

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة أبو بكر بلكايد - تلمسان

Université Abou Bekr Belkaïd– Tlemcen –

Faculté de TECHNOLOGIE



## MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du **diplôme de MASTER**

En : Télécommunications

**Spécialité** : Réseaux et Télécommunications

Réalisé par : FELLAG CHEBRA Abdennour & KECHAIRI Mohamed Anes

### Sujet

**Utilisation du protocole MPLS pour l'amélioration des paramètres de la QoS d'une chaîne de transmission en vidéo streaming**

Soutenu le **26 /06 / 2019**, devant le jury composé de :

Mr HADJILA Mourad. MCB à l'université de Tlemcen. Président

Mr MERZOUGUI Rachid. MCA à l'université de Tlemcen. Examineur

Mr BOUABDALLAH Réda. MAA à l'université de Tlemcen. Encadreur

Année universitaire 2018/2019

## **Remerciements**

Nous adressons en premier lieu notre éternelle reconnaissance à **ALLAH** le tout puissant, pour nous avoir guidé vers le droit chemin, et nous avoir permis d'en arriver là, sans lui rien n'aurait été possible.

Nous tenons à remercier notre maitre de mémoire M. BOUABDALLAH Réda, pour le soutien qu'il nous a apporté tout au long de la rédaction de ce mémoire.

Nous remercions les membres du jury, M. MERZOUGUI Rachid et M. HADJILA Mourad, pour avoir accepté d'examiner et d'évaluer notre mémoire.

Un grand merci à nos parents qui nous ont toujours soutenu et encouragé. Ils représentent notre plus grande source d'inspiration.

Nous tenons ensuite à remercier nos frères et sœurs pour leur accompagnement et leur bien vaillance.

Nous souhaitons aussi remercier nos amis, qui sont eux aussi de véritables frères pour nous, pour leur soutien inconditionnel, leur amitié, leur fidélité et leur fraternité.

## Table des matières

Remerciements.....	II
LISTE DES TABLEAUX .....	VII
Liste des figures .....	VIII
Liste des abréviations, sigles et acronymes .....	IX
Abstract .....	XI
Résumé.....	XI
Introduction générale .....	1
Chapitre 1 : Transmission multimédia dans le réseau IP.....	4
1.1 Introduction .....	4
1.2 Médias .....	4
1.2.1 Définition d'un média.....	4
1.2.2 Principaux médias .....	5
1.2.2.1 Texte .....	5
1.2.2.2 Image.....	5
1.2.2.3 Son.....	5
1.2.2.4 Vidéo .....	5
1.3 Documents multimédias.....	6
1.3.1 Définition .....	6
1.3.2 Exemples d'applications multimédias .....	6
1.3.3 Supports de transmission utilisés.....	6
1.3.4 Les services multimédias .....	7
1.4 Le streaming.....	7
1.4.1 Définition .....	7
1.4.2 Principe de fonctionnement .....	7
1.4.3 Comparaison entre le streaming et le téléchargement .....	8
1.5 Avantages du streaming .....	9
1.6 Les modes de diffusion .....	9
1.6.1 Unicast (connexion point à point) .....	10
1.6.2 Broadcast.....	10

1.6.3	Multicast .....	10
1.7	Lecteurs média streaming .....	12
1.7.1	VLC media player.....	12
1.7.2	MPlayer.....	12
1.7.3	Windows Media Player.....	12
1.7.4	RealPlayer .....	13
1.7.5	QuickTime et iTunes .....	13
1.7.6	Adobe Flash Player .....	13
1.8	Conclusion.....	13
Chapitre 2 : Protocoles de transmission en vidéo streaming.....		15
2.1	Introduction .....	15
2.2	Normalisation.....	15
2.3	Base de la transmission OSI .....	16
2.3.1	Description du modèle .....	16
2.3.2	Rôle des couches.....	17
2.4	Protocoles de transmission.....	18
2.4.1	Définition des protocoles .....	18
2.4.2	Protocoles de base de la couche transport .....	19
2.4.2.1	UDP.....	19
2.4.2.2	TCP.....	20
2.4.3	Protocoles vidéo streaming.....	21
2.4.3.1	RTP.....	21
2.4.3.2	RTCP.....	22
2.4.3.3	RSVP .....	23
2.4.3.4	RTSP .....	24
2.4.3.5	Http Adaptative Streaming.....	25
2.5	Transmission streaming.....	26
2.5.1	Principe de l'encodage vidéo.....	28
2.5.2	Codecs .....	29
2.5.2.1	Codecs audios .....	30
2.5.2.2	Codecs vidéo .....	30
2.6	Conclusion.....	36
Chapitre 3 : Qualité de services.....		38
3.1	Introduction .....	38

3.2	Définition de la QoS.....	38
3.3	Objectifs.....	38
3.4	Problèmes traités par la qualité de services.....	39
3.4.1	Manque de bande passante .....	39
3.4.2	Retard de bout en bout .....	39
3.4.3	La gigue.....	40
3.4.4	Perte de paquets .....	40
3.5	Exigences de QoS .....	41
3.5.1	Exigences de QoS pour le trafic vocal.....	41
3.5.2	Exigences de QoS pour le trafic vidéo .....	42
3.6	Mise en œuvre de la qualité de service.....	42
3.7	Modèles d'implémentation de la qualité de service.....	43
3.7.1	Modèle du meilleur effort .....	43
3.7.2	Modèle à intégration de services.....	43
3.7.3	Modèle à différenciation de services .....	44
3.8	Conclusion.....	45
Chapitre 4 : Emulation d'une chaine de transmission vidéo streaming.....		47
4.1	Introduction .....	47
4.2	Logiciels utilisés pour l'émulation de notre chaine de transmission .....	47
4.2.1	GNS3.....	47
4.2.2	VMware Workstation .....	48
4.2.3	GNS3 VM.....	49
4.2.4	VLC.....	50
4.3	Logiciels utilisés pour la supervision et les mesures .....	50
4.3.1	Wireshark.....	50
4.3.2	Excel.....	50
4.4	Réalisation de notre chaine de transmission.....	51
4.4.1	Topologie .....	51
4.4.2	Configuration de base .....	51
4.4.3	Configuration du routage .....	53
4.4.3.1	Protocole OSPF.....	53
4.4.3.2	Vérification de la configuration OSPF.....	53
4.4.4	Simulation streaming client/serveur .....	55
4.4.5	Supervision du flux .....	59

4.4.6	Les mesures enregistrées .....	60
4.5	Optimisation de la chaine de transmission.....	61
4.5.1	Protocole MPLS .....	62
4.5.2	Activation MPLS .....	62
4.6	Test et supervision de la transmission streaming.....	65
4.6.1	Test de transmission.....	65
4.6.2	Supervision .....	66
4.6.3	Mesures et calcule .....	67
4.7	Avantages de la seconde topologie par rapport à la première .....	68
4.8	Conclusion.....	68
	Conclusion et perspectives.....	69
	Bibliographie .....	70

## **LISTE DES TABLEAUX**

Tableau 2.1 Organismes de normalisation .....	15
Tableau 2.2 En-tête RTP .....	22
Tableau 2.3 En-tête RTCP .....	23
Tableau 2.4 En-tête RSVP .....	24
Tableau 3.1 Comparaison des modèles de qualité de services .....	44
Tableau 4.1 Interfaces des routeurs .....	52

## Liste des figures

Figure 1. 1 Téléchargement simple [6] .....	8
Figure 1. 2 Streaming [6].....	9
Figure 1. 3 Taxonomie des approches de TRansmission .....	10
Figure 1. 4 Exemple de transmissiion Multicast [7] .....	11
Figure 1. 5 Exemple de transmission unicast [7] .....	11
Figure 1.5 : exemple de transmission unicast [7] .....	11
Figure 2 1 Modèle OSI .....	16
Figure 2 2 Paquet UDP .....	19
Figure 2 3 En-tête UDP (8 octets).....	19
Figure 2 4 En-tête TCP (20 octets).....	20
Figure 2 5 les Opération RTSP.....	25
Figure 2 6Classement des protocoles de streaming dans les couches du modèle OSI [6] .....	26
Figure 2 7 Transmission d'un message.....	27
Figure 2 8 Signal analogique .....	27
Figure 2 9 Signal numérique .....	27
Figure 2 10 I-, B- et P-frames dans un GoP [10] .....	29
Figure 4 1 Aperçu de l'interface GNS3 .....	48
Figure 4 2 Aperçu de l'interface VMware Workstation.....	49
Figure 4 3 Aperçu des caractéristiques de GNS3 VM lors de sa mise en marche .....	50
Figure 4 4 Architecture de notre chaine de transmission .....	51
Figure 4 5 Informations TCP/IP du serveur.....	55
Figure 4 6 Informations TCP/IP du client .....	55
Figure 4 7 Ping entre client/serveur .....	55
Figure 4 8 Les démarches de défusion VLC .....	56
Figure 4 9 Les démarches de défusion VLC .....	57
Figure 4 10 La défusion vidéo sur VLC.....	57
Figure 4 11 La réception vidéo sur VLC .....	58
Figure 4 12 La réception vidéo sur VLC .....	58
Figure 4 13 Aperçu d'une analyse par Wireshark entre R1 et R2 .....	59
Figure 4 14 Analyse des paquets perdus .....	60
Figure 4 15 Temps de retard et gigue sous le protocole OSPF .....	61
Figure 4 16 Architecture de notre chaine de transmission .....	62
Figure 4 17 Réception de vidéo sur VLC .....	66
Figure 4 18 Aperçu d'une analyse par Wireshark entre R2 et R3 .....	66
Figure 4 19 Analyse des paquets perdus .....	67
Figure 4 20 Temps de retard et gigue après l'intégration de MPLS.....	68



## **Liste des abréviations, sigles et acronymes**

**ASCII:** American Standard Code for Information Interchange.

**TIFF:** Tagged Image File Format.

**BMP:** BitMap

**JPEG:** Joint Photographic Experts Group.

**CAO:** Conception assistée par ordinateur.

**EAO :** Enseignement assisté par ordinateur.

**MAO :** Musique assistée par ordinateur.

**VoIP:** Voice Over Internet Protocol.

**VLC :** VideoLan Client.

**MPEG:** Motion Picture Expert Group.

**AVI:** Audio Video Interleave.

**WMV:** Windows Media Video.

**GNU:** GNU Not Unix.

**ISO:** International Organization for Standardization.

**UIT-T:** Union Internationale des Télécommunications (secteur de la normalisation des télécommunications)

**CCITT:** Comité Consultatif International Télégraphique et Téléphonique.

**CENELEC:** Comité européen de normalisation en électronique et en électrotechnique.

**AFNOR:** Association Française de NORmalisation.

**ANSI:** American National Standards Institute.

**IEEE:** Insitute of Electrical and Electronics Engineers.

**OSI:** Open System Interconnection.

**PDU:** Protocol Data Unit.

**UDP:** User Datagram Protocol.

**TCP:** Transfer Control Protocol.

**RTP:** Real-time Transport Protocol.

**RTCP:** Real-time Transport Control Protocol.

**CNAME:** Canonical NAME.

**RSVP:** Resource Reservation Protocol.

**RTSP:** Real Time Streaming Protocol.

**HTTP:** HyperText Transfer Protocol.

**CDN:** Content Delivery Network.

**HAS:** Http Adaptative Streaming.

**MSS:** Microsoft Smooth Streaming.

**ATM:** Asynchronous Transfer Mode.

**IoT:** Internet of Things.

**QoS:** Quality of Service.

**ACK:** ACKnowledgement.

**OSPF:** Open Shortest Path First.

**MPLS:** MultiProtocol Label Switching.

**BGP:** Border Gateway Protocol.

**VRF:** Virtual Routing and Forwardin

## ملخص

مما لا شك فيه أن عصرنا يتميز بتأثير الوسائط المتعددة منذ أن فقدت البيانات الثابتة أو النص أو الصورة احتكارها لصالح البيانات السمعية والبصرية الموجودة في الحياة اليومية.

