, la famille standard H.264 exige que la première image soit une actualisation par décodage instantané Unité d'accès (IDR), qui correspond à l'union d'une frame I avec plusieurs données critiques autres que des données informations connexes (par exemple, l'ensemble de paramètres de codage). D'une manière générale, la structure GOP spécifie la disposition de ces images dans une séquence vidéo codée. Certes, la dépendance singulière et les caractéristiques prédictives de chaque type de frame impliquent les caractéristiques de flux vidéo codées divergentes. Dans les précédents standards évolutifs (MPEG-2, H.263, par exemple) et MPEG-4 Visual), l'évolutivité temporelle a été essentiellement réalisée en segmentant les couches selon différents types de frames. Par exemple, une vidéo composée par un "IBBP" traditionnel format (une image I suivie de deux images B et une image P) pourrait être utilisé pour construire trois couches temporelles : couche de base (L0) avec images I, première couche d'amélioration (L1) avec images P et la seconde couche

d'amélioration (L2) avec B images. Cette approche dyadique (décomposition 2: 1 format) s'est avéré fonctionnel, même s'il offre une flexibilité limitée de la bande passante (c'est-à-dire que le débit total requis par les frames I est nettement supérieur à celui des frames P et B [1]. En revanche, dans H.264 / SVC, la base de l'évolutivité temporelle se trouve sur la structure GOP, car elle divise chaque image en couches d'évolutivité distinctes (en combinant conjointement Types de frame I, P et B). Comme pour le codec H.264 / SVC, la définition de groupe d'images peut être reformulée l'agencement des frames du train de bits codé entre deux images successives de la couche de base temporelle. Il est important de rappeler que les cadres de la couche de base temporelle ne doit pas nécessairement être une frame I. En fait, seule la première image d'un flux vidéo est strictement obligé d'être codé comme une image I et d'être inclus dans l'IDR initial unité d'accès.

Afin d'accroître la flexibilité du codec, la norme H.264 / SVC définit un code distinct structure de prédiction temporelle, où les images de référence de chaque séquence vidéo sont réorganisé dans une arborescence hiérarchique. Cette arborescence améliore la distribution des informations entre les images consécutives et permet à la fois un dyadique et un non-dyadique scalabilité temporelle. (Figure I.10) illustre cette décomposition temporelle hiérarchique pour une Relation de cadence d'image 2: 1 dans une vidéo codée à quatre couches. Dans cet exemple, la couche de base L0, constitué de frames I ou P, permet de reconstruire une image par groupe d'images.

I.4.2 Evolutivité spatiale

L'évolutivité spatiale est basée sur la représentation, à travers une structure en couches, de vidéos avec résolutions distinctes, c'est-à-dire que chaque couche d'amélioration est chargée d'améliorer la résolution des problèmes. Couches inférieures (comme sur la (Figure I.8). La configuration la plus courante (c'est-à-dire dyadique) adopte le format 2: 1 relation entre les couches voisines, bien que H.264 / SVC envisage également des rapports non-dyadiques [6]. Cette dernière solution nécessite l'inclusion d'une nouvelle classe d'algorithme appelé extensibilité spatiale étendue (ESS) [10]. Les approches des anciens codeurs évolutifs consistent essentiellement à réutiliser la prédiction de mouvement informations des couches inférieures afin de réduire la taille globale du flux. Malheureusement, La qualité d'image obtenue par cette méthodologie est assez limitée. Au contraire, et dans l'ordre Pour améliorer son efficacité, le codeur H.264 / SVC introduit un système plus flexible et complexe. Module de prédiction appelé prédiction entre couches (ILP). Le but principal du module ILP est de:

Augmenter la quantité de données réutilisées dans la prévision des couches inférieures, de sorte que la réduction des licenciements augmente l'efficacité globale. À cette fin, trois techniques de prévision sont pris en charge par le module ILP :

- **Prévision de mouvement entre couches** : les vecteurs de mouvement des couches inférieures peuvent être utilisés par couches d'amélioration supérieures. Dans certains cas, les vecteurs de mouvement et leurs attachés les informations doivent être redimensionnées (voir (Figure I.8) afin d'ajuster les valeurs à la valeur correcte équivalente dans les couches supérieures [11].

- **Prévision de texture intra-couche** : H.264 / SVC prend en charge la prédiction de texture pour les images internes, blocs dans la même couche de référence (intra). Le bloc intra prédit dans la référence couche peut être utilisé pour d'autres blocs dans les couches supérieures. Ce module sous-échantillonne la résolution de la texture de la couche inférieure à celle des couches supérieures, puis calcule la différence entre eux.

- **Prédiction résiduelle inter-couches** : à la suite de plusieurs observations du processus de codage, il a été identifié que lorsque deux couches consécutives ont des informations de mouvement similaires, les résidus inter-couches enregistrent une forte corrélation. Sur cette base, dans H.264 / SVC, la méthode de prédiction résiduelle inter-couche pouvant être utilisée après le processus de compensation de mouvement explorer les redondances dans le domaine résiduel spatial.

I.4.3 Evolutivité SNR

L'évolutivité SNR (ou évolutivité de la qualité) permet de transporter des données complémentaires dans différentes couches afin de produire des vidéos avec des niveaux de qualité distincts. En H.264 / SVC, SNR l'évolutivité est mise en œuvre dans le domaine fréquentiel (c'est-à-dire qu'elle est effectuée sur le réseau interne). Ce type d'évolutivité repose essentiellement sur l'adoption d'une quantification distincte paramètres pour chaque couche. La norme H.264 / SVC prend en charge l'évolutivité distincte du SNR de trois modes[3].

- **Extensibilité des grains grossiers (CGS)**: dans cette stratégie (Figure I.11), chaque couche a une procédure de prévision indépendante (toutes les références ont le même niveau de qualité) dans un mode à l'évolutivité SNR de MPEG-2. En fait, la stratégie CGS peut être

considérée comme un cas particulier d'évolutivité spatiale lorsque des couches consécutives ont la même résolution [10].

- **Évolutivité en grain moyen (MSG):** l'approche MSG (Figure I.11), augmente l'efficacité par en utilisant un module de prédiction plus flexible, où les deux types de couche (base et amélioration)

Peut être référencé. Cependant, cette stratégie peut induire un effet de dérive (c'est-à-dire qu'elle peut introduire un décalage de synchronisme entre le codeur et le décodeur) si seule la couche de base est reçue.

Pour résoudre ce problème, la spécification MGS propose l'utilisation d'images clés périodiques, qui immédiatement resynchronise le module de prédiction.

- **Évolutivité des grains fins (FGS):** cette version (Figure I.11), d'évolutivité du SNR a pour objectif de fournir une adaptation continue du débit de sortie par rapport au réel bande passante réseau. FGS utilise une technique avancée de plan de bits où différents les couches sont responsables du transport de sous-ensembles distincts de bits correspondant à chaque donnée information. Le schéma permet la troncature des données en tout point arbitraire afin de soutenir le raffinement progressif des coefficients de transformation. Dans ce type d'évolutivité, seule la couche de base jette les techniques de prédiction de mouvement.

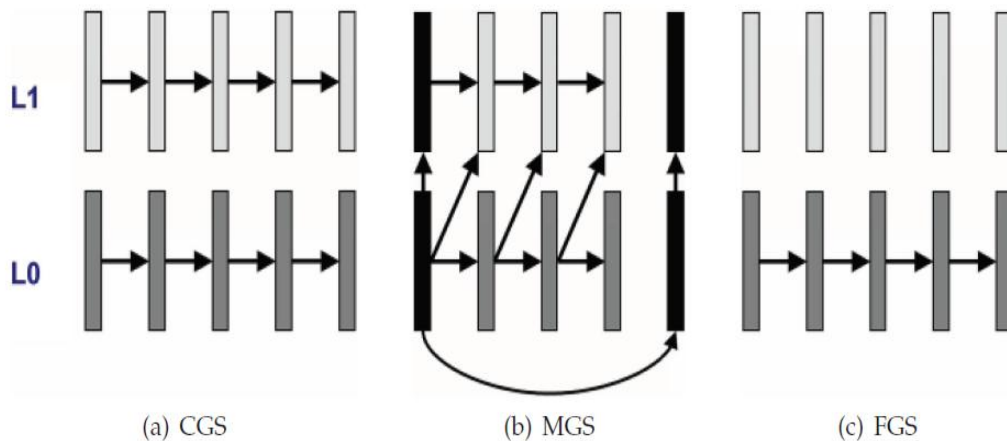


Figure I 11: Mode de granularité d'évolutivité SNR H.264 / SVC pour un exemple à deux couches

I.5 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté la technologie IMS (Internet Multimedia Subsystem) en détaillant l'architecture du réseau, les différents protocoles de ce réseau, les différents composants qui le constituent ainsi que les points forts et les points faibles de cette technologie de même que l'état de l'art (actuel) concernant ce type de réseau.

De façon analogue, nous avons présenté le protocole SIP (Session Initiation protocol), le protocole responsable de la signalisation au sein du réseau IMS ainsi que nous avons expliqué la notion P2P (Peer to Peer) dans le réseau IMS.

Enfin, nous avons présenté le codage SVC (Scalable video Coding) et ses différentes scalabilités, scalabilité spatiale, scalabilité temporelle et scalabilité qualitative.

**Chapitre 2 : Etude de la
performance du protocole SIP
assurant la signalisation dans le
réseau IMS.**

II.1 Introduction

Nous commencerons ce chapitre par une présentation de la signalisation dans le réseau IMS (Internet Multimedia Subsystem), lequel est basé sur plusieurs types de serveurs SIP dénommés CSCF (Call Session Control Functions) qui permettent d'assurer la signalisation SIP (Session Initiation Protocol).

La fonctionnalité du réseau IMS est qu'il est conçu pour fonctionner sur une variété de technologies d'accès sans fil et dans toute la couverture du réseau d'accès, comme le RTC, réseaux 3G, 4G et même 5G [12].

Notre présentation de la signalisation dans le réseau IMS consiste en une introduction détaillée à la procédure de mise en place d'enregistrement des clients IMS pour les différents réseaux, le mécanisme d'établissement d'appel IMS ainsi que pour le processus de réenregistrement qui est une procédure complémentaire pour le processus d'enregistrement. Tous ces mécanismes et processus sont basés sur le protocole SIP [13].

Par la suite, nous proposerons une architecture qui permet d'évaluer les métriques de QoS (Qualité de Service) pour la partie signalisation dans le réseau IMS, et tout particulièrement la qualité de service du protocole SIP.

Cette architecture qui est basée sur deux réseaux IMS distants, séparés par un nombre déterminé de sauts (routeurs), et chaque réseau contient des clients hétérogènes ayant des bandes passantes différentes. A noter que cette architecture est évaluée sur le simulateur NS2 pour extraire les métriques de qualité de service notamment le délai de transmission d'un paquet dans le réseau, la gigue, et les différentes tailles des paquets. A cet égard, il convient de noter que les valeurs des métriques de qualité de service extraites ont été comparées aux valeurs offertes par les standards.

II.1.1 Qualité de service

La qualité de service (QoS) ou quality of service (QoS) est la capacité à véhiculer dans de bonnes conditions un type de trafic donné, en termes de disponibilité, débit, délais de transmission, gigue, taux de perte de paquets...

- **Délai de transmission de paquet (latence)**

Il désigne le temps nécessaire à un paquet de données pour passer de la source à la destination à travers un réseau.

- **Gigue.**

La gigue est la différence de délai de transmission de bout en bout entre des paquets choisis dans un même flux de paquets, sans prendre en compte les paquets éventuellement perdus.

- **PLR (Taux de perte des paquets)**

Le taux de perte de paquet est le pourcentage de paquets perdus lors de la transmission de données. Il s'agit d'un critère de qualité de services d'un réseau.

II.2 Contexte

Le sous-système multimédia IP (IMS) est un cadre architectural pour fournir des services multimédia IP. IMS est une architecture centralisée divisée en trois couches principales, telles que la couche d'accès, avec une multitude de passerelles tels que MRF (Multimedia Resource Function), IMS-MGW (passerelle de média IMS), MGCF ("fonction de contrôleur de passerelle multimédia"), SGW (Signaling Gateway), BGCF (Border Gateway Control Function), ces passerelles ont été présentées dans les chapitres précédents.

La couche de contrôle contient: HSS (Home Subscriber Server) qui est la base de données centrale de tous les clients et différents services disponibles, CSCF (Call Session Control Function) est une couche de contrôle qui comprend un équipement qui prend en charge la signalisation SIP et le flux conversationnel d'échange, P-CSCF (Proxy CSCF), le S-CSCF (Serving-CSCF), I-CSCF (Interrogating CSCF), SLF (fonction d'emplacement d'abonné), NASS (Network Attachment Sub-System), S-PDF (Serving Policy Decision Function), ces passerelles ont été présentées dans les chapitres précédents .

Dans la couche de transport, on a une multitude de Gateway: DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexor) est la machine placée au centre des téléphones et regroupe les grands nombres des lignes ADSL pour l'envoyer au réseau de l'opérateur Internet et vice versa, WAG (WLAN Access Gateway) fournit des fonctionnalités de filtrage, de politique et de tarification pour le trafic entre l'équipement utilisateur WLAN et le réseau 3GPP, RAN (Radio Access Network) est le Radio d'un système de télécommunication mobile, il implémente une technologie d'accès radio, ces passerelles ont été présentées en détail dans les chapitres précédents.

La figure I 3 donne un aperçu sur les différentes passerelles existantes entre le réseau IMS et les différents réseaux d'accès.

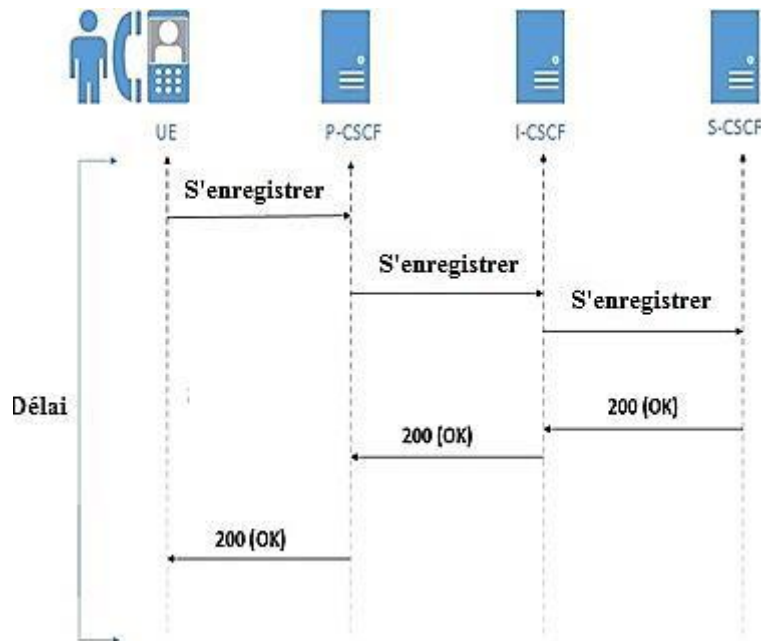


Figure II 1: Authentification d'un client IMS

La figure II.1 donne un aperçu sur la procédure d'authentification d'un client IMS, en précisant les différentes requêtes SIP échangées entre le terminal et les serveurs du domaine CSCF.

L'utilisateur commence à envoyer la requête REGISTER au serveur P-CSCF, car le P-CSCF est le seul point d'entrée dans le système pour tous les messages SIP de l'UE au cœur d'IMS.

Après cela, P-CSCF transmet la demande d'enregistrement à l'I-CSCF comme programmé. Une fois que le serveur I-CSCF a reçu la requête REGISTER, il la transmet au serveur S-CSCF.

Après que le S-CSCF a enregistré l'utilisateur, il envoie la réponse d'enregistrement sous forme de la requête 200 OK en utilisant le même chemin que la demande est venue, mais dans un ordre inverse, comme le montre la figure II.1, une fois que l'UE a reçu la réponse, il est donc enregistré dans le réseau IMS et peut bénéficier des services offerts par ce réseau.

II.2.1 Protocole SIP

SIP (Session Initiation Protocol) est un protocole de signalisation défini par l'IETF (Internet Engineering Task Force) permettant l'établissement, la libération et la modification des sessions multimédias (RFC 3261). Il hérite de certaines fonctionnalités des protocoles HTTP (Hyper Text Transport Protocol) utilisé pour naviguer sur le WEB, et SMTP (Simple Mail Transport Protocol) utilisé pour transmettre des messages électroniques (E-mails). SIP s'appuie sur un modèle transactionnel client/serveur comme HTTP.

Ce protocole a été retenu par le 3GPP pour l'architecture IMS (IP Multimedia Subsystem) comme protocole pour le contrôle de session et le contrôle de service.

Il remplacera à terme les protocoles ISUP (utilisé pour le contrôle d'appel dans le Réseau Téléphonique Commuté) et INAP (utilisé pour le contrôle de service dans l'architecture Réseau Intelligent). Le protocole SIP n'est qu'un protocole de signalisation, une fois la session établie, les participants de la session s'échangent directement leur trafic audio/vidéo à travers le protocole RTP (Real-Time Transport Protocol).

Le protocole SIP utilise des méthodes/requêtes et les réponses correspondantes et établit un appel.

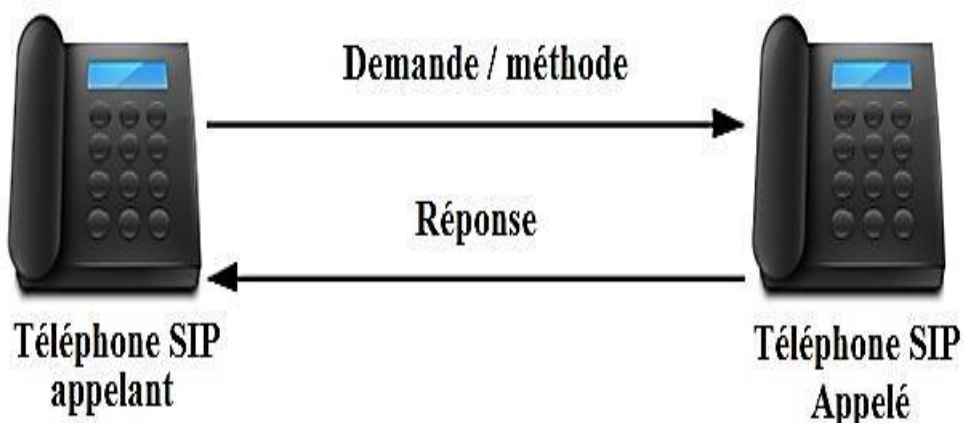


Figure II 2: Requêtes SIP échangées entre deux téléphones

Il existe quatorze types de modes de requêtes dont les six premiers sont les modes de requêtes les plus basiques.

| Requête SIP | Définition |
|-------------|---|
| INVITE | établit une session |
| ACK | confirme la requête INVITE |
| BYE | met fin à la session |
| CANCEL | Annule l'établissement de la session |
| REGISTER | Donne l'emplacement de l'utilisateur (nom d'hôte, IP) |
| OPTIONS | Donne les informations sur les possibilités de recevoir et de passer des appels SIP |
| PRACK | Accusé de réception provisionnel |
| SUBSCRIBE | Souscrit à la notification du notifiant |
| NOTIFY | Prévient l'abonné d'un nouvel événement |
| PUBLISH | Publie un événement dans le serveur |
| INFO | Envoi des info de mi-session |
| REFER | Demande au destinataire d'émettre le transfert d'appel |
| MESSAGE | Transmet des messages instantanés |
| UPDATE | Modifie l'état d'une session |

Tableau II 1: Requêtes SIP

Les Requêtes SIP reçoivent des réponses SIP. Il existe six catégories de réponses du protocole SIP :

| Réponse SIP | Définition |
|-------------|--|
| 1xx | réponses informatives, telles que 180 (sonnerie) |
| 2xx | réponses réussies |
| 3xx | réponses de renvoi |
| 4xx | échecs des requêtes |
| 5xx | erreurs du serveur |
| 6xx | échec general |

Tableau II 2: Réponses SIP

II.2.2 Problématique

La procédure de signalisation est primordiale dans le réseau IMS qui permet l'autorisation et le contrôle entre les clients IMS et les serveurs d'applications.

Une évaluation de la qualité de service du protocole SIP est importante pour l'évaluation de la qualité de signalisation dans le réseau IMS..

Nous nous intéressons dans ce chapitre aux exigences de la qualité de service posées par la partie signalisation dans le réseau IMS, et ce pour accomplir une étude des performances du protocole de signalisation dans le réseau IMS.

Des mesures des délais d'enregistrement des clients doivent être effectuées pour des clients IMS hétérogènes ayant des bandes passantes différentes (exemple PC, tablette, téléphone) séparés du cœur du réseau IMS par un nombre des sauts.

Rares sont les simulations détaillées de la signalisation du réseau IMS dans les travaux de recherche. Pour contribuer à combler cette lacune, nous avons procédé à une simulation portant sur NS2 en utilisant le code C++ de NS2 SIP tout en évaluant le fonctionnement des différentes requêtes SIP dans le réseau.

II.3 Travaux antérieurs

La transmission d'applications multimédias sur le réseau est devenue importante et toutes les grandes entreprises l'utilisent comme un moyen nécessaire.

En 2017, Ghani et al ont présenté dans [13], l'analyse de la signalisation IMS en fonction des messages SIP. Les phases de signalisation des clients pour l'accès au réseau IMS ont été simulées en utilisant le simulateur en [15].

En 2013, Thu et al ont proposé dans [14] un contrôle flexible de QoS et sensible à la QoE pour le réseau IPTV de nouvelle génération.

A noter qu'en 2008, les auteurs ont montré dans [16], que la fonction principale du noyau du réseau IMS est d'assurer la procédure d'autorisation et de contrôle, et ce entre les clients IMS et les serveurs d'applications, et que les serveurs d'applications (AS) et les services fournis dans le réseau IMS. En outre, ils ont catégorisé les serveurs d'applications selon les types d'applications fournies. Toutefois, le réseau IMS ne fournit pas d'informations sur l'architecture interne d'un serveur d'application, mais requiert que ces serveurs soient conformes à certaines exigences pour leur bon fonctionnement.

S'agissant de [17], en 2011, Hernández et al ont déclaré qu'il n'y avait pas de simulation pour le réseau IMS. Pour ce faire, ils ont créé une simulation de réseau IMS basée sur SIP en mettant en œuvre le simulateur [18].

Il convient de noter que le module SIP-IMS a les caractéristiques suivantes :

- La présence d'un processus d'installation de la session, laquelle comprend les entités (S-CSCF, P-CSCF, I-CSCF) et UAC (User Agent Client) et les serveurs d'applications (AS).
- La présence d'une prise en charge portant sur plusieurs domaines dans le réseau IMS de même que sur l'itinérance.
- Les proxy SIP prennent en charge la redondance.
- Les proxy SIP ont la capacité de contrôler le temps de traitement des demandes.
- Les demandes HSS sont retardées dans cette simulation.

En 2012, Mir et al ont présenté dans [19], l'analyse de la signalisation IMS pour certains messages SIP clés utilisés dans la signalisation IMS. De même, ils ont évalué le délai maximum d'enregistrement des clients IMS quand il y a beaucoup d'utilisateurs souhaitant s'enregistrer en même temps, et ils ont effectué plusieurs scénarios de simulation en changeant les valeurs de la bande passante entre les serveurs du domaine CSCF et les valeurs de la bande passante entre utilisateurs et serveur P-CSCF, et ce afin d'extraire la valeur du délai maximum d'enregistrement. En outre, l'évolutivité et la performance de la partie de signalisation sont évaluées en utilisant NS2 (Network Simulator 2).

Dans [20], Allouch et al ont fait une étude en 2012, sur l'analyse des risques et l'analyse des coûts pour l'interfonctionnement, et ce dans le cadre de la nouvelle architecture IMS sécurisée.

En 2014, Aziz et al ont travaillé dans [21] sur la présentation d'un service de chat Mobile-to-Mobile dans le réseau IMS de l'opérateur. Ce service permettra aux utilisateurs mobiles d'échanger des messages texte courts et longs et des fichiers multimédia à travers le réseau de l'opérateur sans utiliser des services tiers.

Dans [22], Belmekki et al ont présenté en 2014, une analyse du protocole SIP et ils ont identifié les faiblesses sécuritaires critiques pendant la phase d'enregistrement. Aussi, ils ont proposé une approche pour améliorer la sécurité SIP en sécurisant l'enregistrement client auprès du serveur SIP.

Bien que les approches ci-dessus permettent la mise en place des outils pour la simulation de la signalisation dans le réseau IMS, il reste qu'elles ne prennent pas en considération toutes les métriques de la qualité de service dans le réseau.

II.4. Architecture de signalisation du réseau IMS implémenté

L'architecture implémentée vise à évaluer la signalisation fournie par le protocole SIP. Cette architecture contient essentiellement deux réseaux distants séparés par plusieurs sauts. Chaque réseau contient des clients hétérogènes ayant des bandes passantes différentes et des serveurs proxy SIP.

Nous allons évaluer les requêtes SIP_200, SIP_REGISTER, ACK ainsi que SIP_INVITE, et ce tout en extrayant le temps de transition de ces paquets d'un saut à l'autre et tout en précisant l'heure des phases qui suivent: la mise en file d'attente, la sortie de la file d'attente ainsi que la réception du paquet à sa destination. Les éléments de métrique d'évaluation ci-dessous ont été extraits :

- Délai de transmission par paquets.
- Taille des paquets par délai de transmission.
- Gigue.

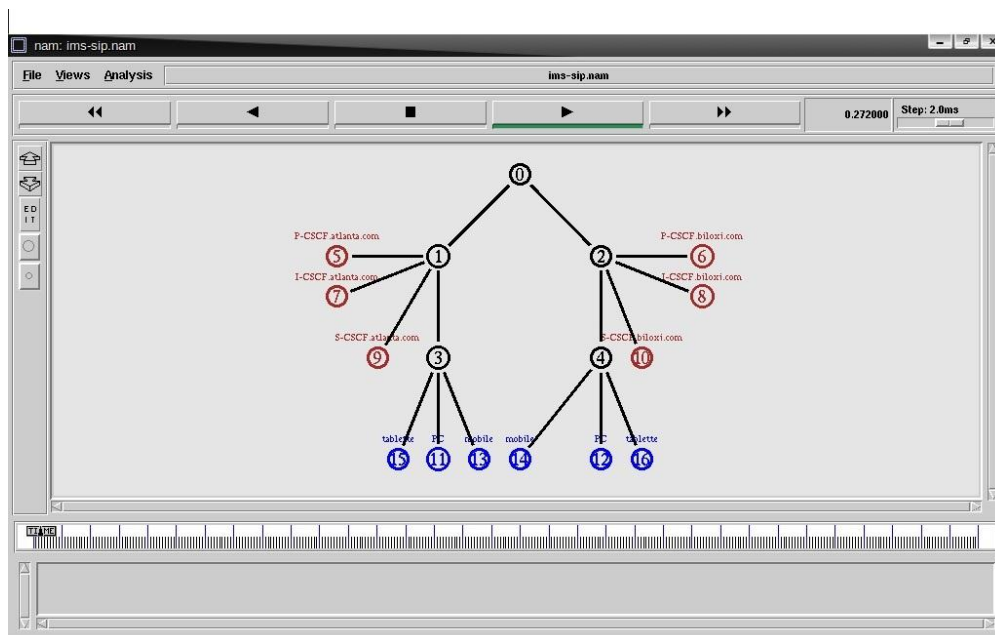


Figure II 3: Architecture implémentée

II.5 Simulation

II.5.1 Travail effectué à l'aide du simulateur NS2

Le simulateur NS2 est un simulateur libre permettant l'ajout des modèles simulant des technologies récentes et permettant aussi la connexion avec des modules simulant des modèles propres en relation avec les nouvelles technologies.

Afin d'évaluer les performances de la signalisation dans le réseau IMS, nous avons modifié le simulateur NS2 par l'intégration du module suivant : module SIP (Session Initiation Protocol), et ce pour assurer la signalisation de notre réseau IMS. Ainsi, nous avons développé un code qui permet de simuler les différentes demandes et réponses qui traversent les serveurs du réseau IMS (P-CSCF, I-CSCF, S-CSCF). Ces différents serveurs sont créés au niveau du simulateur NS2 comme des proxys SIP.

Nous utilisons le simulateur NS2 pour simuler notre architecture implémentée qui consiste à évaluer les différentes requêtes SIP qui circulent dans le réseau IMS.

| Taille des paquets | Type du paquet |
|--------------------|----------------|
| 250 | SIP_200 |
| 300 | SIP_REGISTER |
| 550 | ACK |
| 800 | SIP_INVITE |

Tableau II 3: Type des paquets SIP

Le tableau II.3 représente le type des paquets SIP. Cette simulation nous aide à évaluer les paquets de signalisation dans le réseau IMS.

A noter que nous avons procédé à trois scénarios de simulation portant sur les performances du protocole SIP assurant la signalisation dans le cadre du réseau soumis à l'étude.

➤ **Scénario 1 :**

Simulation des performances du protocole SIP dans un réseau IMS comprenant des clients hétérogènes :

| Serveur | Bande passante |
|---------|----------------|
| P-CSCF | 100 Mbps |
| I-CSCF | 100 Mbps |
| S-CSCF | 100 Mbps |

Tableau II 4: Bande passante des serveurs du réseau IMS

Le tableau II.4 présente les bandes passantes entre les serveurs du domaine CSCF utilisés dans la simulation.

Dans les résultats qui suivent, nous avons étudié les paquets échangés entre les clients et le serveur P-CSCF qui est le point d'entrée du réseau IMS.

| Terminal | Bande passante |
|-----------|----------------|
| PC | 10 Mbps |
| Tablette | 5 Mbps |
| Téléphone | 2 Mbps |

Tableau II 5 : Performances des clients IMS

Le tableau II.5 présente les performances des clients IMS ayant des bandes passantes différentes, allant de 2 Mbps jusqu'à 10 Mbps.

| Bande passante | Moyenne minimale de délai de transmission des paquets de bout en bout (ms) |
|--|--|
| Session (PC-Tablette) (10 Mbps - 5 Mbps) | 28,79 |
| Session (PC-Téléphone) (10 Mbps - 2 Mbps) | 29,11 |
| Session (Tablette -Téléphone) (5 Mbps - 2 Mbps) | 29,25 |

Tableau II 6: Moyenne minimale de délai de transmission des paquets par bande passante des sessions

Le tableau II.6 présente les résultats obtenus pour une simulation de communication de sessions différentes effectuées entre des clients hétérogènes ayant des bandes passantes différentes.

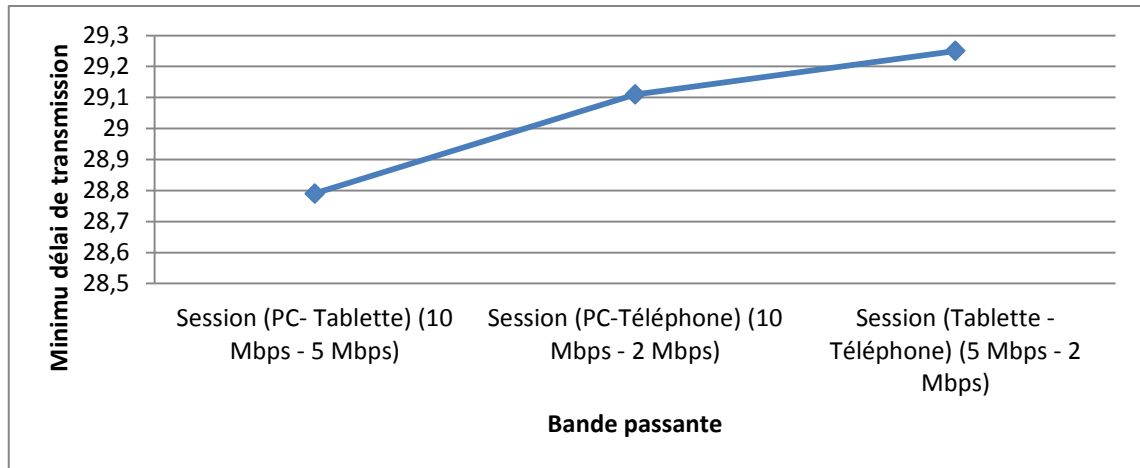


Figure II 4: Moyenne minimale de délai de transmission des paquets par bande passante des sessions

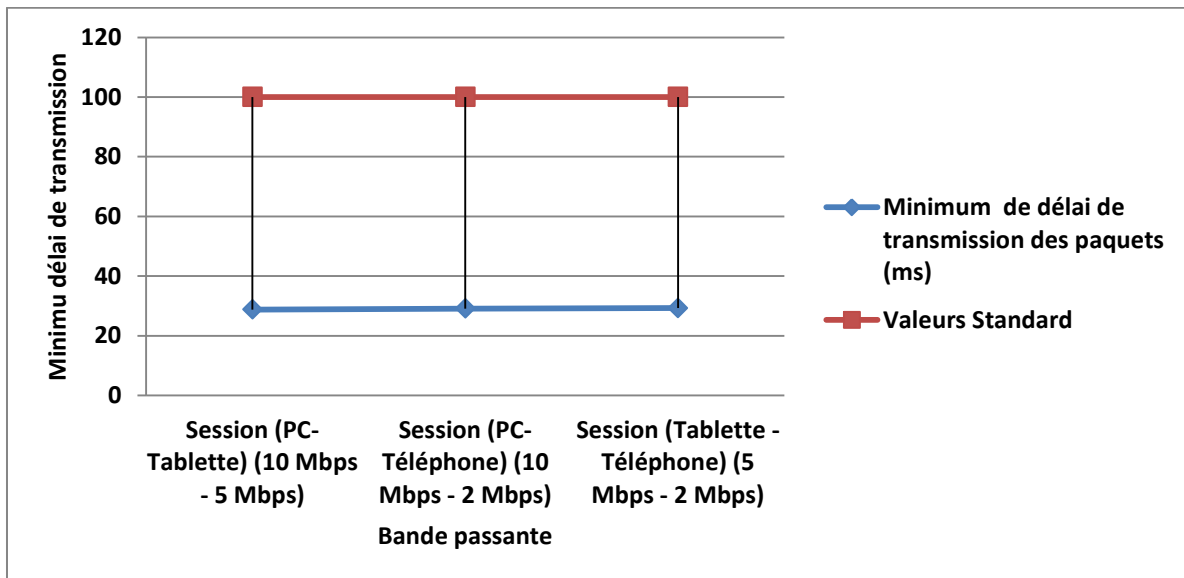


Figure II 5: Comparaison entre valeurs obtenus par simulation et valeurs fournies par les standards

La figure II.4 montre les différentes valeurs du délai de transmission des paquets SIP échangés dans le réseau lors des sessions établies entre différents clients. A titre d'exemple, pour une session s'effectuant entre tablette et PC avec une bande passante entre 5 Mbps et 10 Mbps, nous obtenons le minimum du délai de transmission alors que pour une session s'établissant entre téléphone et PC avec une bande passante allant de 2 Mbps à 10 Mbps, nous aboutissons à un délai de transmission supérieur à celui constaté concernant la session entre PC et tablette.

S'agissant de la session ayant lieu entre une tablette et un téléphone, nous constatons que le résultat obtenu consiste en la valeur la plus élevée du délai de transmission des paquets SIP.

Dans la figure II.5, nous avons effectué une comparaison entre les valeurs obtenues par la simulation et les valeurs fournies par le standard ITU-T [7].

Nous pouvons en déduire qu'il y a une relation étroite entre la bande passante des clients et le délai de transmission des paquets de bout en bout. Ainsi, quand la bande passante de la session augmente, le délai de transmission des paquets diminue, et dans le cas contraire, le délai augmente.

➤ **Scénario 2 :**

Simulation des performances du protocole SIP dans un réseau IMS hétérogènes et qui contient un grand nombre d'utilisateurs qui tentent de s'authentifier au même temps (nombre des clients : 10, 50,100).

Ce scénario de simulation est effectué de sorte que tous les clients envoi la requête de demande d'enregistrement à l'instant 1s de la simulation et une session entre deux clients est programmée à l'instant 5s

| Nombre de clients | Délai maximum d'enregistrement |
|-------------------|--------------------------------|
| 10 | 60,62 |
| 40 | 60,98 |
| 100 | 560,55 |

Tableau II 7: Délai maximum d'enregistrement client IMS

On remarque depuis tableau II.7, qu'on a une augmentation de délai d'enregistrement des clients de 0,36 ms d'un nombre de clients entre 10 à 40, et une augmentation de délai d'enregistrement des clients de 499,56 ms d'un nombre de client entre 40 et 100.