حقق تطور مستندات الوسائط المتعددة مستويات رائعة من جودة الصورة والصوت، مما أدى إلى زيادة في حجم هذه الوثائق. حتى مع الترميزات المثلى، يظل حجمها كبيراً. نتيجة لذلك، مع زيادة سرعة شبكات الإنترنت، ولدت تقنية البث، وهي تقدم بديلاً لتنزيل وتخزين بيانات الوسائط المتعددة. يسمح لنا البث بعرض المحتوى السمعي البصري دون الحاجة إلى الاحتفاظ به بعد ذلك. يتم نقل المحتوى عبر شبكة ويبدأ في استعادته بمجرد وصول البيانات الأولى. لا تتضمن هذه التقنية وقت انتظار تقريباً قبل إرجاع المحتوى، مما يبرر شعبيته.

ولكن مع ازدحام شبكة الإنترنت العالمية، كان من الضروري دمج التقنيات الجديدة لتوفير خدمة جيدة. هذا هو المكان الذي تدخل فيه فكرة جودة الخدمات. وهذا هو هدف الذاكرة، أي تحسين معلمات جودة الخدمة لقناة فيديو متدفقة باستخدام بروتوكول توجيه MPLS.

## Abstract

Our era is undoubtedly marked by the influence of multimedia since static data, text or image type, have lost their monopoly in favor of audiovisual data, which are omnipresent in everyday life.

The evolution of multimedia documents has achieved impressive levels of image and sound quality, which has led to an increase in the volume of such documents. Even with optimal encodings, their size remains significant. As a result, with the increase in the speed of internet networks, the streaming technique was born, offering an alternative to downloading and storing multimedia data. Streaming allows us to view audiovisual content without having to keep it afterwards. The content is transmitted over a network and begins to be restored as soon as the first data arrives. This technique involves almost no waiting time before the content is returned, which justifies its popularity.

But with the congestion of the global internet network, it was necessary to integrate new techniques to provide a good service. This is where the notion of quality of services comes into play. And this is the objective of memory, namely the improvement of service quality parameters of a streaming video channel using the MPLS routing protocol.

## Résumé

Notre époque est sans aucun doute marquée par l'influence du multimédia puisque les données statiques, de type texte ou image, ont perdu leur monopole au profit des données audiovisuelles, qui sont omniprésentes dans la vie quotidienne.

L'évolution des documents multimédias a permis d'atteindre d'impressionnants niveaux de qualité d'image et de son, ce qui a amené à augmenter le volume de ce type de documents. Même avec des codages optimaux, leur taille reste considérablement importante. Du coup, avec l'augmentation du débit des réseaux internet, la technique de streaming vit le jour, offrant une alternative au téléchargement et au stockage des données multimédias. Le streaming nous permet donc de visionner un contenu audiovisuel sans être obligé de le conserver par la suite. Le contenu est transmis via un réseau et commence à être restitué aussitôt que les premières données arrivent. Cette technique n'implique presque pas de temps d'attente avant la restitution du contenu, ce qui justifie sa popularité.

Mais avec l'encombrement du réseau internet mondial, il a fallu intégrer de nouvelles techniques pour offrir une bonne prestation de service. C'est là qu'intervient la notion de qualité de services. Et c'est d'ailleurs l'objectif de mémoire, à savoir l'amélioration des paramètres de qualité de services d'une chaîne de transmission en vidéo streaming en utilisant le protocole de routage MPLS.



## **Introduction générale**

Nous avons constaté durant ces dernières années, une ascension fulgurante dans le domaine des nouvelles technologies de transmission de données. Le plus grand mérite de ces progrès revient sans doute à l'invention spectaculaire du réseau informatique mondial, le réseau des réseaux, c'est-à-dire internet. Ce réseau qui ne compte pas moins de quatre milliards d'utilisateurs (internauts) dans le monde, est très vite devenu l'une des meilleures sources d'informations, de recherche et de savoir, de divertissements et de distraction, et en plus de tout cela, c'est l'un des moyens les plus efficaces de communication, si ce n'est 'LE' plus efficace, de tous les temps.

Mais internet n'a pas toujours été aussi performant qu'il l'est aujourd'hui. D'ailleurs, au début des années 90, par exemple, les internautes partageaient leurs fichiers vidéo en utilisant la seule option envisageable à l'époque, c'est-à-dire « le téléchargement traditionnel ». Par la suite, l'utilisateur devait patienter durant une longue période, car les modems étaient lents, avant de pouvoir réellement lire le fichier et afficher le contenu. C'était de toute évidence un processus peu commode et assez loin de la solution optimale pour les utilisateurs, les éditeurs et fournisseur de contenu, en raison de nombreux problèmes : longue attente avant d'avoir le fichier, fréquents problèmes de bande passante qui obligeaient l'utilisateur à relancer depuis le début son téléchargement ou encore, aucun contrôle sur le fichier vidéo une fois qu'il est remis à un consommateur.

En ce sens et poussée par la montée en puissance des connexions à haut débit, la vidéo en ligne vit le jour. En effet, les fichiers devenant de plus en plus volumineux, il était trop compliqué de partager des vidéos en utilisant le téléchargement. Il fallait tout d'abord avoir un site internet personnel, pour ensuite « uploader », c'est-à-dire télécharger la vidéo sur ce site web à l'aide d'un logiciel de transfert FTP, une fois sur le serveur il fallait afficher cette vidéo sur le site. Enfin, il était nécessaire d'intégrer un lecteur sur la page Web afin de pouvoir lire la vidéo. Ainsi il était rare de partager des vidéos de plus de 10 minutes sur la toile. Il a fallu attendre le milieu des années 90 pour qu'une société américaine développe les prémices du streaming. En effet c'est en 1994 que la société Real Networks met en place la technologie du streaming, avec la première diffusion d'un audio en streaming en 1995, et la première diffusion d'une vidéo en streaming en 1997 avec le codec RealVideo. A la fin des années 1990 et au début des années 2000, le streaming était principalement utilisé pour les retransmissions en direct d'événements sportifs (le premier audio en streaming était d'ailleurs l'audio d'un match de baseball) et eSportif, c'est-à-dire les tournois de jeux vidéo comme Starcraft ou Counter Strike via des WebTV comme HLTV (Half Life TV). Cependant, les connexions à Internet avaient encore un trop bas débit pour permettre un développement à grande échelle. Il fallait attendre 2005, pour voir apparaître un site d'hébergement et de partage de vidéos, que l'on ne présente plus aujourd'hui, Youtube. Depuis, les sites d'hébergements se sont multipliés, avec la rapidité des débits actuels et

l'entrée de la fibre optique, le streaming ne cesse de progresser vers des formats toujours plus rapides où la qualité de la vidéo sera toujours supérieure.

Au cours de ce mémoire, notre objectif était d'améliorer les paramètres de QoS d'une chaîne de transmission en vidéo streaming en utilisant le protocole de routage MPLS, mais avant de simuler cette chaîne nous avons fait quelques recherches en ce qui concerne ce thème, en partant de la partie la plus infime de cette chaîne, à savoir la vidéo, ou de façon générale, le multimédia. Nous en avons d'ailleurs consacré la première partie du premier chapitre. Puis nous nous sommes intéressés au streaming avec ses différents avantages. Dans le second chapitre nous avons parlé des protocoles de transmission, puis nous avons souligné l'importance du codage et de la compression dans le soulagement du réseau. Au troisième chapitre, nous avons introduit la notion de qualité de service et son rôle d'optimisateur du réseau. Le quatrième chapitre quant à lui est le plus important, puisqu'il concerne la partie pratique de notre thème, à savoir l'émulation d'une chaîne de transmission en vidéo streaming, et par la suite l'amélioration de ses paramètres de QoS.

# Chapitre I :

# Transmission multimédia dans le réseau IP

### **1.1 Introduction**

Les multimédias représentent un facteur démonstratif de l'ascension des nouvelles technologies, qu'elles soient dédiées aux divertissements tels que, les jeux vidéo munis des dernières techniques de graphisme 3D interactif, ou à des domaines beaucoup plus importants et sérieux tels que l'imagerie médicale, l'enseignement à distance ou encore la surveillance militaire.

Quel que soit le degré de vitalité des domaines d'application de ces outils multimédias, leur développement ne cesse de nous surprendre et de nous rendre dépendants de leur utilisation.

De plus, les multimédias ont rendu le monde informatique plus dynamique qu'il ne l'a jamais été auparavant, puisqu'ils permettent à l'information d'atteindre les destinataires plus efficacement et de mieux capter l'attention des interlocuteurs. Il est clair qu'une vidéo conférence ou un appel vidéo sont bien plus intéressants qu'un appel de groupe ou un simple appel téléphonique.

Tout ceci n'aurait jamais été possible sans les évolutions technologiques, qui ont vu le jour durant ces dernières décennies, comme la capacité et la puissance des ordinateurs, les possibilités de communications rapides (protocoles de transmissions optimisés, supports plus rapide), les périphériques adaptés aux multimédias (carte vidéo, carte son, CDROM...). Les systèmes d'exploitation et les langages de programmation ont eux aussi contribué au déploiement du multimédia.

Nous allons par la suite définir différentes notions pour mettre en évidence les caractéristiques du domaine.

### **1.2 Médias**

Nous allons présenter les médias usuels les plus importants dans le domaine informatique.

#### **1.2.1 Définition d'un média**

La notion de medium signifie originellement en latin « *milieu ou centre* » mais aussi « *lieu accessible à tous, à la disposition de tous, exposé aux regards de tous* » [1]. Le mot prend plus tard le sens d'intermédiaire et de moyen de communication de la pensée. En informatique, on considère un média comme un moyen de transmettre, stocker ou présenter des informations [2]. Ces informations sont incompréhensibles par un être humain à cause de leur trop bas niveau de granularité (bit, trame, paquet).



C'est là que le multimédia entre en scène en s'intéressant aux médias véhiculant des informations conceptuellement accessibles par un utilisateur humain, c'est-à-dire à travers ses cinq sens d'observation [3].

### **1.2.2 Principaux médias**

Dans le monde des documents électroniques, on distingue différents types de médias. On va en citer les plus importants.

#### **1.2.2.1 Texte**

C'est le média le plus ancien au monde. Ses informations sont faciles à modéliser au sein des systèmes informatiques. Il a d'ailleurs fait l'objet des premiers développements en informatique. Dans un premier temps, son encodage a connu quelques problèmes qui ont été résolus par la suite grâce à des standards tels que l'ASCII (American Standard Code for Information Interchange), l'ISO-8859 et l'UNICODE [3].

#### **1.2.2.2 Image**

Une image est à la base une entité bidimensionnelle (ou 2D) composée de points ou de pixels. Chaque pixel possède une couleur. Les couleurs possèdent un codage, comme le triplet RVB de proportions rouge, vert et bleu ou encore un code parmi une palette de taille qui varie entre deux (bicolore codé sur un bit) et seize millions (true color codé sur 24 bits). Bien évidemment, l'interprétation de l'être humain se limitera à la perception de courbes et de formes, groupes de pixels de couleurs et de positions proches mais cela aura un impact positif sur le confort visuel.

De nombreux formats binaires d'image ont été standardisés, comme *TIFF* (Tagged Image File Format), *BMP* (*BitMap*) ou *JPEG* (Joint Photographic Experts Group) [3].

#### **1.2.2.3 Son**

Le son est l'un des deux médias les plus utilisés aujourd'hui, avec la vidéo. C'est un média temporel dont l'information est représentée par un signal périodique et continu. Il diffère des autres médias par le fait qu'il ne possède pas de représentation visuelle. Le son étant une donnée temporelle qui peut évoluer vite, il requiert une grande quantité d'informations qui demande à être compressée et codée [4].

#### **1.2.2.4 Vidéo**

La vidéo est probablement le média le plus célèbre dans le monde du multimédia. Cette importance provient en grande partie de l'intérêt de notre société pour des médias tels que la télévision ou le cinéma.

Ce média repose sur des notions et des traitements issus des médias animation et son qu'il unit en une seule entité. La vidéo requiert une synchronisation fine qui vise à regrouper ensemble les échantillons sonores et les trames d'animation qui se correspondent.

Après avoir donné un bref aperçu sur la plupart des médias utilisés, il faut préciser qu'il est rare qu'un média vive en solo. La fusion entre différents médias de différentes natures donne naissance à un document multimédia utilisé afin de présenter, stocker ou même de traiter les informations manipulées dans les différents domaines [3].

### **1.3 Documents multimédias**

#### **1.3.1 Définition**

La définition de référence a été donnée dans [5], où un document est qualifié de multimédia s'il supporte plusieurs médias dont au moins un est de nature temporisée.

#### **1.3.2 Exemples d'applications multimédias**

Ci-dessous, quelques domaines d'applications multimédias :

- Animation.
- Conception assistée par ordinateur (CAO).
- Enseignement assisté par ordinateur (EAO).
- Graphisme.
- Jeu vidéo.
- Musique assistée par ordinateur (MAO).
- Montage assisté par ordinateur (son et/ou vidéo) : vidéo, VoIP (Voice Over Internet Protocol).
- Visioconférence.
- ...

#### **1.3.3 Supports de transmission utilisés**

Les multimédias permettent l'accès aux informations écrites, sonores et visuelles à partir de n'importe quel support.

- Fils métalliques : encodage dans des modèles d'impulsions électriques.
- Fibre optique : encodage en impulsions lumineuses (gamme de lumière infrarouge ou visible).
- Sans fil : encodage à travers des ondes électromagnétiques.

### **1.3.4 Les services multimédias**

Les services multimédias peuvent être classés en deux catégories, les services interactifs pouvant être des services de conversation ou de messagerie, et les services de distribution pouvant être avec ou sans le contrôle de l'utilisateur comme la télévision par internet.

La plupart des futures applications contenant des informations multimédia seront sans doute basées sur les mêmes fondements des applications disponibles aujourd'hui. La richesse visuelle est augmentée en utilisant le multimédia au lieu d'un seul média. La qualité perçue de ces applications par l'utilisateur final sera bien sûr améliorée en raison de l'augmentation de la capacité du système, de l'évolution des technologies de codage et de compression.

Cependant, le développement technologique permettra également d'introduire de nouveaux types de services comme la réalité virtuelle et les graphiques en 3 dimensions (3D).

La vidéo à la demande et l'IP-TV sont des applications considérables dans le monde du **streaming**.

## **1.4 Le streaming**

### **1.4.1 Définition**

Le streaming est une technique de transfert de données (diffusion de contenu) sur un réseau IP. Il s'agit d'une mise à disposition rapide (en temps réel ou à la demande) de l'audio et la vidéo grâce à un flux permanent via internet. C'est donc une « diffusion en flux » de données audio et vidéo. L'avantage majeur du streaming est qu'il permet d'exploiter l'information reçue au fur et à mesure de sa transmission du serveur au client sans attendre d'en avoir reçu la totalité. Du coup, il offre un accès plus facile aux ressources multimédias.

### **1.4.2 Principe de fonctionnement**

Le principe est simple, les données sont découpées en paquets dont la taille est adaptée à la bande passante disponible entre le client et le serveur. Quand le client reçoit suffisamment de paquets (*buffering*), l'application cliente commence à jouer les premiers paquets reçus et décompresse les paquets suivants tout en recevant la suite des paquets. C'est ainsi que la technologie de streaming permet de commencer à visualiser un contenu multimédia sans être obligé de télécharger sa totalité.

Les films ou autres documents multimédias sont dans un premier temps enregistrés. Après, pour les fournir sur le serveur média, on doit les coder en utilisant un « codec »

(Encodeur/Décodeur). Le codec permet le codage pour des débits différents, c'est-à-dire qu'il code des fichiers différents avec plusieurs flux de données en différentes qualités selon le besoin.

Un Stream contient toujours plusieurs flux de données : un flux vidéo, un flux audio, un flux de texte etc. Les flux peuvent être stockés sur différentes machines et les protocoles doivent être capables de les synchroniser pour la reproduction [6].

### 1.4.3 Comparaison entre le streaming et le téléchargement

Lorsqu'on **télécharge** une vidéo, on doit copier l'intégralité du fichier sur le disque dur local avant de pouvoir la lire.

Lorsque la vidéo est diffusée en **streaming**, il y a une petite attente du flux de mémoire tampon, mais il n'est pas nécessaire de sauvegarder le fichier. La diffusion en continu consiste à envoyer des fichiers multimédias (audio et / ou vidéos) sur internet d'un ordinateur à un autre afin que le contenu multimédia soit lu au fur et à mesure de sa diffusion.

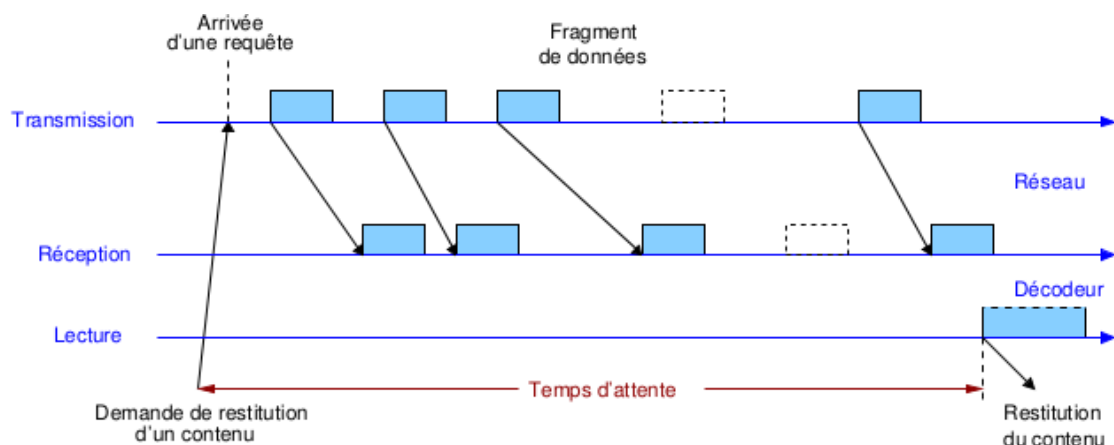


Figure 1.1 Téléchargement simple [6]

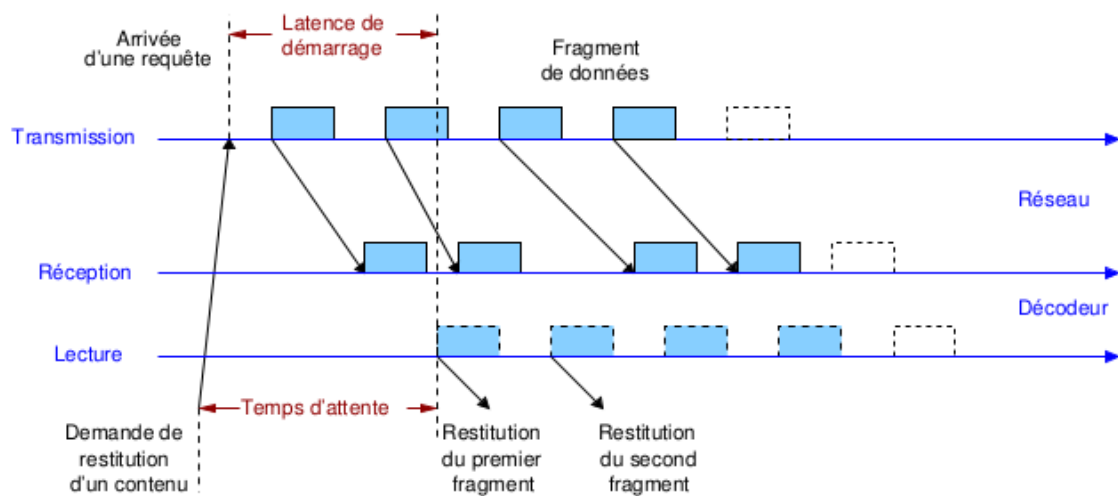


Figure 1.2 Streaming [6]

### 1.5 Avantages du streaming

La transmission de données multimédias en streaming présente plusieurs avantages :

- Il permet aux usagers de commencer à visualiser, ou entendre un contenu audiovisuel, volumineux par nature, sans attendre que la totalité des données soit téléchargée.
- Il offre la possibilité au spectateur de se rétracter à tout moment, si le contenu ne correspondait pas à ce qu'il attendait.
- Il ne nécessite pas de disposer d'un espace de stockage chez l'utilisateur. Toutefois, un espace limité de mémoire tampon peut être demandé pour le décodage des données.
- Aucune copie locale n'est conservée. Ceci est très utile pour le partage de contenus soumis à des licences restrictives quant à la distribution de contenus (mais qui en autorise la diffusion).
- Il est bien adapté pour la transmission des événements en direct.

### 1.6 Les modes de diffusion

Il existe différents modes utilisés pour envoyer des données d'un émetteur vers un ou plusieurs récepteurs. Nous allons en citer trois d'entre eux.

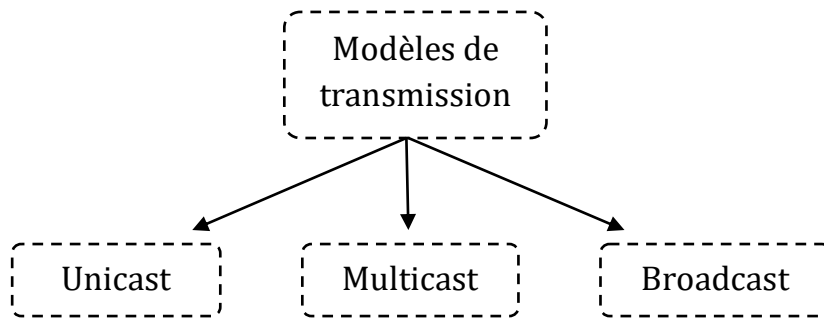


Figure 1.3 Taxonomie des approches de Transmission [7]

### **1.6.1 Unicast (connexion point à point)**

L'unicast est un système de connexion point à point entre une source de streaming et une seule machine cliente. La station source peut transmettre à plusieurs machines clientes mais toujours en respectant la méthode point à point (UN émetteur vers UN récepteur). L'unicast gaspille donc la bande passante en envoyant des copies multiples de données à plusieurs clients.

### **1.6.2 Broadcast**

Les données sont envoyées à tous les clients dans un WLAN même s'ils ne sont pas intéressés. Les données envoyées ne peuvent pas sortir du WLAN. Le broadcast est très utilisé pour la télévision numérique. Ce type de diffusion gaspille lui aussi la bande passante en envoyant les données au réseau entier. Il affecte aussi les performances des machines clientes puisque chaque client doit traiter les données reçues qu'il soit intéressé ou non [7].

### **1.6.3 Multicast**

Cette méthode de diffusion combine entre les deux précédentes (*unicast* et *broadcast*) en prenant leurs forces tout en évitant leurs faiblesses. Sa méthode de fonctionnement ressemble beaucoup à celle du *broadcast*, mais les données sont envoyées seulement aux récepteurs identifiés, ce qui permet d'optimiser le trafic lors d'une diffusion destinée à plusieurs récepteurs. L'application vidéo à la demande exige d'envoyer les mêmes données aux multiples récepteurs. Dans ce contexte, l'envoi des mêmes données, utilisant les communications point à point séparés d'*unicast* (figure 1.3), ont comme conséquence le gaspillage de plusieurs ressources. Le multimédia d'IP (figure 1.2) est un exemple de multicast extensible fournissant la distribution de données pour la communication de groupe [7].