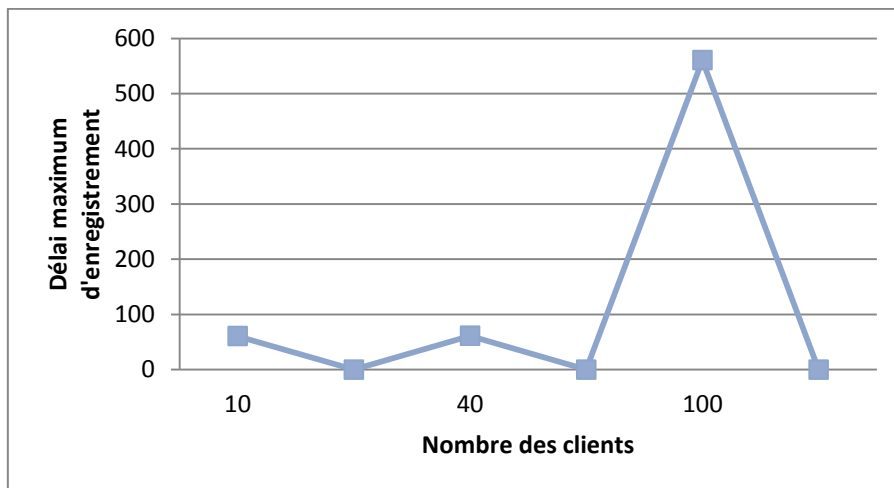


Figure II 6:Délai maximum d'enregistrement par nombre des clients

La figure II.6 montre les différentes valeurs du délai maximum d'enregistrement par rapport au nombre des clients IMS, par exemple pour le nombre des clients égale 10, on a un délai d'enregistrement égale à 60,62 ms et pour 40 client, on a un délai de transmission égale

à 60,98 ms, et on peut remarquer une hausse dans la valeur de délai de transmission des clients IMS lorsque le nombre des clients augmente à 100.

On peut déduire, les demandes d'enregistrements simultanées des clients au réseau IMS, influence sur les délais d'enregistrement.

➤ **Scénario 3 :**

Simulation des performances du protocole SIP dans un réseau IMS en relevant la qualité de service de transmission des paquets SIP circulant dans le réseau.

Les métriques utilisées sont:

- 1- Délai moyen de transmission de bout en bout.
- 2- Taille des paquets sur le délai de transmission de bout en bout.
- 3- Taille des paquets sur gigue.
- 4- Maximum de la moyenne de délai de transmission sur taille des paquets.

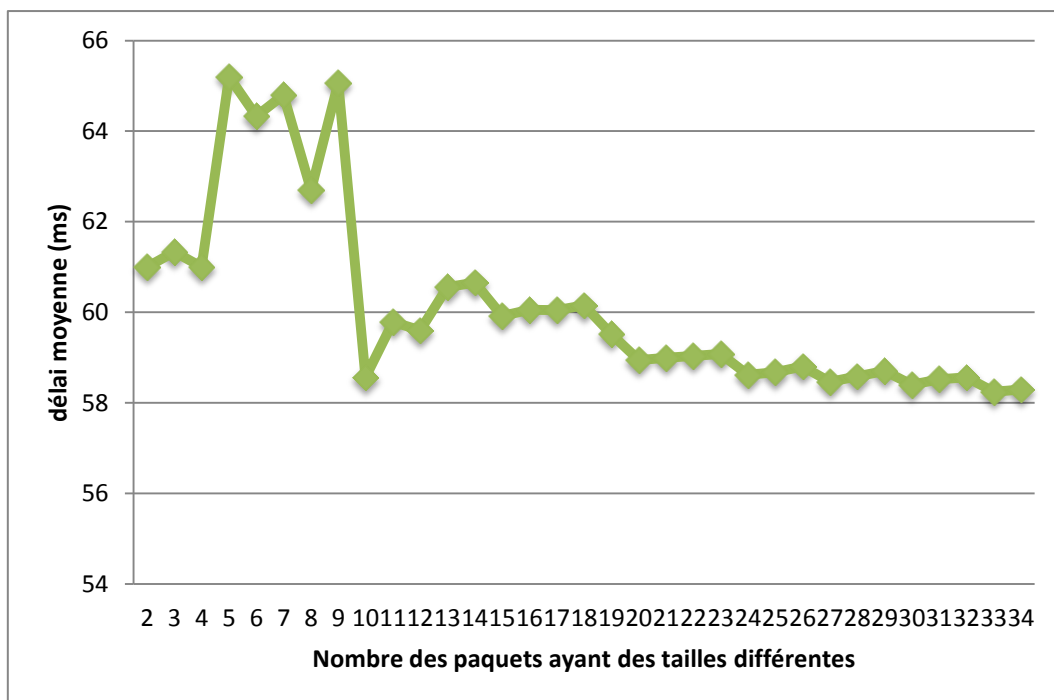


Figure II 7: Moyen de délai de transmission de bout en bout par rapport au nombre des paquets

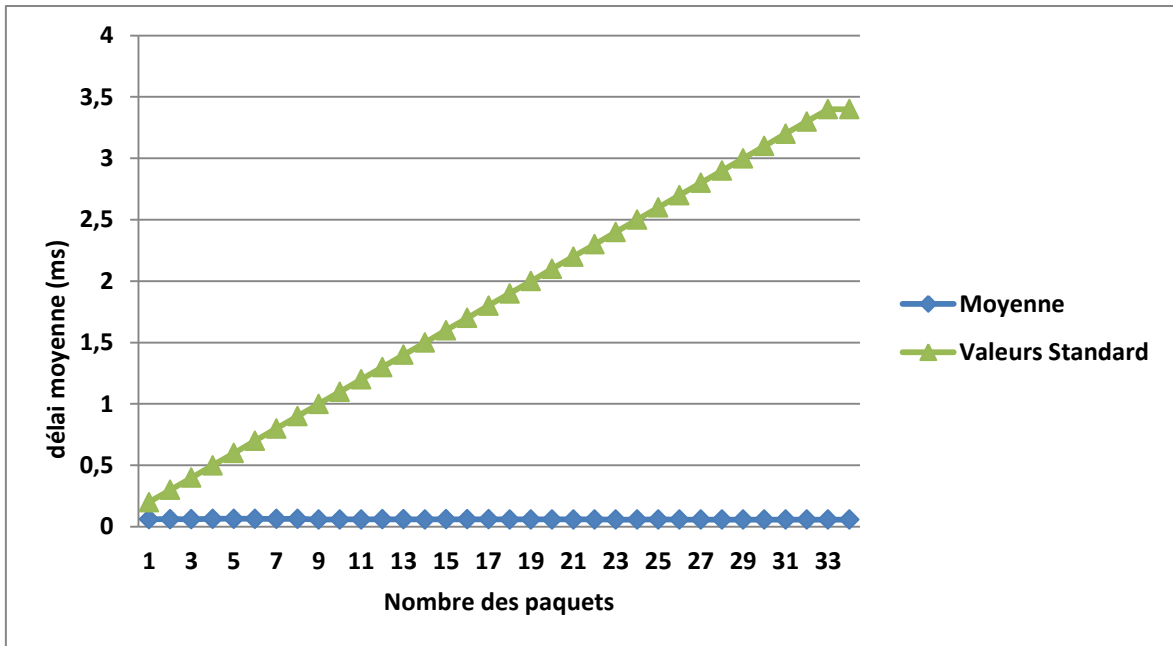


Figure II 8: Comparaison entre valeurs obtenus par simulation et valeurs standard

La moyenne du délai de transmission est au maximum pour le nombre de paquets égal à 5, la valeur minimale de la moyenne de délai de transmission est pour le nombre de paquets égal à 33, entre le nombre de paquets 2 et 10, Il existe un changement significatif dans cette valeur et pour le nombre des paquets de 10 ou plus, il existe des différences simples dans les valeurs de la moyenne de délai de transmission, donc on remarque une stabilité au niveau de délai de transmission, et selon les normes définit par ITU-T [7] le délai de transmission de bout en bout inférieur à 150 ms est acceptable.

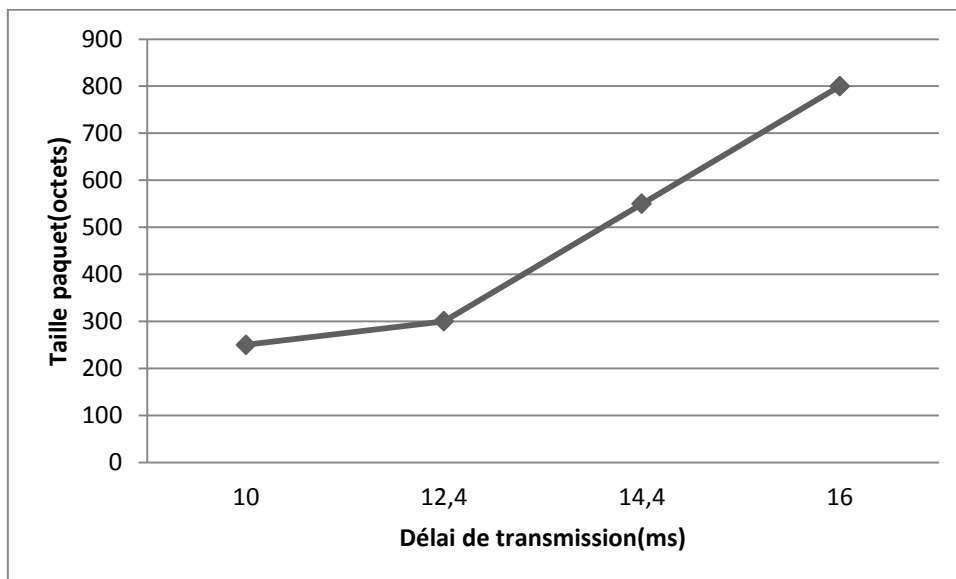


Figure II 9: Taille des paquets sur le délai de transmission de bout en bout

Notez dans le graphique ci-dessus que le délai de transmission d'un paquet par saut est proportionnel à la taille des paquets, lorsque la taille du paquet augmente le délai de transmission augmente également.

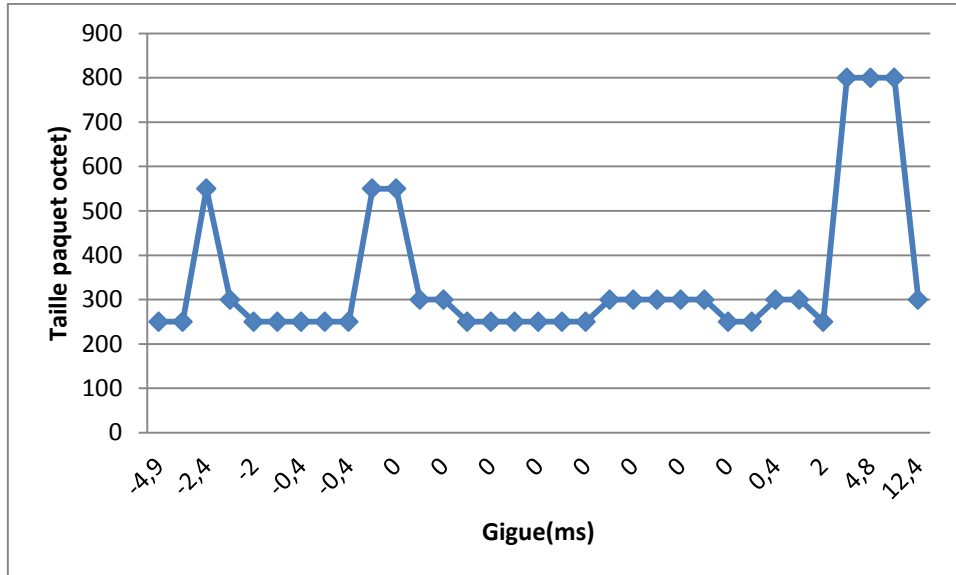


Figure II 10: Taille des paquets sur gigue

Notez que nous avons plusieurs valeurs de gigue pour un paquet qui a la même taille

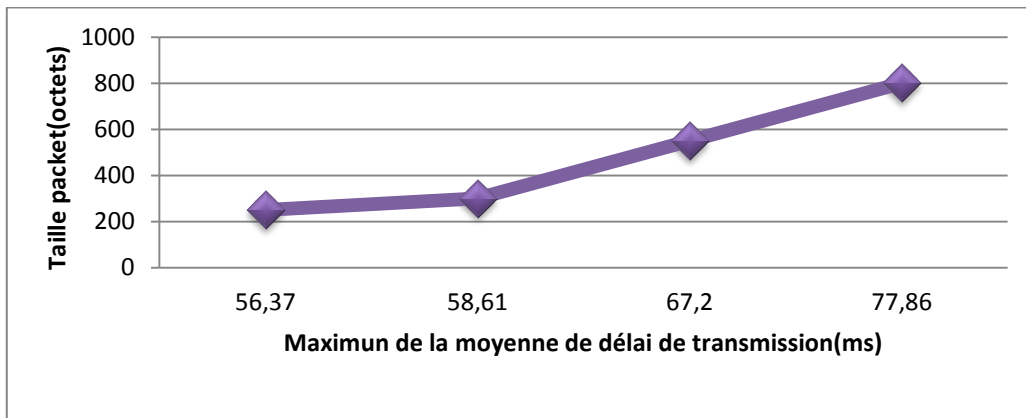


Figure II 11: Maximum de la moyenne de délai de transmission sur taille des paquets

Notez que lorsque la taille du paquet augmente, le maximum du délai moyen de transmission augmente.

II.6 Conclusion

Ce chapitre présente une étude des performances du protocole de signalisation dans le réseau IMS. La simulation a été testée sur NS2 et effectuée en utilisant le code C ++ de NS2 SIP.

Les résultats obtenus montrent que le délai de transmission et la gigue dépendent du type de la requête SIP et des tailles des paquets.

En outre, le module IMS proposé et implanté a réussi à jouer le rôle escompté.

La partie multimédia considérée dans le réseau IMS, quant à elle, doit être aussi étudiée en se basant sur une architecture qui regroupe le protocole de signalisation SIP et le protocole de transport du multimédia sur IMS Real-time Transport Protocol (RTP).

**Chapitre 3 : Connectivité
transparente pour
l'approvisionnement multimédia
adaptatif sur un réseau IP
Multimédia Subsystem compatible
pair à pair**

III.1 Introduction

Nous commencerons ce chapitre par une présentation de notre architecture d'adaptation de la qualité du codage vidéo évolutif sur le réseau IMS Peer to Peer basé sur la coexistence entre le réseau IMS et le réseau Pair à Pair (P2P), tout en détaillant l'amélioration architecturale à effectuer sur ce réseau pour qu'il soit compatible avec le réseau P2P, en énumérant les caractéristiques du réseau IMS P2P et la nécessité de son utilisation, une bref présentation du Streaming vidéo dans le réseau IMS P2P a été introduite.

Par la suite, nous suggérerons une extension d'un modèle d'adaptation de la qualité vidéo à base du codage évolutif SVC dans une architecture Pair à Pair hétérogène qui sera évaluée sur le simulateur NS2, puis nous évaluerons la simulation de notre modèle d'adaptation de la qualité à base des métriques de la qualité de service (délai de transmission des paquets, Gigue, PLR (Packets loss Rate)) et des métriques objectives de la qualité d'expérience (PSNR (Peak Signal Noise to Ratio), VQM). Enfin nous concluons ce chapitre.

Notre modèle est évalué et comparé au module d'Adaptation de Qualité Initiale (Initial Quality Adaptation, IQA) [24]. Il est évalué par les métriques de la qualité de service (QoS) et à la métrique de la qualité d'expérience objective (la métrique PSNR) à l'aide des simulateurs NS2 [15] et JSVM [25].

III.1.1 Spécification de la normalisation du réseau IMS pour la compatibilité avec le réseau pair à pair (IMS P2P)

Des spécifications techniques ont été introduite par le standard 3GPP sur le réseau IMS à respecter pour permettre au réseau IMS de supporter la distribution du contenu vidéo à base du système Peer to Peer [26], ces spécifications concerne le niveau architectural, tels que déjà présenté dans l'introduction générale.

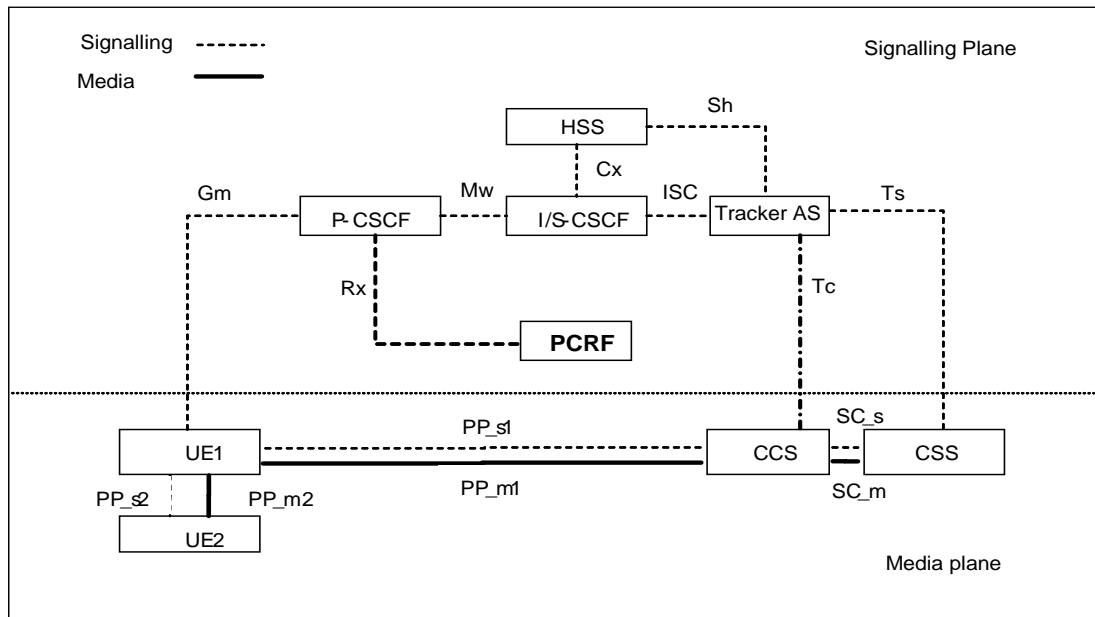


Figure III 1:Etude de faisabilité sur les services de distribution de contenu pair à pair basés sur le sous-système multimédia IP (IMS) [2]

Comme le montre la figure III.1, l'architecture est composée de deux plans, plan de signalisation et plan de media.

Le plan de signalisation gère le flux signalisation traversant le réseau, et le plan média gère le flux de données traversant le réseau.

On va présenter brièvement les entités fonctionnelles et les interfaces de cette architecture.

➤ **Entités fonctionnelle :**

P-CSCF, I-CSCF, S-CSCF et **HSS** sont présenté dans les précédents chapitres.

PCRF : est un médiateur des ressources réseau pour le réseau IMS pour allouer la bande passante demandée avec des attributs configurés, cela permet d'offrir des services différenciés en tenant en compte de la facturation. Dans le contexte de la téléphonie, il permet de prioriser les appels vers les numéros d'urgence dans les réseaux de prochaine génération.

L'utilisateur est considéré comme un utilisateur pair s'il est utilisé pour fournir des applications IMS P2P CDS (Service de distribution de contenu) à l'utilisateur.

CSS (Serveur de source de contenu) : Le CSS fournit des segments de contenu et exécute la segmentation de contenu, il peut également exécuter le codage et le transcodage de contenu.

CCS (Serveur de cache de contenu) : CCS met en cache le contenu et / ou les segments de contenu et les fournit aux UE IMS P2P sous la direction du Tracker.

Serveur « **Tracker** » : Le serveur Tracker est un serveur d'application IMS qui exécute également les fonctionnalités de Tracker. Ces fonctionnalités sont :

- Enregistre une liste des pairs et la met à jour en fonction de l'activité des pairs.
- Enregistre et maintient l'index des contenus / segments de contenu et l'endroit où les contenus / segments de contenu sont mis en cache.
- Liste des pairs au cas il est demandé par un pair.
- Dirige la procédure de pré-distribution des contenus / segments de contenus du CSS vers les CCS.

➤ **Interfaces**

Gm, Mw, ISC : Ce sont des interfaces SIP qui sont utilisées par les pairs pour les objectifs suivants :

- Le pair envoie un identifiant de contenu au Tracker pour récupérer une liste de pairs via ces interfaces.
- Le Tracker collecte un ensemble d'informations à partir des pairs via cette interface, comme l'index des contenus / segments de contenu mis en cache dans ce pair, le type d'accès, les conditions de trafic, l'emplacement, les capacités et la charge de travail de ce pair.

PP_s1 : est une interface entre un pair et CCS principalement pour l'échange de bitmap.

PP_m1 : est une interface entre un pair et le CCS pour le transfert de données multimédia.

PP_s2 : est une interface entre un pair et un autre pair, utilisée principalement pour l'échange de bitmap.

PP_m2 : est une interface entre un pair et un autre pour le transfert de données multimédia.

Tc : est une interface entre le Tracker et le CCS. Le Tracker collecte un ensemble d'informations à partir du CCS via cette interface, comme l'index des contenus / segments de contenu mis en cache dans ce CCS, l'emplacement, la charge de travail et la bande passante agrégée de ce CCS.

Ts : est une interface entre le Tracker et le CSS. Le CSS enregistre la source de contenu dans le Tracker pour créer des essais (swarm) correspondants. Le Tracker demande au CSS de distribuer le contenu / segments de contenu aux CCS.

SC_s : SC_s est une interface entre le CCS et le CSS principalement pour l'échange de messages pour l'acquisition de contenu.

SC_m : est une interface entre le CCS et le CSS principalement pour la transmission multimédia.

Rx : est une interface entre P-CSCF et PCRF. Il permet le transport des informations de session de niveau application.

➤ *Flux de messages*

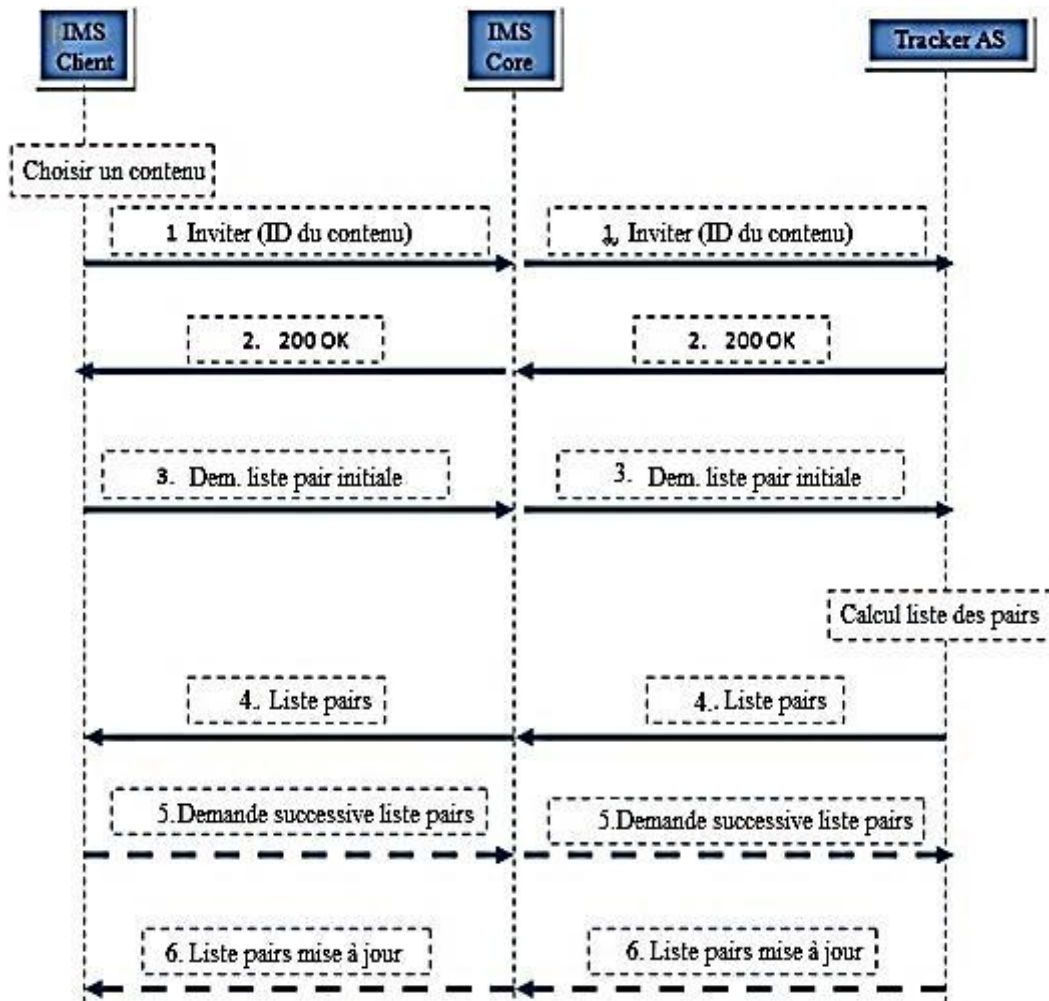


Figure III 2: Procédure d'établissement communication client tracker

Comme le montre la figure III.2, après que l'utilisateur a choisi le contenu d'un site Web portail géré par le système P2P IMS, un identifiant de contenu est attribué puis envoyé du client P2P IMS au Tracker (Tracker Server) acheminés par un message INTIVTE, via des entités IMS : P-CSCF, SCSCF.

Ensuite, le Tracker répond par le message 200 OK si l'utilisateur P2P IMS est autorisé de recevoir le service P2P demandé. Après que l'utilisateur P2P IMS a reçu un message de confirmation, il envoie une demande au Tracker pour lui demander la liste des pairs via le

réseau IMS, et le Tracker calcule une liste des pairs et la renvoie ensuite à l'utilisateur P2P IMS. L'utilisateur P2P IMS peut demander à nouveau une liste des pairs si certains pairs deviennent inaccessibles.

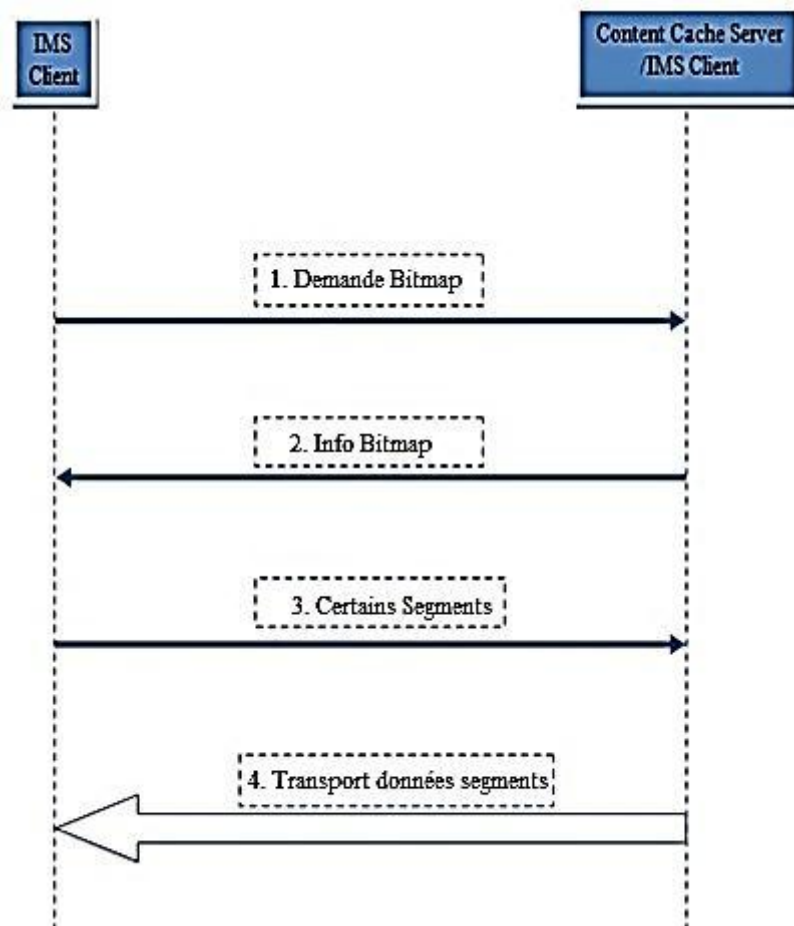


Figure III 3: procédure de transmission des médias

Comme le montre la figure III.3, l'utilisateur, après avoir obtenu une liste des pairs du Tracker, il doit demander un bitmap (Requête contenant une description des parties du contenu stockées dans un pair utilisateur ou un server) à chaque pair de la liste des pairs et ensuite, il décide selon un certain algorithme, à partir du quel CCS (Serveur de cache de contenu) ou d'autres pairs, il doit acquérir les segments de contenu. Après ça, l'utilisateur sélectionne un nombre des pairs dont il doit récupérer les segments de contenu, et après commence à télécharger le contenu.

III.2 Streaming vidéo dans le réseau IMS P2P

III.2.1 Présentation

Le streaming P2P assure l'évolutivité avec la demande existante, en s'appuyant sur l'équipement de l'utilisateur pour contribuer sa bande passante de téléchargement. Par conséquent, il représente un rapport coût-efficacité alternatif au paradigme client-serveur ou à des architectures plus évolutives.

L'objectif du protocole de streaming vidéo dans le réseau P2P IMS est de servir de technologie habilitante, en tirant parti des expériences de développement des systèmes de streaming P2P existants. Sa conception lui permettra de s'intégrer aux protocoles IETF sur la localisation des ressources distribuées, la localisation du trafic, le contrôle du streaming et les mécanismes de transfert de données pour créer un système de streaming complet ou une infrastructure de streaming.

Le streaming dans le réseau P2P IMS utilise souvent un protocole orienté données dans lequel, chaque pair annonce périodiquement à ses voisins les blocs dont il dispose. La diffusion en continu sur ce réseau réduit les coûts d'infrastructure en exploitant les clients pour rendre le contenu disponible et en évitant de mettre en place des structures importantes.

III.2.2 Problématique

Une étude de faisabilité sur les services de distribution de contenu Pair à Pair basés sur le réseau IMS a été approuvée par le standard 3GPP, et aujourd'hui, le réseau IMS est devenu compatible avec l'architecture Pair à Pair, qui à travers sa propriété d'auto-organisation peut résoudre les problèmes de l'architecture client-serveur du réseau IMS, cités dans l'introduction générale.

Cependant le réseau P2P IMS doit faire face au problème des exigences posées par le streaming vidéo, car le streaming vidéo nécessite un coût élevé en termes de performances des équipements et de bande passante nécessaire pour une meilleure qualité.

Dans ce chapitre, nous nous intéressons à deux exigences posées par le streaming vidéo. Selon la première exigence, une continuité du service vidéo doit être assurée pour le cas du changement du réseau par un pair d'un réseau à un autre alors que d'après la deuxième, un minimum de ressources statiques pour des terminaux hétérogènes est requis pour la lecture de la vidéo.

Pour résoudre le premier problème, nous avons bénéficié d'une amélioration effectuée sur le réseau IMS, c'est que depuis la version 7, IMS prend en charge les utilisateurs avec plusieurs accès et facilite le transfert de session IMS entre les réseaux d'accès. Cette solution peut être efficace pour le changement du réseau d'accès par un pair pendant l'opération du streaming vidéo.

Pour régler le deuxième problème, une utilisation du codage évolutif (avec scalabilité), peut être efficace, puisqu'il présente trois types de scalabilité (spatiale en relation avec la résolution, temporelle en relation avec le taux de frames et qualitatif en relation avec la qualité des images). En bénéficiant de l'architecture évolutive et multicouche de ce type de codage, nous pouvons adapter la qualité de la vidéo aux ressources statiques des pairs puisque ce codage permet d'offrir plusieurs sous-flux avec des débits différents suivant la bande passante disponible pour le pair. Il permet aussi d'offrir la séquence vidéo avec plusieurs résolutions en fonction de la résolution de l'écran du pair. A noter en outre que le type de codage considéré présente aussi l'avantage d'offrir des séquences vidéo avec une qualité proportionnelle suivant la puissance de calcul des pairs (performance de la CPU, Central Processing Unit).

III.3 Travaux antérieurs

Il existe dans la littérature plusieurs recherches concernant le streaming vidéo en général et le réseau P2P IMS en particulier, comme dans les travaux en [27] et [4]. Cependant, de telles recherches ne prennent pas en considération toutes les exigences de la qualité et les exigences posées par le réseau P2P IMS tels que le changement du réseau d'accès ou les exigences posées par l'hétérogénéité des terminaux car, aujourd'hui, il y a une multitude de terminaux multimédia avec des performances différentes. A cet égard, nous nous concentrerons sur les approches suivantes :

En 2009, Bikfalvi et al ont proposé dans [27], Nozzila, un service de diffusion vidéo en continu de Pair à Pair sur le réseau IMS pouvant être utilisé par les fournisseurs de services IPTV. Nozzila utilise des ponts résidentiels pour créer une superposition en continu mettant en œuvre la bande passante restante ou fixe. Notons que Nozzila profite aussi de la qualité de service et de la réservation de ressources fournies par les réseaux NGN pour supporter un streaming avec description multiple qui améliore la qualité perçue en cas de pannes temporaires. Mais les auteurs de l'étude en [27] se basent seulement dans leur approche sur les passerelles résidentielles (RGW), sans tenir compte des terminaux mobiles qui peuvent

être utilisés pour accéder à l'application IPTV proposée et qui peuvent changer leurs réseaux d'accès d'un réseau à un autre durant l'accès à l'application IPTV.

En [2014], l'approche de Rizk et al dans [4] est de proposer un cadre d'évaluation des performances de diffusion en continu, adaptatif et basé sur le codage SVC. Il convient de noter à cet égard que les auteurs en [4] ont évalué les métriques PLR et FLR en fonction du temps. Il est vrai que leur contribution s'est basée sur l'adaptation de la qualité de la vidéo et s'est basée aussi sur le changement du taux de téléchargement de la qualité sélectionnée, mais ces auteurs n'ont pas pris en considération les autres adaptations offertes par SVC telles que l'adaptation spatiale et l'adaptation temporelle. De plus, les auteurs ici concernés n'ont pas évalué leur Framework dans une architecture Peer to Peer.

Dans [28], Lin et al ont proposé en 2012, l'étude et la conception d'une nouvelle infrastructure de réseau de diffusion de contenu, PeerMob, fusionnant la technologie Peer-to-Peer avec IMS, offrant à IMS l'évolutivité, la fiabilité ainsi que les fonctionnalités d'efficacité offertes par l'architecture P2P décentralisée. De même, ces auteurs placent le système P2P IMS dans des conditions de réseau réelles et suivant une simulation éprouvante pour évaluer les performances du système P2P IMS. Toutefois, les auteurs de [28] se sont intéressés essentiellement dans leur étude au paramètre de taux de désabonnement des pairs (churn rate) pour évaluer la fiabilité de leur infrastructure sans cependant tenir compte du cas de l'hétérogénéité des terminaux pour le téléchargement du contenu requis, et ce afin d'adapter le contenu aux performances des pairs pour éviter que le contenu téléchargé ne soit incompatible avec les performances des pairs. Il y a lieu de noter en clôture de nos appréciations portant sur [28] que les auteurs ici concernés n'ont pas pris en compte dans leur infrastructure le transfert de session proposé par le réseau IMS.

Dans [29], Radovanovic et al ont proposé en 2008, des communautés virtuelles (VC) dans le réseau IMS et ces communautés virtuelles offrent la possibilité de partager le service entre les utilisateurs finaux du réseau P2P mobile et leur permettent de contrôler le partage, mais ces auteurs ont intégré essentiellement la qualité de service dans les communautés virtuelles proposées par leur infrastructure sans cependant tenir compte ni de la qualité de l'expérience de l'utilisateur, ni de l'hétérogénéité des pairs pour adapter la qualité du contenu aux performances des pairs.

Dans [30], Khan et al ont proposé en 2011, une nouvelle logique à caractère flou et basée sur un débit binaire émetteur (SBR) dans le schéma d'adaptation au pré-encodage. C'est une

étape axée sur la qualité de l'expérience (QoE) pour les applications vidéo. D'une part, le schéma d'adaptation du QoE a été évalué dans le NS2 pour permettre une simulation approfondie. D'autre part, les auteurs ont mis en œuvre le schéma proposé dans un banc d'essai IMS basé sur Android, sans prendre en compte des avancées du codec H.264 / SVC dans leur schéma d'adaptation.

En 2007, Antoniou et al ont conçu dans [31], un nouveau mécanisme de rétroaction et un algorithme de décision flou qui fournit une vidéo adaptée aux paramètres du réseau. Néanmoins, ils n'ont pas considéré le taux de codage initial - optimal de la vidéo.