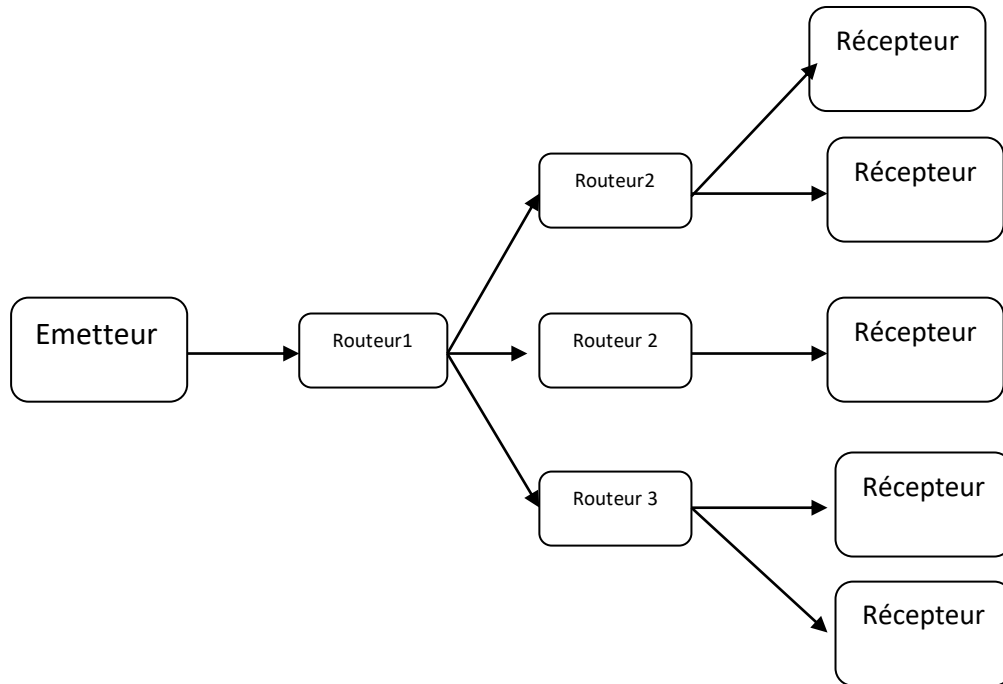


Figure 1.4 Exemple de transmission Multicast [7]

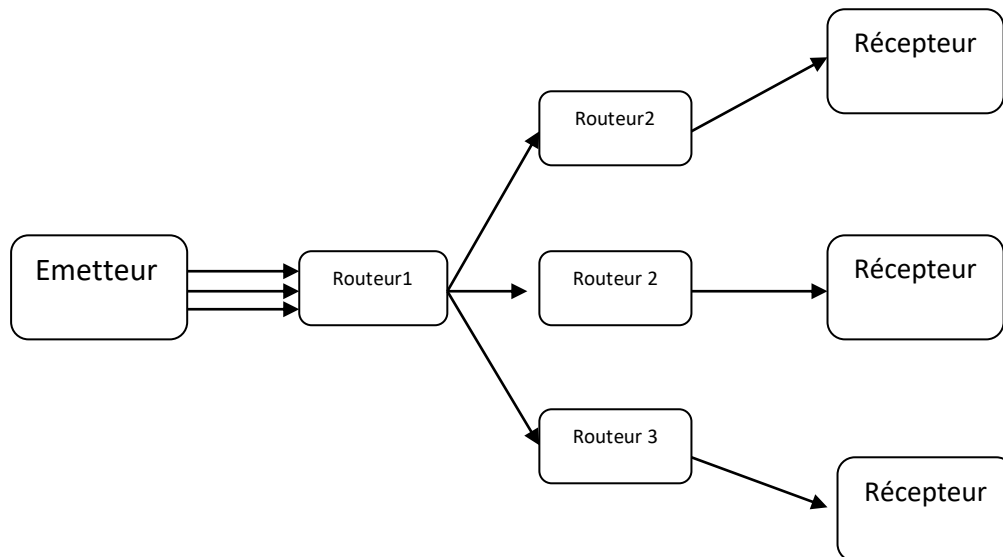


Figure 1.5 Exemple de transmission unicast [7]

### **1.7 Lecteurs média streaming**

Dans un système de streaming, la partie qui est en contact direct avec les utilisateurs est le lecteur audiovisuel. Dans la terminologie du génie logiciel, le lecteur audiovisuel est appelé client.

Le client est un logiciel permettant de lire des données audiovisuelles ; il permet de les décoder et de les restituer. Un panorama des lecteurs audiovisuels les plus populaires est présenté ci-dessous [8].

#### **1.7.1 VLC media player**

Le lecteur VLC (VideoLan Client) est la partie cliente du projet VideoLAN, qui constitue une solution complète pour la lecture et la diffusion de données audiovisuelles. C'est un lecteur multimédia complet, léger, simple et performant, capable de lire la quasi-totalité des formats de fichiers vidéo et audio, notamment les formats vidéo Mpeg-1 (Motion Picture Expert Group), Mpeg-2, Mpeg-4, AVI (Audio Video Interleave), WMV (Windows Media Video), MOV et DivX et les formats audio AAC, MP3 et OGG. De plus, il est fourni avec tous les codecs nécessaires préinstallés comme Flash, Dirac, Atrac3, H.264 PAFF, APE audio, RealVideo, VC-3, Fraps et bien plus encore. C'est donc à la fois, un lecteur, un codeur et un streamer. Il est réputé pour sa capacité à lire des vidéos incomplètes ou endommagés. VLC peut être utilisé comme serveur de streaming.

A l'origine, il était développé par les étudiants de l'Ecole Centrale de Paris et a été diffusé pour la première fois le 1<sup>er</sup> février 2001 sous licence GPL. Il est aujourd'hui développé par des contributeurs du monde entier. Le projet reste toutefois coordonné par des étudiants de deuxième année et plus de l'Ecole Centrale de Paris [8].

#### **1.7.2 MPlayer**

C'est un lecteur audiovisuel libre et distribué sous licence GPL, porté sur plusieurs plates-formes telles que MAC OS, Microsoft, Windows et SolarisTM.

Il est connu pour prendre en charge un très grand nombre de formats vidéo. Il est accompagné de Mencoder, qui est à la fois un outil d'encodage (ou transcodage) et de montage audio et vidéo [8].

#### **1.7.3 Windows Media Player**

C'est un lecteur audiovisuel propriétaire produit par l'entreprise Microsoft. Il est essentiellement disponible pour les systèmes d'exploitation Microsoft Windows.

Il occupe une place très importante dans le marché mondial du streaming [8].



### **1.7.4 RealPlayer**

C'est un lecteur audiovisuel édité par RealNetworks. Il est très semblable à Windows Media Player en termes de rapidité, de qualité de son et d'image lors de la lecture de vidéos. Il fonctionne grâce à un moteur à source ouverte « open source » appelé Helix™. Il est disponible sur la plupart des plateformes [8].

### **1.7.5 QuickTime et iTunes**

Ce sont des lecteurs distribués gratuitement par Apple. Ils sont disponibles officiellement sur MAC OS, Microsoft Windows, et officieusement sur les systèmes GNU/Linux. Ils occupent également une place importante dans le marché du streaming aux cotés de Windows Media Player et RealPlayer [8].

### **1.7.6 Adobe Flash Player**

Il est officiellement compatible avec les systèmes d'exploitation Windows, GNU/Linux (GNU Not Unix), MAC OS, Solaris™, mais sa compatibilité GNU/Linux se résume aux architectures x86 32 bits. Il est très populaire par son plug-in qui est disponible pour la majorité des navigateurs Web, car ce plug-in est fortement utilisé par les sites Web consacrés au partage de vidéos en streaming comme Youtube ou Dailymotion [8].

## **1.8 Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons dans un premier temps, introduit la notion de multimédia qui a une importance capitale pour notre thème puisque la quasi-totalité des flux de données en streaming sont des flux de données multimédias. Puis, nous avons présenté le streaming avec ses différentes spécificités.

Dans le chapitre suivant, nous nous intéresseront aux protocoles de transmission pour le streaming vidéo, ainsi que l'encodage des données multimédias.

# Chapitre II :

## Protocoles de transmission en vidéo streaming

## 2.1 Introduction

Au début des années 1970, l'internet fut inventé dans le but de relier plusieurs ordinateurs entre eux et par la suite plusieurs réseaux. Ses performances se limitaient à partager et échanger des informations textuelles. Chose qui a changé, une dizaine d'années plus tard, avec l'apparition de machines beaucoup plus puissantes offrant ainsi la possibilité de transmettre des contenus multimédias et par la suite la transmission en temps réel.

L'infrastructure des réseaux était construite pour des transmissions en paquets indépendants du temps, alors que la diffusion en temps réel nécessite un contrôle de flux qui prend en compte les dépendances temporelles des paquets. Ces fonctions n'étaient pas fournies par les anciennes techniques.

En prenant comme base les protocoles qui existaient, de nouveaux protocoles offrant des fonctions de synchronisation de contenus en temps réel, ont été développés.

Mais avant d'entamer une transmission, il faut noter que l'échange d'informations (documents multimédias) n'est réalisable que s'il existe un "langage" commun entre les entités communicantes ce qui, dans le monde de l'informatique et des télécommunications se traduit par des normes ou standards.

## 2.2 Normalisation

La normalisation, ou standardisation, joue un rôle essentiel dans le développement de produits, car elle s'applique aussi bien au format du papier, qu'au matériel, logiciel, couleur, interface et même à la qualité de la production (cf. famille des normes ISO 9000).

Par définition, la normalisation est un processus politique, économique et technologique qui consiste à établir un ensemble de règles, qui par la suite constitueront des normes. Ces dernières sont établies par différents organismes de normalisation.

Les principaux organismes normalisateurs			
Internationaux	Européens	Nationaux	Industriels
- ISO - IUT-T (ex CCITT)	- CEN CENELEC - CEPT	- AFNOR (France) - ANSI (USA) - BSI (UK) - DIN (Allemagne)	- ECMA - IEEE

Tableau 2.1 Organismes de normalisation

## 2.3 Base de la transmission OSI

Tout système informatique a besoin d'une base de transmission qui se traduit par une norme assurant les fonctionnalités nécessaires à la communication. Pour répondre à ce besoin, le modèle OSI (Open System Interconnexion) fut inventé.

### 2.3.1 Description du modèle

Le modèle OSI définit de quelle manière les ordinateurs et les périphériques en réseau doivent procéder pour communiquer :

- il spécifie le comportement d'un système dit ouvert.
- il définit les règles de communication constituant les protocoles normalisés.

Le modèle OSI est normalisé par l'ISO. Il se décompose en sept parties appelées couches et sont réparties selon les utilisations suivantes :

- les couches 1 à 3 sont orientées transmission.
- la couche 4 est une couche intermédiaire.
- les couches 5 à 7 sont orientées traitement.

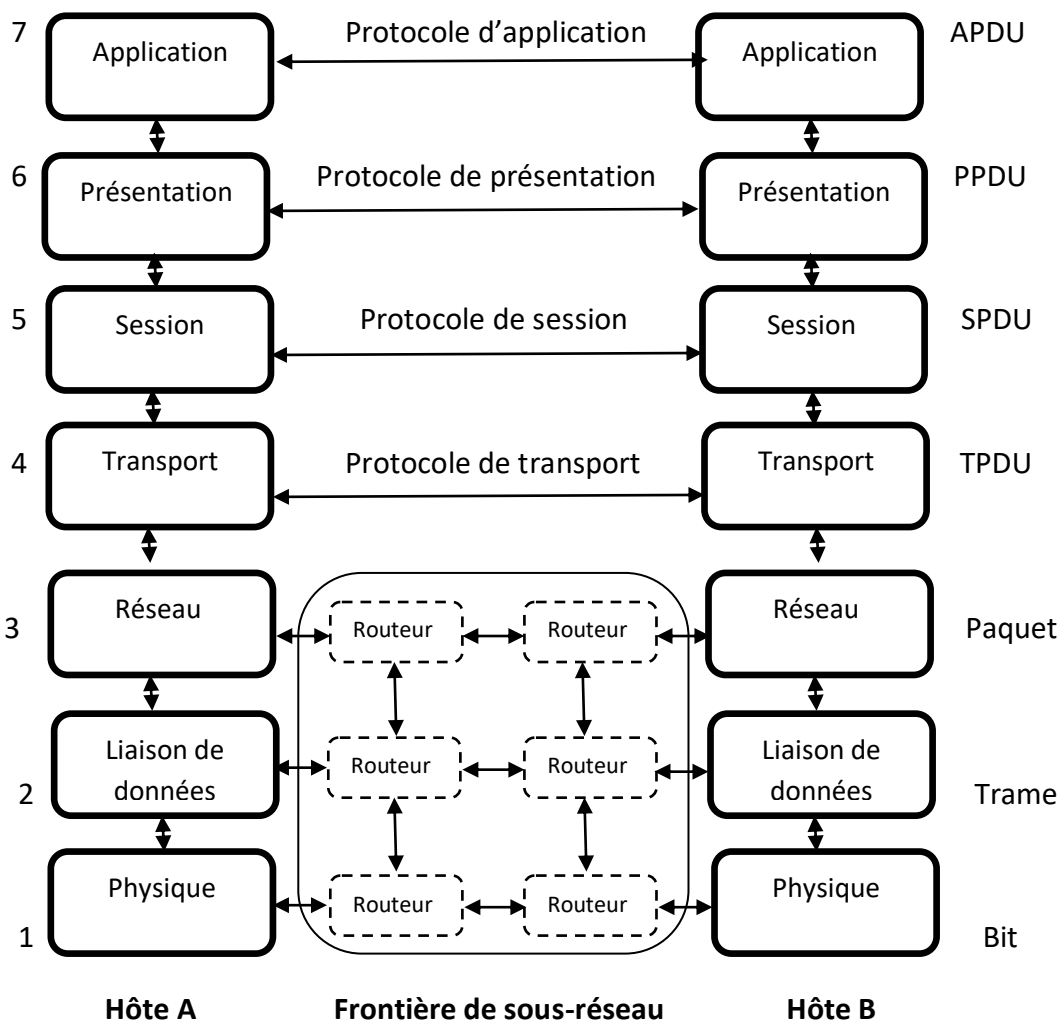


Figure 2.1 Modèle OSI

### 2.3.2 Rôle des couches

Chaque couche réalise un certain nombre de tâches.