Dans [32], Hayashi et al ont proposé en 2006, un modèle basé sur l'estimation de la qualité des services de streaming vidéo avec le contrôle dynamique du débit binaire. Leur modèle d'estimation considère la perception de l'utilisateur dans trois domaines, où la dégradation de la qualité est élevée, l'impression de qualité passée et la durée de dégradation. Cependant, ces auteurs n'ont pas pris en compte les paramètres objectifs de la qualité d'expérience (oQoE) dans leur modèle.

Dans [33], Papadimitriou et al ont proposé en 2007, un nouveau protocole de streaming, nommé Contrôle dynamique du débit vidéo (Dynamic Video Rate Control) (DVRC) qui permet une adaptation de la diffusion vidéo sur Internet. Le schéma de contrôle du taux de débit proposé est basé sur le retour de l'information de la congestion du réseau. Le schéma réagit à la congestion du réseau. Par contre, ces auteurs n'ont pas considéré la QoE dans leur schéma.

En 2008, Zhai et al ont proposé dans [34], un algorithme d'adaptation qui adapte dynamiquement la combinaison tridimensionnelle (spatiale, temporelle et SNR) de la vidéo évolutive aux conditions dynamiques du réseau sans fil et aux équipements sans fil hétérogènes.

En 2007, Garudadr et al, ont présenté dans [35] et [36], une adaptation basée sur une technique qui peut améliorer le service du Packet Switched Video Telephony (PSVT) dans les réseaux sans fil du réseau 3G de même qu'elle peut permettre de mieux contrôler la congestion des canaux de transport UMTS.

En 2003, Camarillo et al ont considéré dans [37], le service de présence (PS) dans leur travail, puis ils ont proposé leur solution en introduisant un composant clé appelé module d'optimisation inter-domaines (IOM) pour être déployé sur chaque domaine IMS, et ce afin

qu'il puisse interagir avec les PS pour mettre en œuvre l'optimisation PS ensemble, avec QoS différenciée. Néanmoins, ils n'ont pas pris en compte la QoE de l'utilisateur.

Bien que les approches ci-dessus permettent la mise en place des infrastructures pour la diffusion des services multimédia pour un réseau IMS P2P ou un réseau ordinaire, notre architecture a pour objectif non seulement la mise en place de l'infrastructure IMS P2P pour le streaming vidéo mais aussi a pour but d'assurer la continuité de service avec le changement de la technologie d'accès et de permettre ainsi l'adaptation de la qualité vidéo pour un réseau hétérogène des pairs ayant des performances différentes.

III.4 Architecture du streaming P2P sur IMS implémenté

III.4.1 Continuité de service

La continuité de service est un élément important dans les réseaux de la nouvelle génération ayant la capacité de gérer les communications mobiles, et garantissant la convergence réseau, avec la coexistence de différentes technologies d'accès au réseau et l'émergence de dispositifs mobiles avec plusieurs interfaces réseau.

Les opérateurs doivent maintenir la communication en cours lorsque les clients se déplacent entre des réseaux hétérogènes. Des services en temps réel dans des réseaux hétérogènes comme l'IPTV ou la voix sur IP sont largement proposés par les opérateurs pour lesquels la continuité de service doit être garantie, par exemple lorsque l'application se déroule pendant un certain temps comme le cas de téléchargement de fichier ou le streaming, la continuité du service est alors obligatoire sinon le service s'arrêtera.

Deux défis sont à relever pour assurer la continuité de service, la mobilité de session et la mobilité de terminal. Bien que ces deux mécanismes aient le même but qui est d'assurer la continuité de service lors du changement de terminal ou de réseau d'accès, chaque technique a ses propres défis et contraintes.

D'une part, résoudre le problème de continuité de service permettra aux opérateurs de diversifier leur réseau d'accès et de profiter d'une infrastructure à faible coût tout en conservant le même niveau de QoS.

D'autre part, les opérateurs accorderont plus de flexibilité aux utilisateurs pour choisir leur réseau préféré ou même transporter la session en cours vers un autre terminal ayant une meilleure capacité de matériel.

L'utilisateur ne sera pas affecté par un délai de transfert élevé en cas de téléchargement de fichier, car le résultat ne sera perceptible qu'à la fin du téléchargement. Au contraire, tout retard excessif dans la réalisation de l'opération de transfert requise affectera la qualité du délai sensible des applications comme le streaming vidéo.

Il existe plusieurs questions liées au streaming Peer to Peer qui doivent être prises en compte dans n'importe quelle architecture de streaming vidéo Peer to Peer, parmi lesquelles il y a la gestion des pairs avec multiples interfaces.

Depuis la version 7, IMS prend en charge les UE avec plusieurs accès et facilite le transfert de session IMS entre les réseaux d'accès. Lors du changement de type d'accès, soit en raison d'un transfert, soit en raison d'une perte de connectivité, l'adresse IP de l'UE est également modifiée.

Comme le montrera la figure III. 4 [2], le changement de l'adresse IP d'un Peer 1 de IP1 à IP2 a un impact négatif sur la communication Pair-Tracker de même que sur la communication Pair à Pair. Si Peer 2 n'a pas mis à jour la modification de l'adresse IP de Peer, et dans le cas où Peer 2 envoie des segments de contenu à Peer 1, il peut envoyer des données de manière incorrecte à IP1.

De plus, le Tracker AS peut envoyer des listes de pairs contenant des données incorrectes ou corrompues sur les pairs disponibles. Si l'adresse IP de Peer 1 est modifiée, il se peut qu'il ne reçoive plus de mises à jour du Tracker AS.

Ces effets peuvent être atténués par un UE mettant à jour le Tracker AS et d'autres pairs des changements d'adresse IP.

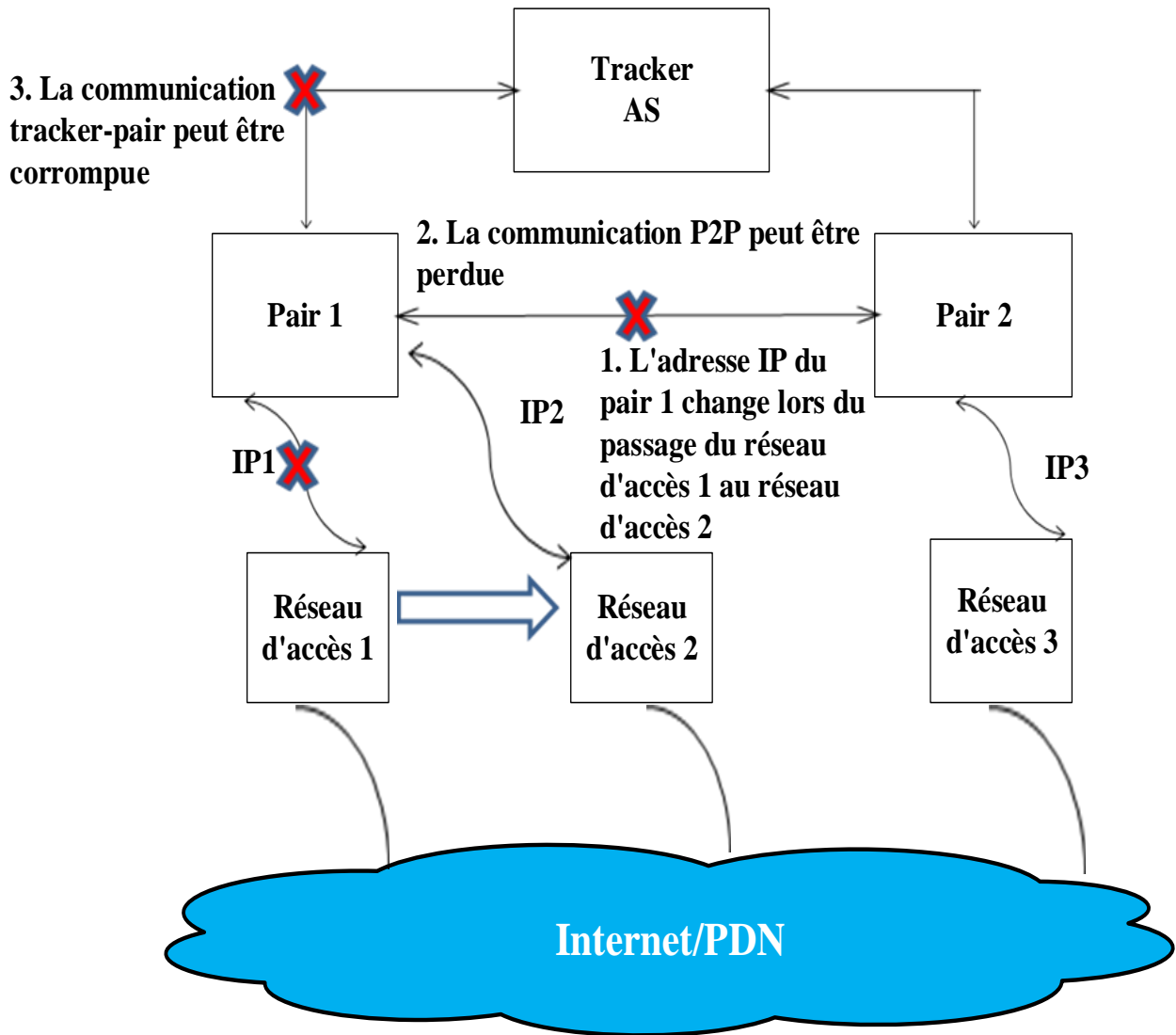


Figure III 4: Schéma décrivant le problème traité dans ce chapitre

Comme il apparaît dans la figure III.4, le pair peut dans certains cas changer le réseau d'accès en raison d'un transfert ou d'une perte de connectivité, et ce changement influence la relation Pair-Tracker et Pair-Pair.

Nous avons effectué plusieurs tests de validation que nous allons traiter dans la partie Simulation.

L'architecture que nous avons implémentée prend en considération la problématique traitée dans [2]. Cette architecture est présentée dans la figure ci-dessous :

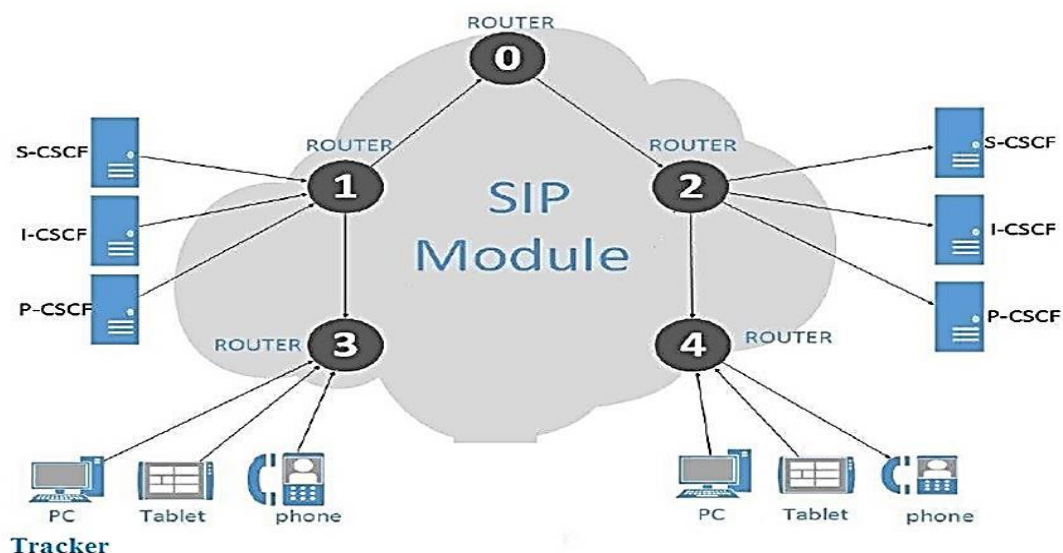


Figure III 5: Architecture P2P IMS implémentée

Le premier objectif de notre architecture est d’assurer la continuité de service dans le réseau Peer to Peer IMS (P2P IMS) implémenté. C’est au niveau du serveur « tracker » qui est un composant du réseau IMS que nous gérons la partie de continuité de service. Ce serveur est responsable de gérer la liste des pairs en tenant à jour cette liste contenant les noms des pairs et leurs adresses IP. Si par exemple, un pair change son adresse IP à cause du changement de la technologie d’accès, le serveur « tracker » prendra en compte ce changement et mettra à jour la liste des pairs sans interruption du processus de téléchargement.

III.4.2 Modèle d’adaptation

Plusieurs facteurs imposent que le streaming vidéo sur les réseaux P2P soit adaptatif, et ce depuis le type de connexion entre les pairs jusqu’au paramètre dynamique des nœuds. Ainsi, le streaming vidéo doit être aussi sensible à n’importe quelle transformation subie sur le réseau pair à pair.

Plusieurs changements peuvent être constatés sur le réseau pair à pair comme au niveau des caractéristiques physiques du système (taille du réseau) et des caractéristiques sémantiques (en relation avec le codage évolutif).

L’architecture sophistiquée de la norme H.264 / SVC est spécialement conçue pour augmenter les capacités de Codec tout en offrant une solution de codeur flexible qui prend en charge trois différentes scalabilités : temporelle, spatiale et SNR.

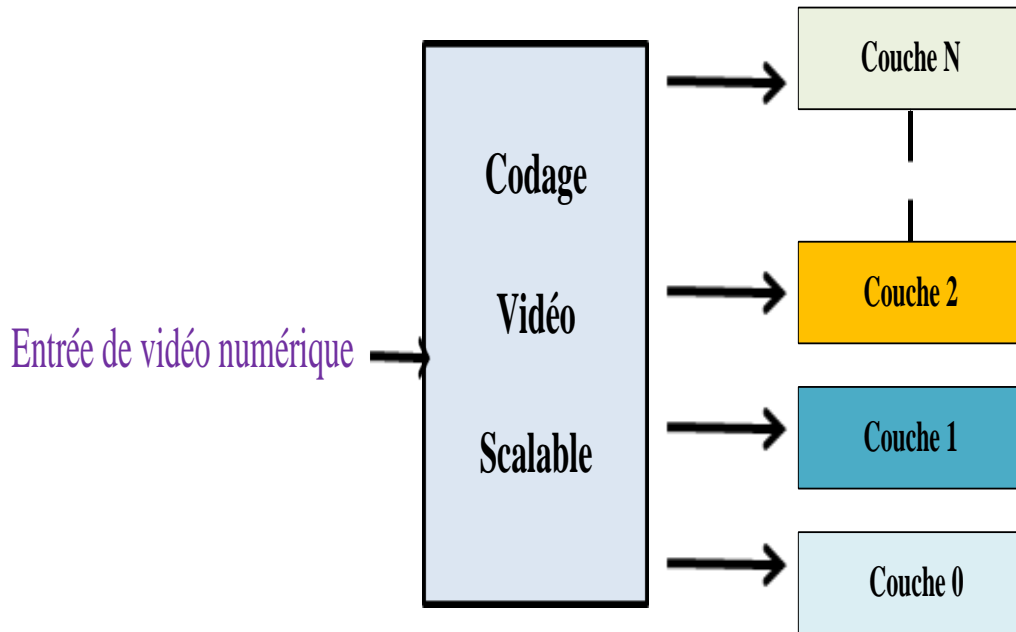


Figure III 6: Principe de codage SVC

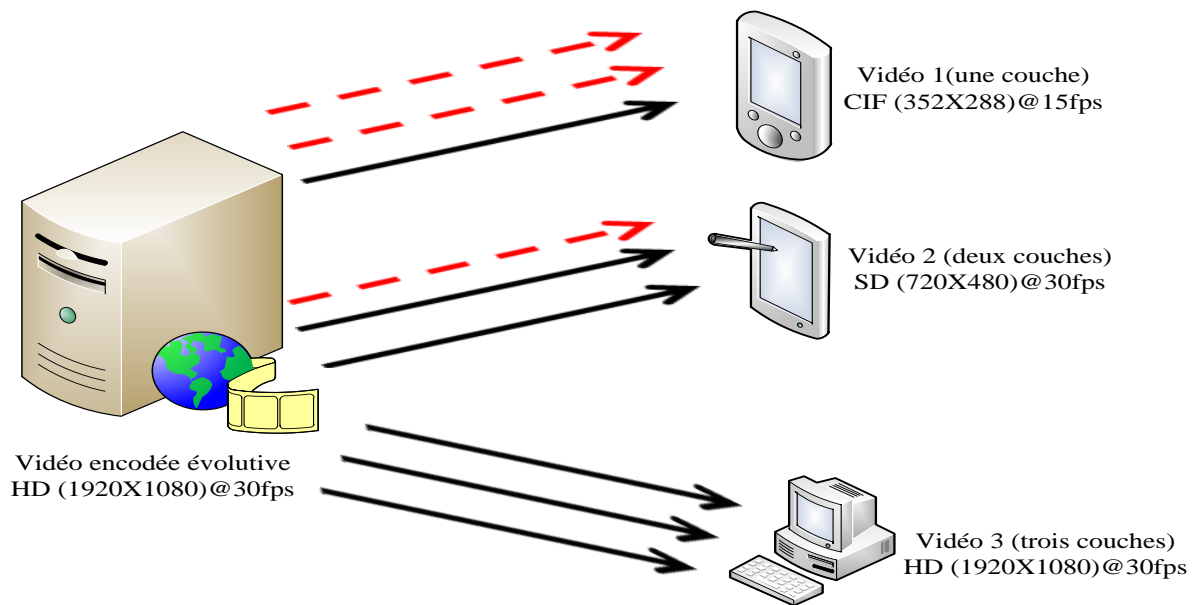


Figure III 7: Adaptation dans le codage vidéo évolutif

➤ *Scalabilité Spatiale*

La résolution spatiale s’exprime en plusieurs formats vidéo connus comme :

| Format | Résolution en pixel |
|--------|---------------------|
| SQCIF | 128 X 96 |
| QCIF | 176 X 144 |
| CIF | 352 X 288 |
| 4CIF | 704 X 576 |
| 9CIF | 1056 X 864 |
| 16CIF | 1408 X 1152 |

Tableau III 1: Différentes résolutions spatiales

➤ *Scalabilité Temporelle*

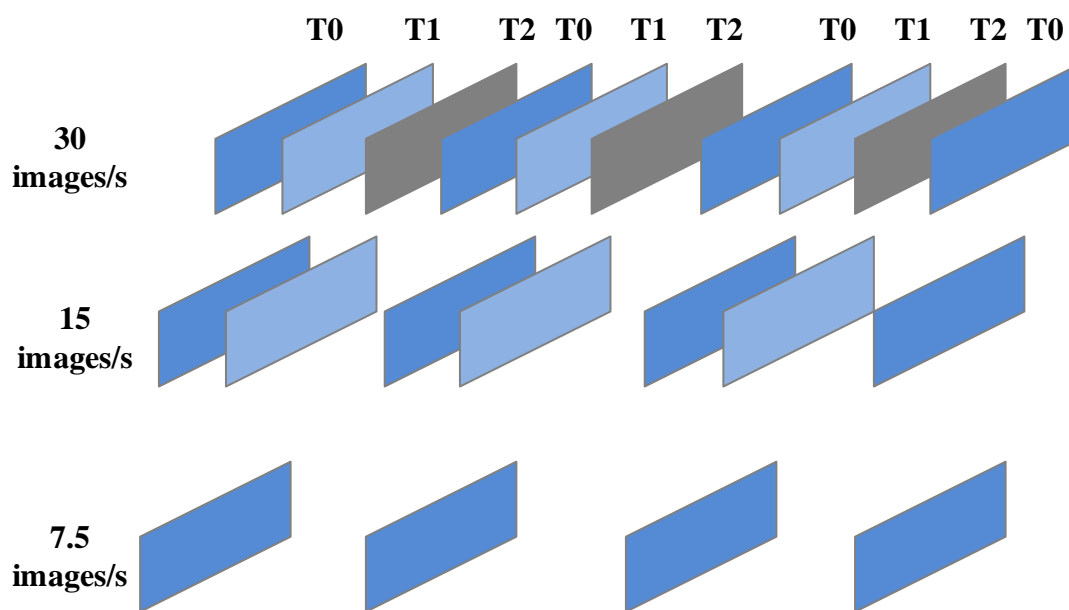


Figure III 8: Scalabilité Temporelle

Le deuxième objectif de notre architecture est l’adaptation de la qualité de la vidéo diffusée dans un réseau Pair à Pair composé de plusieurs clients hétérogènes ayant des performances qui varient selon les différents types de terminaux connectés au réseau. Et cette adaptation consiste à bénéficier du codage évolutif (SVC : Scalable Video Coding) qui permet de fournir plusieurs sous-flux de la séquence vidéo avec différentes combinaisons de la résolution, débits et qualité des images (SNR).

Le modèle d’adaptation de la qualité de la vidéo qui vise à rassembler les préférences des pairs et leurs performances avec les couches SVC a pour finalité d’offrir le niveau maximum de qualité aux pairs, à travers plusieurs types d’adaptation.

Ce modèle assure aussi une continuité de service dans un réseau IMS P2P en tenant compte de la configuration réseau du pair (adresse IP).

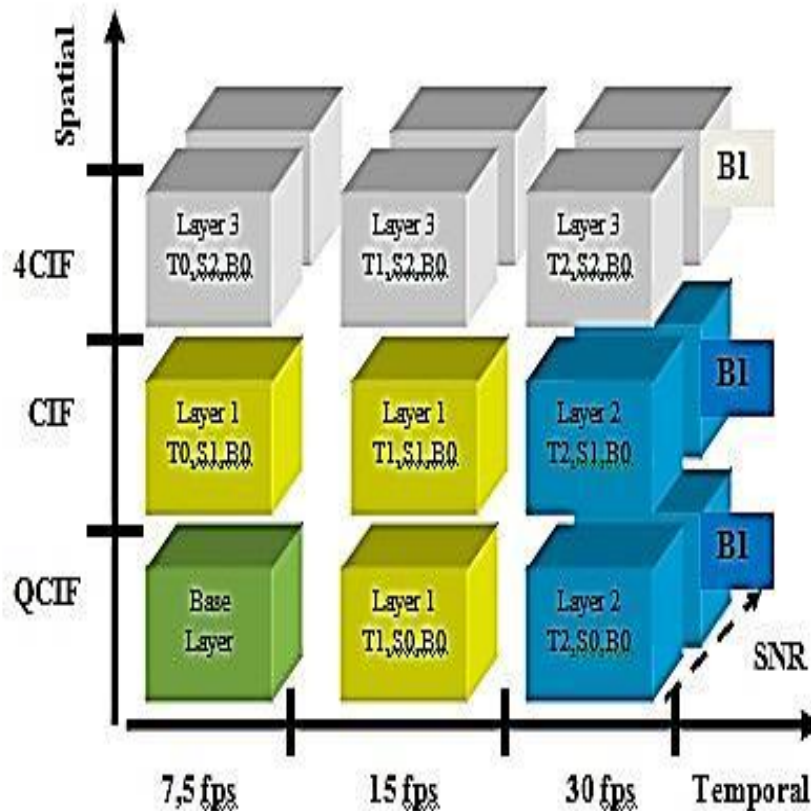


Figure III 9: Flux binaire avec couches spatiales, temporelles et qualitatives

Le logiciel de référence JSVM (Joint Scalable Video Model) qui implémente les fonctionnalités du codage H.264 / SVC est un algorithme qui a été choisi pour des expériences préliminaires. Bien que ce logiciel ne soit pas optimisé, il peut implémenter toutes les fonctionnalités définies pour la norme H.264 et pour l'extension SVC associée, lesquelles sont détaillées dans [38]. Fondamentalement, SVC permet de décoder uniquement certaines parties sélectionnées du flux binaire compressé et entrant. La figure III. 6 illustre le processus de codage / décodage. Tout d'abord, le flux vidéo d'entrée brut est codé pour obtenir un train de bits compressé. Au moment du codage, SVC permet le codage de la vidéo d'entrée avec les combinaisons de différents taux temporels, résolutions spatiales et pas de quantification. A la sortie du codeur qui est l'entrée du train de bits qui contient plusieurs couches est divisée en partiel de vidéo qui sont envoyés au décodeur via un support de

communication Avant de décoder le partiel sélectionné de trains de bits qui sont extraits du train de bits initial. Enfin, seuls les flux binaires partiels sélectionnés sont décodés, tandis que la commutation entre les couches est possible dans certains cas.

L’objectif est d’effectuer la configuration requise dans JSVM pour activer le mode d’évolutivité de la vidéo de test utilisée " Stefan".

| Séquence vidéo | Format CIF | Nombre de frames | Nombre de couches |
|----------------|------------|------------------|-------------------|
| Stefan | 352x288 | 90 | 2 |

Tableau III . 2: Test de séquence

| | |
|--|---------|
| Nombre de couches | 2 |
| Résolution de la couche de base et de la couche d’amélioration | 352x288 |
| Images codées | 90 |
| Taille GOP | 8 |
| Taux des images | 30 |
| Paramètre de quantification | 36 ; 34 |
| Type de codage | MGS |

Tableau III 3: Paramètres de codage

| Fichier de configuration | Les paramètres | Valeurs |
|--------------------------|--------------------------------|---------|
| Main.cfg | Fréquence d’images | 30 |
| | Images à encoder | 90 |
| | Taille GOP | 8 |
| | Nombre de couches | 2 |
| Layer0.cfg | Largeur de la source | 352 |
| | Hauteur de la source | 288 |
| | Fréquence d’images à l’entrée | 30 |
| | Fréquence d’images à la sortie | 30 |
| | Paramètre de quantification | 36 |
| Layer1.cfg | Largeur de la source | 352 |
| | Hauteur de la source | 288 |
| | Fréquence d’images à l’entrée | 30 |
| | Fréquence d’images à la sortie | 30 |
| | Paramètre de quantification | 34 |

Tableau III. 4: Configuration des paramètres de la vidéo SVC

| Sous- couche | (Did,Tid,Qid) | Fréquence d’images | Débit Binaire |
|--------------|---------------|--------------------|---------------|
| 0 | (0,0,0) | 3.75 | 381.80 |
| 1 | (0,1,0) | 7.5 | 450.30 |
| 2 | (0,2,0) | 15 | 520.80 |
| 3 | (0,3,0) | 30 | 590.90 |
| 4 | (0,0,1) | 3.75 | 498.00 |
| 5 | (0,1,1) | 7.5 | 610.40 |
| 6 | (0,2,1) | 15 | 734.10 |
| 7 | (0,3,1) | 30 | 859.60 |

Tableau III 5: Structure vidéos SVC avec les niveaux de qualités respectives

| Séquence sous-couche | (Did,Tid,Qid) | N° sous-couche |
|----------------------|---------------|----------------|
| 0 | (0,0,0) | 0 |
| 1 | (0,0,0) | 0 |
| | (0,1,0) | 1 |
| 2 | (0,0,0) | 0 |
| | (0,1,0) | 1 |
| | (0,2,0) | 2 |
| 3 | (0,0,0) | 0 |
| | (0,1,0) | 1 |
| | (0,2,0) | 2 |
| 4 | (0,3,0) | 3 |
| | (0,0,0) | 0 |
| | (0,0,1) | 4 |
| 5 | (0,0,0) | 0 |
| | (0,1,0) | 1 |
| | (0,0,1) | 4 |
| 6 | (0,0,0) | 0 |
| | (0,1,0) | 1 |
| | (0,2,0) | 2 |
| | (0,0,1) | 4 |
| | (0,2,1) | 6 |
| 7 | (0,0,0) | 0 |
| | (0,1,0) | 1 |
| | (0,2,0) | 2 |
| | (0,3,0) | 3 |
| | (0,0,1) | 4 |
| | (0,2,1) | 6 |

Tableau III. 6: Présentation de la scalabilité de différentes couches

Le modèle d’adaptation est présenté dans la figure III.11.

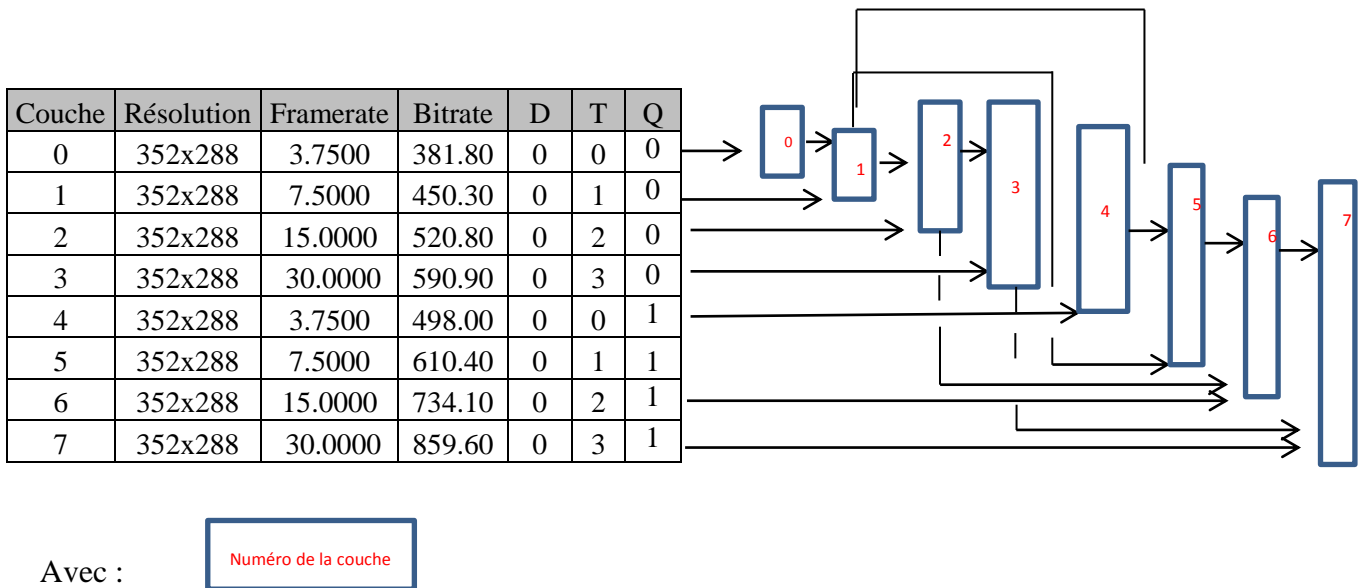


Figure III.10: Combinaisons entre les différentes couches de la séquence vidéo

La figure ci-dessus présente les combinaisons entre les différentes couches de la séquence vidéo ,par exemple, la couche 1 contient les cadres (frames) qui appartiennent à la couche 0 et les cadres qui appartiennent à la couche 1. De même, la couche 4 comprend les cadres (frames) qui appartiennent à la couche 0 et ceux qui relèvent de la couche 4.

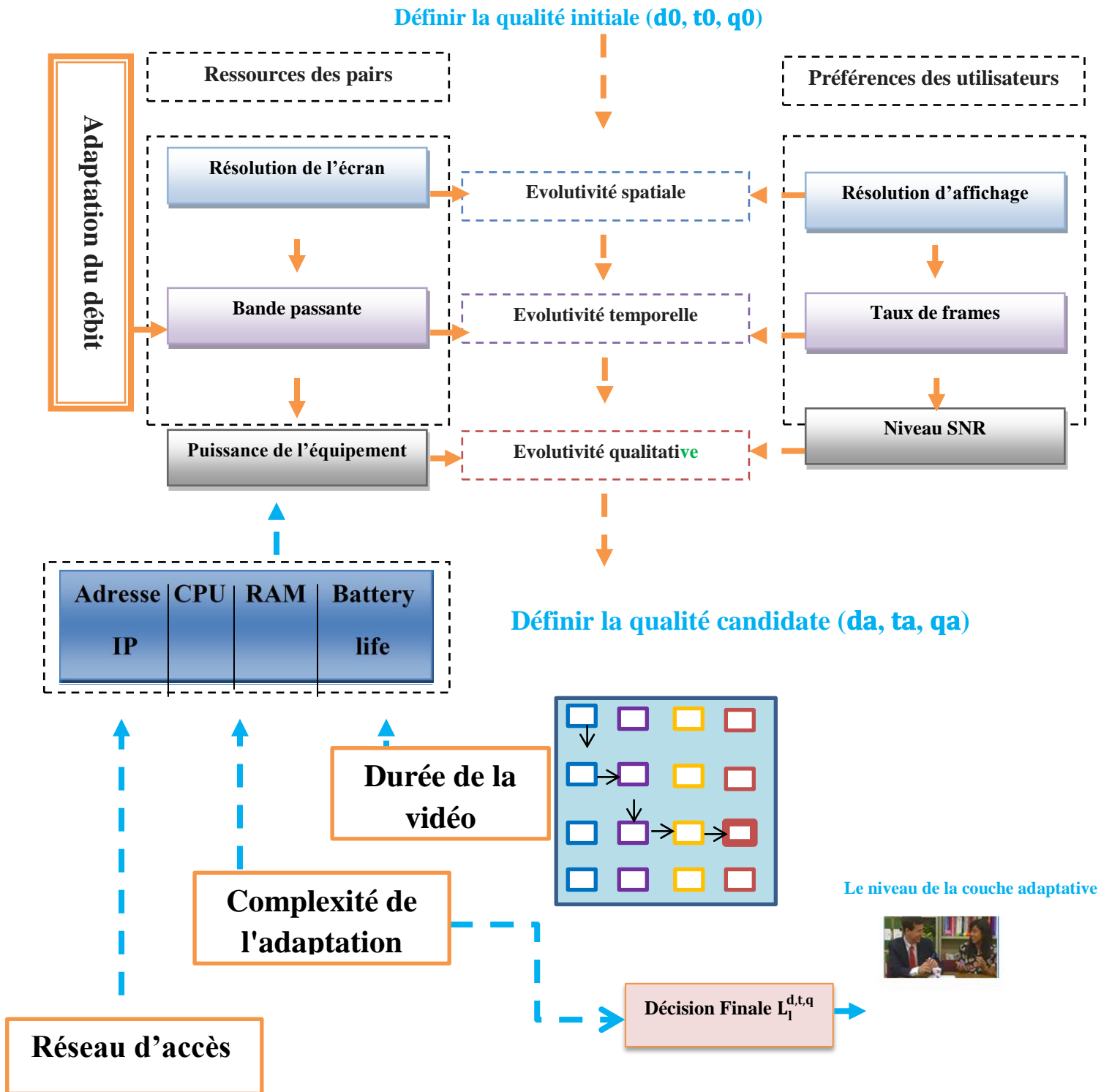


Figure III.11: Schéma du modèle d'adaptation

Le modèle proposé et présenté dans la figure III.11 est un modèle étendu du modèle [39] qui permet tout d’abord une adaptation spatiale qui coïncide avec la résolution de la lecture de la vidéo de même qu’avec la résolution de l’écran du pair. Cette adaptation sélectionne le niveau SVC ayant la résolution adéquate.

Si nous avons, par exemple, une séquence vidéo codée avec le codage SVC ayant 8 couches à la sortie du codeur, nous aurons les identifiants des couches suivants :

| |
|------------|
| (D0,T0,Q0) |
| (D1,T1,Q1) |
| (D2,T2,Q2) |
| (D3,T3,Q3) |
| (D4,T4,Q4) |
| (D5,T5,Q5) |
| (D6,T6,Q6) |
| (D8,T8,Q8) |

Tableau III.7: Différents niveaux de la qualité

Avec D = résolution d’affichage de la séquence vidéo, T = Fréquence d’images de la séquence vidéo ; Q = Niveau de la qualité de la séquence vidéo.

L’objectif est de définir la qualité adéquate (D, T, Q) parmi les combinaisons présentées ci-dessus.

L’idée principale du modèle existant est de faire une comparaison entre les exigences de chaque couche du flux vidéo avec les ressources statiques locales d’un pair. Il permet ainsi d’obtenir les ressources et les exigences actuelles des pairs afin de les faire correspondre avec la qualité attendue. A noter que ce modèle gère principalement les paramètres statiques tels que la résolution d’écran, la bande passante et la puissance de l’appareil actuellement disponible (CPU, RAM, autonomie de la batterie) de même qu’il prend en charge les préférences de l’utilisateur (résolution d’écran, fréquence d’images, niveau PSNR). Ce modèle vise également à définir la qualité adéquate (d = dimensionnelle, t = temporelle,

qualitative) selon les performances de l'utilisateur. Aussi, un premier niveau de qualité défini avec les paramètres de niveau de qualité de la couche de base d_0 , t_0 et q_0 est d'abord obtenu. L'extension du modèle d'adaptation est basée sur une amélioration qui est l'ajout d'un autre paramètre au modèle de complexité d'adaptation qui est l'adresse IP de l'utilisateur. Cette amélioration vise à garantir la continuité de service dans le réseau IMS P2P tout en mettant à jour la liste des pairs après chaque changement d'adresse IP.

Ensuite, le modèle permet une adaptation temporelle qui compare la bande passante de l'utilisateur avec les taux du frame des couches SVC de la vidéo pour sélectionner la couche avec le taux de frame requis.