- **Couche physique :**

La couche physique se charge de la transmission et la conversion des signaux en **bits** sur un canal de communication. En pratique, elle est toujours réalisée par un circuit électronique spécifique.

- **Couche liaison de données :**

Assure la transmission d'informations entre deux ou plusieurs systèmes immédiatement adjacents.

Détecte et corrige, dans la mesure du possible, les erreurs issues de la couche physique.

Les objets échangés sont souvent appelés **trames**.

- **Couche réseau :**

La couche réseau contrôle et assure la connectivité et la sélection du trajet entre deux systèmes d'extrémité pouvant être situés dans des réseaux géographiquement dispersés.

Nous trouvons à ce niveau des notions de routage, de contrôle de flux et d'adressage.

Les informations traitées à ce niveau sont **des paquets**.

- **Couche transport :**

La couche transport gère les communications **de bout en bout** entre processus.

Elle procure des mécanismes permettant l'établissement, la maintenance et la terminaison ordonnées des circuits virtuels, la détection et la reprise en cas d'incident ainsi que le contrôle du flux d'information, afin d'empêcher qu'un système surcharge de données un autre système.

- **Couche session :**

La couche session permet aux utilisateurs de différentes machines d'ouvrir, gérer et fermer les sessions entre les applications.

Nous parlons ici de session pour évoquer un dialogue entre deux entités de présentation ou plus.

La couche session utilise les services de la couche transport, et fournit ses services à la couche de présentation, par la synchronisation du dialogue entre les entités de couche de présentation et la gestion de leur échange de données.

- **Couche présentation :**

La couche présentation s'intéresse à la syntaxe et à la sémantique des informations transmises.

Elle s'assure de la compatibilité en vérifiant que l'information envoyée par la couche application d'un système sera lisible par la couche application d'un autre système.

Nous pouvons trouver à ce niveau une gestion de cryptage (sécurité) et de compression.

- **Couche application :**

La couche applications contient une variété de protocoles qui sont utiles aux utilisateurs. Elle ne fournit pas de services aux autres couches mais seulement aux processus d'application (navigateur, logiciel de messagerie, FTP, etc.)

### **2.4 Protocoles de transmission**

Pour que deux entités ou plus transmettent des données entre elles, il est primordial qu'elles suivent des règles bien précises qui sont mises en œuvre par des protocoles.

Tout d'abord, il faut préciser que le protocole UDP (User Datagram Protocol) représente la base de toute transmission de données. Dans le même cycle, le protocole TCP (Transfer Control Protocol) permet d'établir des connexions peer-to-peer qui sont la plupart du temps très fiable et c'est justement cet aspect de fiabilité qui le défavorise puisqu'en cas de pertes de paquets (et c'est un cas plutôt courant) TCP opte pour la retransmission. Les couches au-dessus devraient alors attendre toutes ces retransmissions ce qui causerait des retards intolérables. Par contre on peut fermer les yeux quant au fait de perdre quelques paquets pendant une transmission en temps réel. En plus de tout cela, TCP ne fournit pas assez de supports pour les connexions multicast.

C'est en grande partie pour ces raisons là que l'on a opté pour le protocole UDP qui, grâce à un mode de connexion non fiable, ne nécessite pas de retransmission des paquets perdus ....

Par contre dans le cas des transmissions unicast, TCP reste sans aucun doute le choix le plus favorable.

#### **2.4.1 Définition des protocoles**

C'est un ensemble de règles de conversation (ou suite d'actions) entre composants que ce soit au niveau physique ou au niveau logique. Un protocole définit donc les relations des composants, aux travers de leurs interfaces.

## 2.4.2 Protocoles de base de la couche transport

Les protocoles de la couche transport les plus connus sont UDP et TCP.

### 2.4.2.1 UDP

Le protocole UDP est un protocole orienté « *non connexion* ». Pour faire simple, lorsqu'une machine A envoie des paquets à destination d'une machine B, ce flux est unidirectionnel. En effet, la transmission des données se fait sans prévenir le destinataire (la machine B), et le destinataire reçoit les données sans effectuer d'accusé de réception vers l'émetteur (la machine A). Ceci est dû au fait que l'encapsulation des données envoyées par le protocole UDP ne permet pas de transmettre les informations concernant l'émetteur. De ce fait, le destinataire ne connaît pas l'émetteur des données hormis son IP.

Le protocole UDP se place dans la 4<sup>ème</sup> couche du modèle OSI à savoir la couche transport.



Figure 2.2 Paquet UDP

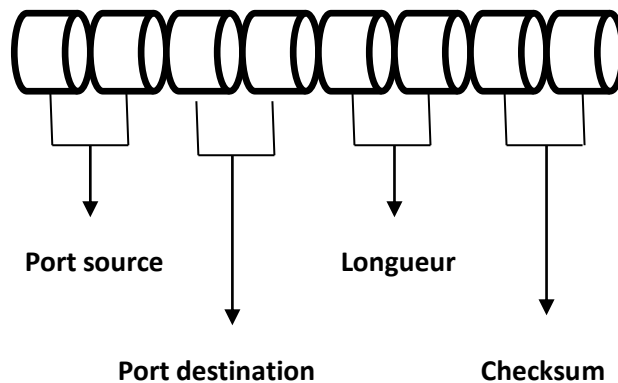


Figure 2.3 En-tête UDP (8 octets)

Le paquet UDP est encapsulé dans un paquet IP. Il comporte un entête suivi des données proprement dites à transporter.

- **Port Source** : il indique depuis quel port le paquet a été envoyé.
- **Port de Destination** : il indique à quel port le paquet doit être envoyé.
- **Longueur** : il indique la longueur totale (exprimée en octets) du segment UDP (en-tête et données). La longueur minimale est donc de 8 octets (taille de l'en-tête).
- **Checksum** : celle-ci permet de s'assurer de l'intégrité du paquet reçu quand elle est différente de zéro.  
Elle est calculée sur l'ensemble de l'en-tête UDP et des données, mais aussi sur une pseudo en-tête (extrait de l'en-tête IP)

### 2.4.2.2 TCP

Contrairement à l'UDP, le TCP est orienté "*connexion*". Lorsqu'une machine A envoie des données vers une machine B, la machine B est prévenue de l'arrivée des données, et témoigne de la bonne réception de ces données par un accusé de réception. Ici, intervient le contrôle CRC des données. Celui-ci repose sur une équation mathématique, permettant de vérifier l'intégrité des données transmises. Ainsi, si les données reçues sont corrompues, le protocole TCP permet aux destinataires de demander à l'émetteur de renvoyer les données corrompues.

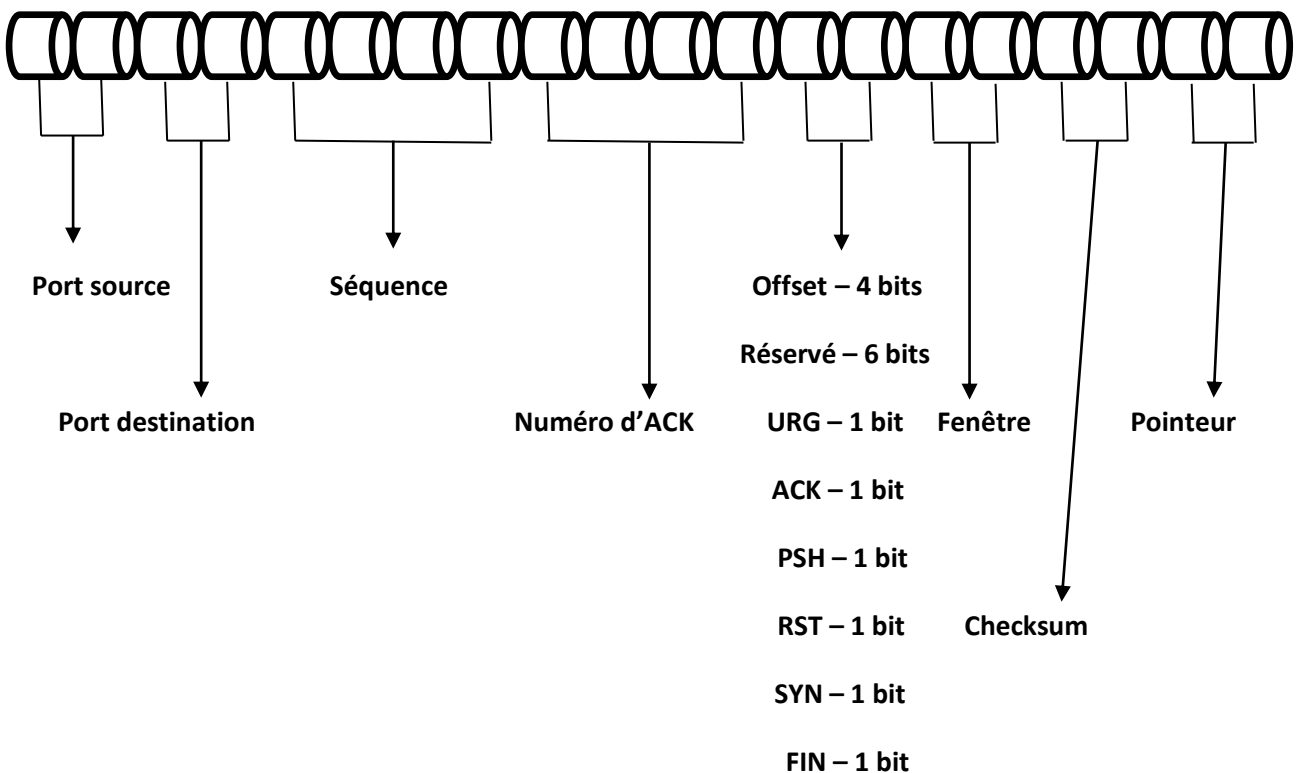


Figure 2.4 En-tête TCP (20 octets)



- **Port source** : numéro du port source
- **Port destination** : numéro du port destination
- **Numéro de séquence** : numéro de séquence du premier octet de ce segment
- **Numéro d'acquittement** : numéro de séquence du prochain octet attendu
- **Drapeaux** :
  - Offset : indique le nombre de mots de 32 bits dans l'en-tête TCP.
  - Réservé : réservé pour un usage futur
  - URG : indique que le champ pointeur de donnée urgente est utilisé.
  - ASK : indique que le numéro de séquence pour les acquittements est valide.
  - PSH : indique au récepteur de délivrer les données à l'application et de ne pas attendre le remplissage des tampons.
  - RST : demande la réinitialisation de la connexion.
  - SYN : indique la synchronisation des numéros de séquence.
  - FIN : indique la fin de transmission.
- **Fenêtre** : taille de fenêtre demandée, c'est-à-dire le nombre d'octets que le récepteur souhaite recevoir sans accusé de réception.
- **Checksum** : représente la validité du paquet de la couche 4 TCP.
- **Pointeur** : communique la position d'une donnée urgente en donnant son décalage par rapport au numéro de séquence.

### 2.4.3 Protocoles vidéo streaming

La plupart des protocoles de streaming opèrent dans la cinquième couche du modèle OSI, à savoir la couche session.

#### 2.4.3.1 RTP

Real-time Transport Protocol est un protocole qui assure la transmission de données en temps réel. Il est basé sur IP. Il s'affranchit de la qualité qu'offre TCP (gestion des paquets perdus) et opte plutôt pour UDP qui est plus rapide puisqu'il ne fournit que très peu de correction d'erreurs : les paquets perdus, en retard ou endommagés sont ignorés.

En effet, **RTP** met en avant l'enchaînement du son et des images, plutôt que l'intégrité des données. Hors, si la vitesse de connexion est inférieure au débit de données, la lecture est "ambigüe" voire impossible. De même, si le taux d'erreur est considérable, la lecture est de mauvaise qualité (le son peut par exemple être métallique).

Le but de **RTP** est d'offrir un moyen cohérent de transmettre des données soumises à des contraintes de temps réel. Pour pallier au manque du protocole UDP, il attribue aux paquets IP des numéros de séquence (horodatage des paquets) afin de reconstituer les flux (audio et/ou vidéo) par le récepteur.

**RTP** offre des moyens aux applications pour :

- Identifier le type de l'information transportée.
- Ajouter des marqueurs temporels et des numéros de séquence à l'information.

- Contrôler l'arrivée à destination des paquets.

	0				15		16		32	
Mot 1	V	P	X	CC	M	PT	Numéro de séquence			
Mot 2	Horodatage(Timestamp)									
Mot 3	Identificateur de la source de synchronisation(SSRC)									
Mot 4	Identificateur(s) de la (des) Source(s) Contributrice(s) (CSRC)									
Mot 5	Données									

Tableau 1.2 En-tête RTP

NB : **RTP** peut en théorie être utilisé seul mais il est généralement accompagné de **RTCP**. Ce second protocole assure le trafic de contrôle.

### 2.4.3.2 **RTCP**

Real-time Transport Control Protocol est un protocole basé sur l'envoi périodique de paquets de contrôle à tous les participants d'une session. Il contrôle des flux **RTP** et permet de véhiculer des informations basiques sur ses participants, et sur la qualité de service. Le multiplexage des paquets de données **RTP** et des paquets de contrôle **RTCP** est réalisé par le protocole sous-jacent (couche transport, UDP par exemple).

Le protocole **RTCP** a pour but de :

- Fournir des informations sur la qualité de la session.
- Fournir un feedback (des informations sur la qualité du service délivré) à chaque participant dans la session **RTP** qui peut être utilisé pour contrôler la session.
- Permettre à une source de changer de politique puisque l'identifiant **SSRC** peut changer si un conflit est découvert ou un programme est remis en marche. **RTCP** fournit alors une identification persistante au niveau transport et comprend un champ **CNAME** (Canonical NAME) ou nom permanent qui permet d'identifier les provenances des flux.
- Mettre en évidence des défauts de distribution individuels et collectifs.
- Garder une trace de tous les participants d'une session.
- Dans le cas où un mixeur est utilisé, la source du flux change et la synchronisation est prise en charge par le mixeur ; de ce fait on ne peut se fier au **SSRC** (Synchronisation Source Identifier) pour identifier la provenance du flux. C'est pourquoi, le **CNAME** est nécessaire afin de permettre une identification permanente de chacun des flux multimédias entrant.
- Contrôler le débit auquel les participants à une session **RTP** transmettent leur paquet **RTCP**.
- Plus il y a de participants, moins la fréquence d'envoi de paquets **RTCP** par un participant est grande.
- Il faut garder le trafic **RTCP** en dessous de 5% du trafic de la session  
Et une fonction optionnelle :
- Transmettre des informations de contrôle sur la session.  
Exemple : identifier un participant sur les écrans des participants.

	0		15	16	32
Mot 1	V	P	RC	PT	Longueur
Mot 2	Rapport(s)				

V : Version	2	Définit le numéro de la version de RTP.
P : Padding	1	Indice permettant de spécifier que les octets de données ont une partie de bourrage.
RC : Report Counter	5	Contient le nombre de rapports contenus dans le paquet (un rapport pour chaque source).
PT : Packet Type	8	Donne le type de rapport du paquet (SR,RR,SDES ou BYE).
Longueur	16	Longueur du paquet.

Tableau 2.2 En-tête RTCP

- SR (Sender Report) : ce rapport regroupe des statistiques concernant la transmission (pourcentage de perte, nombre cumulé de paquets perdus, variation de délai (gigue)...Ces rapports sont issus d'émetteurs actifs d'une session.
- RR (Receiver Report) : ensemble de statistiques portant sur la communication entre les participants. Ces rapports sont issus des récepteurs d'une session.
- SDES (Source Description) : carte de visite de la source (nom, email, localisation).
- BYE : message de fin de participation à une session.

Comme on peut le remarquer **RTP** et **RTCP** se contentent d'assister l'émetteur et le destinataire dans leur activité d'échange de données et c'est à l'application de s'adapter à la situation. En effet, les paquets de données traversent des routeurs avant d'arriver à leur destination, or lors de leurs passages par le routeur ils sont disposés selon une file **FIFO** et sans aucune priorité. Afin de pouvoir réserver des ressources en matière de bande passante, on introduit une priorité dans le traitement des paquets et ceci en faisant appel au protocole **RSVP** (Resource Reservation Protocol).

### 2.4.3.3 **RSVP**

Actuellement, Internet ne permet pas d'offrir une qualité de service constante, ni de donner la priorité à certain type de trafic. Il faut donc ajouter de nouvelles couches destinées à réguler les flux et assurer ainsi une qualité de service satisfaisante.

Le protocole **RSVP**, qui fonctionne souvent en parallèle avec le protocole RTP, fournit justement fiabilité et qualité de services qui manquent à ce dernier. En effet, **RTP** ne gère pas les paramètres liés au réseau. **RSVP** est un protocole de contrôle de réseau qui permet au destinataire des données de demander une certaine qualité de services (par exemple le délai ou la bande passante) à travers le réseau. Ce protocole de signalisation permet d'allouer dynamiquement de la bande passante : il est utilisé par les applications "temps

réel" afin de réserver les ressources nécessaires au niveau des routeurs pour que la bande passante nécessaire soit disponible lors de la transmission.

Les routeurs utilisent **RSVP** pour se synchroniser afin d'initialiser et gérer la bande passante réservée aux sessions. Ce protocole est responsable de la négociation des paramètres de connexion avec ces routeurs. Si la réservation est établie, **RSVP** se charge aussi du maintien de l'état des routeurs et de l'hôte afin de fournir le service demandé.

Dans **RSVP**, la réservation de ressources QoS se fait par le destinataire. L'émetteur **RSVP** envoie ses exigences au destinataire. Après réception, le destinataire **RSVP** utilise le même chemin pour renvoyer un message spécifiant la QoS souhaitée et fixe la réservation des ressources correspondantes dans chaque nœud. L'émetteur **RSVP** envoie alors les données.

Ce protocole a pour objectif :

- L'établissement et le maintien d'un chemin unique pour la transmission de données.
- L'élaboration d'un système d'ordonnancement des paquets
- La création d'un module de contrôle pour les ressources des différents nœuds du réseau.

	0		15	16	32
Mot 1	V	F	Type de message	Checksum	
Mot 2	Envoi_TTL		Réservé		Longueur du message

Tableau 2.3 En-tête RSVP

Il existe sept types de message RSVP :

- Path : envoyé par la source pour indiquer la liste des routeurs du chemin suivi par les données.
- Resv : message de réservation vers les émetteurs.
- PathErr : message d'erreur concernant le chemin.
- ResvErr : message d'erreur de demande de réservation.
- PathTear : indique aux routeurs d'annuler les états concernant la route.
- ResvTear : indique aux routeurs d'annuler les états de réservation (fin de session).
- ResvConf (optionnel) : message de confirmation envoyé par le routeur au demandeur de la réservation.

### 2.4.3.4 RTSP

Real Time Streaming Protocol est un protocole développé par Real Networks, Netscape et l'Université de Columbia au sein du groupe MMUSIC working group de l'Internet Engineering Task Force (*IETF*). **RTSP** est conçu pour diffuser efficacement des données audiovisuelles pour un grand nombre de personnes. Pour cela, il utilise **RTP** afin de former des paquets contenant les données multimédia.

Le protocole **RTP** ne permet que la transmission du contenu multimédia du serveur vers le client (streaming unidirectionnel), par ailleurs **RTSP** est un protocole bidirectionnel qui utilise généralement **TCP** pour communiquer. Ce protocole de niveau applicatif est prévu

pour fonctionner sur des protocoles tels que **RTP** et **RTCP**. Le protocole **RTSP** fournit un mécanisme qui permet aux utilisateurs de demander spécifiquement des données d'un ou de plusieurs serveurs, ainsi qu'un type de transfert spécifique et une destination de transmission des données. Ils peuvent également demander des informations sur les données dans un format spécifique, lancer, arrêter et mettre en pause la transmission des données, et obtenir l'accès direct à différents paquets de données (lorsque c'est possible, et ce n'est par exemple pas possible dans le cas d'une alimentation en direct et en temps réel).

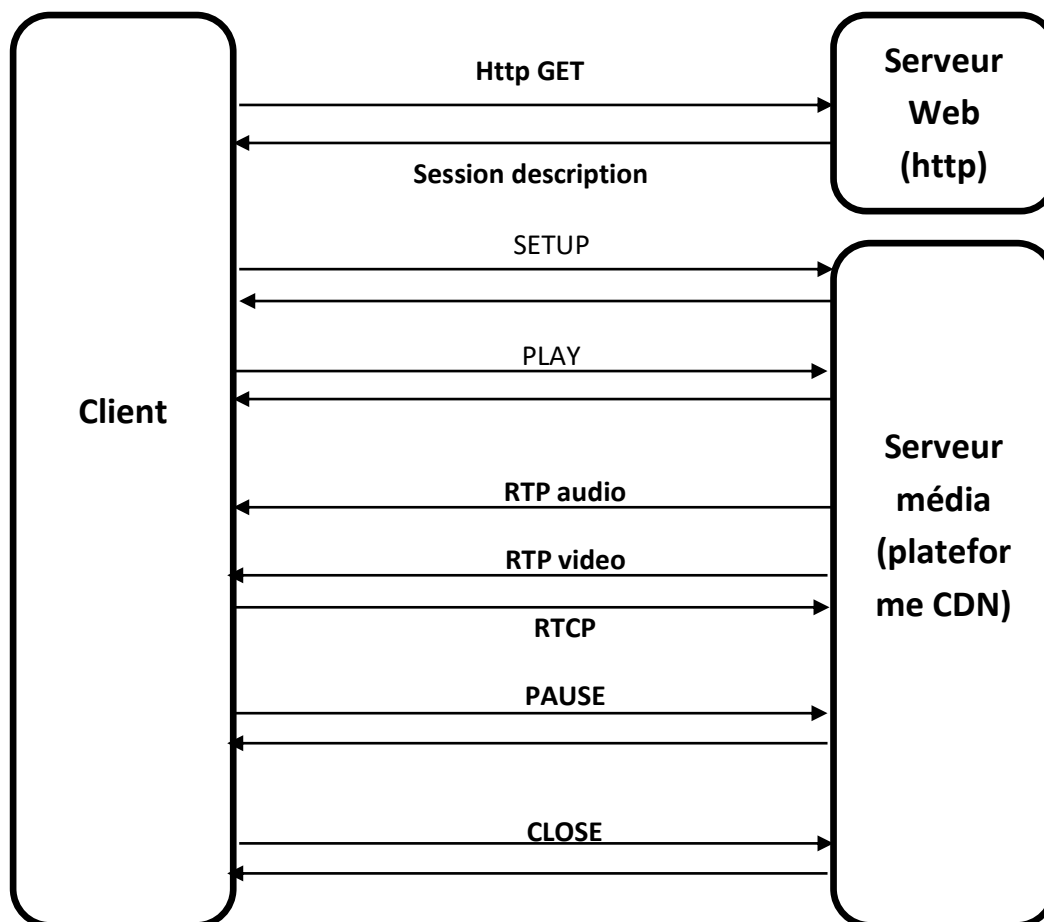


Figure 2.5 Les Opération RTSP

### 2.4.3.5 Http Adaptive Streaming

De nos jours, le streaming vidéo avec ses services Live et vidéo à la demande (Video on Demand VoD) utilise de plus en plus la technologie HTTP Adaptive Streaming (HAS). HAS utilise HTTP comme protocole de couche d'application et TCP comme protocole de transport. Il consiste à stocker le contenu vidéo sur un serveur Web, appelé serveur HTTP, et à scinder le fichier d'origine en segments indépendants de même durée, appelés "morceaux". Chaque bloc est transcodé en différents taux d'encodage inférieurs. Le lecteur HAS, côté client, demande des morceaux, les décode et les présente successivement sur l'interface du client. La spécificité de la technologie HAS est qu'elle offre une adaptabilité aux

conditions du réseau ; En fait, cela permet au client HAS de passer d'un niveau de qualité à un autre avec le même flux HAS. La sélection du niveau de qualité de chaque programme demandé dépend principalement de l'estimation de la bande passante disponible du côté du client.