Après, une adaptation qualitative est réalisée par le modèle en prenant en compte les performances matérielles du pair. Ce type d'adaptation est complexe, car il a pour finalité d'avoir une situation exacte sur les capacités physiques des pairs notamment la puissance de calcul (CPU), l'état de mémoire pour la gestion de la mémoire tampon (Buffer memory) ainsi que l'autonomie de la batterie pour vérification de l'habilité de l'utilisateur à lire la séquence vidéo.

Par la suite, un contrôle est effectué pour identifier les caractéristiques réseaux de l'utilisateur notamment son adresse IP. Cette information est utile pour une vérification de la liste des pairs en s'assurant que l'uploader existe dans le réseau P2P. Naturellement, la configuration réseau est utile dans le cas du changement du réseau d'accès de l'utilisateur.

A la fin, un niveau SVC adaptatif est sélectionné après la validation du processus d'adaptation par lequel passe le pair.

Le processus d'adaptation de la qualité de la vidéo et le contrôle du type d'accès commencent par la sous-couche initiale L_0 avec les paramètres initiaux de scalabilité

d_0, t_0, q_0 avec d_0 : la résolution de la sous-couche L_0 , t_0 : taux de frame de la sous-couche L_0 , q_0 : qualité SNR de la sous-couche L_0 . Il existe aussi des paramètres fixes de l'algorithme d'adaptation tels que α : La répartition de la durée de la vidéo par rapport à la durée de vie de la batterie, \mathcal{E} : liste des pairs appartenant au réseau et $@$: adresse IP du pair.

Cet algorithme a deux objectifs, le premier est la définition de la couche SVC adéquate L_i avec les paramètres de scalabilité d_a, t_a, q_a en adaptant les ressources statiques du pair aux préférences de l'utilisateur, et ce pour avoir à la fin le niveau SVC avec la qualité maximale possible que l'utilisateur peut atteindre dans sa lecture de la séquence vidéo.

Le deuxième objectif de l'algorithme est le contrôle du réseau d'accès du pair à travers les adresses IP des pairs qui ont le rôle d'uploaders dans le réseau. Le contrôle se fait ainsi au niveau de la liste des pairs pour vérifier que ces pairs n'ont pas quitté le réseau Pair à Pair et que leurs adresses IP sont déjà dans la liste des pairs

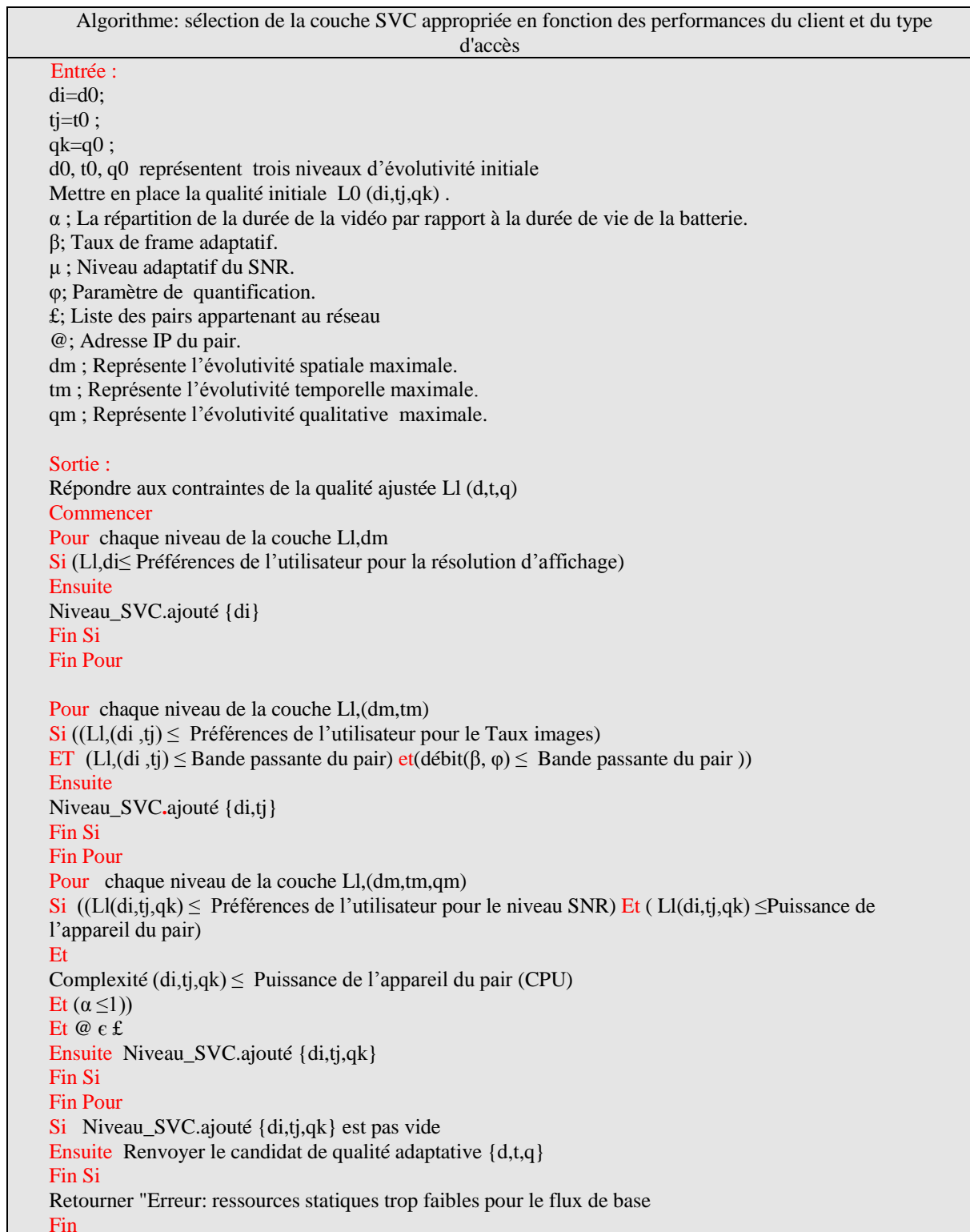


Figure III.12: Algorithme de sélection de la couche SVC appropriée en fonction des performances du client et du type d'accès

III.4.3 Adaptation de la bande passante

L'adaptation de la bande passante peut être schématisée par l'expression mathématique suivante :

$$\text{Bitrate (QP,T)} = B_{\max} \left(\frac{QP}{QP_{\min}} \right)^{-a} \left(\frac{T}{T_{\max}} \right)^b$$

Expression mathématique III.1: Adaptation de la bande passante

Avec la bande passante maximum est :

$B_{\max} = \text{Bitrate} (QP_{\min}, T_{\max})$, **a** et **b** sont des paramètres connus et constants qui dépendent de QP_{\min} et T_{\max} [40].

III.4.4 Adaptation de la qualité suivant les performances de l'équipement

Le rôle du module d'adaptation à la complexité est de prendre en considération les exigences de traitement pour le décodage et de les faire correspondre avec les ressources de traitement disponibles de l'équipement. Cela empêche le décodeur vidéo de surcharger des équipements avec de faibles ressources de traitement. A cet effet, nous devons calculer les exigences de traitement pour chaque combinaison de couches de la vidéo SVC.

III.4.4.1 Puissance de calcul (CPU)

Ce module utilise un estimateur de complexité qui fonctionne en cartographiant chaque ensemble de niveaux de qualité (spatial, temporel et SNR) en cycles de processeur requis pour décoder le flux vidéo.

Pour estimer la complexité requise pour chaque niveau SVC, nous nous sommes basé sur le modèle [41]. Il est à noter que la complexité de décodage d'un flux SVC peut être calculée sur la base des définitions figurant dans le tableau III.8 calculée.

En SVC, une image I est une image qui peut être décodée indépendamment. Ce n'est pas le cas pour les images P et B, qui sont une prédiction des autres images dans le flux. La plus petite unité de prédiction dans une image est appelée un macro bloc.

Supposons que C_i , C_p et C_b estiment la complexité de décodage macro-block en moyenne de / au moyen de I-, P- et B-images respectivement et que C_i , C_p et C_b estiment la complexité moyenne du décodage d'un macro bloc dans les images I, P et B respectivement.

De plus, nous supposons que ρ est la partie I- images dans la vidéo et que $M0$ est le nombre de macro-blocks par image. Alors la complexité pour le décodage de flux scalable ayant temporel(T), spatial(D) et qualitatif (Q) est donnée par :

$$C_{GOP_Dec} = M0 (\rho C_I + (1-\rho) C_P + (2^{T(0)} - 1) C_B) + \frac{8^{D+1}-1}{7} 2^{T(0)} M0 Q C_Q + 4 \frac{8^{D+1}-1}{7} 2^{T(0)} M0 (C_S + C_B)$$

Expression mathématique III. 2: Complexité du décodage d'un flux SVC

| Notation | Description |
|---------------|---|
| $C_i/C_p/C_b$ | la complexité de décodage macro-block en moyenne de I-/P-/B par image. |
| C_S / C_Q | la complexité de décodage macro-block en moyenne aux couches d’amélioration spatiale/qualitative. |
| T/D/Q | Le nombre total de la couche pour la scalabilité temporelle -/ spatiale -/ qualitative. |
| t/d/q | L’indice de la couche pour la scalabilité temporelle -/ spatiale -/ qualitative. |
| M0 | Le nombre de macro-blocks par image |
| P | La partie des images qui sont I- images |

Tableau III. 8: Symboles pour le modèle de complexité analytique

III.4.4.2 Consommation de la mémoire (RAM)

La mémoire vive (appelée RAM, de l’anglais Radom Access Memory qu’on traduit en français par Mémoire à accès direct) [42,43] est la mémoire informatique dans laquelle un terminal de l’utilisateur place les données lors de leur traitement.

La mémoire est une composante fondamentale des terminaux utilisateurs qui joue un rôle important dans leurs fonctionnements internes. D’une manière générale, quand on parle de mémoire, on parle d’un dispositif qui permet à un terminal de l’utilisateur d’emmagasiner de l’information. C’est pour cela que la qualité de ce composant va influencer le streaming vidéo SVC.

Nous avons opté pour la modélisation du taux de consommation de la mémoire RAM pour adapter la mémoire disponible du pair avec la qualité de streaming de la vidéo SVC sur un réseau P2P.

Le taux de consommation de la mémoire vive RAM (Random Access Memory) $C(r)$ du pair est représenté par l’expression mathématique suivante :

$$C(r) = \begin{cases} 1 & \text{if } (r=r_{\max}) \\ \frac{r}{r_{\max}} & (r < r_{\max}) \end{cases}$$

Expression mathématique III. 3: Taux de consommation de la mémoire RAM (Random Access Memory)

Où r est la consommation actuelle de la mémoire et où r_{\max} est la consommation de la mémoire maximale utilisée par le pair.

Dans ce sous-module, si le taux de consommation de la mémoire vive $C(r)$ est inférieur à

1 ($C(r) < 1$) alors nous allons augmenter la qualité de vidéo SVC afin d’obtenir une qualité adaptative de pair, mais dans le cas contraire, c’est-à-dire là le taux de consommation de la mémoire vive est maximal ($C(r)=1$), alors nous allons diminuer la qualité de cette vidéo jusqu’à atteindre une qualité acceptable du terminal final (l’utilisateur) adapté à sa capacité.

III.4.4.3 Autonomie de la batterie

Dans les appareils mobiles, la puissance de traitement se traduit directement par la durée de vie de la batterie, d’où l’adaptation de la qualité en fonction de la puissance de traitement, ce qui permet un compromis entre les besoins énergétiques et la qualité.

III.4.4.4 Réseau d’accès

Ensemble des moyens servant à relier des terminaux de télécommunication à un commutateur du réseau d’infrastructure.

III.5 Métriques d’évaluation de la Qualité de Service et de la Qualité d’expérience

Pour évaluer le streaming vidéo côté récepteur, il est essentiel de faire une étude analytique des métriques de la QoS (Quality of service), des métriques objectives et subjectives de la QoE (Quality of experience) pour un flux vidéo. Ces métriques sont importantes pour le cas des réseaux Peer to Peer.

III.5.1 Qualité de Service :

- **Délai de transmission de paquet.**
- **Gigue.**
- **PLR (taux de perte de paquets).**

III.5.2 Qualité de l’expérience :

La QoE représente l'ensemble des caractéristiques objectives et subjectives propres à satisfaire, fidéliser ou donner confiance à un utilisateur au travers du cycle de vie d'un service. Par opposition, la mesure de la QoE se fait par une évaluation subjective d'une personne ou d'une population cohérente d'utilisateurs sur un service dont elles ont l'usage

- **PSNR**

Le rapport signal / bruit de crête, souvent abrégé PSNR, est le rapport entre la puissance maximale possible d'un signal et la puissance de bruit de corruption qui affecte la fidélité de sa représentation.

- **VQM.**

La qualité vidéo est une mesure formelle ou informelle de la dégradation perçue de la vidéo (généralement, par rapport à la vidéo d'origine). Les systèmes de traitement vidéo peuvent introduire une certaine quantité de distorsion dans le signal vidéo, ce qui a un impact négatif sur la perception de l'utilisateur d'un système.

- **MOS**

Les méthodes de mise à l'échelle de note d'estimation de la Qualité SVC sont définies mathématiquement par la forme générale d'une suite arithmétique (le plus souvent une suite numérique) comme suit : [44]

$$\begin{cases} U_0 = 0 \\ U_{n+1} = U_n + \lambda ; \forall n \in \mathbb{N} \text{ et } \forall \lambda \in \mathbb{R} \end{cases}$$

Expression mathématique III.4: Suite arithmétique de la croissance linéaire

$$\begin{cases} U_0 = 0 \\ U_{n+1} = U_n + \lambda_{MOSmax}^{Lmax} \\ \text{Avec : } \lambda_{MOSmax}^{Lmax} = \frac{Lmax}{MOSmax} \end{cases}$$

Expression mathématique III. 5 : Méthode de mise à l’échelle de note d’estimation de la qualité des flux vidéo SVC (MOS par rapport au niveau SVC)

Avec $MOS_{max} = 5$ et $L_{max} = L$ ’identifiant de niveau SVC maximal pour la couche d’amélioration maximale.

| Les échelles de notation | MOS |
|--------------------------|-------------------|
| $> U_{n+4}$ | 5 (Excellente) |
| $U_{n+3}-U_{n+4}$ | 4(Bonne) |
| $U_{n+2}-U_{n+3}$ | 3 (Moyenne) |
| $U_{n+1}-U_{n+2}$ | 2 (Mauvaise) |
| $<U_{n+1}$ | 1 (Très mauvaise) |

Tableau III.9: Echelle de notation pour estimer la qualité des flux vidéo SVC

III.6 SIMULATION

Nous procédons à une simulation à l’aide de NS2 [15] afin de valider l’efficacité de notre architecture de streaming vidéo sur le réseau IMS P2P en lui ajoutant notre modèle créé qui permet de garantir la continuité de service dans le réseau ainsi que l’adaptation de la qualité vidéo avec l’hétérogénéité des équipements dans le réseau.

III.6.1 Simulateur

NS (de l’anglais « network simulator ») est un logiciel libre de simulation à événements discrets très largement utilisé dans la recherche académique et dans l’industrie. Il est considéré par beaucoup de spécialistes des télécommunications comme le meilleur logiciel de simulation à événements discrets, et ce en raison de son modèle libre permettant l’ajout très rapide de modèles correspondant à des technologies émergentes.

NS2 (network simulator 2, la version 2) était basée sur l’utilisation de langages de scripts pour la commande des simulations (Tcl/Tk) alors que seul le cœur des simulations était implémenté avec le langage C++. [45]

III.6.2 Travail effectué à l’aide du simulateur

Le simulateur NS2 est un simulateur libre permettant l’ajout des modèles simulant des technologies récentes et la connexion avec des modules simulant des modèles propres en relation avec les nouvelles technologies.

Afin d’évaluer l’efficacité de nos solutions, nous avons modifié ce simulateur par l’intégration des modules suivants : module SIP (Session Initiation Protocol) [46] pour assurer la signalisation de notre réseau IMS P2P, module Zetasim [47] pour la création d’un réseau Peer to Peer, et pour l’implémentation de l’architecture SVC, nous avons intégré le module myevalsvc [3] au simulateur NS2.

Egalement, nous avons connecté un module contenant notre module d’adaptation présenté dans la Figure III.11 codé en langage C++, pour évaluer la performance de notre processus qui vise à assurer la continuité de service et à adapter la qualité en but d’améliorer la performance des systèmes de streaming vidéo sur le réseau P2P IMS.

Les objectifs de cette étude sont les suivants : l’assurance de la continuité de service et l’adaptation de la qualité en utilisant SVC permettant de mesurer l’impact de notre modèle d’adaptation à notre système basé sur le réseau IMS P2P.

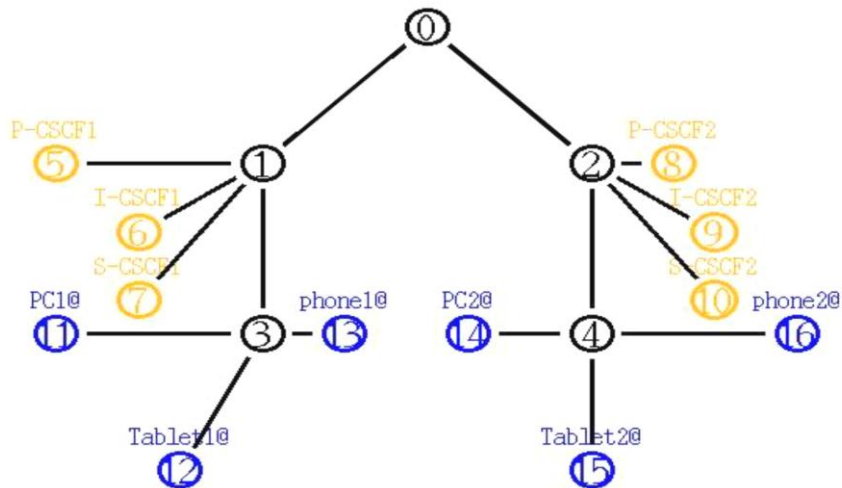


Figure III 13: Capture d’écran de la sortie NS2 Simulation Nam

III.6.3 Scénario 1

III.6.3.1 Objectif

L’objectif de ce scénario est d’effectuer la configuration requise dans JSVM pour activer le mode d’évolutivité des vidéos de tests utilisées "paris", "akiyo", "Foreman", "Hall Monitor", "News", les sous-flux évolutifs reconstruits sont comparés au flux d’origine contenant tous les sous-couches.

Ensuite, nous allons effectuer une comparaison entre la métrique de la qualité d’expérience objectif PSNR et la métrique de la qualité d’expérience subjectif MOS

III.6.3.2 Paramètres de la simulation

Le Tableau III 11 et Tableau III.12 présentent les paramètres de codage avec le logiciel de référence JSVM en activant le mode d’évolutivité pour les séquences vidéos utilisées, les deux colonnes du Tableau III.10 représentent les différents résolutions de la séquence vidéo, les autres colonnes du Tableau III.10 représentent respectivement le nombre de frame et le nombre de couches utilisés pour le codage.

Les colonnes du Tableau III.11 donnent plus de précision quant à la taille du GoP (Group of Pictures), taux de frames, le paramètre de quantification et le type d’encodage (tous ces paramètres sont détaillés dans le chapitre état de l’art).

Le Tableau III.12 donne une aperçue sur la configuration des paramètres des vidéos SVC pour les différentes couches.

| Séquence vidéo | Format QCIF | Format CIF | Nombre de frames | Nombre de couches |
|---------------------|-------------|------------|------------------|-------------------|
| Paris | 176x144 | 352x288 | 1000 | 4 |
| Akiyo | 176x144 | 352x288 | 300 | 4 |
| Foreman | 176x144 | 352x288 | 300 | 4 |
| Hall Monitor | 176x144 | 352x288 | 300 | 4 |
| News | 176x144 | 352x288 | 300 | 4 |

Tableau III 10: Test des séquences

| | |
|---|-------------------|
| Nombre de couches | 4 |
| Résolution de la couche de base et de la couche d’amélioration | 176x144 ; 352x288 |
| Images codées | 1000 / 300 |
| Taille GoP | 8 |
| Taux des images | 30 |
| Paramètre de quantification | 36 ; 34 ; 30 ; 26 |
| Type de codage | MGS |

Tableau III 11: Paramètres de codage

| Fichiers de configuration | Les paramètres | Valeurs |
|----------------------------------|---------------------------------------|----------------|
| Main.cfg | Fréquence d'images | 30 |
| | Images à encoder | 1000 / 300 |
| | Taille GOP | 8 |
| | Nombre des couches | 4 |
| Layer0.cfg | Largeur de la source | 176 |
| | Hauteur de la source | 144 |
| | Fréquence d'images à l'entrée | 30 |
| | Fréquence d'images à la sortie | 30 |
| | Paramètre de quantification | 36 |
| Layer1.cfg | Largeur de la source | 176 |
| | Hauteur de la source | 144 |
| | Fréquence d'images à l'entrée | 30 |
| | Fréquence d'images à la sortie | 30 |
| | Paramètre de quantification | 34 |
| Layer2.cfg | Largeur de la source | 352 |
| | Hauteur de la source | 288 |
| | Fréquence d'images à l'entrée | 30 |
| | Fréquence d'images à la sortie | 30 |
| | Paramètre de quantification | 30 |
| Layer3.cfg | Largeur de la source | 352 |
| | Hauteur de la source | 288 |
| | Fréquence d'images à l'entrée | 30 |
| | Fréquence d'images à la sortie | 30 |
| | Paramètre de quantification | 26 |

Tableau III 12: Configuration des paramètres de la vidéo SVC

Le Tableau III.13 présente le fichier des vidéo SVC (paris (PR) , akiyo (AK) , Foreman (FR), Hall Monitor (HM), News (NW)) utilisés [48]. Ce fichier possède 1 niveau spatial (L), 4 niveaux temporels (T), et 2 niveaux de SNR (Q), avec un total de 16 combinaisons de couche SVC.

| Sous couche | (Did,Tid,Qid) | Fréquence d’images | Débit binaire (kbps) | | | | |
|-------------|---------------|--------------------|----------------------|-------|--------|--------|-------|
| | | | PR | AK | FR | HM | NW |
| 0 | (0,0,0) | 3.75 | 105.2 | 571.3 | 1147 | 1147 | 861 |
| 1 | (0,1,0) | 7.5 | 112.4 | 580.4 | 1172.4 | 1166.3 | 878.9 |
| 2 | (0,2,0) | 15 | 120.1 | 582.1 | 1183.8 | 1170.3 | 885.4 |
| 3 | (0,3,0) | 30 | 127.8 | 584 | 1195.6 | 1174 | 891.1 |
| 4 | (0,0,1) | 3.75 | 141.4 | 572.3 | 1147.7 | 1147.7 | 861.8 |
| 5 | (0,1,1) | 7.5 | 153.3 | 582.6 | 1178.2 | 1169.1 | 882.8 |
| 6 | (0,2,1) | 15 | 167.8 | 586.1 | 1197.3 | 1177.3 | 894.2 |
| 7 | (0,3,1) | 30 | 182.5 | 590.7 | 1219.2 | 1185.6 | 905.9 |
| 8 | (1,0,0) | 3.75 | 725.1 | 2632 | 5734 | 5734 | 3989 |
| 9 | (1,1,0) | 7.5 | 769.8 | 2686 | 5917 | 5898 | 4099 |
| 10 | (1,2,0) | 15 | 816.3 | 2707 | 6047 | 6002 | 4170 |
| 11 | (1,3,0) | 30 | 860.7 | 2728 | 6199 | 6119 | 4230 |
| 12 | (1,0,1) | 3.75 | 1036.3 | 2634 | 5735 | 5735 | 3990 |
| 13 | (1,1,1) | 7.5 | 1118.2 | 2705 | 6030 | 6094 | 4144 |
| 14 | (1,2,1) | 15 | 1206.5 | 2747 | 6316 | 6434 | 4281 |
| 15 | (1,3,1) | 30 | 1294.3 | 2792 | 6629 | 6774 | 4398 |

Tableau III 13: Structure vidéos SVC avec les niveaux de qualités respectives

Le tableau III 13 est composé de 4 colonnes, le premier colonne représente le numéro des sous-couches, le deuxième colonne représente les différentes valeurs de scalabilité (Spatiale, Temporelle, Qualitatif) (D,T,Q),le troisième colonne, c’est la correspondance entre le taux de frame (frames par secondes) et le niveau SVC, le quatrième colonne représente le débit nécessaire pour chaque sous-couche SVC. Les données du Tableau III 13 est extraites des fichiers vidéo SVC réel de quelques minutes, qui était codé à l'aide du logiciel de référence JSVM [25].

Suivant le tableau de l’échelle de notation pour estimer la qualité des flux vidéo SVC

III.6.3.3 Résultats et discussion

Le tableau III 14 montre la moyenne du PSNR codé pour chaque niveau de couche, ces valeurs sont schématisées sur la Figure III.14.

| Niveau sous couche | Moyen PSNR pour sous-couche (paris) | Moyen PSNR pour sous-couche (akiyo) | Moyen PSNR pour sous-couche (Foreman) | Moyen PSNR pour sous-couche Monitor) | Moyen PSNR pour sous-couche (News) |
|--------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| 0 ;4 ;8 ;12 | 25,48 | 24,40 | 19,93 | 24,37 | 20,64 |
| 1 ;5 ;9 ;13 | 26,00 | 24,40 | 19,54 | 23,97 | 20,39 |
| 2 ;6 ;10 ;14 | 26,57 | 24,71 | 19,58 | 24,16 | 20,45 |
| 3 ;7 ;11 ;15 | 37,99 | 33,21 | 32,55 | 31,32 | 31,70 |

Tableau III 14: PSNR par rapport aux sous-couches

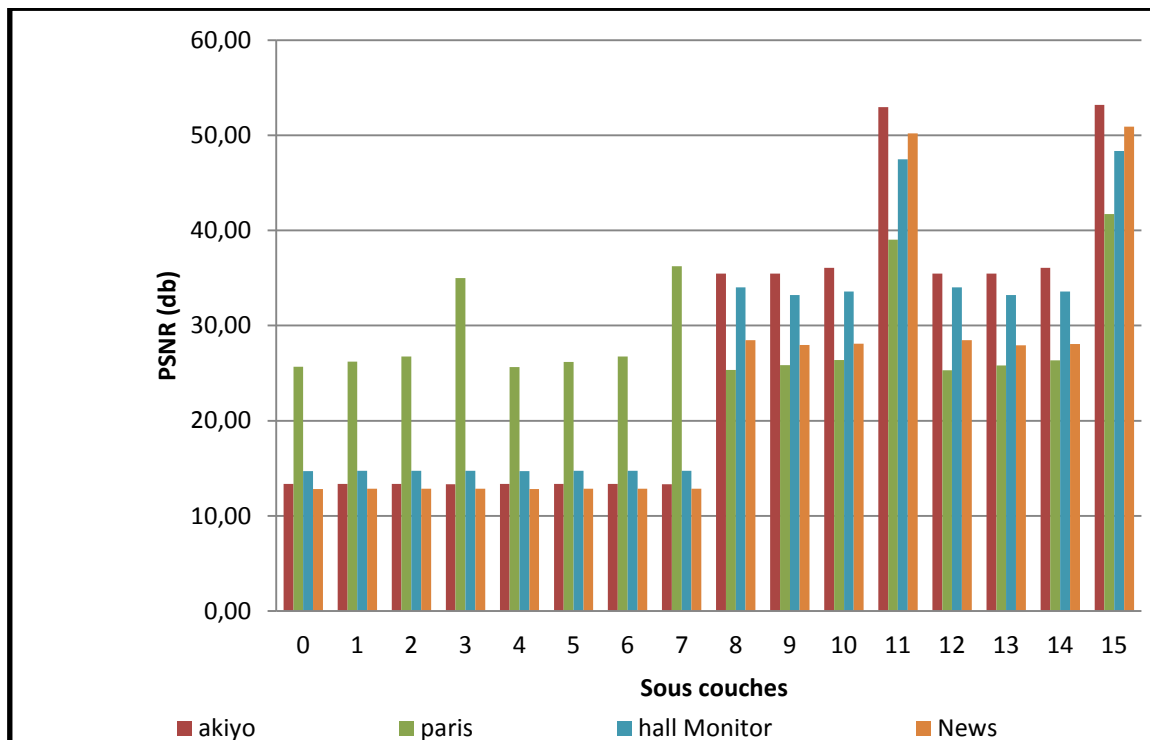


Figure III 14: PSNR par rapport aux sous-couches

Nous avons effectué une corrélation entre les valeurs du PSNR et valeurs du MOS pour la séquence paris, les valeurs de MOS sont calculées suivant une suite numérique présentée dans [44], nous aurons la conversion SVC de couche en MOS possible suivante [49]

| Niveau SVC | MOS |
|------------|-------------------|
| > 12 | 5(Excellent) |
| 9-12 | 4(Bonne) |
| 6-9 | 3 (Moyenne) |
| 3-6 | 2 (Mauvaise) |
| <3 | 1 (Très mauvaise) |

Tableau III 15: Conversion SVC de couche en MOS possible

Nous avons pu représenter l’évaluation de la qualité de la métrique objectif de la qualité de l’expérience PSNR (db) vers la métrique subjective de la qualité de l’expérience MOS (échelle de notation), pour qu’on aura une vision claire sur la qualité de chaque sous couche.

On aura la corrélation entre PSNR et MOS pour la séquence paris comme suit :

| Sous couche | PSNR | MOS |
|-------------|-------|-----|
| 0 | 25,68 | 1 |
| 1 | 26,20 | 1 |
| 2 | 26,77 | 1 |
| 3 | 34,99 | 2 |
| 4 | 25,64 | 2 |
| 5 | 26,18 | 2 |
| 6 | 26,77 | 3 |
| 7 | 36,24 | 3 |
| 8 | 25,33 | 3 |
| 9 | 25,83 | 4 |
| 10 | 26,39 | 4 |
| 11 | 39,05 | 4 |
| 12 | 25,31 | 4 |
| 13 | 25,80 | 5 |
| 14 | 26,36 | 5 |
| 15 | 41,72 | 5 |

Tableau III 16: PSNR par rapport au MOS

Suivant les figures ci-dessous, on peut remarquer que les valeurs du MOS par rapport au PSNR et les valeurs du MOS par rapport aux identifiants des sous couche, on remarque que réellement que la qualité des sous flux augmente, en relation avec le type du sous couche, les valeurs du MOS pour les sous couches de la couche de la base est très mauvaise jusqu’à les sous couches de couche d’amélioration numéro 3 qui ont des valeurs du MOS Excellente.

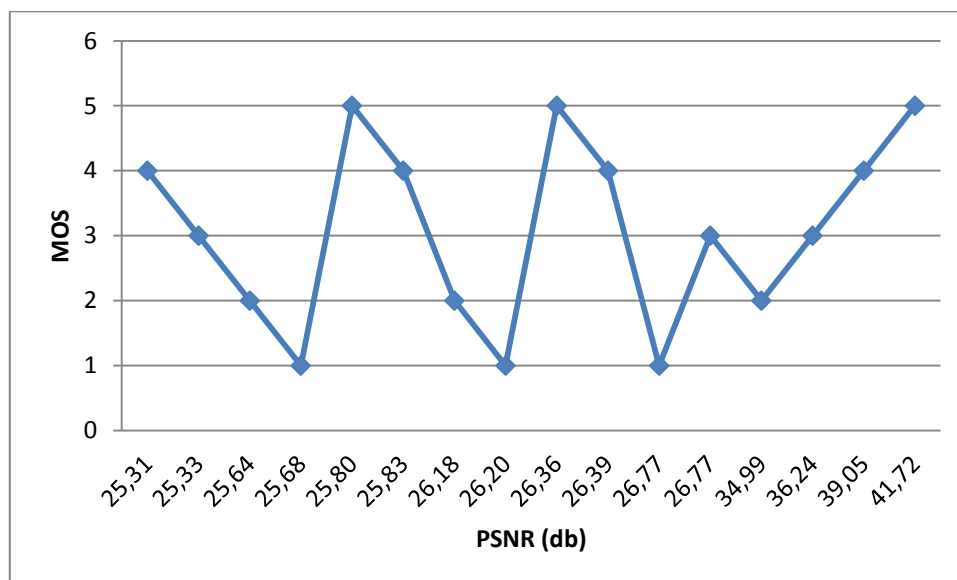


Figure III 15: MOS par rapport au PSNR

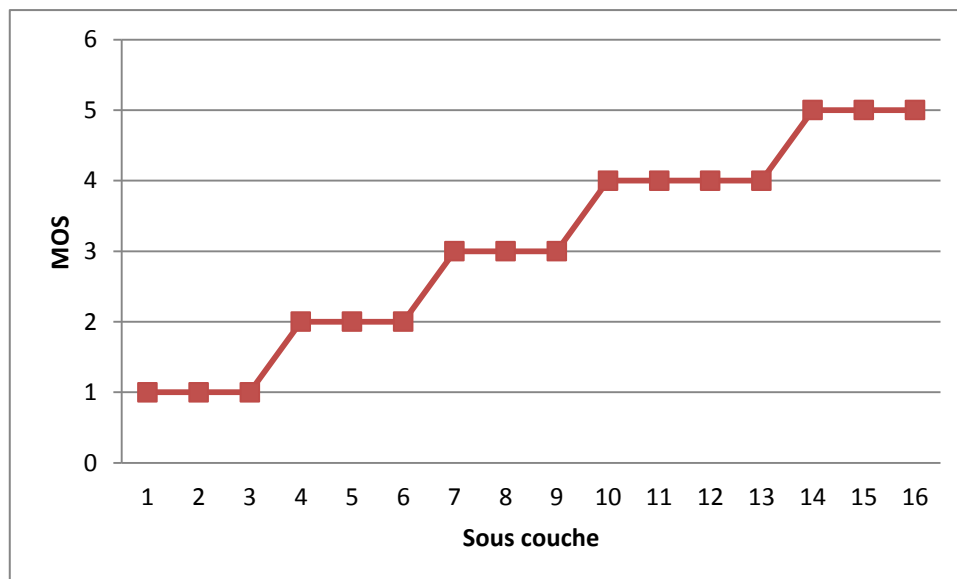


Figure III 16: MOS par rapport aux sous couches

On peut conclure que les valeurs du PSNR ne reflètent pas la qualité réelle perçue, en effet, pour des sous flux qui ont les mêmes valeurs de PSNR n’ont pas les mêmes valeurs du

MOS, par exemple les niveaux SVC 8 et 12 ont les mêmes valeurs de PSNR mais ont des valeurs du MOS 3 et 4 respectivement.

III.6.4 Scénario 2

III.6.4.1 Objectif

L’objectif de ce scénario est d’effectuer des tests par la technique VQM [64] qui fait une comparaison entre la séquence vidéo d’origine et la séquence vidéo déformée, basée uniquement sur un ensemble de fonctionnalités extraites indépendamment de chaque vidéo

III.6.4.1.1 Paramètres de la simulation

III.4.4.1.2 Résultats et discussion

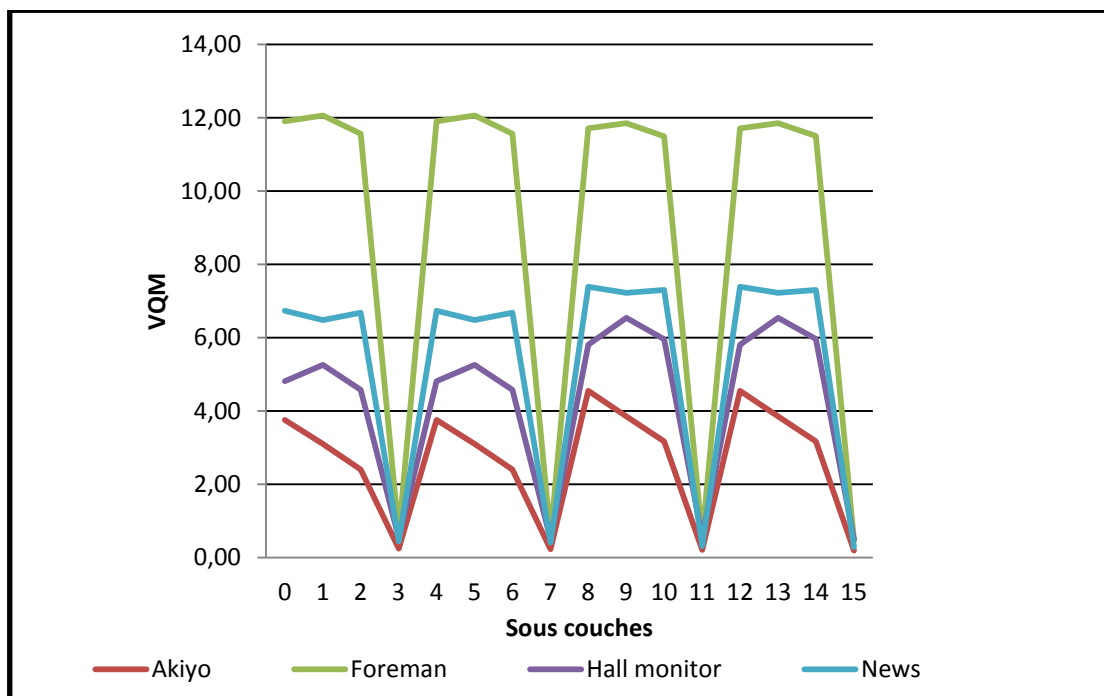


Figure III 17: VQM par rapport aux sous-couches

III.6.5 Scénario 3

III.6.5.1 Objectif

Nous avons en premier temps évalué les performances du Framework Zetasim en effectuant des simulations pour différents nombres de pairs (10, 30, 50 et 70 paires), en évaluant le temps d’abonnement d’un pair au réseau.

Puis nous évaluons notre modèle de continuité de service et d’adaptation de la qualité.

Puis nous évaluons les métriques de qualité de service.

III.6.5.2 Paramètres de la simulation

➤ *Scénario 3.1*

Tout d’abord, nous avons effectué des simulations pour différents nombres de pairs (10, 30, 50 et 70 paires), sur la base des paramètres de simulation des tableaux III.17 et III.18.

| Paramètres de la simulation | Valeur |
|--|--------------|
| Type de lien | Lien -duplex |
| Bande passante (PC) | 10MB |
| Bande passante (Tablette) | 5 MB |
| Bande passante (Téléphone) | 1.5 MB |
| Temps d'attente | 5ms,2 ms |
| Type de mise en fil d’attente des paquets | DropTail |

Tableau III 17: Paramètres de la simulation

| Paramètres de la simulation | Valeur |
|--|------------------------|
| Tracker | Boot server et tracker |
| Nombre de BootServer | 1 |
| Intervalle de Mise à jour entre pairs | 0.5 s |
| tracker_seuil | 3 |
| Taille maximum du paquet NSSocket | 3 |
| Vitesse maximale d’upload | 100kb |
| Taille du mot de code | 1 |
| Taille de bloc | 20KB |
| Taille totale du fichier | 3Mb |
| Seuil pour commencer à semer | 0.5 |
| Durée de la simulation | 100 |

Tableau III 18: Paramètres de la simulation – suite -

➤ **Scénario 3.2**

Nous calculons le temps estimé pour qu'un pair rejoigne le réseau P2P.

➤ **Scénario 3.3**

Puis nous effectuons un test de validation de notre modèle qui permet d’assurer la continuité de service dans le réseau, on a effectué ceci à travers une comparaison entre deux simulations, l'un avec plusieurs pairs connectés au réseau jusqu'à la fin du téléchargement de la séquence vidéo par les pairs et l'autre simulation avec le changement d'adresse d'un pair lors de l'opération de téléchargement de la séquence vidéo par des pairs.

➤ **Scénario 3.4**

Tout d’abord, nous évaluons les métriques de qualité de service.

En suite pour simuler la vidéo en streaming sur le simulateur NS2, nous avons utilisé la séquence Soccer qui est de type 4CIF (avec une résolution de 704x576) (qui a une durée de 90 secondes) et qui a été codée en 14 sous-couches et une fréquence d’images de 30 fps et 3 niveaux de qualité.

Après pour vérifier les performances de notre algorithme d'adaptation, nous avons effectué une comparaison de streaming avec un client qui a la qualité adéquate est le niveau SVC 9, et

nous lui envoyé la séquence globale, puis nous lui envoyé la séquence appropriée qui est le niveau SVC 9.

III.6.5.3 Résultats et discussion

➤ *Scénario 3.1*

| Nombre de Noeuds | Taux moyen de téléchargement (KB/s) | Taux moyen de la demande (s) |
|------------------|-------------------------------------|------------------------------|
| 10 | 41,694 KBps | 0,03408 s |
| 30 | 95,236 KBps | 0,03408 s |
| 50 | 154,97 KBps | 0,03408 s |
| 70 | 148,16 KBps | 0,03408 s |

Tableau III 19: Résultats de la simulation pour différents nœuds

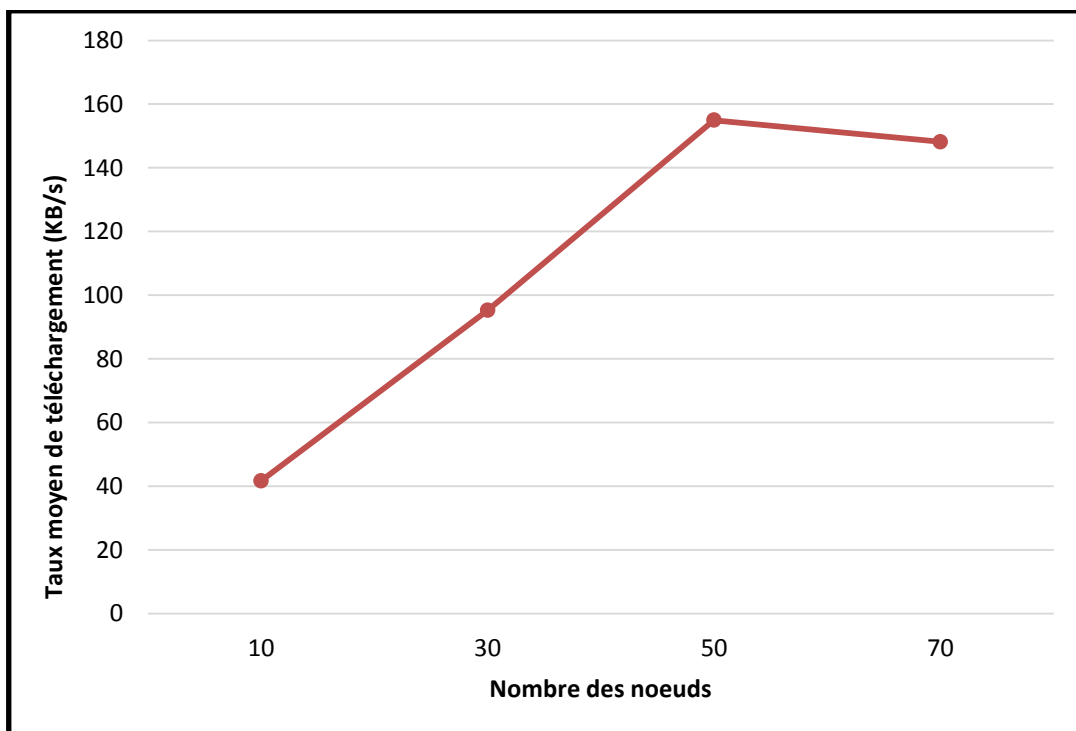


Figure III 18: Moyen du Taux de téléchargement en fonction du nombre de nœuds

| Temps(s) | Débit IQA (KB/S) | Débit modèle adaptation (KB/S) |
|----------|------------------|--------------------------------|
| 0 | 230 | 3,64 |
| 5 | 260 | 5 |
| 10 | 255 | 5,5 |
| 15 | 240 | 6 |
| 20 | 250 | 7,28 |
| 25 | 750 | 9,8396 |
| 30 | 650 | 13,4796 |

Tableau III 20: Comparaison entre modèle IQA [24] et modèle adaptation

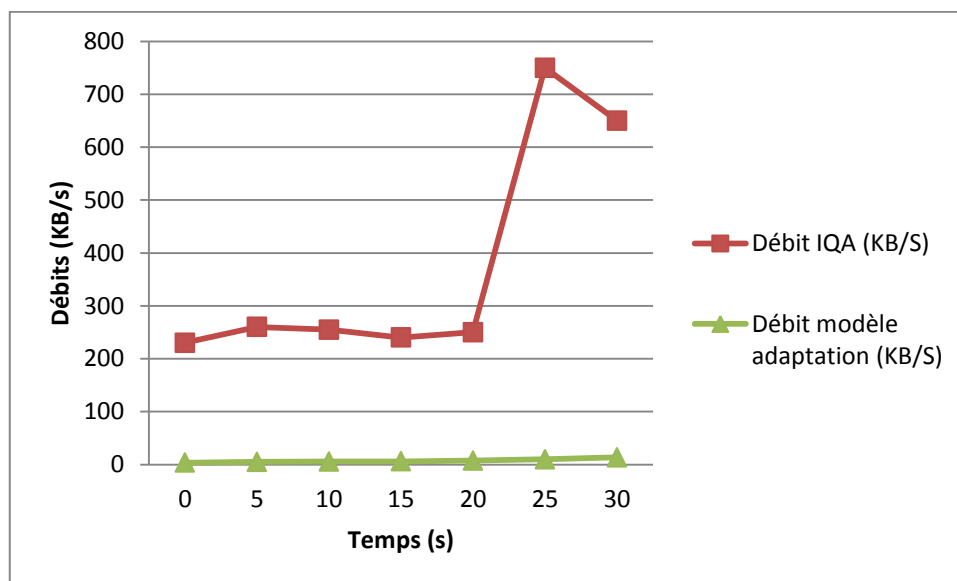


Figure III 19: Comparaison entre modèle IQA [24] et modèle adaptation

Une amélioration de débit de téléchargement est remarquable entre le modèle IQA [24], et notre scénario d’adaptation.

➤ **Scénario 3.2**

| Paquet | Temps (s) |
|------------------------------------|-----------|
| CONNECT_BOOT_SERVER | 0,00948 |
| CONNECT_BOOT_SERVER_REPLY | 0,009 |
| UPDATE_SHARED_FILES | 0,03764 |
| Update Shared Files has been Acked | 0,00668 |
| Total | 0,0628 |

Tableau III 21: Le temps estimé pour un pair pour rejoindre le réseau P2P

➤ **Scénario 3.3**

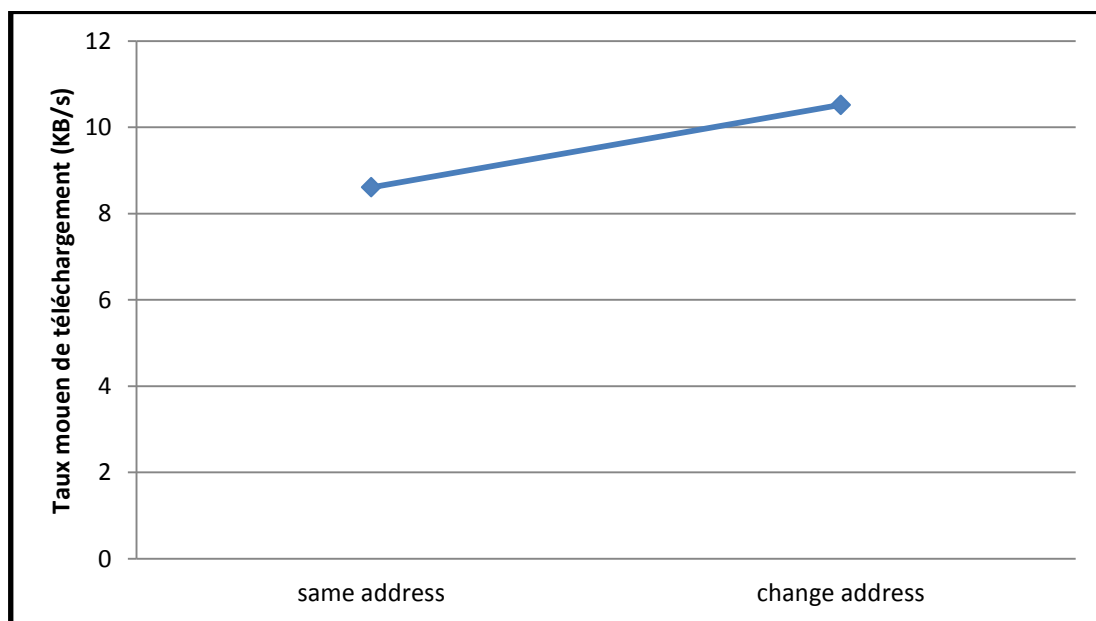


Figure III 20: Moyen du Taux de téléchargement par un pair en cas de changement d'adresse et sans changement d'adresse

Suivant la figure III.20, la simulation a montré que le changement d'adresse du pair a permis une augmentation du taux de téléchargement moyen en Ko / s, ce qui montre l'utilité de notre modèle d'adaptation.

➤ **Scénario 3.4**

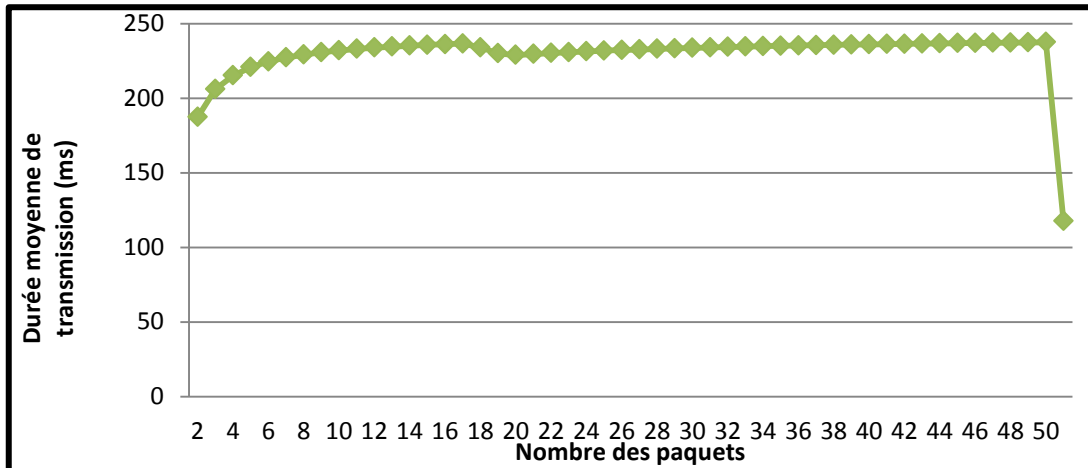


Figure III 21: Moyenne de délai de transmission des paquets vidéo de bout en bout par rapport au nombre de paquets.

A partir de la figure III.21, notez que la moyenne du délai de transmission des paquets vidéo est au maximum pour le nombre de paquets égal à 48, la valeur minimale de la moyenne du délai de transmission est pour le nombre de paquets égal à 51, entre le nombre de paquets 2 et 50, il y a un simple changement dans les valeurs de la moyenne du délai de transmission et pour les nombres de paquets de 50 ou plus, il y a des différences de changement significatives dans les valeurs moyennes du délai de transmission.

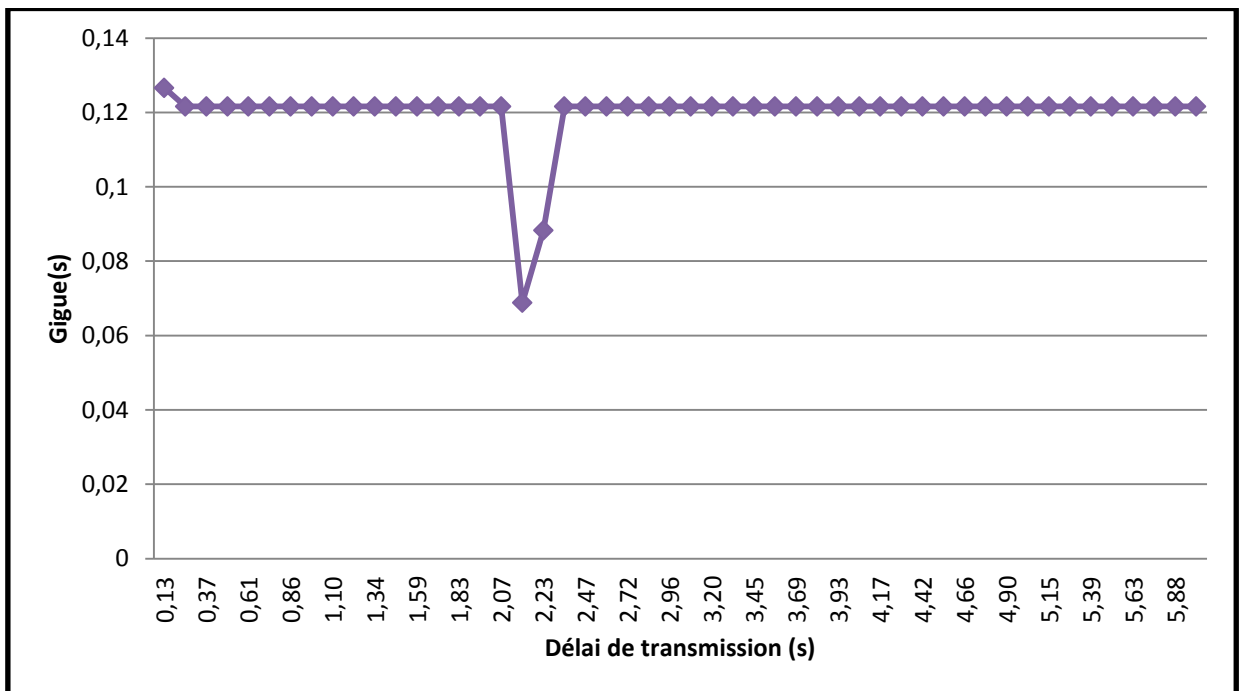


Figure III 22: Gigue par rapport au délai de transmission des paquets vidéo

A partir de la figure III.22, nous avons constaté que nous avons plusieurs valeurs de gigue pour le délai de transmission des paquets vidéo.

Pour vérifier les performances de notre algorithme d'adaptation, nous avons comparé le

Résultat de simulation avec l’utilisation de notre modèle d’adaptation et sans l’utilisation de notre modèle d’adaptation, en évaluant la métrique PLR (Packet Loss Rate).

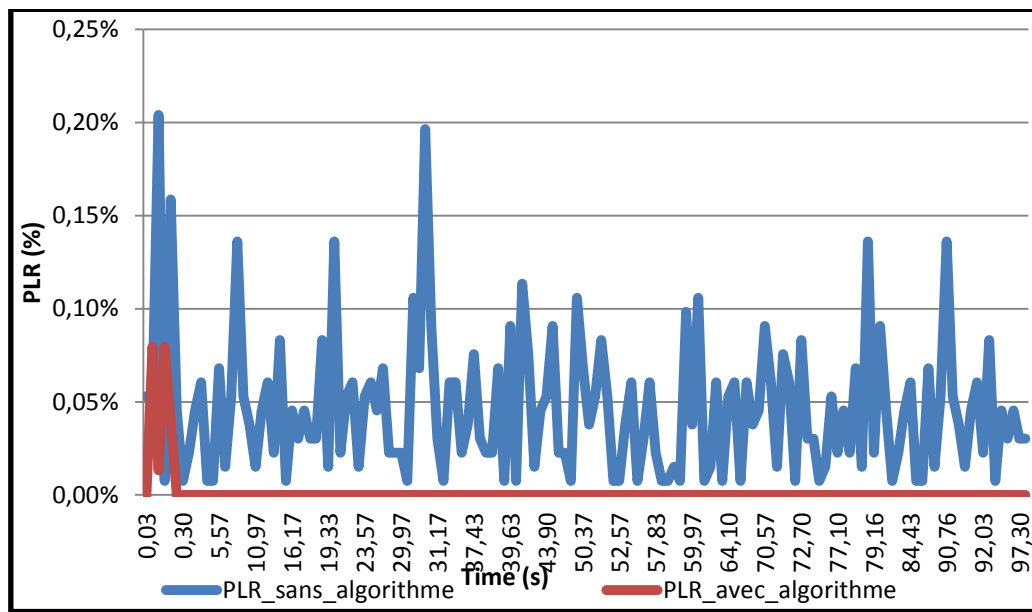


Figure III 23: Comparaison entre Taux de perte des paquets avec l'utilisation de l'algorithme d'adaptation et sans l'utilisation de l'algorithme

A partir de la figure III. 23 , nous remarquons que notre modèle d'adaptation a pour résultat un très faible niveau de PLR.

III.7 Analyse comparative avec un travail de recherche récent

Nous avons effectué une analyse comparative avec un travail de recherche récent [4].

| Notre modèle d’adaptation | Adaptation par Framework AVIS | Problèmes |
|---------------------------|---|--|
| Notre modèle d’adaptation | <ul style="list-style-type: none"> - Simulation d’une topologie que deux sessions diffusent la même vidéo et partagent le même lien avec une bande passante égale au maximum bite rate de la vidéo. - La première session commence au début de la simulation tandis que la seconde commence à $D / 4$, où D est la durée vidéo simulée. - Comparaison des performances d’adaptatif et non adaptatif de la politique de streaming - Par exemple : chaque question doit avoir la moitié de la valeur de bande passante, pour ce cas 480.5. - Utilisation de deux cas HBRP (niveau SVC 8), HFRP (niveau SVC 7). - Amélioration du paramètre du PLR et FLR avec l’utilisation de ces algorithmes. | <ul style="list-style-type: none"> - Problème dans la création de leur algorithme de streaming, il ont opté seulement pour l’adaptation de la bande passante et l’adaptation temporelle pour le deuxième cas sans tenir en compte de l’adaptation spatiale. - Dans l’exemple donné ils ont opté pour la diffusion de niveau SVC ayant deux niveaux de L différents (séquences ayant deux résolutions différentes) - Non pas utilisé la technologie Peer to Peer - Non pas utilisé le principe de continuité de service en changeant technologie d’accès d’un équipement. |

Tableau III 22:Analyse comparative avec les derniers travaux de recherche

Pour vérifier les performances de notre algorithme d'adaptation et l’aspect temps réel de notre streaming, nous avons effectué le streaming en utilisant le Framework avis [4] qui est basé sur le protocole RTSP (Real Time Streaming Protocol), et nous avons trouvé les résultats schématisés sur la Figure III.24

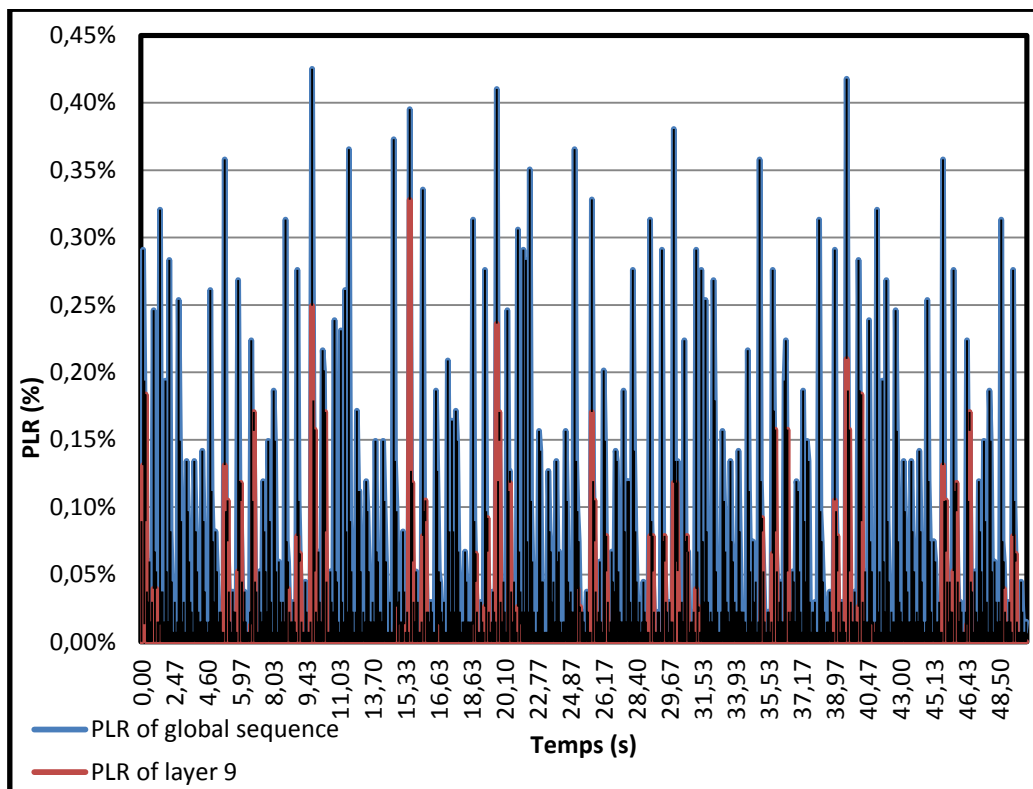


Figure III 24: Comparaison entre le taux de perte des paquets avec l'utilisation du cadre AVIS pour la séquence globale contenant toutes les couches et la séquence du niveau SVC 9.

Nos résultats montrent que notre modèle a une meilleure adaptation de la qualité en fonction des ressources réseau des pairs en terme de bande passante disponible sur le réseau et des performances des utilisateurs (CPU, RAM, autonomie de la batterie), puisque le taux de perte de paquets atteint par notre algorithme d'adaptation est inférieur au taux de perte de paquets atteint par les auteurs de l'article qui ont développé le Framework AVIS comme le montre la figure III.25 et aussi notre modèle permet une continuité de service dans le réseau en assurant que la liste des pairs soit mise à jour après chaque modification en terme d'abonnements et de désabonnements des pairs au réseau.

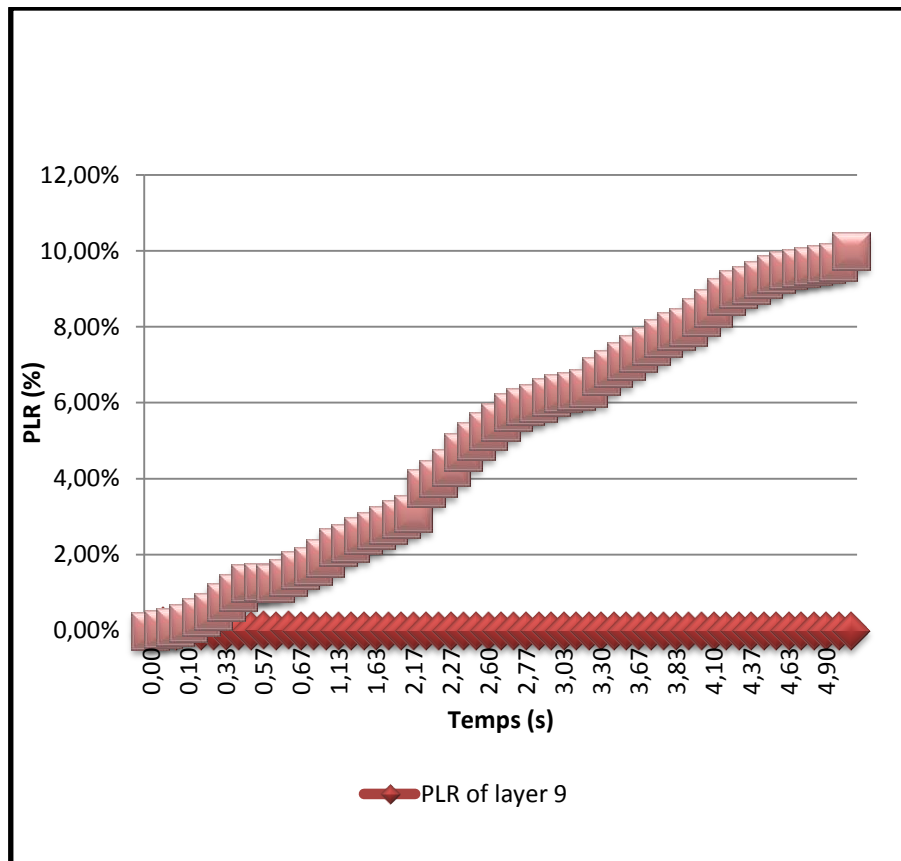


Figure III 25 : Comparaison entre le taux de perte des paquets (PLR) avec l'utilisation du framework AVIS pour le streaming de notre séquence du niveau SVC 9 et le streaming de la séquence utilisée par les auteurs de [4]

III.8 CONCLUSION

Dans ce chapitre, nous avons introduit un nouveau modèle d'adaptation permettant une continuité de service et une adaptation de qualité par streaming vidéo évolutif sur le réseau P2P IMS. Ainsi, nous avons évalué notre modèle à travers plusieurs méthodes d'évaluation de la qualité de service et des méthodes d'évaluation objective de la qualité de l'expérience. Nous avons testé notre modèle à travers plusieurs scénarios de simulation.

Les résultats montrent une nette adaptation de qualité avec des terminaux hétérogènes montrent l'importance de la continuité de service pour les réseaux P2P. Le schéma adaptatif de qualité proposé est également sensible à la bande passante réseau disponible et au changement de réseau d'accès des pairs. Le prochain chapitre va répondre aux limitations de notre étude dans ce chapitre qui est le test de performance de notre modèle d'adaptation dans une structure Internet réelle basée sur un protocole Peer-to-Peer plus puissant qui gère de gigantesques réseaux P2P.

**Chapitre 4 : Adaptation de la
qualité pour le streaming vidéo
dans un réseau P2P IMS
Bittorrent**

IV.1. Introduction

Comme déjà présenté dans le chapitre précédent, le réseau Internet Multimédia Subsystem (IMS) a été mis à niveau pour prendre en charge les services de distribution de contenu Peer-to-Peer.

Au début de ce chapitre, nous présenterons le protocole Bittorrent, en énumérant les caractéristiques de la technologie Bittorrent et les causes de popularité de cette technologie.

Par la suite, nous suggérerons une architecture P2P IMS à base du protocole Bittorrent qui utilise un processus évolutif de distribution de contenu pour la mise en place d'une application de partage de fichiers P2P conçue pour distribuer des fichiers volumineux à une large population d'utilisateurs. Cela se fait en utilisant la bande passante de téléchargement de tous les nœuds (appelés pairs) téléchargeant le fichier [50].

Ensuite, nous proposerons un modèle d'adaptation de la qualité vidéo à base du codage SVC, et la gestion des chunks fournis par le protocole Bittorrent.

IV.1.1 Présentation du protocole Bittorrent

Bittorrent est sans doute le protocole de distribution de contenu évolutif le plus populaire actuellement. L'efficacité du protocole et certaines implémentations légères populaires de celui-ci expliquent son succès comme une étape importante dans la démocratisation de la publication de contenu sur Internet.

Bittorrent décharge le fournisseur de contenu en tirant parti des ressources des consommateurs de contenu pendant le téléchargement.

IV.1.1.1 Gestion de contenu dans le réseau IMS P2P Bittorrent

IV.1.1.1.1 Présentation

La distribution de contenu dans le réseau IMS P2P Bittorrent est caractérisée par les points suivants :

- La charge est répartie entre les pairs tandis que les serveurs portent toute la charge dans l'architecture client / serveur.
- Evolutivité.
- Visé à éviter les services centralisés.

- Bonne résilience.
- Téléchargement multi-source.
- Le fichier est fragmenté en morceaux.
- Téléchargement par les pairs quand il termine un morceau.
- L'équilibrage de charge.

IV.2 Problématique

Les exigences posées par la distribution de contenu multimédia nécessitent des performances différentes des équipements et de la bande passante suffisante.

Nous nous intéresserons dans ce chapitre à ces exigences pour une distribution de contenu multimédia avec une qualité acceptable.

Pour résoudre ces problèmes, une distribution de contenu multimédia à base du codage SVC, transmise par le protocole Bittorrent, peut être efficace, puisque le codage SVC présente une architecture évolutive et multicouches de ce type de codage avec plusieurs valeurs de résolution, de frame rate et de SNR, ainsi que le protocole Bittorrent qui permet d'offrir une gestion du contenu à base des chunks.

La coexistence entre l'architecture multicouche du codage vidéo et la gestion des chunks du protocole crée un environnement de distribution de contenu multimédia adaptatif à l'hétérogénéité des pairs.

IV.3 Travaux antérieurs

Le sous-système multimédia Internet a été normalisé par le standard 3GPP [51]. Il est utilisé aujourd'hui comme une architecture pour les services triple play: téléphonie, Internet et streaming vidéo.

Mais la vidéo en streaming nécessite un coût élevé en termes de performances des équipements et bande passante nécessaire pour une meilleure qualité. Le streaming dans le réseau IMS P2P utilise souvent un protocole orienté données dans lequel, par exemple, chaque nœud annonce périodiquement à ses voisins les blocs dont il dispose.

La diffusion en continu sur ce réseau réduit le coût de l'infrastructure en prenant avantage des clients pour rendre le contenu disponible et éviter d'avoir à mettre en place des structures

importantes. Le sous-système multimédia Internet prend également en charge l'architecture Peer-to-Peer.

En 2010, Chen et al ont proposé dans [52] NIDA (Network ID Aware) dans les applications P2P Bittorrent. C'est une approche destinée à réduire efficacement le trafic inter-réseaux et à accélérer les applications P2P. Ces auteurs ont montré que le réseau P2P construit avec la norme Bittorrent est un réseau aléatoire. Cependant, le réseau P2P construit avec NIDA est sensible à la topologie du réseau. A noter que les résultats de simulation ont montré que NIDA pouvait réduire le trafic inter-réseaux. En particulier, il a été montré que la comparaison avec le Bittorrent conventionnel peut réduire le temps de téléchargement.

Dans [53], Andrade et al ont utilisé en 2007, les traces Bittorrent et la modélisation analytique pour contrôler le coût d'utilisation de Bittorrent par rapport aux avantages qu'il peut apporter au système.

En 2005, Dairaine et al ont décrit dans [54], une amélioration de la qualité des services dans les réseaux P2P (Peer to Peer). Ainsi, ils ont utilisé un code d'effacement pour distribuer les informations des pairs. De même, ils ont présenté un modèle en utilisant les résultats d'un réseau P2P sur Internet et ils ont montré que la qualité du service d'accès au contenu statistique est garantie sur la base de stratégies de reproduction et de diffusion de contenu.

Dans [4], Rizk et al ont présenté en 2014, un nouveau cadre d'évaluation du codage SVC sur NS2. Ils ont ainsi créé deux nouveaux objets sur NS2, émetteur et récepteur du cadre AVIS, des outils de pré-traitement et de post-traitement qui peuvent être utilisés avec le codage SVC.

En [55], Marocco et al ont montré en 2007 que le réseau IMS prend également en charge l'architecture Pair à Pair, avec l'interfonctionnement entre les réseaux P2PSIP et IMS. A noter que l'agent utilisateur P2PSIP qui dispose également d'un abonnement auprès du fournisseur du service IMS exploite la superposition pour s'inscrire auprès du réseau IMS domestique.

Dans [56], Xu et al ont proposé en 2011, un nouvel algorithme léger qui réplique les informations de transaction SIP entre les nœuds P2P-SIP et sélectionne l'un des successeurs des nœuds défailants ou des nœuds sortant du réseau, et ce pour faire face au problème de manque de fiabilité et au problème de la taille du réseau P2P-SIP.

Bien que les approches ci-dessus permettent la mise en place des infrastructures P2P pour la diffusion des services multimédia, notre architecture a pour objectif non seulement la mise

en place de l'infrastructure IMS P2P pour le streaming vidéo mais aussi a pour but d'assurer la continuité de service avec le changement de la technologie d'accès de même que de permettre l'adaptation de la qualité vidéo pour un réseau hétérogène des pairs ayant des performances différentes. A noter que cette adaptation bénéficie de la technique des chunks fournie par Bittorrent.

IV.4 Architecture du streaming P2P Bittorrent sur IMS implémenté

IV.4.1 Gestion des chunks

Lorsqu'un pair n'est pas bloqué, il demande un chunk selon :

- Priorité stricte :
 - Demande commencée mais morceaux incomplets.
 - Seuls des morceaux complets (où l'intégrité des données est vérifiée) sont transmis.
- Le plus rare en premier :
 - Estimer la rareté des morceaux en fonction des informations sur les morceaux des voisins.
- Aléatoire :
 - Sans aucun morceau, demander un morceau aléatoire.
 - Assure une exécution plus rapide du premier morceau.
 - Super-amorçage : la graine d'origine télécharge le fichier entier une fois sur le réseau avant le téléchargement de morceaux en double.

L'architecture que nous avons implémentée a pris en considération la solution de gestion des chunks.