De nombreux produits commerciaux de HAS ont déjà été proposés, tels que Microsoft Smooth Streaming (MSS), Apple http Live Streaming (HLS) et Adobe http Dynamic Streaming. MPEG-DASH a été proposé en 2012 afin de faire converger différents produits en un seul standard commercial [9].

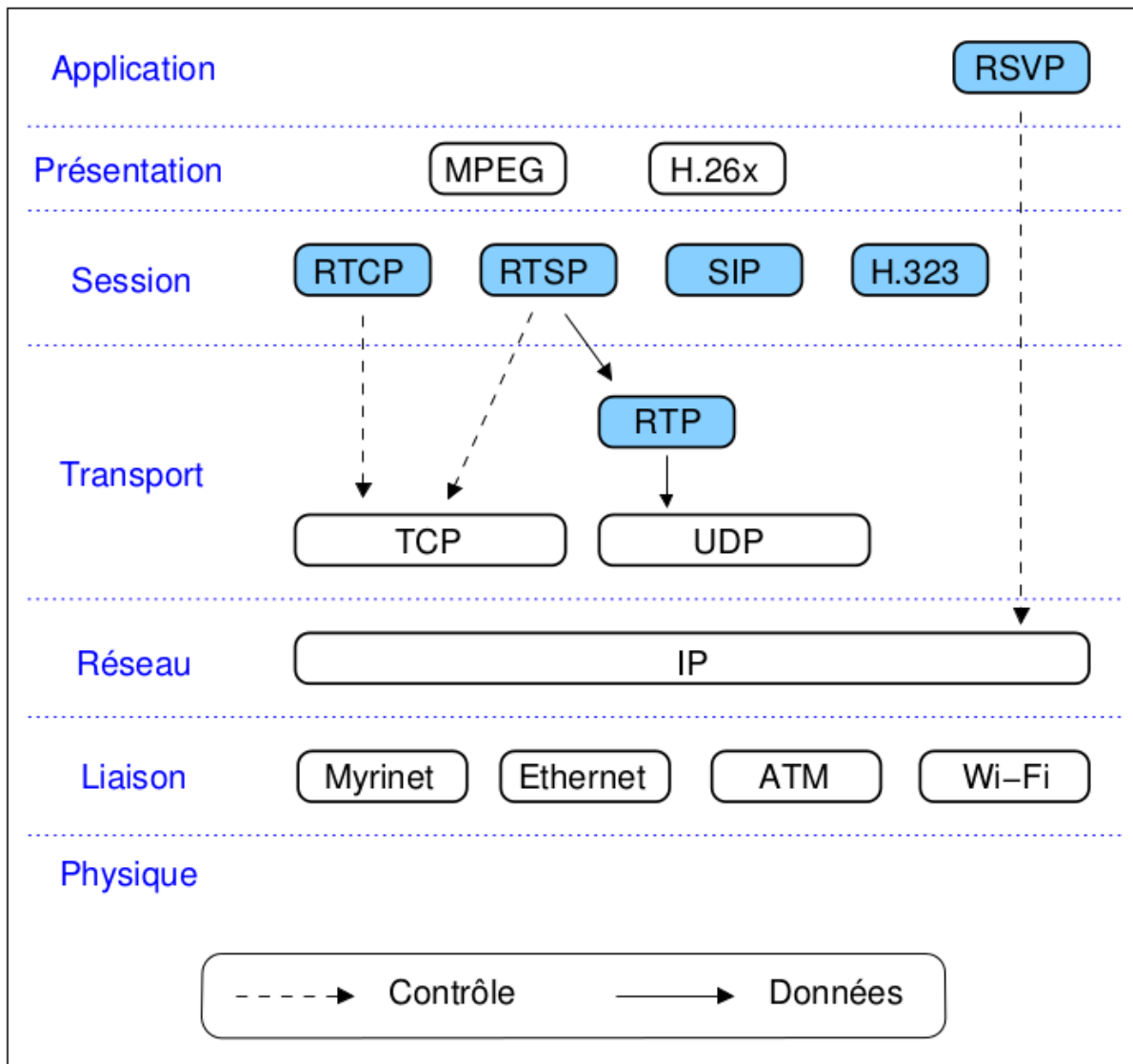


Figure 2.6 Classement des protocoles de streaming dans les couches du modèle OSI [6]

## 2.5 Transmission streaming

L'information qui circule sur les réseaux de télécommunication consiste en messages de types divers : textes, sons, images fixes ou animées, vidéo, etc. La forme initiale que revêt cette information n'est pratique que quand les deux interlocuteurs sont assez proches l'un

de l'autre. Quand ils sont distants, l'emploi des réseaux de télécommunication est une manière moderne de résoudre la transmission d'informations.

Toutefois, compte tenu de la distance, la transmission d'un message nécessite un encodage en signaux de type électrique ou électromagnétique

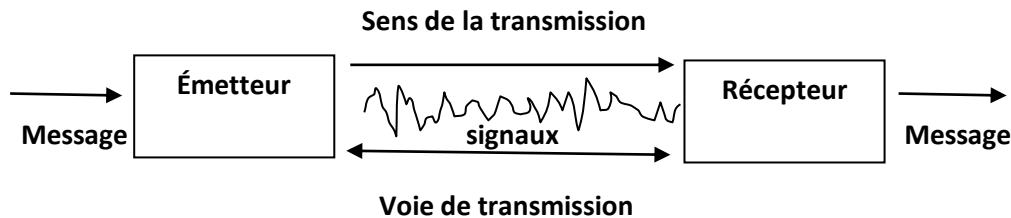


Figure 2.7 Transmission d'un message

L'émetteur et le récepteur sont, de nos jours, des ordinateurs. La voie de transmission peut être une simple liaison directe entre émetteur et récepteur ou beaucoup plus complexe dans le cadre d'un ou plusieurs réseaux de télécommunications. Les signaux sont les véhicules de transport de l'information.

Les signaux peuvent être **analogiques** ou **numériques** :

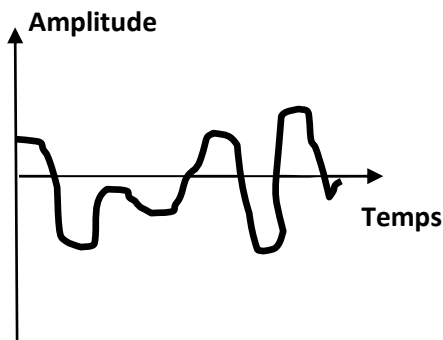


Figure 2. 8 Signal analogique

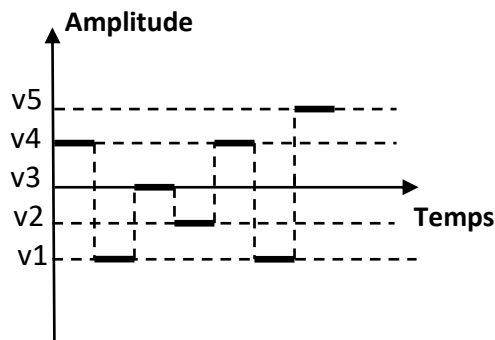


Figure 2.9 Signal numérique

Dans notre cas, cette information représente une vidéo. Cette dernière est composée d'une succession d'images accompagnées de son. Avec l'avènement des nouvelles technologies et les progrès continus de la qualité vidéo, la nécessité d'utiliser les procédures d'encodage avant la diffusion sous forme numérique est devenue inévitable

Prenons comme exemple une norme qui utilise une cadence de 25 ips (images par seconde). Si on opte pour une résolution HD qui a au minimum une définition de 720 pixels (1280\*720), on obtient 55.61 Mo pour une seconde de vidéo en négligeant le son bien sûr.

Cet exemple nous donne un aperçu de la taille des données. Il est donc nécessaire de trouver une solution pour réduire le poids de la vidéo : l'encodage vidéo.

### **2.5.1 Principe de l'encodage vidéo**

Les données de productions sont fournies par un serveur média et seront enregistrées et traitées par la suite. La première étape est d'utiliser un « codec » (Encoder/Décoder). Ce dernier permet le codage pour des débits différents, c'est-à-dire qu'il code des fichiers différents avec le même flux de données en différentes qualités dans le même fichier. Pour y parvenir, il utilise la technique de « sure streaming ». Après, les protocoles de transmission peuvent choisir le flux qui correspond le mieux au débit du lien.

Un Stream contient toujours plusieurs flux de données : un flux vidéo, un flux audio, un flux de texte etc. Les flux peuvent être stockés sur différentes machines et les protocoles doivent être capables de les synchroniser pour la reproduction. Celle-ci est lancée par le client, qui demande un film en cliquant sur un lien dans une page web. Le serveur web donne la demande au serveur média qui va établir la connexion avec le client et qui va transmettre les données. Le client s'occupe du décodage, synchronise et reproduit les flux. Le codage vidéo est le processus de compression et de décompression d'un signal vidéo numérique.

Les technologies de compression vidéo sont en train de réduire et de supprimer les données vidéo redondantes afin qu'un fichier vidéo numérique puisse être envoyé efficacement sur un réseau et stocké sur des disques d'ordinateur. Avec des techniques de compression efficaces, une réduction significative de la taille du fichier peut être obtenue avec peu ou même aucun effet néfaste sur la qualité visuelle. La qualité de la vidéo, cependant, peut être affectée si la taille du fichier est encore abaissée en augmentant le niveau de compression pour une technique de compression donnée.

Le but de la compression de la vidéo numérique est de prendre moins d'espace de stockage et de bande passante de transmission.

Une vidéo comporte un ensemble de groupes de photos appelé (GoP). Par conséquent, la redondance entre les trames consécutives est étudiée au sein du même GoP. Les cadres dans un GoP peuvent être de trois types en fonction de leur fiabilité de codage/décodage :

- **I-frame** : les intra-images sont intra-codées indépendamment des autres images, de sorte que la compression des données ne prenne en compte que les informations spatiales utilisant la même image.
- **Image P** : les images prédictives sont codées sur la base de l'image de référence précédente, qui est la dernière image I ou P apparue.
- **Images B** : les images bidirectionnelles sont également codées de manière dépendante, mais sur la base des images de référence précédentes et suivantes, qui correspondent respectivement aux images I ou P suivantes.

En raison de cette dépendance, l'ordre des trames au sein d'un GoP affecte la complexité du codage ainsi que la taille et la qualité du flux de sortie, car seule la différence par rapport au cadre de référence doit être codée. Par exemple, moins d'images I entraînerait une taille plus petite, mais également une qualité moindre et un processus de codage plus complexe. Un exemple de GoP avec des dépendances entre les images est présenté dans la figure 2.10 [10].



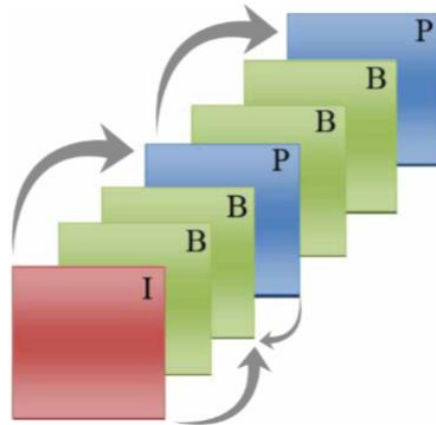


Figure 2.10 I-, B- et P-frames dans un GoP [10]

## 2.5.2 Codecs

Depuis le lancement des technologies médias numériques, les formats audio et vidéo ne cessent de s'améliorer chaque année dans le but d'augmenter la qualité des fichiers. La popularité de ces médias, en particulier des vidéos, ne cesse de croître. Habituellement, les vidéos sont reçues dans des conteneurs. Un conteneur pour un fichier vidéo est une partie contenant tous les autres fichiers nécessaires à la lecture d'une vidéo. Ces fichiers incluent un flux vidéo, un flux audio et les métadonnées. Le flux vidéo indiquera au lecteur ce qui doit apparaître à l'écran, tandis que le flux audio, quel son doit être lu parallèlement à la vidéo.