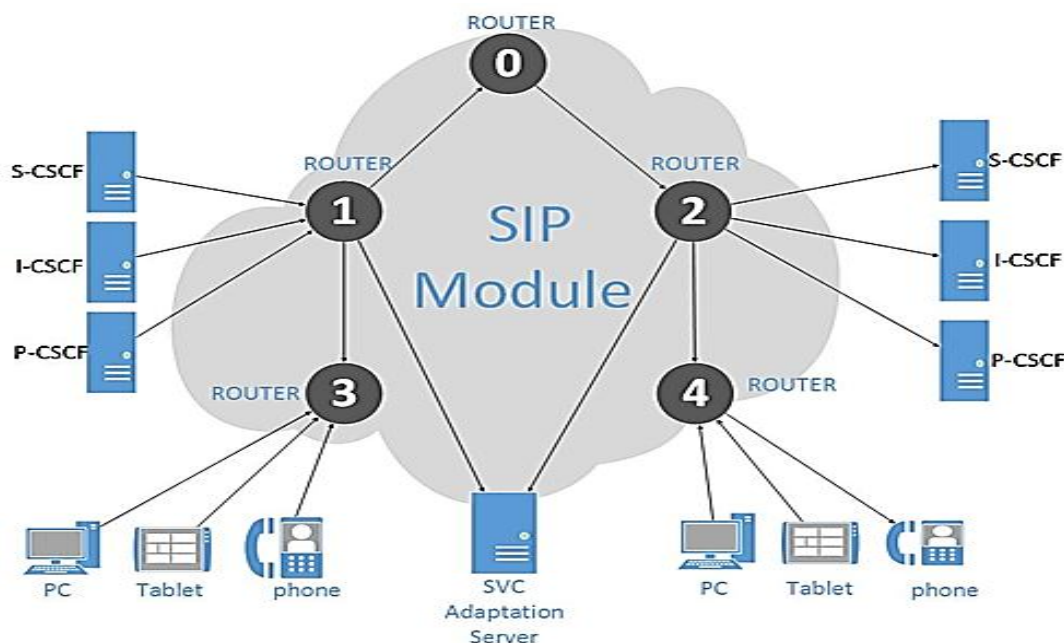


Figure IV.1: Architecture P2P Bittorrent IMS implémentée

L'objectif de notre architecture est la subdivision de la séquence vidéo codée en SVC en plusieurs chunks, en bénéficiant de la technique de la gestion des chunks offerte par le protocole Bittorrent. Cela est effectué en implémentant le protocole Bittorrent dans le réseau.

Cette architecture a aussi pour objectif d'assurer la continuité de service dans le réseau Peer to Peer IMS (P2P IMS) implémenté. C'est au niveau du serveur « tracker » qui est un composant du réseau IMS que nous gérons la partie de continuité de service. Ce serveur est responsable de gérer la liste des pairs, en mettant à jour cette liste contenant les noms des pairs et leurs adresses IP. Si, par exemple, un pair change son adresse IP à cause du changement de la technologie d'accès, le serveur « tracker » prendra en considération ce changement et mettra à jour la liste des pairs sans interruption du processus du téléchargement.

IV.4.2 Modèle d'adaptation

Plusieurs facteurs imposent que la distribution du contenu vidéo sur les réseaux P2P soit adaptative, depuis le type de connexion entre les pairs jusqu'au paramètre dynamique des nœuds. Ainsi, la distribution du contenu vidéo doit être aussi sensible à n'importe quelle transformation subie sur le réseau Pair à Pair.

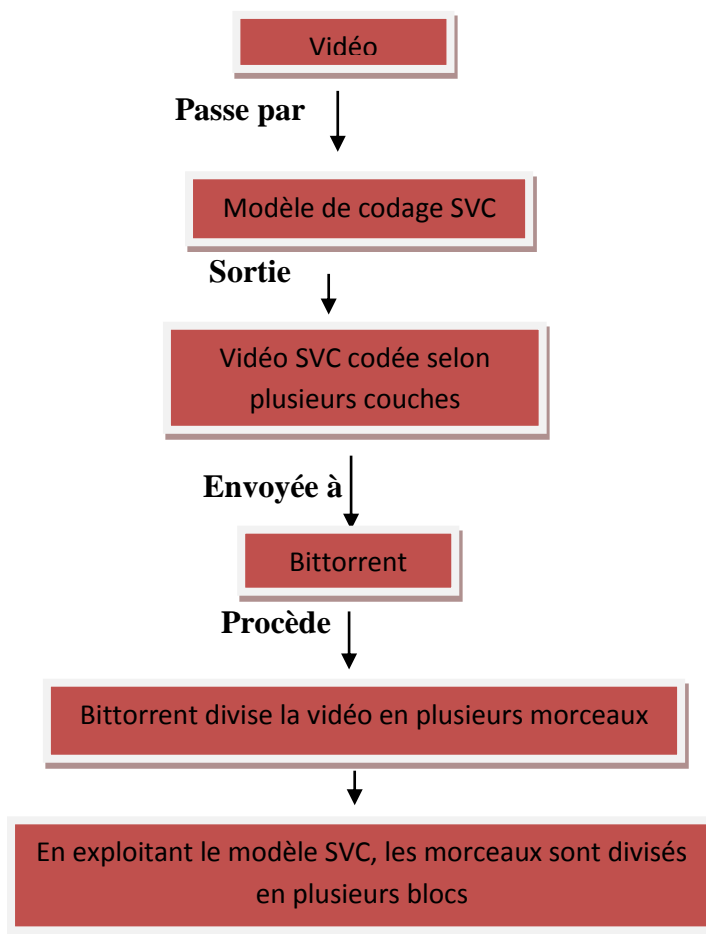


Figure IV. 2 : Le processus de traitement d'une vidéo par notre architecture

$$\text{Video}_{\text{SVC}} = \sum_{i=0}^N L_i$$

Avec L_i : id de la couche.

Et N: Nombre de couches.

Comme le montre la figure IV. 2, la vidéo encodée est envoyée à l'application Bittorrent, et elle est traitée par cette application pour diviser la vidéo en plusieurs morceaux.

L'expression mathématique suivante définit la vidéo à la sortie de l'application Bittorrent:

$$\text{Video}_{\text{SVC}} = \sum_{i=0}^M C_i$$

Avec C_i : id du chunk.

M : Nombre de chunks.

Il convient de noter qu'un niveau SVC adaptatif sera défini comme suit :

$$L_i(i, N) = \sum_{i=0}^{N_n} C_i$$

Avec $L_i(i, N)$ = Identifiant de la couche de $i = 0$ jusqu'à $i = N$

Et N_n : Nombre de chunks par couche.

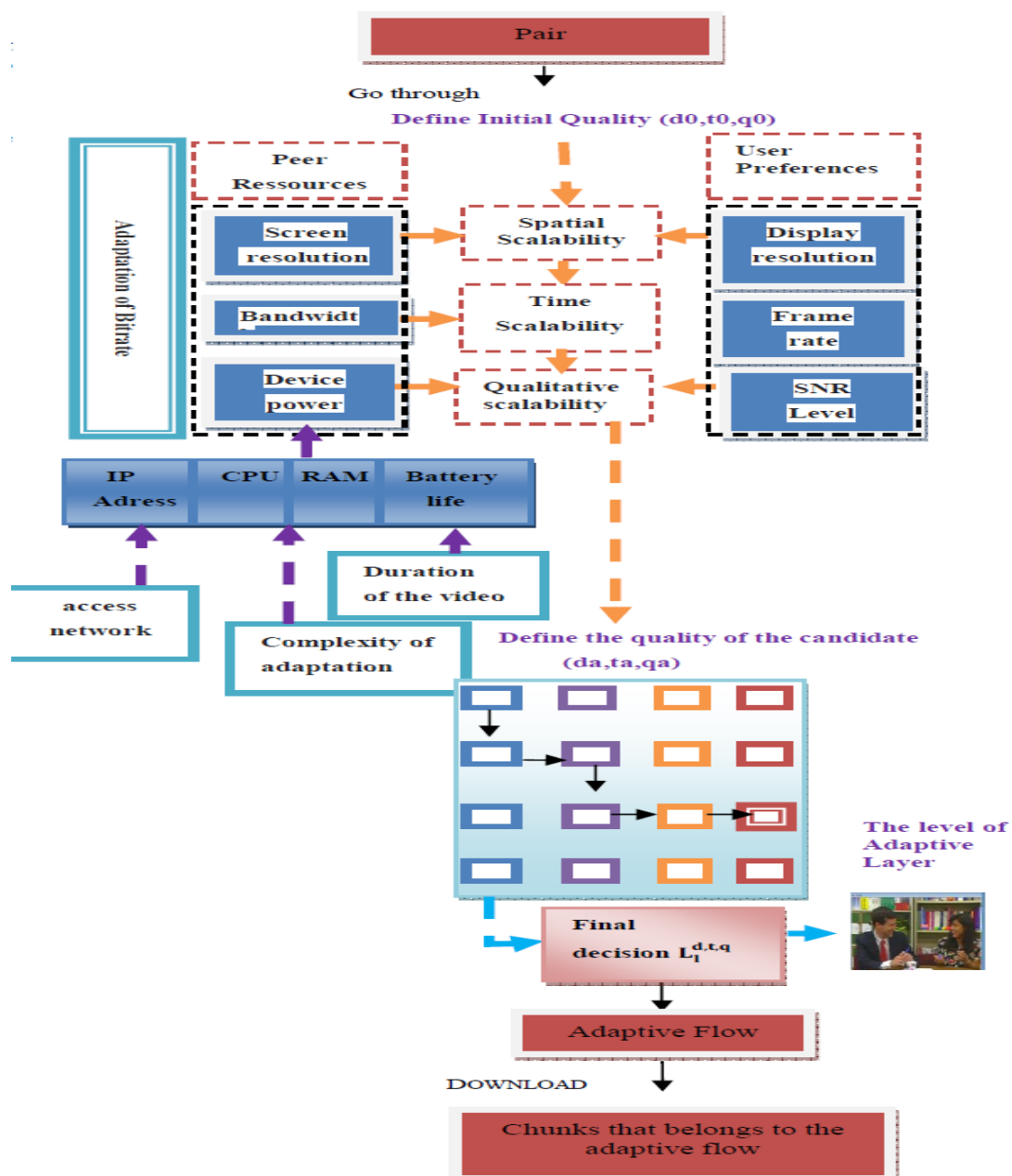


Figure IV. 3: Modèle d'adaptation de la qualité à base de chunks

Dans la figure IV. 3, nous présentons notre modèle d'adaptation de la qualité de la vidéo à base de la gestion des chunks fournie par le protocole Bittorrent. Ce modèle est étendu à partir d'un modèle existant [39].

En premier lieu, la séquence vidéo est stockée dans le serveur Tracker avec une version évolutive codée en SVC avec une couche de base et des couches d'amélioration.

Après, la séquence vidéo globale (la couche de base et les couches d'amélioration) est transformée en un nombre déterminé de chunks à l'aide du protocole Bittorrent, et chaque chunk porte un numéro identifiant (id de chunk).

Nous avons créé un code C ++ qui simule ce modèle et qui vise à définir la qualité adéquate (d, t, q) (spatiale, temporelle, qualitative) avec les performances de l'utilisateur. Aussi, nous procédons comme suit :

- 1- Exécuter l'adaptation spatiale, extraire les niveaux SVC qui ont la résolution de la vidéo appropriée pour l'utilisateur selon le paramètre de la résolution de l'écran de l'utilisateur.
- 2- Compte tenu des niveaux SVC déjà sélectionnés à l'étape 1, le modèle exécute l'adaptation temporelle en fonction du taux de frames de l'utilisateur demandé et de la bande passante du réseau pour extraire les niveaux SVC respectant ces conditions.
- 3- Sur la base des niveaux SVC déjà retenus à l'étape 2, le modèle effectue l'adaptation qualitative selon les préférences de l'utilisateur qui ainsi peut demander la vidéo avec qualité ou sans. Il est à noter au passage que le modèle permet de respecter également d'autres paramètres plus complexes qui sont : la performance de la CPU, RAM, autonomie de la batterie, et ce pour enfin extraire un niveau SVC adapté aux performances de l'utilisateur.
- 4- Et en tenant compte du niveau SVC adapté aux performances de l'utilisateur, une vérification des adresses IP des pairs dans la liste des pairs est effectuée, et ce pour garantir que les pairs qui fourniront la séquence vidéo seront présents dans la liste des pairs.

Après l'extraction du niveau SVC adaptatif, le pair commence la procédure de téléchargement de la séquence vidéo en utilisant la technique des chunks pour télécharger les différents niveaux SVC.

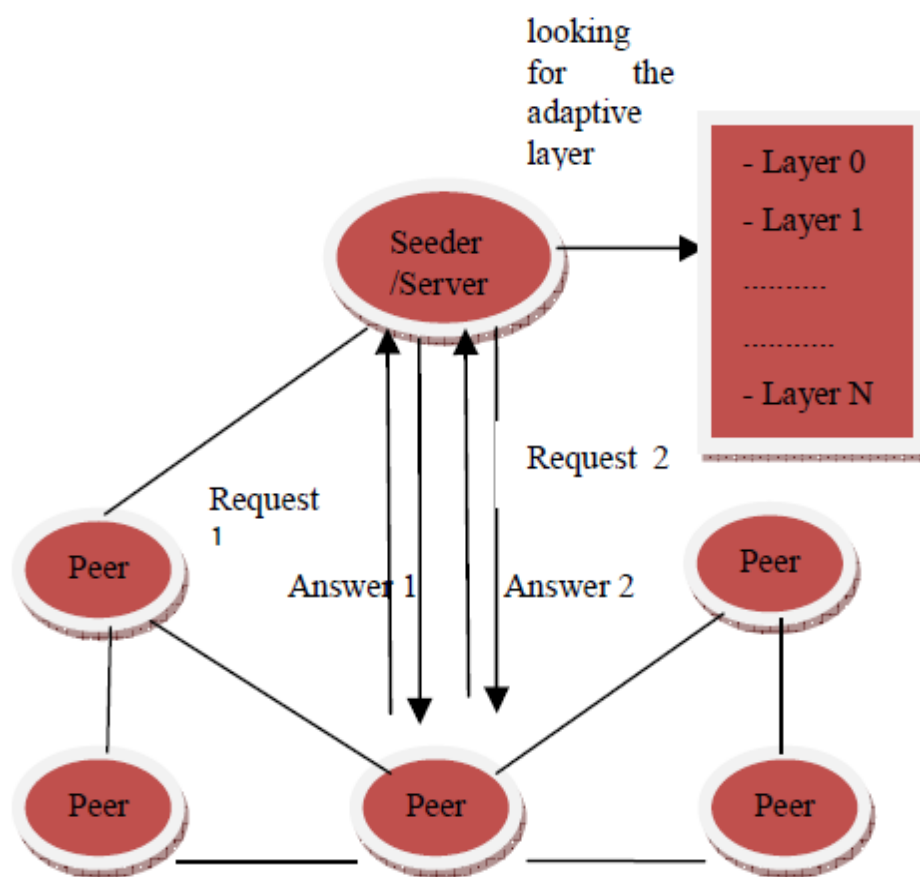


Figure IV. 4 : Processus de demande de la vidéo par un pair

Requête 1 : Le pair demande la vidéo au semoir.

Réponse 1 : Le semoir demande la performance des pairs.

Requête 2 : le pair envoie ses performances au semoir.

Réponse 2 : Le semoir envoie au pair les numéros de blocs associés à la couche adaptative demandée.

Comme le montre la figure IV.4., tout d'abord, la vidéo SVC codée appartient au semoir. Ce dernier reçoit la demande de la vidéo du pair, après l'échange décrit ci-dessus. Le pair télécharge le premier chunk du semoir (seeder), et selon le mécanisme de Bittorrent, le pair peut fournir sa capacité d'upload au réseau après avoir terminé le téléchargement du premier chunk, puis il recherche les numéros de morceaux qui forment le niveau adaptatif envoyé par le seeder. Et pour accélérer le temps de téléchargement, le pair recherche les autres chunks

soit chez le semoir (seeder), soit chez les différents pairs, même s'ils ont des chunks qui appartiennent à un niveau SVC adaptatif inférieur ou supérieur au niveau demandé par le pair.

Notre architecture consiste à exploiter la technique de sélection de morceaux offerte par le protocole Bittorrent et la technique de division du flux vidéo en plusieurs blocs proposés par le codage SVC, et ce pour créer un réseau P2P basé sur le protocole Bittorrent permettant le téléchargement d'un flux adaptatif selon les besoins des pairs.

Dans la première étape, le semoir (seeder) possède la vidéo codée en SVC (contenant toutes les couches et tous les morceaux).

Les pairs rejoignent le réseau P2P Bittorrent, et après l'exécution du modèle d'adaptation, le pair connaît à l'avance les morceaux qu'il doit télécharger par le numéro de chunk pour regrouper le niveau SVC choisi, et en même temps et d'après le principe Bittorrent, un pair peut fournir sa capacité d'upload au réseau après avoir terminé une seule pièce (chunk) de sorte qu'il devient uploader et Downloader à la fois.

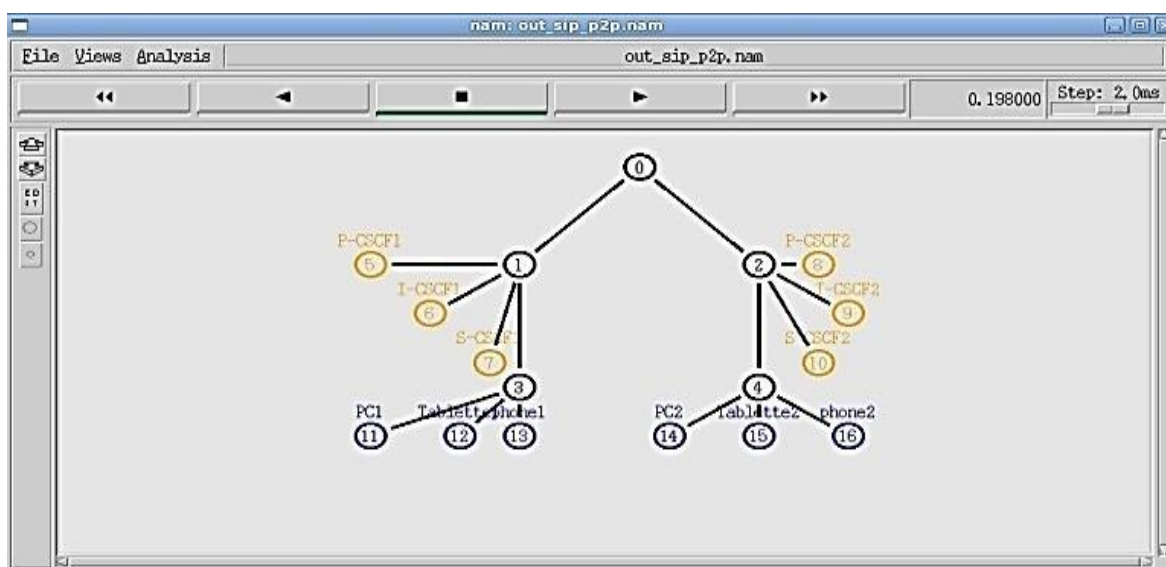


Figure IV. 5: Diagramme décrivant le problème résolu

Le processus d'adaptation de la qualité de la vidéo et le contrôle du type d'accès commencent par la sous-couche initiale L0 avec les paramètres de scalabilité initiales d_0, t_0, q_0 avec d_0 : la résolution de la sous-couche L0, t_0 : taux de frame de la sous-couche L0, q_0 : qualité SNR de la sous-couche L0. A noter aussi l'existence de paramètres fixes de l'algorithme d'adaptation tels que α : La répartition de la durée de la vidéo par rapport à la

durée de vie de la batterie, £ : liste des pairs appartenant au réseau, @ : adresse IP du pair, $list_{chunk}$: liste des numéros des chunks (id chunk) qui convient pour un niveau SVC adaptatif.

Cet algorithme a trois objectifs. Ainsi, le premier objectif est la définition de la couche SVC adéquate L_i avec les paramètres de scalabilité d_a, t_a, q_a . Cet objectif s'effectue en adaptant les ressources statiques du pair aux préférences de l'utilisateur, et ce pour avoir à la fin le niveau SVC porté au maximum de qualité possible dont l'utilisateur peut disposer dans sa lecture de la séquence vidéo.

Le deuxième objectif de l'algorithme est le contrôle du réseau d'accès du pair, à travers les adresses IP des pairs qui ont le rôle d'uploader dans le réseau. Le contrôle se fait alors au niveau de la liste des pairs pour vérifier que ces pairs n'ont pas quitté le réseau Pair à Pair et que leurs adresses IP sont déjà dans la liste des pairs.

Quant au troisième objectif de l'algorithme considéré, il consiste en l'extraction des identifiants des chunks qui contiennent le flux vidéo SVC adaptatif.

| |
|---|
| <p>Algorithme: sélection de la couche SVC appropriée en fonction des performances du client et du type d'accès</p> <p>Entrée : $d_i=d_0$; $t_j=t_0$; $q_k=q_0$; d_0, t_0, q_0 représentent trois types d'évolutivité initiale. Définir la qualité initiale au niveau de la couche L0 (d_i, t_j, q_k). α ; La répartition de la durée de la vidéo par rapport à l'autonomie de la batterie. β; Fréquence d'images adaptatives. μ ; Niveau adaptatif de SNR φ; Paramètre de quantification \mathcal{E}; Liste des pairs appartenant au réseau. $list_{chunk}$:Liste de morceaux pour chaque niveau SVC. $@$; Adresse IP du pair. d_m ; Représente l'évolutivité spatiale maximale. t_m ; Représente l'évolutivité temporelle maximale q_m ; Représente l'évolutivité qualitative maximale</p> <p>Sortie : Répondre aux contraintes de la qualité ajustée L1 (d, t, q)</p> <p>Commencer Pour chaque niveau de la couche L1, d_m If ($L1, d_i \leq$ Préférences de la résolution d'affichage pour l'utilisateur.) Ensuite $Niveau_SVC.ajouter\{d_i\}$ Fin Si Fin Pour Pour chaque niveau de la couche, (d_m, t_m) Si ($(L1, (d_i, t_j) \leq$ Préférences de l'utilisateur pour la fréquence d'images) Et ($L1, (d_i, t_j) \leq$ Bande passante du pair) Et ($Débit(\beta, \varphi) \leq$ Bande passante du pair)) Ensuite $Niveau_SVC.ajouter\{d_i, t_j\}$ Fin Si Fin Pour Pour each level of the layer L1, (d_m, t_m, q_m) Si ($(L1, (d_i, t_j, q_k) \leq$ Préférences de l'utilisateur pour SNR) Et ($L1, (d_i, t_j, q_k) \leq$ Puissance de l'équipement du pair) Et $Complexité(d_i, t_j, q_k) \leq$ Puissance de l'équipement du pair (CPU) Et ($\alpha \leq 1$) Et $@ \in \mathcal{E}$ Ensuite $Niveau_SVC.ajouter\{d_i, t_j, q_k\}$ Fin Si Fin Pour Si $level_SVC.add\{d_i, t_j, q_k\}$ is not empty Ensuite Retourner le candidat de la qualité adaptative $\{d, t, q\}$ Ensuite Retourner $list_{chunk}$ de la qualité adaptative $\{d, t, q\}$ Fin Si Retourner " Erreur: ressources statiques trop faibles pour le flux de base " Fin</p> |
|---|

Figure IV. 6 : Algorithme de sélection de la couche SVC appropriée en fonction des performances du client et du type d'accès, et extraction des chunks convenables

IV.4.3 Métriques d'évaluation de la Qualité de Service et de la Qualité d'expérience

Pour évaluer le streaming vidéo côté récepteur, il est essentiel de faire une étude analytique des métriques de la QoS (Quality of service), des métriques objectives et subjective de la QoE (Quality of experience) pour un flux vidéo,. Ces métriques sont importantes pour le cas des réseaux Peer to Peer.

IV.4.3.1 Qualité de Service :

La qualité de service (QoS) ou quality of service (QoS) est la capacité à véhiculer dans de bonnes conditions un type de trafic donné, en termes de disponibilité, débit, délais de transmission, gigue, taux de perte de paquets...

- **Délai de transmission de paquet.**
- **Gigue.**
- **PLR (taux de perte de paquets).**

IV.5 Simulation

Afin de valider l'efficacité de notre architecture de distribution du contenu vidéo sur le réseau IMS P2P, en utilisant notre modèle créé permettant une continuité de service dans le réseau, l'adaptation qualitatif des séquences vidéo distribuées à l'aide de la technologie Bittorrent qui est basé sur la technique de la gestion des chunks.

La simulation à l'aide de NS2 [15], doit permettre de faire les validations nécessaires.

IV.5.1 Travail effectué à l'aide du simulateur

Le simulateur NS2 est un simulateur libre permettant l'ajout des modèles simulant des technologies récentes et la connexion avec des modules simulant des modèles propres en relation avec les nouvelles technologies.

Afin d'évaluer l'efficacité de notre solution, nous avons modifié ce simulateur par l'intégration des modules suivants :, module Bittorrent [57] pour la création d'un réseau Peer to Peer, nous avons aussi utilisé les modules suivantes qui ont été déjà intégrés dans le simulateur : le module myevalsvc [3] pour l'implémentation de l'architecture SVC, le module SIP (Session Initiation Protocol) [46] pour assurer la signalisation de notre réseau IMS P2P et le module Zetasim [47] pour la création d'un autre réseau Peer to Peer, afin de faire les comparaisons nécessaires.

Egalement, nous avons connecté un module contenant notre module d'adaptation présenté dans la Figure IV.3 codé en langage C++, pour évaluer la performance de notre processus qui vise à assurer la continuité de service et à adapter la qualité en but d'améliorer la performance des systèmes de distribution du contenu vidéo sur le réseau P2P IMS à l'aide de la technologie Bittorrent.

Les objectifs de cette étude sont les suivants : l'assurance de la continuité de service et l'adaptation de la qualité en utilisant SVC et la technique de sélection des chunks appropriés, ce qui permet de mesurer l'impact de notre modèle d'adaptation à notre système basé sur le réseau IMS P2P et le protocole Bittorrent.

IV.6 Scénarios

IV.6.1 Scénario 1

IV.6.1.1 Objectif

Ce scénario vise à évaluer la durée moyenne de téléchargement de la séquence vidéo.

IV.6.1.2 Paramètres de la simulation

Nous avons effectué des simulations suivant les paramètres décrites dans le tableau ci-dessous :

| Nombre des pairs | Nombre de semoirs | Taux d'upload (KBps) | Taille du fichier à télécharger (MB) |
|------------------|-------------------|----------------------|--------------------------------------|
| 10 | 2 | 1250 | 3 |
| 20 | 2 | 1250 | 3 |
| 100 | 2 | 1250 | 3 |

Tableau IV 1: Paramètres de la simulation

IV.6.1.3 Résultats et discussion

Le tableau IV 2 montre la moyenne de la durée de téléchargement de la séquence vidéo, ces valeurs sont schématisés dans la figure IV 7 :

| Nombre des pairs | Durée moyenne de téléchargement (ms) |
|------------------|--------------------------------------|
| 10 | 14,020641 |
| 20 | 18,1192465 |
| 100 | 24,204036 |

Tableau IV 2: Résultat du scénario 1

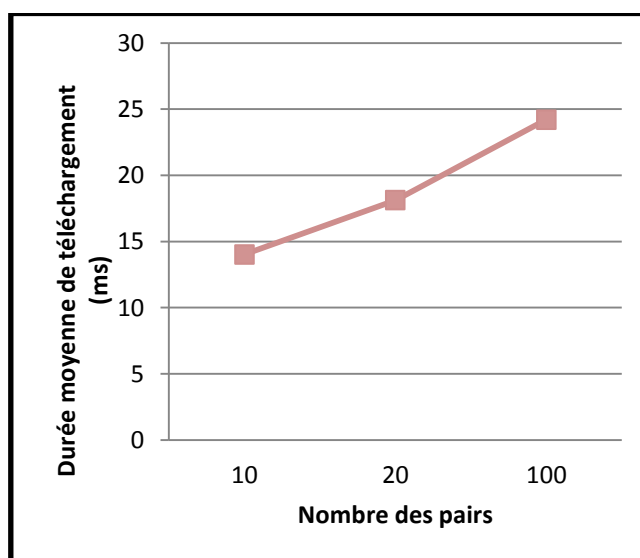


Figure IV 7 : Nombre des pairs par rapport à la durée de téléchargement

D'après la figure IV 7, on peut remarquer qu'il existe une relation linéaire entre le nombre des pairs et la durée moyenne de téléchargement, lorsque le nombre de pair augmente la valeur de la durée moyenne de téléchargement augmente.

IV.6.2 Scénario 2

IV.6.2.1 Objectif

Ce scénario vise à évaluer la durée moyenne de téléchargement de la séquence vidéo, first Chunk Time, last Chunk Time, pour un nombre des pairs différents dans le réseau.

Paramètres de la simulation et Résultats et discussion

Les paramètres de la simulation et les résultats obtenus sont décrites dans le tableau IV.3, notez que les valeurs négatifs obtenues représentent des échecs de téléchargement par les pairs.

| Taux d'Upload (Bps) | | | | | | |
|-----------------------|------------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------|------------------------------|
| 250 | | | | | | |
| Nombre de Semoirs | | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| Nombre des pairs | | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| Taille de la Séquence | Id du pair | Temps de démarrage (ms) | Temps du premier morceau (ms) | Temps du dernier morceau (ms) | Temps d'arrêt (ms) | Durée de téléchargement (ms) |
| 5MB | 18 | 0 | 0 | -1 | 23992,8 | -1 |
| | 19 | 8,19076 | 3477,63 | 23992,8 | 23992,8 | 23984,6 |
| 10 MB | 18 | 0 | 0 | -1 | 46202,7 | -1 |
| | 19 | 8,19076 | 4013,16 | 46202,7 | 46202,7 | 46194,5 |
| 15 MB | 18 | 0 | 0 | -1 | 67334,8 | -1 |
| | 19 | 8,19076 | 3482,72 | 67334,8 | 67334,8 | 67326,6 |

Tableau IV 3:Résultat du scénario 2

Ces valeurs sont schématisés dans la figure IV 8 :

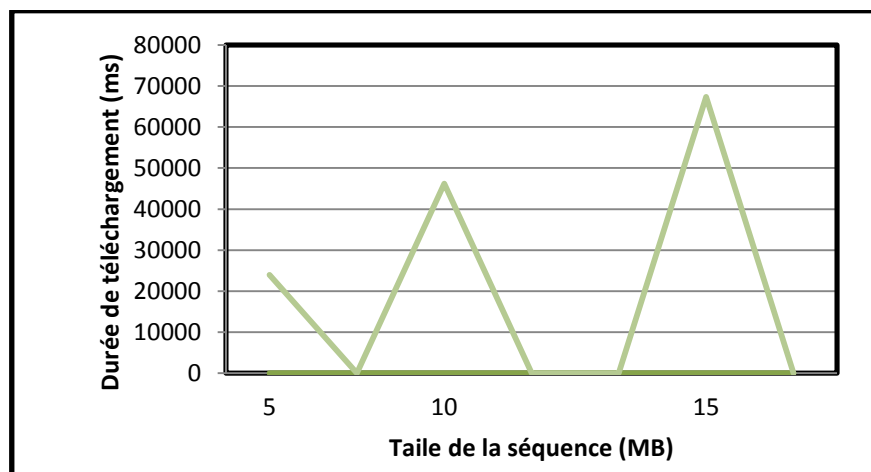


Figure IV 8: Taille des paquets par rapport à la durée de téléchargement

D'après la figure IV 8, on peut remarquer qu'il existe une relation linéaire entre la taille de la séquence et la durée du téléchargement, lorsque la taille de la séquence augmente, la valeur de la durée du téléchargement augmente de manière proportionnelle.

IV.6.3 Scénario 3

IV.6.3.1 Objectif

Nous avons effectué des simulations pour différents terminaux qui ont différentes capacités d'upload décrites dans le tableau ci-dessous, et nous avons obtenu les résultats suivants:

| Terminal | Upload rate | Download Duration (ms) |
|----------|-------------|------------------------|
| Phone | 2 | 16,4666 |
| Tablet | 5 | 16,5772 |
| PC | 10 | 16,9089 |

Tableau IV 4: Performances des terminaux

| Taille de la séquence | | | | | | |
|-----------------------|------------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------|------------------------------|
| 5MB | | | | | | |
| Nombre de semoirs | | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| Nombre des pairs | | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| Taille de la Séquence | Id du pair | Temps de démarrage (ms) | Temps du premier morceau (ms) | Temps du dernier morceau (ms) | Temps d'arrêt (ms) | Durée de téléchargement (ms) |
| 10 Mbps | 18 | 0 | 0 | -1 | 24,6573 | -1 |
| | 19 | 8,19076 | 9,12391 | 24,6573 | 24,6573 | 16,4666 |
| 5 Mbps | 18 | 0 | 0 | -1 | 24,7679 | -1 |
| | 19 | 8,19076 | 9,12907 | 24,7679 | 24,7679 | 16,5772 |
| 2 Mbps | 18 | 0 | 0 | -1 | 25,0997 | -1 |
| | 19 | 8,19076 | 9,14453 | 25,0997 | 25,0997 | 16,9089 |

Tableau IV 5: Résultats du scénario 3

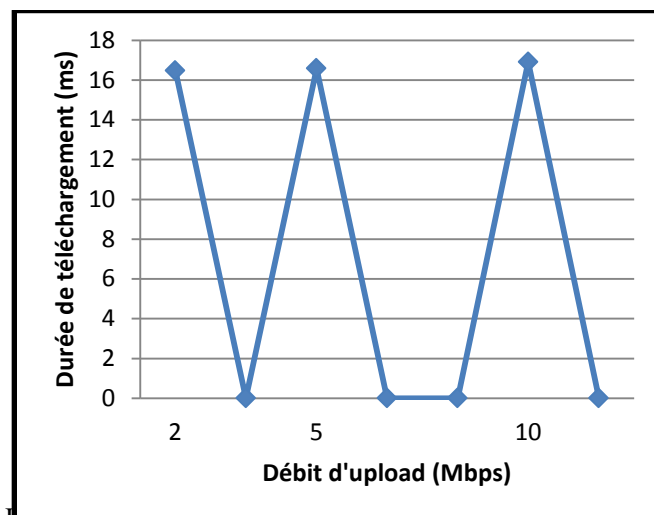


Figure IV. 9: Débit d'upload par rapport à la durée de téléchargement

À partir de la figure IV.9, nous remarquons que le taux d'upload a une faible influence sur la durée de téléchargement de la séquence. Ainsi, si le taux d'upload augmente, le temps de téléchargement est réduit faiblement. D'un autre côté, et comme l'indique la figure IV. 8, lorsque la taille de la séquence augmente, le temps de téléchargement augmente fortement.

IV.6.4 Scénario 4

IV.6.4.1 Objectif

Nous avons fait une comparaison entre deux protocoles Peer to Peer (Bittorrent et Zeta),. Aussi, nous avons utilisé une architecture Peer to Peer décrite dans le tableau IV 7:

IV.6.4.2 Paramètres de la simulation

| Nombre des pairs | Nombre de Semoirs | Taux d'Upload (KBPS) | Taille de la séquence (MB) | Durée de téléchargement (Zeta) (ms) | Durée de téléchargement (Bittorrent) (ms) |
|------------------|-------------------|----------------------|----------------------------|-------------------------------------|---|
| 5 | 1 | 9,8396 | 3 | 30,858 | 4.37 |

Tableau IV. 6: Paramètres de la simulation –Scénario 4-

On note d'une part que l'architecture Peer-to-Peer utilisée par le protocole Zeta est basée sur un serveur de démarrage (tracker) et sur des pairs en mode non connecté (UDP), d'autre part l'architecture utilisée par le protocole Bittorrent et le mode Peer to Peer est basé sur le mode connecté (tcp),

IV.6.4.3 Résultats et analyses

Nous avons obtenu les résultats schématisés dans le graphique ci-dessous:

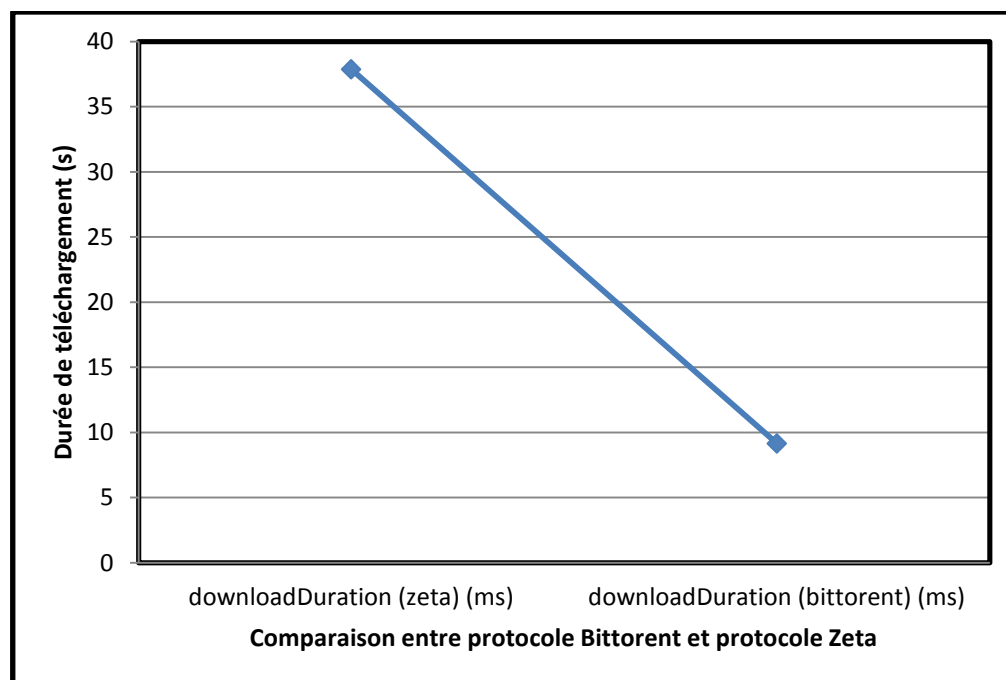


Figure IV 10: Comparaison entre le protocole Zeta et le protocole Bittorrent

Nous avons extrait le taux PLR pour les paquets Zeta, et nous avons extrait le taux de congestion des paquets pour les paquets bittorrents:

| Taux de perte des paquets (Zeta) (%) | Taux de congestion des paquets (Bittorrent) (%) |
|--------------------------------------|---|
| 28,9 | 0,37 |

Tableau IV 7: Evaluation de la transmission des paquets

De la figure IV 10 et du tableau IV 7, nous remarquons que la différence du mode de transport utilisé par les deux protocoles Bittorrent et Zeta influence la durée de téléchargement de la séquence, et nous remarquons que le protocole bittorrent utilise le mode connecté pour le transport de paquets avec (gestion des encombrements dans le réseau), ce qui justifie une

faible durée de téléchargement par rapport au mode non connecté pour le transport des paquets utilisés par le protocole zeta.

La plupart des études du protocole TCP montrent que la fenêtre de congestion est de l'ordre de

$$\text{rate_congestion} = 1/\sqrt{\text{tp}} \text{ avec tp : Taux de perte des paquets.}$$

Expression mathématique IV 1: Taux de congestion

A partir de cette expression mathématique et des résultats présentés dans le tableau IV 7, nous pouvons vérifier que:

| Taux de perte des paquets (Zeta) (%) (UDP) | Taux de perte des paquets (Bittorrent) (%) (TCP) |
|--|--|
| 28,9 | 7,3 |

Tableau IV 8: Evaluation de la transmission des paquets

En mode tcp, on peut remarquer que lorsque le taux de congestion augmente, le taux de perte diminue et lorsque le taux de perte augmente le taux de congestion diminue.

Les résultats montrent que le protocole Bittorrent est plus fiable que le protocole Zeta, en ce qui concerne le téléchargement.

IV.7 Mécanisme de la gestion des Chunks dans le protocole Bittorrent :

Un bloc est un morceau de fichier. Lorsqu'un fichier est distribué via BitTorrent, il est divisé en petits morceaux ou blocs. Typiquement, le bloc a une taille de 256 Ko. La division du fichier en morceaux permet de le distribuer le plus efficacement possible. Les utilisateurs obtiennent leurs fichiers plus rapidement en utilisant moins de bande passante.

| Taille Séquence | Nombre des morceaux |
|-----------------|---------------------|
| 3 | 12 |
| 5 | 20 |
| 10 | 40 |

Tableau IV 9 : Nombre des chunks versus Taille de la séquence

En utilisant le modèle d'adaptation SVC et la technique de sélection de morceaux utilisée par Bittorrent, nos simulations ont vérifié que cette technique aide les utilisateurs à obtenir les séquences de manière rapide même avec une faible bande passante.

IV.8 CONCLUSION

Ce chapitre présente une adaptation de distribution de contenu vidéo évolutif sur le réseau P2P IMS. La simulation a été testée dans NS2 et réalisée en utilisant le code C ++ de NS2 SIP, myevalsvc, Bittorrent.

Les résultats montrent une nette adaptation de la qualité avec des terminaux hétérogènes, et montrent l'importance de la continuité de service pour les réseaux P2P et la technique de sélection des chunks utilisée par Bittorrent.

Le schéma adaptatif de qualité proposé est également sensible à la bande passante réseau disponible ainsi qu'au changement de réseau d'accès des pairs.

**Chapitre 5 : Un cadre de
streaming vidéo adaptatif pour
les réseaux 5G peer-to-peer:
ouvrir la voie au 5G-IMS.**

V.1 Introduction

L'architecture IMS présente de nombreux inconvénients : un contrôle centralisé, une faible efficacité et une faible évolutivité en termes d'équipements de réseau de base par rapport aux infrastructures de réseau utilisant le Cloud Computing.

Le Cloud Computing est un nouveau paradigme des technologies de l'information, offrant des ressources évolutives dynamiquement, souvent via des machines virtuelles et accessibles en tant que services sur Internet. La migration d'IMS vers le cloud peut améliorer les performances de l'infrastructure IMS.

Le streaming vidéo dans l'architecture IMS de la technologie 5G (Cinquième Génération) est proposé pour une utilisation dans des applications multimédias de haute qualité, l'utilisation du flux de streaming adaptatif est mise en œuvre pour adapter la qualité d'un réseau hétérogène (réseau avec des équipements hétérogènes). [58]

Sachant que la technologie 5G est basée sur des techniques de cloud computing et de virtualisation, la coexistence entre IMS et Peer to Peer est possible avec le protocole BitTorrent qui propose une solution compatible avec la technologie 5G, en proposant BitTorrent Sync, une solution basée sur le Cloud.

L'utilisation d'une adaptation de streaming vidéo avec une architecture basée sur la technologie 5G pour que soit possible en même temps de répartir la charge entre les éléments de l'architecture P2P IMS, de réduire le temps de réponse pour les procédures (temps d'authentification utilisateur, temps requis permettant à un pair de rejoindre le réseau), ainsi que le temps de téléchargement des chunks (réduire la latence dans le réseau).

V.2 Présentation du réseau IMS dans 5G

Le réseau IMS dans la technologie 5G est une plate-forme cloud basée sur la virtualisation pour le réseau IMS principal. A noter que la virtualisation dans le secteur des télécommunications est devenue populaire ces dernières années. A cet égard, le déplacement d'instances système d'un hôte physique à un autre est l'une des fonctionnalités les plus importantes de la virtualisation. De même, l'infrastructure cloud offre les services d'allocation dynamique des ressources et d'équilibrage de charge.

V.3 Problématique

Les exigences liées au streaming vidéo requièrent un ensemble de performances des équipements et de la bande passante nécessaire

Dans ce chapitre, l'intérêt porte sur les exigences pour le streaming vidéo ayant une qualité appréciable.

Afin de traiter ces problèmes, nous mettrons à contribution un nouveau modèle basé sur la technologie 5G. Il s'agit d'un modèle qui utilise la technique de sélection de morceaux accessible à travers le protocole Bittorrent de même qu'il emploie la technique de division du flux vidéo en plusieurs blocs proposés par le codage SVC, le but étant la mise en place d'un réseau P2P exploitant le protocole Bittorrent qui rend possible le téléchargement de flux adaptatif selon les performances des pairs.

V.4 Travaux antérieurs

La distribution de contenu multimédia s'avère coûteux en matière de bande passante suffisante comme en termes de performances des équipements pour une qualité appréciable. Il convient de noter que la diffusion en continu dans le réseau virtuel IMS P2P exploite largement un protocole orienté données en vertu duquel chaque nœud annonce à ses voisins et à des périodes fixes les blocs qu'il a à sa disposition.

Le streaming vidéo véhiculé par le réseau virtuel IMS P2P permet de diminuer les charges liées à l'infrastructure en tirant profit des performances des clients pour assurer une meilleure disponibilité de contenu et pouvoir ainsi faire l'économie de la nécessité de procéder à des installations trop importantes. A noter au passage que le réseau virtuel IMS a également pour vocation d'assurer la prise en charge de l'architecture Peer-to-Peer.

En [59], Tang et al ont proposé en 2015, un cadre multi-domaine et multi-superposition faisant référence au protocole RELOAD qui est le protocole de base de l'infrastructure cloud. Le cadre ainsi proposé répond assez bien à la norme 3GPP, et est destiné à construire la superposition du réseau central avec le protocole SIP en utilisant le modèle P2P, à faire découvrir des éléments dynamiquement ainsi qu'à reconcevoir la procédure de communication originale.

Dans [60], Gilani et al ont proposé en 2019, un modèle de bout en bout basé sur la plateforme de prestation de services IPTV de la prochaine génération d'infrastructure de réseau IMS / EPC. Le modèle proposé est une norme IMS qui est conforme, évolutive, adaptative et qui a pour base le cadre IPTV mobile et évolutif qui possède des caractéristiques clés distinctes telles que la prise en charge de la diffusion contextuelle et personnalisée (BC) et la prise en charge de la vidéo à la demande (VoD) et du décodeur IPTV basé sur Android OS compatible IMS et SIP.

En 2012, Tomas et Vuksic ont proposé dans [61], un modèle commercial pratique pour la mise en œuvre d'une architecture cloud P2P qui est à la fois sûre et fiable, et qui est composée de plusieurs nœuds uniques distribués, et ce pour assurer la fiabilité du système et aussi pour attirer les utilisateurs à rejoindre un grand réseau Cloud P2P.

V.5. Architecture du streaming P2P sur vIMS implémentée

V.5.1. Architecture implémentée

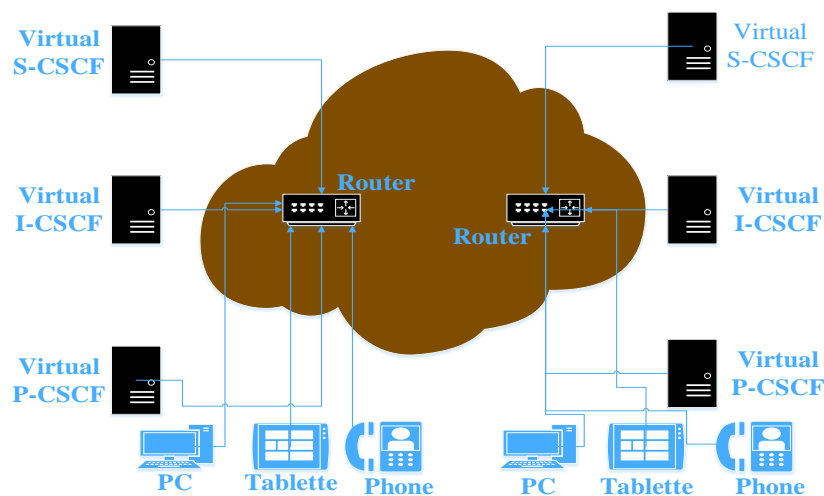


Figure V.1: L'architecture proposée

L'architecture que nous proposons est schématisée comme à la figure V.1. C'est une architecture inspirée du concept NFV (Network Functions Virtualization). Les principaux composants de cette architecture sont: vP-CSCF (Virtual Proxy-Call/Session Control Function), vI-CSCF (Virtual Interrogation-Call/Session Control Function), vS-CSCF (Virtual Serving-Call/Session Control Function). La virtualisation du réseau IMS réduit la complexité et les coûts tout en fournissant une solution évolutive qui permet de développer et de ralentir les services en fonction des besoins du client et du réseau.

Notre architecture proposée, comme le montre la figure V.1, est basée sur [51]. Ainsi, nous avons un réseau IMS virtuel (qui contient le P-CSCF virtuel, le I-CSCF virtuel, le S-CSCF virtuel) et nous avons également différents pairs Bittorrent. C'est un modèle défini par 3GPP nommé architecture Peer to Peer Content Distribution Services (P2P CDSL). Outre la coordination technique entre IMS, P2P et Scalable Video Coding (H.264 / SVC), le but de notre approche est de bénéficier des avantages du codage SVC pour fournir un streaming P2P adaptatif pour le réseau IMS à base de la technologie 5G, et ce dans une architecture hétérogène contenant différents équipements (PC, tablette, téléphone).

Après l'étape d'authentification des différents clients au niveau du réseau virtuel IMS, les services multimédias deviennent possibles dans le réseau. Notre simulation inclura la partie de virtualisation de différents serveurs en utilisant le cadre GreenCloud [62]. La signalisation dans le réseau virtuel IMS est assurée par le protocole SIP (Session Initiation Protocol) afin de permettre l'authentification des différents pairs au niveau du réseau virtuel IMS. A noter que la création d'un réseau P2P dans notre architecture proposée se fait en utilisant le cadre Bittorrent [57] et que la partie de l'évaluation du codage SVC s'effectue en exploitant le cadre Myevalsvc [3]. Afin d'exécuter notre algorithme d'adaptation de la qualité SVC, nous avons développé notre algorithme en utilisant le code du langage C ++, et ce pour choisir le flux diffusé qui convient aux performances du pair. Nous devons ensuite connecter notre code C ++ avec la simulation TCL (Tool Command Language) sur NS2. Par la suite, nous utiliserons le cadre Myevalsvc pour évaluer la transmission du codage SVC entre deux nœuds émetteurs et récepteurs.

Nous utilisons le framework Bittorrent pour la création d'un réseau P2P, pour la gestion de téléchargement de la séquence vidéo et pour simuler le streaming vidéo adaptatif SVC entre pairs. Le module SIP est utilisé pour la signalisation dans le réseau où un pair joue le rôle d'un serveur et où d'autres pairs jouent le rôle de clients. Enfin, nous avons créé une architecture complète qui permet d'identifier les utilisateurs du réseau virtuel IMS P2P et qui de même permet l'adaptation SVC de la qualité pour les équipements hétérogènes.

V.5.2 Modèle d'adaptation

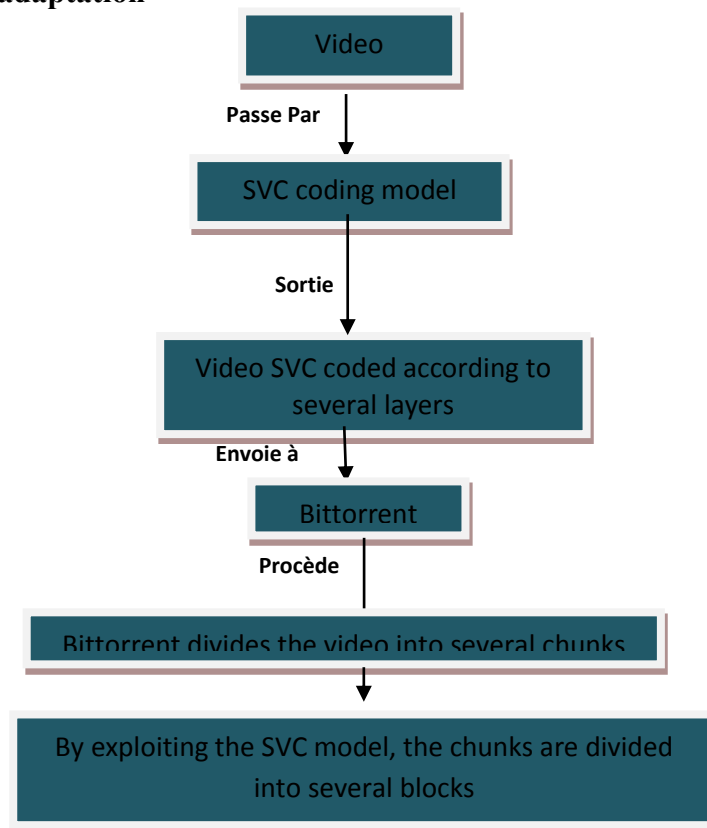


Figure V. 2 : Le processus de traitement d'une vidéo par notre architecture

$$\text{Video}_{\text{SVC}} = \sum_{i=0}^N L_i$$

Avec L_i :id de la couche.

Et N :Nombre de couches.

Ainsi qu'il apparaît d'après la figure V. 2, l'application Bittorrent reçoit la vidéo encodée et la soumet à un traitement de sorte qu'elle soit répartie en plusieurs morceaux.

Ci-dessous apparaît une expression mathématique qui définit la vidéo au stade de sortie de l'application Bittorrent:

$$\text{Video}_{\text{SVC}} = \sum_{i=0}^M C_i$$

Avec C_i : id du chunk.

M : Nombre de chunks.

Un niveau adaptatif SVC sera défini comme suit:

$L_i(i, N) = \sum_{i=0}^{Nn} C_i$ avec $L_i(i, N)$ = identifiant de la couche du $i = 0$ jusqu'à $i = N$

Et Nn : Nombre de chunks par couche.

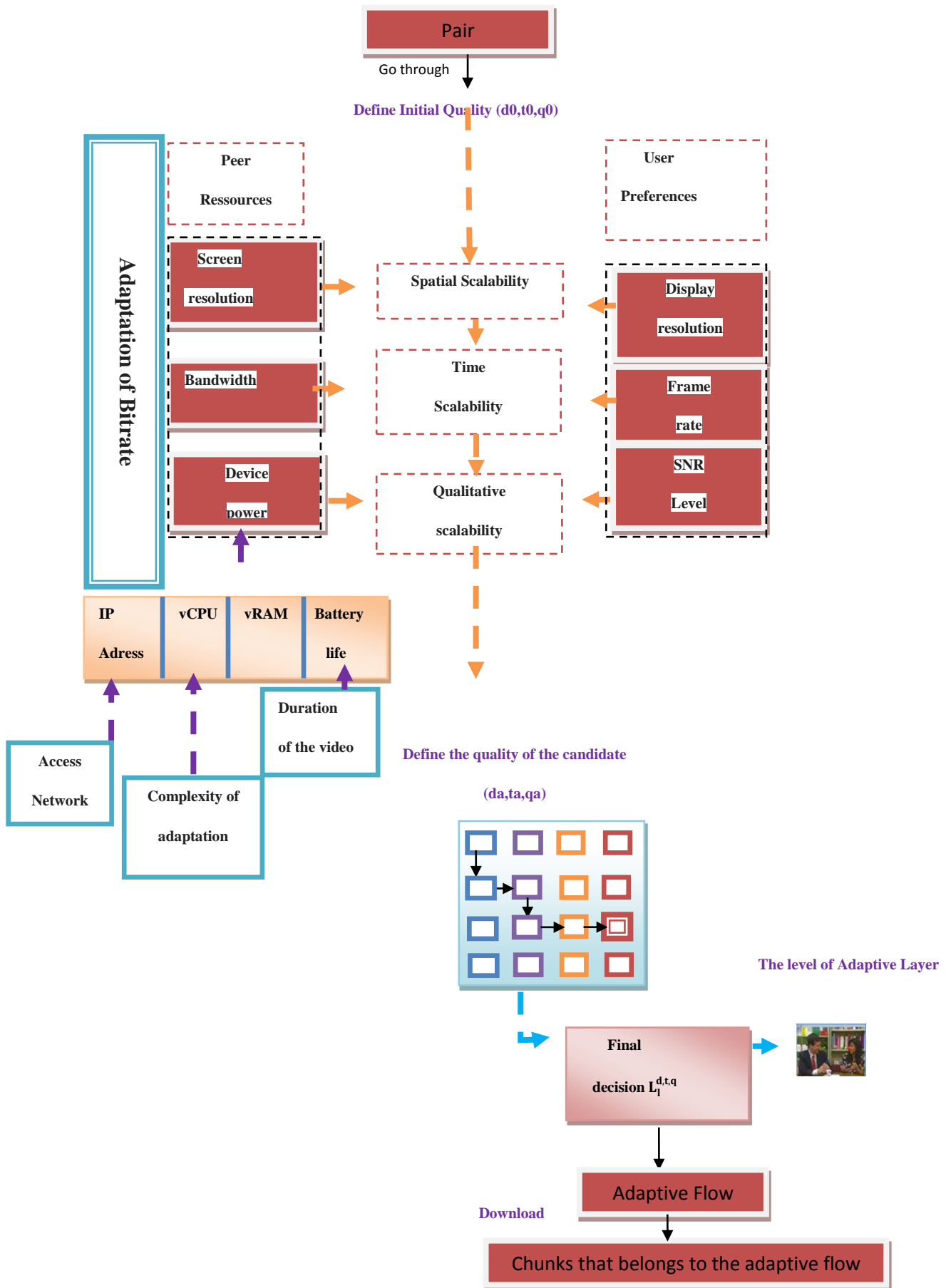


Figure V.3: Le processus de demande d'une vidéo par un pair

La figure V.3 présente notre modèle d'adaptation de la qualité de la vidéo à travers la gestion des chunks fournie par le protocole Bittorrent. Ce modèle subit une extension en partant d'un modèle existant [39].

Au départ, s'accomplit au niveau du serveur Tracker le stockage de la séquence vidéo, laquelle présente une version évolutive, codée en SVC avec une couche de base et des couches d'amélioration.

Ensuite, s'opère la transformation de la séquence vidéo dans sa totalité (couche de base et couches d'amélioration réunies) en un nombre déterminé de chunks par le biais du protocole Bittorrent, et chaque chunk est identifié par un numéro (id de chunk).

En outre, nous avons développé un code C++ qui assure la simulation de notre modèle et qui est destiné à définir la qualité adéquate (d, t, q) (spatiale, temporelle, qualitative) selon les performances de l'utilisateur. Aussi, nous procédons à l'application des étapes suivantes :

1-Exécuter l'adaptation spatiale et extraire les niveaux SVC qui ont la résolution de la vidéo appropriée pour l'utilisateur selon le paramètre de la résolution de l'écran de l'utilisateur.

2-Compte tenu des niveaux SVC déjà sélectionnés à l'étape 1, le modèle exécute l'adaptation temporelle en fonction du taux de frames de l'utilisateur demandé et de la bande passante du réseau pour extraire les niveaux SVC respectant ces conditions.

3-Etant donné les niveaux SVC déjà choisis à l'étape 2, le modèle accomplit l'adaptation qualitative, et ce selon les préférences de l'utilisateur qui a ainsi la possibilité de demander la vidéo avec ou sans qualité. A noter que le modèle permet de respecter aussi d'autres paramètres plus complexes. Il s'agit notamment de la performance de la vCPU, de la vRAM et de l'autonomie de la batterie pour extraire en fin de compte un niveau SVC adapté aux performances de l'utilisateur..

4-Et en prenant en considération le niveau SVC adapté aux performances de l'utilisateur, le modèle procède à une vérification des adresses IP des pairs dans la liste des pairs, l'objectif étant de garantir que les pairs qui délivreront la séquence vidéo seront présents dans la liste des pairs.

Une fois l'extraction du niveau SVC adaptatif accomplie, le pair entame la procédure de téléchargement de la séquence vidéo en mettant à contribution la technique des chunks afin de télécharger les différents niveaux SVC.

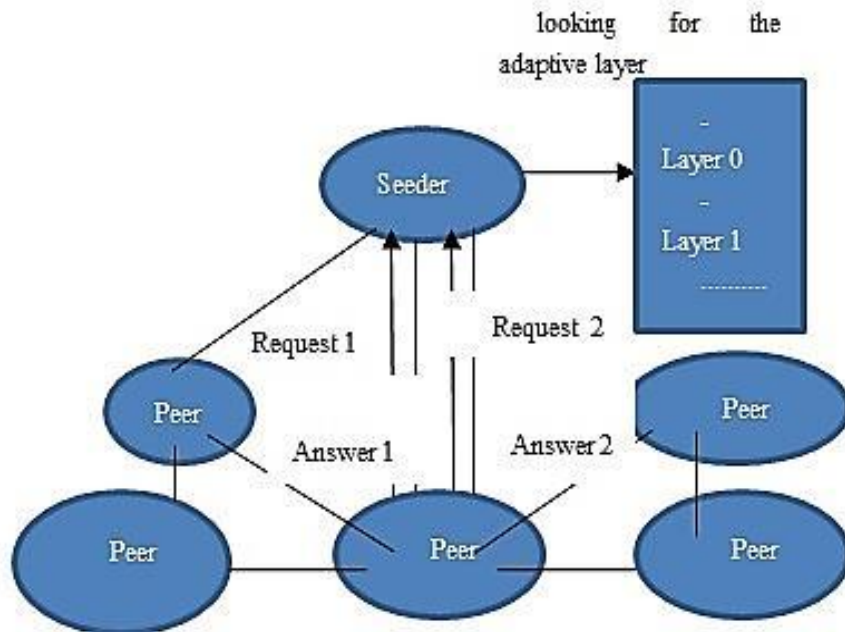


Figure V.4 : Processus de demande de la vidéo par un pair

Requête 1 : Le pair demande la vidéo au semoir.

Réponse 1 : Le semoir demande la performance des pairs.

Requête 2 : le pair envoie ses performances au semoir.

Réponse 2 : Le semoir envoie au pair les numéros de blocs associés à la couche adaptative demandée.

Ainsi qu'il apparaît dans la figure V.4, d'entrée de jeu, la vidéo SVC codée appartient au semoir. Ce dernier reçoit la demande de la vidéo du pair après l'échange ci-dessus exposé. Le pair procède au téléchargement du premier chunk du semoir (seeder) et suivant le mécanisme de BitTorrent, le pair peut mettre sa capacité d'upload à la disposition du réseau à l'issue du téléchargement du premier chunk. Ensuite, s'accomplit par le pair la recherche des numéros de morceaux qui constituent le niveau adaptatif reçu du semoir (seeder). A noter que pour rendre plus rapide le téléchargement, le pair procède à la recherche des autres chunks

chez le semoir (seeder) ou chez les différents pairs, y compris s'ils ont des chunks qui relèvent d'un niveau SVC adaptatif inférieur ou supérieur au niveau requis par le pair.

Notre architecture consiste à exploiter la technique de sélection de morceaux offerte par le protocole Bittorrent et la technique de division du flux vidéo en plusieurs blocs proposés par le codage SVC, et ce pour créer un réseau P2P basé sur le protocole Bittorrent permettant le téléchargement d'un flux adaptatif selon les besoins des pairs.

Dans la première étape, le semoir (seeder) possède la vidéo codée en SVC (contenant toutes les couches et tous les morceaux).

Les pairs rejoignent le réseau P2P Bittorrent, et après l'exécution du modèle d'adaptation, le pair connaît à l'avance les morceaux qu'il doit télécharger par le numéro de chunk pour regrouper le niveau SVC choisi. A noter qu'en même temps et selon le principe Bittorrent, un pair peut fournir sa capacité d'upload au réseau après avoir terminé une seule pièce (chunk), de sorte qu'il devient uploader et Downloader à la fois.

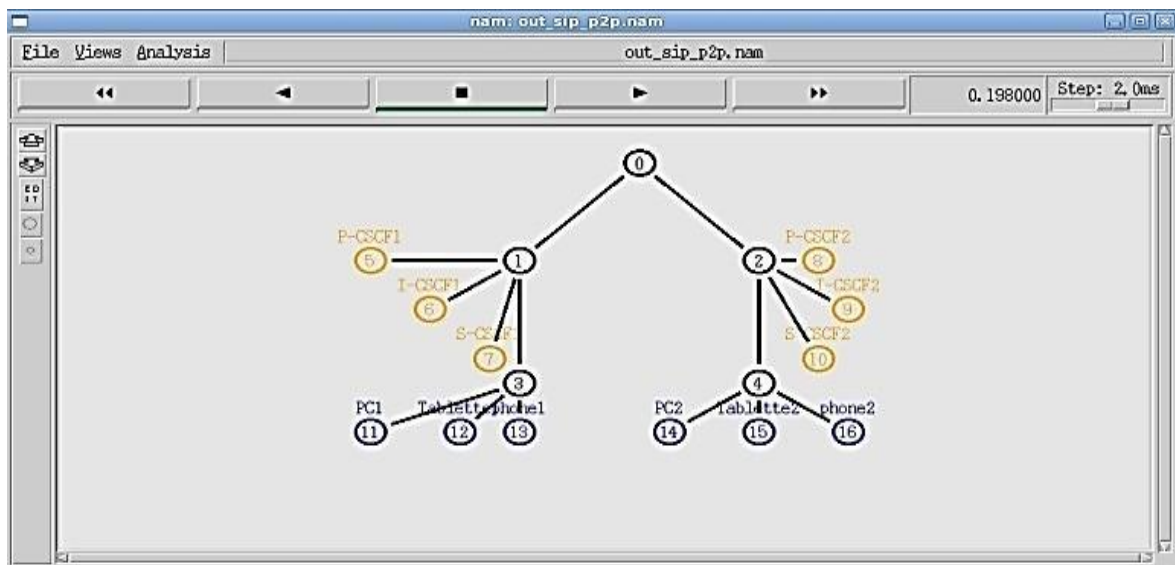


Figure V. 5: Diagramme décrivant le problème résolu

Le processus d'adaptation de la qualité de la vidéo et le contrôle du type d'accès commencent par la sous-couche initiale L0 avec les paramètres de scalabilité initiales d_0 , t_0, q_0 avec d_0 : la résolution de la sous-couche L0, t_0 : taux de frame de la sous-couche L0, q_0 : qualité SNR de la sous-couche L0. Il existe aussi d'autres paramètres à caractère fixe de l'algorithme d'adaptation tels que α : La répartition de la durée de la vidéo par rapport à la durée de vie de la batterie, \mathcal{L} : liste des pairs appartenant au réseau, @ : adresse IP du

pair, $list_{chunk}$: liste des numéros de chunks (id chunk) qui convient pour un niveau SVC adaptatif.

Cet algorithme a trois objectifs, le premier est la définition de la couche SVC adéquate Li avec les paramètres de scalabilité da, ta, qa qui interviennent en adaptant les ressources statiques du pair aux préférences de l'utilisateur, et ce pour avoir à la fin le niveau SVC avec la qualité maximale à laquelle l'utilisateur peut accéder dans sa lecture de la séquence vidéo.

Le deuxième objectif de l'algorithme est le contrôle du réseau d'accès du pair à travers les adresses IP des pairs qui ont le rôle d'uploader dans le réseau. A noter que le contrôle s'effectue au niveau de la liste des pairs pour vérifier que ces pairs n'ont pas quitté le réseau Pair à Pair et que leurs adresses IP sont déjà dans la liste des pairs.

Le troisième objectif de l'algorithme est l'extraction des identifiants des chunks qui contiennent le flux vidéo SVC adaptatif.

```

Entrée :
di=d0;
tj=t0 ;
qk=q0 ;
d0, t0, q0 représente trois types d'évolutivité initiale.
Définir la qualité initiale au niveau de la couche L0 (di, tj, qk).
α ; La répartition de la durée de la vidéo par rapport à l'autonomie de la batterie
β; Fréquence d'images adaptative.
μ ; Niveau adaptatif de SNR
φ; Paramètre de quantification
£; Liste des pairs appartenant au réseau.
listchunk :Liste des morceaux pour chaque niveau SVC.
@; Adresse IP du pair.
dm ; Représente l'évolutivité spatiale maximale.
tm ; Représente l'évolutivité temporelle maximale
qm ; Représente l'évolutivité qualitative maximale
Sortie :
Répondre aux contraintes de la qualité ajustée Ll (d, t,q)
Commencer
Pour chaque niveau de la couche Ll, dm
If (Ll ,di ≤ Préférences de la résolution d'affichage pour l'utilisateur.)
Ensuite
Niveau_SVC.ajouté{di}
Fin Si
Fin Pour
Pour chaque niveau de la couche, (dm,tm)
Si ((Ll,(di ,tj) ≤ Préférences de l'utilisateur pour la fréquence d'images)
Et (Ll ,(di ,tj) ≤ Bande passante du pair) Et (Débit(β, φ) ≤ Bande passante du pair))
Ensuite
Niveau_SVC.ajouté {di, tj}
Fin Si
Fin Pour
Pour chaque niveau de la couche Ll,(dm,tm,qm)
Si ((Ll (di,tj,qk) ≤ Préférences de l'utilisateur pour SNR) Et ( Ll(di,tj,qk) ≤
Puissance de l'équipement du pair )
Et
Complexité (di, tj,qk) ≤ Puissance de l'équipement du pair (vCPU)
Et (α ≤ 1))
Et @ ∈ £
Ensuite
Niveau_SVC.ajouté {di,tj,qk}
Fin Si
Fin Pour
Si niveau SVC.ajouté {di,tj,qk} n'est pas vide
Ensuite Retourner le candidat de la qualité adaptative {d, t, q}
Ensuite Retourner listchunk de la qualité adaptative {d, t, q}
Fin Si
Retourner " Erreur: ressources statiques trop faibles pour le flux de base "
Fin

```

Figure V. 6: Algorithme portant sur la sélection de la couche SVC appropriée en fonction des performances du client et du type d'accès et portant sur l'extraction des chunks convenables

V.3 Métriques d'évaluation de la Qualité de Service et de la Qualité d'expérience

Pour évaluer le streaming vidéo côté récepteur, il est essentiel de faire une étude analytique des métriques de la QoS (Quality of service), des métriques objectives et subjectives de la QoE (Quality of experience) pour un flux vidéo. Ces métriques sont importantes pour le cas des réseaux Peer to Peer.

V.3.1 Qualité de Service :

La qualité de service (QoS) ou quality of service (QoS) est la capacité à véhiculer dans de bonnes conditions un type de trafic donné, en termes de disponibilité, débit, délais de transmission, gigue, taux de perte de paquets...

- **Délai de transmission de paquet.**
- **Gigue.**
- **PLR (taux de perte de paquets).**

V.4. Simulation

Afin de valider l'efficacité de notre architecture de distribution du contenu vidéo sur le réseau virtuel IMS P2P, en utilisant notre modèle créé permettant une continuité de service dans le réseau, l'adaptation qualitatif des séquences vidéo distribuées à l'aide de la technologie Bittorrent qui est basé sur la technique de la gestion des chunks.

La simulation à l'aide de NS2 [15], doit permettre de faire les validations nécessaires.

V.4.1 Travail effectué à l'aide du simulateur

Le simulateur NS2 est un simulateur libre permettant l'ajout des modèles simulant des technologies récentes et la connexion avec des modules simulant des modèles propres en relation avec les nouvelles technologies.

Afin d'évaluer l'efficacité de notre solution, nous avons modifié ce simulateur par l'intégration des modules suivants : module GreenCloud[62] pour assurer la virtualisation de différents serveurs, module Bittorrent [57] pour la création d'un réseau Peer to Peer, nous avons aussi utilisé les modules suivantes qui ont été déjà intégrés dans le simulateur : le module myevalsvc [3] pour l'implémentation de l'architecture SVC, le module SIP (Session Initiation Protocol) [46] pour assurer la signalisation de notre réseau virtuel IMS P2P et le

module Zetasim [47] pour la création d'un autre réseau Peer to Peer, afin de faire les comparaisons nécessaires.

Egalement, nous avons connecté un module contenant notre module d'adaptation présenté dans la Figure V.3 codé en langage C++, pour évaluer la performance de notre processus qui vise à assurer la continuité de service et à adapter la qualité en but d'améliorer la performance des systèmes de distribution du contenu vidéo sur le réseau virtuel P2P IMS à l'aide de la technologie Bittorrent.

Les objectifs de cette étude sont les suivants : l'assurance de la continuité de service et l'adaptation de la qualité en utilisant SVC et la technique de sélection des chunks appropriés, ce qui permet de mesurer l'impact de notre modèle d'adaptation à notre système basé sur le réseau virtuel IMS P2P et le protocole Bittorrent.

V.5 Scénarios

V.5.1 Scénario 1

V.5.1.1 Objectif

Ce scénario vise à évaluer la durée moyenne de téléchargement de la séquence vidéo.

V.5.1.2 Paramètres de la simulation

Nous avons effectué des simulations suivant les paramètres décrites dans le tableau ci-dessous :

| Nombre des pairs | Nombre de semoirs | Taux d'upload (KBps) | Taille du fichier à télécharger (MB) |
|------------------|-------------------|----------------------|--------------------------------------|
| 10 | 2 | 1250 | 3 |
| 20 | 2 | 1250 | 3 |
| 100 | 2 | 1250 | 3 |

Tableau V 1: Paramètres de la simulation

V.5.1.3 Résultats et discussion

Le tableau V 2 montre la moyenne de la durée de téléchargement de la séquence vidéo, ces valeurs sont schématisés dans la figure V 7 :

| Nombre des pairs | Durée moyenne de téléchargement (ms) |
|------------------|--------------------------------------|
| 10 | 14,020641 |
| 20 | 18,1192465 |
| 100 | 24,204036 |

Tableau V 2: Résultat du scénario 1

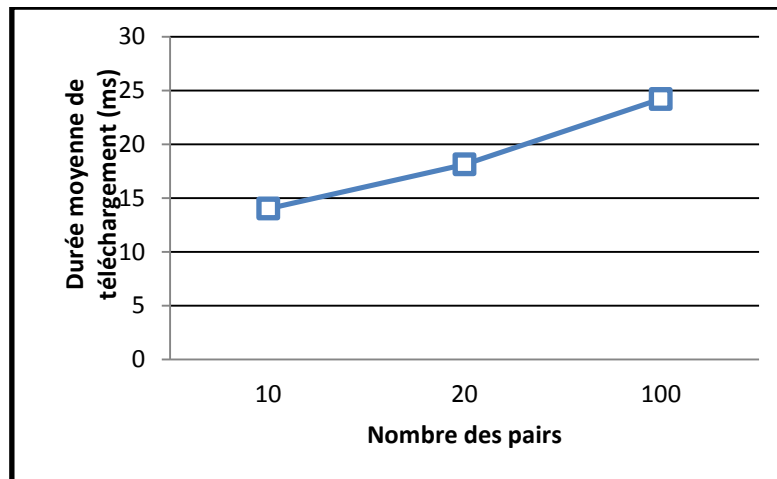


Figure V 7: Nombre des pairs par rapport à la durée de téléchargement

D'après la figure V 7, on peut remarquer qu'il existe une relation linéaire entre le nombre des pairs et la durée moyenne de téléchargement, lorsque le nombre de pair augmente la valeur de la durée moyenne de téléchargement augmente.

V.5.2 Scénario 2

V.5.2.1 Objectif

Ce scénario vise à évaluer la durée moyenne de téléchargement de la séquence vidéo, first Chunk Time, last Chunk Time, pour un nombre des pairs différents dans le réseau.

Paramètres de la simulation et Résultats et discussion

Les paramètres de la simulation et les résultats obtenus sont décrites dans le tableau V 3

| Taux d'Upload (Bps) | | | | | | |
|-----------------------|------------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------|------------------------------|
| 250 | | | | | | |
| Nombre de Semoirs | | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| Nombre des pairs | | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| Taille de la Séquence | Id du pair | Temps de démarrage (ms) | Temps du premier morceau (ms) | Temps du dernier morceau (ms) | Temps d'arrêt (ms) | Durée de téléchargement (ms) |
| 5MB | 18 | 0 | 0 | -1 | 23992,8 | -1 |
| | 19 | 8,19076 | 3477,63 | 23992,8 | 23992,8 | 23984,6 |
| 10 MB | 18 | 0 | 0 | -1 | 46202,7 | -1 |
| | 19 | 8,19076 | 4013,16 | 46202,7 | 46202,7 | 46194,5 |
| 15 MB | 18 | 0 | 0 | -1 | 67334,8 | -1 |
| | 19 | 8,19076 | 3482,72 | 67334,8 | 67334,8 | 67326,6 |

Tableau V 3:Résultat du scénario 2

Ces valeurs sont schématisés dans la figure V 8 :

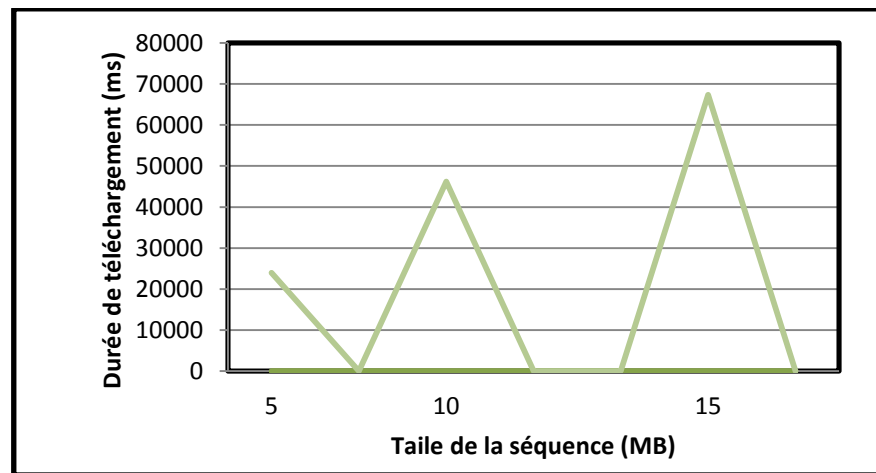


Figure V 8: Taille des paquets par rapport à la durée de téléchargement

D'après la figure V 8, on peut remarquer qu'il existe une relation linéaire entre la taille de la séquence et la durée du téléchargement, lorsque la taille de la séquence augmente, la valeur de la durée du téléchargement augmente de manière proportionnelle.

V.5.3 Scénario 3

V. 5.3.1 Objectif

Nous avons effectué des simulations pour différents terminaux qui ont différentes capacités d'upload décrites dans le tableau ci-dessous, et nous avons obtenu les résultats suivants:

| Terminal | Uplod rate | Download duration (ms) |
|----------|------------|------------------------|
| Phone | 2 | 16,4666 |
| Tablet | 5 | 16,5772 |
| PC | 10 | 16,9089 |

Tableau V 4: Performances des terminau

| Taille de la sequence | | | | | | |
|-----------------------|------------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------|------------------------------|
| 5MB | | | | | | |
| Nombre de semoirs | | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| Nombre des pairs | | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| Taille de la Séquence | Id du pair | Temps de démarrage (ms) | Temps du premier morceau (ms) | Temps du dernier morceau (ms) | Temps d'arrêt (ms) | Durée de téléchargement (ms) |
| 10 Mbps | 18 | 0 | 0 | -1 | 24.6573 | -1 |
| | 19 | 8.19076 | 9.12391 | 24.6573 | 24.6573 | 16.4666 |
| 5 Mbps | 18 | 0 | 0 | -1 | 24.6579 | -1 |
| | 19 | 8.19076 | 9.12907 | 24.7679 | 24.7679 | 16.5772 |
| 2 Mbos | 18 | 0 | 0 | -1 | 25.0997 | -1 |
| | 19 | 8.19076 | 9.14453 | 25.0997 | 25.0997 | 16.9089 |

Tableau V 5: Résultats du scénario 3

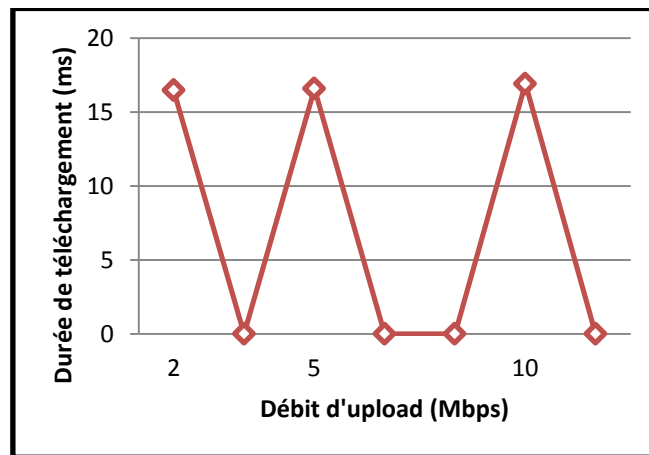


Figure V 9: Débit d'upload par rapport à la durée de téléchargement

À partir de la figure V 9, nous remarquons que le taux d'upload a une faible influence sur la durée de téléchargement de la séquence, si le taux d'upload augmente, le temps de téléchargement est réduit faiblement. D'un autre côté, comme l'indique la figure V 8, lorsque la taille de la séquence augmente, le temps de téléchargement augmente fortement.

V.5.4 Scénario 4

V.5.4.1 Objectif

Nous avons fait une comparaison entre deux protocoles Peer to Peer (Bittorrent et Zeta), nous avons utilisé une architecture Peer to Peer décrite dans le tableau V 7:

V.5.4.2 Paramètres de la simulation

| Nombre des pairs | Nombre de Semoirs | Taux d'Upload (KBPS) | Taille de la séquence (MB) | Durée de téléchargement (Zeta) (ms) | Durée de téléchargement (Bittorrent) (ms) |
|------------------|-------------------|----------------------|----------------------------|-------------------------------------|---|
| 5 | 1 | 9,8396 | 3 | 30,858 | 4.37 |

Tableau V 6: Paramètres de la simulation –Scénario 4-

On note que l'architecture Peer-to-Peer utilisée par le protocole Zeta est basée sur un serveur de démarrage (tracker) et des pairs en mode non connecté (UDP), d'autre part l'architecture utilisée par le protocole Bittorrent et le mode Peer to Peer est basé sur le mode connecté (tcp),

V.5.4.3 Résultats et analyses

Nous avons obtenu les résultats schématisés dans le graphique ci-dessous:

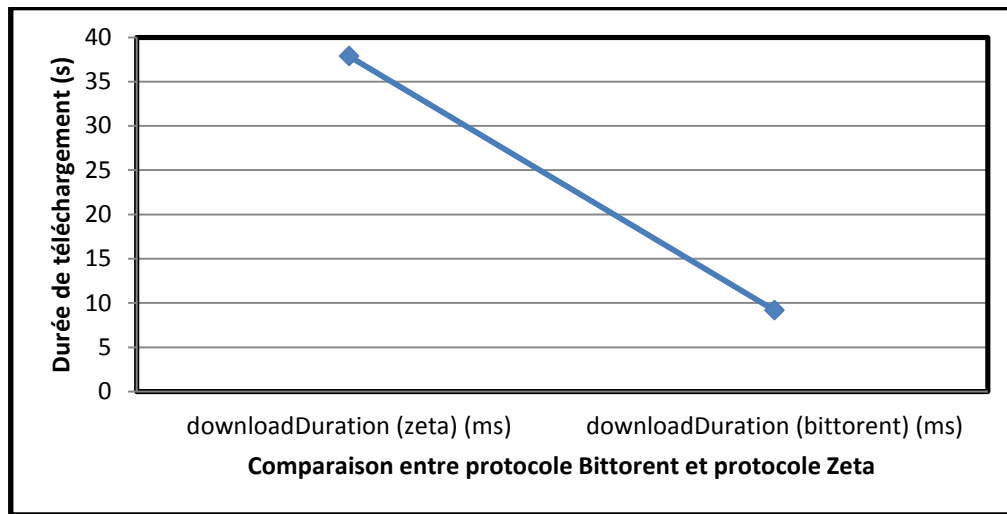


Figure V 10: Comparaison entre le protocole Zeta et le protocole Bittorrent

Nous avons extrait le taux PLR pour les paquets Zeta, et nous avons extrait le taux de congestion des paquets pour les paquets bittorrents:

| Taux de perte des paquets (Zeta) (%) | Taux de congestion des paquets (Bittorrent) (%) |
|--------------------------------------|---|
| 28,9 | 0,37 |

Tableau V 7: Evaluation de la transmission des paquets

D'après la figure V 10 et du tableau V 7, nous remarquons que la différence du mode de transport utilisé par les deux protocoles Bittorrent et Zeta influence la durée de téléchargement de la séquence, et nous remarquons que le protocole bittorrent utilise le mode connecté pour le transport de paquets avec (gestion des encombrements dans le réseau), ce qui justifie une faible durée de téléchargement par rapport au mode non connecté pour le transport des paquets utilisés par le protocole zeta.

La plupart des études du protocole TCP montrent que la fenêtre de congestion est de l'ordre de

$$\text{rate_congestion} = 1/\sqrt{tp} \text{ avec } tp : \text{Taux de perte des paquets.}$$

Expression mathématique V 1: Taux de congestion

A partir de cette expression mathématique et des résultats présentés dans le tableau IV 10, nous pouvons vérifier que:

| Taux de perte des paquets (Zeta) (%) (UDP) | Taux de perte des paquets (Bittorrent) (%) (TCP) |
|--|--|
| 28,9 | 7,3 |

Tableau V 8: Evaluation de la transmission des paquets

En mode tcp, on peut remarquer que lorsque le taux de congestion augmente, le taux de perte diminue et lorsque le taux de perte augmente le taux de congestion diminue.

Les résultats montrent que le protocole Bittorrent est plus fiable que le protocole Zeta, en ce qui concerne le téléchargement.

V.5.6 Mécanisme de gestion des chunks par le protocole Bittorrent

Un bloc est un morceau de fichier. Lorsqu'un fichier est distribué via BitTorrent, il est divisé en petits morceaux ou blocs. Typiquement, le bloc a une taille de 256 Ko. La division du fichier en morceaux permet de le distribuer le plus efficacement possible. Les utilisateurs obtiennent leurs fichiers plus rapidement en utilisant moins de bande passante.

| Séquence | Nombre des morceaux |
|----------|---------------------|
| 3 | 12 |
| 5 | 20 |
| 10 | 40 |

Tableau V 9 : Nombre des chunks versus Taille de la séquence

V.7 CONCLUSION

Ce chapitre présente une adaptation de distribution de contenu vidéo évolutif sur le réseau virtuel P2P IMS. La simulation a été testée dans NS2 et réalisée en utilisant le code C ++ de GreenCloud,NS2 SIP, myevalsvc, Bittorrent.

Les résultats montrent une nette adaptation de la qualité avec des terminaux hétérogènes, et montrent de même l'importance de la continuité de service pour les réseaux P2P et la technique de sélection des chunks utilisée par Bittorrent.

Le schéma adaptatif de qualité proposé est également sensible à la bande passante réseau disponible de même qu' au changement de réseau d'accès des pairs.

Conclusion générale

Dans ce travail, nous avons présenté les principes des réseaux de nouvelles génération dont en particulier le réseau IMS qui permet la convergence des réseaux vers un réseau tout IP.

Le réseau IMS est compatible avec les réseaux Pair à Pair et offre plusieurs services aux pairs parmi lesquels les services multimédias. Etant donné que les services multimédias qui existent sous plusieurs formes occupent une grande partie du trafic réseau et vu l'hétérogénéité marquant tant les réseaux que les équipements des pairs, nous avons choisi de nous concentrer sur l'élaboration des architectures qui prennent en considération ces différentes contraintes techniques.

Aussi, notre travail a porté essentiellement sur la diffusion vidéo dans le cadre du réseau IMS Peer to Peer en utilisant les nouvelles technologies en termes de réseau, codage vidéo, diffusion vidéo ainsi qu'en termes des protocoles qui gèrent les réseaux Pair à Pair dans le but de présenter des architectures qui permettent la coexistence des toutes ces techniques et ces technologies destinées à garantir la qualité de service requis ainsi que la qualité d'expérience demandée par l'utilisateur finale.

Principales contributions

Dans la première contribution nous nous sommes intéressé à l'étude de la signalisation dans le réseau IMS à travers la mise en place d'un Framework permettant l'étude de la partie signalisation dans le réseau IMS, et ce en considérant tous les points en relation avec les sessions multimédias dans ce réseau afin de garantir la qualité de services pour nos architectures proposées dans cette thèse. Ainsi, nous avons pu extraire les métriques de qualité de service dont notamment le délai de transmission d'un paquet dans le réseau, la gigue et le délai de transmission considéré cette fois par rapport aux différentes tailles des paquets. A noter que ces valeurs des métriques de qualité de service extraites ont été comparées aux valeurs offertes par les standards.

La deuxième contribution a consisté en l'adaptation de la qualité des vidéos codés en SVC pour des pairs hétérogènes en tenant en compte de leurs performances (matérielle et réseau) dans un réseau IMS P2P. La contrainte d'hétérogénéité des pairs s'effectue en gérant leurs performances (CPU (Central Processing Unit), RAM , (Random Access Memory), Bande

passante, autonomie de la batterie) de même qu'en gérant le changement de leurs types d'accès d'un réseau à un autre. Cette gestion de contraintes s'effectue à travers la proposition d'une architecture réseau et d'un modèle qui permet l'adaptation de la qualité de la vidéo et qui assure la continuité de service dans un réseau IMS Peer to Peer à base du codage multicouches et évolutif (SVC). La mise en valeur du modèle d'adaptation de la qualité des vidéos nous a permis de montrer que les valeurs de qualité de service et de qualité d'expérience obtenues sont satisfaisantes.

Il est à noter à cet égard que nous avons quantifié les performances de streaming en utilisant deux métriques d'évaluation, une métrique objective (Mean Opinion Score, MOS) et une métrique subjective (Peak Signal to Noise Ratio, PSNR) de même qu'en mettant à contribution la métrique de mesures de la qualité de la vidéo (Video Quality Measurement, VQM). En outre, nous avons extrait des valeurs de taux de perte de paquets (Packet Loss Rate, PLR,) et les métriques réseaux qui sont en relation avec la qualité de service (le délai de transmission des paquets vidéo de bout en bout et la gigue par rapport au délai de transmission des paquets vidéo). Et pour procéder à une comparaison des résultats obtenus concernant le changement du type d'accès au réseau pour un pair, nous avons mis en place deux scénarios de simulation, l'un comportant plusieurs pairs connectés au réseau jusqu'à la fin du téléchargement de la vidéo par les pairs, l'autre (scénario) admettant un changement d'adresse d'un pair pendant l'opération de téléchargement de la séquence vidéo par les pairs.

Notre troisième contribution a trait à l'adaptation de la qualité de la vidéo SVC dans un environnement contenant une large population d'utilisateurs hétérogènes ayant des performances différentes, utilisateurs qui téléchargent des fichiers volumineux et qui sont susceptibles de changer leurs accès réseau d'un type d'accès à un autre. Cette contribution se base essentiellement sur l'intégration de la gestion des chunks (morceaux) à notre architecture et à notre modèle d'adaptation de la qualité, lesquels ont été présentés dans la deuxième contribution afin de porter au plus haut niveau possible l'amélioration des valeurs de la qualité de service dans une architecture combinant le réseau IMS et le réseau pair à pair géré par le protocole Bittorrent [53] et comportant des vidéos à base du codage SVC. Les résultats obtenus montrent une nette amélioration de la qualité par rapport à la contribution précédente, en l'occurrence la deuxième.

La mise en place de la troisième contribution a été effectuée en utilisant une architecture réseau contenant une large population de pairs hétérogènes qui téléchargent des vidéos SVC adaptatives. Cette architecture réseau associe le réseau P2P Bittorrent au réseau IMS en exploitant les avantages du codage multicouches qui délivre des flux SVC selon des débits

différents et en mettant en valeur la technique de sélection des chunks utilisée par le protocole Bittorrent vu que ce protocole utilise un processus évolutif de distribution de contenu et vu qu'il est conçu pour distribuer des fichiers volumineux. Cela se fait en utilisant la bande passante de téléchargement de tous les nœuds (appelés pairs) téléchargeant le fichier. Pour gérer la contrainte d'hétérogénéité des pairs et le changement du type d'accès des pairs, nous intégrons la gestion des chunks au modèle étendu d'adaptation de la qualité, modèle déjà présenté dans la deuxième contribution, ce qui permet de gérer les performances des pairs et leur accès au réseau en garantissant un niveau appréciable de QoS. Il est à noter que nous avons effectué plusieurs scénarios de simulation avec le protocole Bittorrent pour l'évaluation de notre modèle d'adaptation et que nous avons extrait les paramètres suivants : Start Time (Temps de démarrage de la simulation), First Chunk Time (Temps de la réception du premier chunk), Last Chunk Time (Temps de la réception du dernier chunk), Stop Time (Temps de fin de la simulation), Download Duration (Durée de téléchargement). Ces paramètres permettent l'évaluation de notre modèle, et nous avons établi une comparaison entre le protocole P2P Bittorrent et le protocole P2P Zeta [47], sachant que Bittorrent fonctionne en mode TCP (Transmission Control Protocol) et que le protocole Zeta fonctionne en mode UDP (User Datagram Protocol).

Enfin, notre quatrième contribution, la dernière, a consisté en l'utilisation d'une adaptation de la qualité de streaming vidéo dans le cadre d'une architecture basée sur la technologie 5G, et ce pour garantir en même temps les résultats suivants : répartir la charge entre les éléments de l'architecture P2P IMS, réduire le temps de réponse pour les procédures (temps d'authentification utilisateur et temps requis pour qu'un pair puisse rejoindre le réseau) et réduire la durée de téléchargement des chunks (diminuer la latence dans le réseau).

Ce processus d'adaptation de la qualité de diffusion vidéo a été effectué à travers l'intégration du module GreenCloud [62] au simulateur NS2 [15] de même qu'à travers le développement d'un code TCL [63] (Tool Command Language) qui permet de simuler les différentes demandes, réponses et requêtes qui traversent le réseau IMS Peer to Peer. Les serveurs mis en œuvre dans l'architecture proposée sont des serveurs virtuels (virtual P-CSCF, virtual I-CSCF, virtual S-CSCF) ayant pour rôle d'évaluer notre architecture dans la technologie 5G.

Perspectives de recherche :

Dans une perspective de prolongement de notre étude, nous envisageons d'améliorer notre travail de recherche, et ce en nous intéressant aux deux principaux points que voici :

– **5 Génération** : Il s'agira en particulier de bénéficier de l'architecture proposée par la cinquième génération pour l'amélioration de la qualité de service et de la qualité de l'expérience de streaming vidéo.

–**Métriques de mesure de qualité plus avancées** : Afin de mieux évaluer nos modèles d'adaptation de la qualité de streaming vidéo, nous proposerons d'étudier d'autres métriques de mesure de qualité plus avancées comme VQA (Video Quality Analyser), PSNR (Peak Signal to Noise Ratio-Human Visual System) et SSIM (Structural SIMilarity).

Bibliographie

- [1] J. Rieckl, Scalable video for Peer-to-Peer streaming, Master's thesis, University of Vienna, Summer,2008.
- [2] 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; Feasibility study on IP Multimedia Subsystem (IMS) based peer-to-peer content distribution services; Stage 2,(Release 12),3GPP TR 23.844 V12.0.0 (2012-06).
- [3] C. H. Ke, MyEvalSVC: an Integrated Simulation Framework for Evaluation of H.264/SVC Transmission, KSII Transactions on Internet and Information Systems, vol. 6, no. 1, pp. 378-393, Jan. 2012 .
- [4] G. G. Rizk, A. H. Zahran and M. H. Ismail, AVIS: an Adaptive Video Simulation Framework for Scalable Video, in Eighth International Conference on Next Generation Mobile Applications, Services and Technologie,pp.84-89, 2014.
- [5] A. Ghani, Quality adaptation by using scalable video coding (SVC) over IP Multimedia Subsystem(IMS),Journées Doctorales en Systèmes d'Information, Réseaux et Télécom mu-nication,(JDSIRT,2017), , 18-19,Avril,2017,Rabat,Morocco.
- [6] Institute of electronics and computer science Gaspard-Monge (IGM) website. [Online]. Available :<http://www-igm.univmlv.fr/~dr/XPOSE2010/IMS/architecture.html>.
- [7] Telecommunication Standardization Sector (ITU-T), Series G: Transmission Systems and Media, Digital Systems and Networks G.114 (05/2003).
- [8] M. Wien, R. Cazoulat, A. Graffunder, A. Hutter, P. Amon, Real-Time System for Adaptive Video Streaming Based on SVC, in IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, Volume: 17, Issue: 9, Sept. 2007.
- [9] A. M. Alt and D. Simon, Control strategies for H.264 video decoding under resources constraints, ACM SIGOPS Operating Systems Review, ACM, 44 (3), pp.53-58, 2010.
- [10] H.S. Huang, W.H. Peng,T. Chiang,H.M Hang, Advances in the scalable amendment of H.264/AVC, IEEE Communications Magazine February 2007.
- [11] R . Husemann, V. Roesler, A. Susin, Introduction of a zonal search strategy for SVC inter-layer prediction module, on the 17th IFIP/IEEE International Conference on Very Large Scale Integration · VLSI November 2009, Florianopolis, Brazil.

- [12] A. Ghani, E H. I. Elhaj and A. Hammouch, Study of the Performance of the SIP Protocol Ensuring the Signaling in the IMS Network, Signals and Telecommunication Journal, STJ, Vol. 6, No. 2, pp 52-57, September 2017.
- [13] A. Ghani, E H. I. Elhaj and Hamid Allouch, Study of the Performance of the SIP Protocol Ensuring the Signaling in the IMS Network, The 2nd International conference on Real-Time Intelligent Systems (RTIS,2017),18th-20th,October,2017, Casablanca, Morocco.
- [14] T. Huong-Truong, N. HuuThanh, N. Tai Hung, J. Mueller, T. Magedanz, QoE-aware Resource Provisioning and Adaptation in IMS-based IPTV Using OpenFlow, on the 19th IEEE Workshop on Local & Metropolitan Area Networks (LANMAN), 10-12 April 2013.
- [15] Network Simulator 2, <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>.
- [16] H. Khalifi and J. C. Grégoire, IMS application servers roles, requirements, and implementation technologies, IEEE Internet Computing magazine, June 2008.
- [17] A. Hernández, M. Álvarez-Campana, E. Vázquez and V. Olmedo, The IP Multimedia Subsystem (IMS) Quality of service and performance simulation, in Proceedings of the 15th WSEAS international conference on Computers, July 2011.
- [18] DIT-UPM, OPNET University Program contributions by DIT-PM, <http://www.dit.upm.es/asignaturas/opnet/>
- [19] N. F. Mir, S. M. Musa, H. Gao ,C. Shivakumar , Performance Analysis of IMS Signaling in Multimedia Networks, Information Engineering (IE), Volume 1, Issue 1, Decembre 2012.
- [20] H. Allouch and M. Belkasmı, Risk Analytic approach and cost analysis for interworking on the new secured IMS architecture, Journal of Information Security Research, Volume 3, Number 3,September 2012.
- [21] M. Aziz, S. Javaid and M. Jarke, Mobile-to-Mobile Multi-user Chat Service framework for Operator networks, International Conference on Multimedia Computing and Systems (ICMCS), Marrakech,2014.
- [22] E.Belmekki,B. Raouyane, A. Belmekki, and M. Bellafkih,Secure SIP Signalling Service in IMS network, 9th International Conference on Intelligent Systems: Theories and Applications, Rabat,2014.

- [23] A. Khan, I. Mkwawa, L. Sun , E. Ifeachor, QoEdriven Sender Bitrate Adaptation Scheme for Video Applications over IP Multimedia Subsystem, Proceedings of IEEE International Conference on Communications, (ICC 2011), Kyoto, Japan,pp.1-6, 5-9 June, 2011.
- [24] Osama Abboud, Konstantin Pussep, Aleksandra Kovacevic, Ralf Steinmetz: Quality Adaptive Peer-to-Peer Streaming using Scalable Video Coding ,In Proceedings of the 12th IFIP/IEEE International Conference on Management of Multimedia and Mobile Networks and Services, pp.41-54,October 2009.
- [25] Joint Scalable Video Model (JSVM) Reference Software,<https://www.hhi.fraunhofer.de/>
- [26] A. Ghani, E H. I. Elhaj, A. Hammouch and A. Chaoub, Seamless Connectivity for adaptive multimedia provisioning over P2P-enabled IP Multimedia Subsystem, International Journal of Advanced Computer Science and Applications, IJACSA, Vol. 10, No. 7,pp 476-482,July 2019.
- [27] A. Bikfalvi, J.García-Reinosoy, I. Vidaly and F. Valera, Nozzilla: A Peer-to-Peer IPTV Distribution Service for an IMS-based NGN, in Fifth International Conference on Networking and Services, 2009.
- [28] L. Lin, A. Liotta, A Peer-to-Peer Overlay for the IP Multimedia Subsystem, In M. Fleury, & N. Quadri(Eds.), Streaming media with Peer-to-Peer networks : wireless perspectives (pp. 6-30). IDEA Group Publishing, 2012.
- [29] I. Radovanovic,J. Lukkien,S. Chen, C. Molanus and T. Ozcelebi, Virtual Community Management for Enabling P2P Services in the IMS Network, in the 2nd International Conference on Internet Multimedia Services Architecture and Applications, IMSAA,2008.
- [30] A. Khan, I. Mkwawa, L. Sun , E. Ifeachor, QoEdriven Sender Bitrate Adaptation Scheme for Video Applications over IP Multimedia Subsystem, Proceedings of IEEE International Conference on Communications, (ICC 2011), Kyoto, Japan,pp.1-6, 5-9 June, 2011.
- [31] P. Antoniou, A. Pitsillides and V. Vassiliou, Adaptive feedback algorithm for internet video streaming based on fuzzy rate control, 12th IEEE ISCC'07, July, 2007.
- [32] T. Hayashi, G. Kawaguti, J. Okamoto and A. Takahasi, Subjective quality estimation model for video streaming services with dynamic bit-rate control, IEICE Trans. Communication, Vol.E89-B, No.2, Feb.2006.

- [33] P. Papadimitriou and V. Tsaoussidis, A rate control scheme for adaptive video streaming over the internet, IEEE ICC, Glasgow, UK,2007.
- [34] G. Zhai, J. Cai, W. Lin, X. Yang and W. Zhang, Three dimensional scalable video adaptation via user-end perceptual quality assessment, IEEE Trans. on Broadcasting, special issue on Quality Issues in Multimedia Broadcasting, vol. 54, no. 3, pp. 719-727, Sept.2008.
- [35] H. Garudadri, H. Chung, N. Srinivasamurthy and P. Sagnetong, Rate adaptation for video telephony in 3G networks, Packet Video, 12-13 Nov. 2007.
- [36] A. Alexiou, D. Antonellis and C. Bouras, Adaptive and reliable video transmission over UMTS for enhanced performance, International . Journal of Commun. Syst. 20:65-81, 2007.
- [37] Camarillo, Gonzalo, and Garc'ia Mart'ın, Miguel A. "The 3G IP Multimedia Subsystem (IMS) Merging the Internet and the Cellular Worlds." John Wiley & Sons Ltd, 2006.Collins, Daniel. "Carrier Grade Voice over IP", SecondEdition, McGraw Hill, 2003.
- [38] I. Unanue, I. Urteaga, R. Husemann,J. D. Ser,V. Roesler,A. Rodr'iguez and P. S'anchez, A Tutorial on H.264/SVC Scalable Video Coding and its Tradeoff between Quality, Coding Efficiency and Performance, 2011.
- [39] Y.Lahbabi,El. Ibn Elhaj,A Hammouch, Quality adaptation using Scalable Video Coding (SVC) in Peer-to-Peer (P2P) Video-on-Demand (VoD) Streaming, in International Conference on Multimedia Computing and Systems,ICMCS,2014.
- [40] Z.May, F. C. A. Fernandesy, and Y. Wang, Power-Rate-Quality Optimized Scalable Video Adaptation, in Proceeding of the 46th Annual Conference on Information Sciences and Systems (CISS) of IEEE CISS, Princeton NJ, March. 2012.
- [41] Z. Ma and Y. Wang, Complexity Modeling of Scalable Video Decoding, in Acoustics, Speech and Signal Processing, ICASSP, pp.1125 -1128, March 31 2008-April 4 2008.
- [42] https://fr.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9moire_vive#cite_note-1, 2012.
- [43] INF 1130 Comprendre l'ordinateur: organisation, exploitation et programmation - chapitre2, Télé-université, 2002.
- [44] Telecommunication Standardization Sector (ITU-T), Delayed Contribution D.197, Definition of Quality of Experience, 2004
- [45] https://fr.wikipedia.org/wiki/Network_Simulator
- [46] Prior, Rui. "Universidade do Porto, ns2 network simulator extensions, 2006.

- [47] J. Wang and J. Han, Zeta: A novel network coding based P2P downloading protocol, <http://code.google.com/p/zetasim/>,2013.
- [48] Xiph.org Test Media [online, Verified February 2013]. Available from: <http://media.xiph.org/video/derf/>.
- [49] A. Ghani, E H. I. Elhaj and A. Hammouch, Quality adaptation by using scalable video coding (SVC) over P2P IP Multimedia Subsystem (P2P IMS), The 2nd International Conference on Information Systems & Security Networking (NISS 2019),27th-29th, March,2019, Rabat, Morocco.
- [50] A. Ghani, E H. I. Elhaj, A. Hammouch and A. Chaoub, Adaptation of quality for video streaming in a Bittorrent P2P IMS network, The 3rd International Conference on Networking, Information Systems & Security (NISS 20), March31-April2 2020, Marrakech, Morocco.
- [51] 3rd Generation Partnership Project (3GPP), available from <http://www.3gpp2.org>
- [52] Y.Chen, X. Wen,W. Zheng,Y. Sun, Z. Zhao, NIDA: Network ID Aware BitTorrent-like P2P Application between IMS Terminals, in the 3rd International Conference on Advanced Computer Theory and Engineering (ICACTE), 20-22 Aug. 2010, Chengdu, China.
- [53] N. Andrade, J. Santana,F. Brasileiro,W. Cirne, On the Efficiency and Cost of Introducing QoS in BitTorrent, in the Seventh IEEE International Symposium on Cluster Computing and the Grid (CCGrid '07), 14-17 May 2007, Rio De Janeiro, Brazil.
- [54] L. Dairaine, J. Lacan, L. Lancérica, J. Fimes, Content-Access QoS in Peer-to-Peer Networks Using a Fast MDS Erasure Code , Computer Communication,Volume 28, Issue 15, pp. 1778-1790, 15 September 2005.
- [55] E. Marocco, A. Manzalini, M. Sampò and G. Canal, Interworking between P2PSIP Overlays and IMS Networks – Scenarios and Technical Solutions,2007.
- [56] F. Xu,H. Jin,X. Liao and F. Qiu, Enhancing the Reliability of SIP Service in Large-Scale P2P-SIP Networks, International Conference on Grid and Pervasive Computing, pp 52-61, 2011.
- [57] <https://drive.google.com/file/d/0B7S255p3kFXNaGhxNEIteC11YTg/view?usp=sharing>
- [58] A. Ghani, E H. I. Elhaj, A. Hammouch and A. Chaoub, An Adaptive Video Streaming Framework for peer-to-peer 5G Networks: Paving the Road to 5G-IMS, Springer Book chapter, Emerging Trends in ICT for Sustainable Development,2021 .

- [59] Z. Tang, A Multi-domain and Multi-overlay Framework of P2P IMS Core Network based on Cloud Infrastructure, IEEE International Conference on Networking, Architecture and Storage (NAS), 2015.
- [60] A. Gilani, I.U. Khosa, M. Hamza, A. Qayyum, M. Bano, QoENGN: A QoE Framework for Video Streaming over Next Generation Mobile Networks, ICMSSP 2019, Guangzhou, China, May 10–12, 2019
- [61] B. Tomas and B. Vuksic, Peer to Peer Distributed Storage and Computing Cloud System, Proceedings of the ITI 2012 34th International Conference on Information Technology Interfaces ,79-84 ; 2012.
- [62] D. Kliazovich, P. Bouvry, S. U. Khan, GreenCloud: A Packet-level Simulator of Energy-aware Cloud Computing Data Centers, IEEE Global Telecommunications Conference GLOBECOM ,Miami, FL, USA, 6-10 Dec. 2010.
- [63] Tool Command Language (Tcl), <https://www.tcl.tk/>.
- [64] http://compression.ru/video/quality_measure/vqmt_download.html.

Liste des Publications

Journaux Internationaux

[1] Adnane GHANI, EL Hassan Ibn Elhaj, Ahmed Hammouch and Abdelaali Chaoub, **Seamless Connectivity for adaptive multimedia provisioning over P2P-enabled IP Multimedia Subsystem**, International Journal of Advanced Computer Science and Applications, IJACSA, Vol. 10, No. 7, 2019, pp 476-482, (indexed by : Scopus,....)

[2] Adnane GHANI, EL Hassan Ibn Elhaj and Hamid Allouch, **Study of the Performance of the SIP Protocol Ensuring the Signaling in the IMS Network**, Signals and Telecommunication Journal, STJ, Vol. 6, No. 2, September 2017, pp 52-57, (indexed by : Dline,....)

Conférences Internationales

[1] Adnane GHANI, EL Hassan Ibn Elhaj, Ahmed Hammouch and Abdelaali Chaoub, **Adaptation of quality for video streaming in a Bittorrent P2P IMS network**, The 3rd International Conference on Networking, Information Systems & Security (NISS 20), March 31-April 2 2020, Marrakech, Morocco. (indexed by : Scopus, ACM International Conference Proceeding Series an assigned ISBN 978-1-4503-7634-1/20/03, <https://doi.org/10.1145/3386723.3387824>).

[2] Adnane GHANI, EL Hassan Ibn Elhaj, Ahmed Hammouch, **Quality adaptation by using scalable video coding (SVC) over P2P IP Multimedia Subsystem (P2P IMS)**, The 2nd International Conference on Information Systems & Security Networking (NISS 2019), 27th-29th, March, 2019, Rabat, Morocco. (indexed by : Scopus, ACM International Conference Proceeding Series an assigned ISBN : 978-1-4503-6645-8,....).

[3] Adnane GHANI, EL Hassan Ibn Elhaj and Hamid Allouch, **Study of the Performance of the SIP Protocol Ensuring the Signaling in the IMS Network**, Second international conference on real-time intelligent systems (RTIS, 2017), 18th-20th, October, 2017, Casablanca, Morocco (indexed by : Springer (Lecture Notes in Real-Time Intelligent Systems, Springer),...)

Conférences Nationales

Adnane GHANI, Quality adaptation by using scalable video coding (SVC) over IP Multimedia Subsystem (IMS), Journées Doctorales en Systèmes d'Information, Réseaux et Télécommunication, (JD SIRT, 2017), Les journées Doctorales en Systèmes d'information, Réseaux et Télécommunications, 18- 19, Avril, 2017, Rabat, Morocco.