Les métadonnées incluent toutes les autres informations sur le contenu vidéo, le débit binaire, la résolution et surtout le codec utilisé. Ainsi, la lourdeur des flux vidéo affecte la bande passante réseau qui doit être compressée dans ce même réseau. Le mécanisme de compression est fait en utilisant des codecs. Le mot codec dans une combinaison des mots "Coder" et "Décoder" permet de créer un flux vidéo ou audio codé en le compressant pour créer un flux plus petit et facile à gérer. Lorsque le lecteur ou le logiciel cible reçoit la version compressée du flux, il le décode en fonction des règles définies par le codec et lit le support avec une qualité similaire à celle de l'original. Des centaines de codecs différents sont utilisés sur les fichiers audio et vidéo. Les codecs diffèrent par un certain nombre de paramètres, notamment les débits binaires pris en charge, la complexité de l'algorithme de codage / décodage et la capacité de gérer des pertes de mémoire et des erreurs au plus grand nombre qui identifie un codec.

Les applications multi-parties dans les systèmes de conférence représentent un défi pour les codecs en raison de l'hétérogénéité des participants en termes de capacité de bande passante, de périphérique et de puissance. Les codecs sont utilisés, dans ce cas, pour

adapter les flux audio ou vidéo et assurer une qualité qui satisfait les utilisateurs. Dans cette partie, nous énumérons certains des codecs audio et vidéo les plus importants.

### 2.5.2.1 Codecs audios

- **MP3** : MPEG-1 Layer III, alias MP3 (Brandebourg, 1999), est l'un des plus célèbres instruments audios développés par le groupe Moving Picture Experts (MPEG) en 1993. C'est un procédé qui présente un avantage pour les limites de l'audition humaine, également appelé masquage auditif, afin de gagner de la place sans perte de qualité notable. Ainsi, le format MP3 est souvent réduit à 128 Kb / s, ce qui correspond à l'audio original, alors qu'il ne représente que 9% de la taille du fichier. Jusqu'à présent, le format MP3 reste un format populaire pour le partage et la lecture de contenu audio.
- **Internet Codec Audio Dissec (iSAC)** : iSAC est un codec audio développé par Global IP Solutions en 2011. Il peut s'adapter à la variation de bande passante avec une plage de codage à débit binaire variant de 10 à 32 kbps (large bande) ou de 10 à 52 kbps. (Bande super large). Et il couvre les fréquences d'échantillonnage audio de 16 kHz (large bande) et de 32 kHz (super large bande). Il est utilisé dans de nombreuses applications audio en continu et sur IP, telles qu'AIM Triton, Gizmo5, QQ et Google Talk.
- **Opus Opus** : est un codec de compression audio sans droits d'auteur, créé par l'IETF en 2012. Il s'agit d'une combinaison du codec SILK (System for Internet-Level Knowledge) utilisé par Skype, basée sur la prédiction linéaire. La principale caractéristique de ce codec est qu'il n'est pas affecté par les variations de la connexion Internet au cours de l'appel car il adapte le débit du flux de données à cette variation à la volée. Opus couvre une large gamme d'Internet en temps réel, ce qui lui confère un privilège comparé aux applications de codecs audio existantes (Valin et al, 2016). L'Opus a une large plage de codage de débit allant de 6 kbits / s à 510 kbits / s, des tailles de trame allant de 2,5 ms à 60 ms et diverses fréquences d'échantillonnage allant d'une qualité audio à bande étroite allant de 8 kHz à une qualité audio pleine bande de 48 kHz (Rämö et Toukoma, 2011). Opus est pris en charge par les systèmes d'exploitation (Google, MacOS High Sierra, iOS 11, Windows 10 et plusieurs systèmes d'exploitation différents), les lecteurs multimédias, les navigateurs pour les applications WebRTC (telles que Mozilla Firefox, Chrome, Google Chrome, Opera et Safari basés sur Blink), iPod et téléphones IP) [11].

### 2.5.2.2 Codecs vidéo

- **Format H.261**

H261 est une norme internationale de compression vidéo recommandée par l'UIT-T (autrefois CCITT). Elle expose des méthodes de codage et de décodage pour la

composante d'images animées d'un service audiovisuel au taux de  $[p * 64\text{Kbps}]$ , où  $p$  varie de 1 à 30. Cette norme est adaptée pour les applications utilisant des réseaux à commutation de paquets comme canaux de transmission. Elle s'est popularisée après son intégration au sein du moteur de décompression de données de SONY dans sa console de jeu légendaire PlayStation. C'est aussi la norme la plus utilisée pour la vidéoconférence. Elle a aussi servi de base à la norme MPEG (que l'on va voir par la suite).

### •Format de codage :

- Type : indique si le macro bloc est codé ou inter-codé
- Adresse : identifie l'emplacement du macro bloc dans le cadre
- Valeur de quantification : la valeur de seuil utilisée pour quantifier tous les coefficients DCT dans le macro bloc.
- Vecteur de mouvement : vecteur codé
- Modèle de bloc codé : indique quel bloc dans le macro bloc est présent
- Code de début d'image : indique le début d'une nouvelle image.
- Référence temporelle : un horodatage pour le décodeur pour synchroniser les informations vidéo avec les informations audio. 27
- Type d'image : indique si la trame est codée en tant que cadre I ou P.
- Code de début GOB : est un marqueur de resynchronisation qui est utilisé pour la resynchronisation en cas d'erreur.
- Le groupe de bloc (macro) (GOP) est une structure composée de macro blocs 3x11.

### • Format H.263 :

H.263 a été conçu pour des applications de codage à très faible débit. Cette norme utilise la structure DCT à blocs compensés pour le codage. C'est une norme de compression vidéo de téléconférence développée par l'UIT, conçue pour des services de vidéo conversationnelle à faible débit.

H.263 a été défini par l'UIT-T pour l'utilisation dans une gamme d'applications vidéo en temps réel sur les réseaux sans fil et les RTCP.

Les applications comprennent la téléphonie vidéo, la visioconférence, la surveillance de la sécurité, les jeux interactifs, etc.

La norme H.263 dispose d'un certain nombre d'options de codage avancées par rapport à H.261:

- Balayage progressif avec un taux de rafraîchissement de 15 ou 7,5 fps.
- Support I-, P-, B- et PB-frames.

- Les vecteurs de mouvement, si nécessaire, sont autorisés à pointer hors de la zone du cadre.
- Des schémas tels que le suivi des erreurs, le décodage indépendant des segments et la sélection de l'image de référence sont inclus dans la norme qui vise à minimiser les effets des erreurs sur les GOB voisins.
- Le schéma de dissimulation d'erreur est incorporé dans le décodeur pour masquer l'erreur du spectateur.

- **Format H264 /AVC :**

La norme de codage vidéo H.264/MPEG-4AVC s'inscrit dans la continuité des normes précédentes de la famille MPEG (Moving Picture Experts Group). Cette norme a été mise en place en 2003 par le JVT (Joint Video Team), l'équipe de travail conjointe de l'ITU-T (secteur de normalisation) et de l'organisation internationale de normalisation ISO (International Organization for Standardization). L'apport principal de ce système de codage est son efficacité par rapport à ces prédécesseurs, permettant un gain en débit de 50% par rapport à MPEG-2 à qualité constante. Cependant, ce gain est achevé aux dépens d'une complexité de codage accrue due en partie à la forte dépendance entre les images de la vidéo. Les dépendances ainsi créées engendrent des dégradations de qualité en cascade quand une partie d'une image est perdue [12].

- **Format H265/ HEVC :**

La norme de codage vidéo haute efficacité (HEVC) est le plus récent projet vidéo commun du Groupe d'experts du codage vidéo UIT-T (VCEG) et des organisations de normalisation MPEG (ISO / IEC Moving Picture Experts Group), travaillant ensemble dans un partenariat connu sous le nom de L'équipe collaborative conjointe sur le codage vidéo (JCT-VC) . Il prend en charge les résolutions jusqu'à 8192 × 4320, y compris 8K UHD

HEVC a été développé dans le but de fournir deux fois l'efficacité de compression de la norme précédente, H.264 / AVC. Bien que les résultats d'efficacité de la compression varient en fonction du type de contenu et des paramètres du codeur, à des débits binaires de distribution vidéo typiques du consommateur, HEVC est généralement capable de compresser la vidéo deux fois plus efficacement qu'AVC.

À un niveau identique de qualité visuelle, HEVC permet de compresser la vidéo vers un fichier qui est environ la moitié de la taille (ou la moitié du débit) d'AVC, ou lorsqu'il est comprimé sur la même taille de fichier ou débit que AVC, HEVC offre une qualité visuelle nettement meilleure.

- **Format VP9 :**

VP9 a été développé par Google pour être un codec libre de droit et open source. À l'origine, il était utilisé pour YouTube, car il réduisait le débit de 50% de plus que son

prédécesseur VP8, également développé par Google et publié par l'IETF. La VP8 résiste à la perte de trame et permet un décodage rapide. Toutefois, elle ne prend en charge que l'évolutivité temporelle. Tout comme le H.265 HEVC, VP9 est bon pour la résolution et le streaming en direct. Cependant, il est plus difficile à encoder et moins pris en charge que H.264. La technologie derrière la VP9 rend généralement la même qualité et la même fiabilité, alors que le H.265 HEVC offre généralement une meilleure qualité d'image. VP9 utilise couramment les conteneurs Web et IVF.

- **AV1 :**

Après VP9, Google a créé un nouveau codec appelé VP10. D'autre part, l'Alliance pour les médias ouverts (AO Media) a collaboré avec Google pour créer un nouveau format AOMediaVideo1 (AV1) associant VP9 et HEVC. AV1 a dépassé la réputation de la VP10 (successeur de la VP9) et a réclamé la reconnaissance gratuite de son auteur. Il offre une résolution supérieure à celle du H.264, ce qui le rend intéressant pour les applications en temps réel telles que WebRTC. AV1 est pris en charge par les navigateurs Web tels que Safari, aux côtés du format audio Opus, ainsi que Firefox, et il sera certainement adopté par d'autres.

- **Formats MPEG :**

The Motion Pictures Expert Group (MPEG) a été formé par l'ISO pour formuler un ensemble de normes relatives à une gamme d'applications multimédia impliquant l'utilisation de la vidéo avec le son [13].

- **Formats MPEG-1 :**

MPEG-1 est une norme de compression vidéo et audio en couches, représentant chaque image comme un ensemble de blocs  $16 \times 16$ . Basée sur DCT (**discrete cosine transform**) est utilisé pour convertir des données dans le domaine temporel en données dans le domaine fréquentiel.

- Technique de compression vidéo similaire à celle de H.261.
- Balayage progressif avec un taux de rafraîchissement de 30Hz (pour NTSC) et 25Hz (pour PAL)
- Support I-, P- et B-frames.
- Les images I doivent être utilisées pour les différentes fonctions d'accès aléatoire associées aux magnétoscopes.
- Amélioration par rapport à H.261:
  1. Une nouvelle couche appelée tranche est ajoutée dans la structure du flux afin que le décodeur puisse se resynchroniser plus rapidement en cas d'erreur.

2. supportent les B-frames.
  3. plus grande fenêtre de recherche de vecteurs de mouvement et une résolution plus fine de sa représentation.
- Les chiffres typiques des rapports de compression
  - I-frames: 10: 1
  - P-frames: 20: 1
  - B-frames: 50: 1

### **Format MPEG-2 :**

La norme MPEG-2 peut être considérée comme un super-ensemble de la norme de codage MPEG-1 et compatible avec lui.

Il s'agissait de définir une norme permettant le codage de signaux à haute définition et de qualité studio, ce qui n'était pas possible avec MPEG-1 et compresser 32 fois meilleure que H.261

- Courbes de bits flexibles pour différentes capacités de récepteur
- L'interactivité basée sur le contenu avec le flux de données.
- L'indépendance du réseau (utilisé pour Internet, sans fil, etc.).
- Représentations basées sur des objets.

### **Format MPEG-4**

Le standard **MPEG-4** est destiné au codage de données multimédia sous forme d'objets numériques, cette norme est spécifiée d'abord des techniques pour gérer le contenu de scènes comprenant un ou plusieurs objets audio-vidéo. Il compare essentiellement deux images compressées, enregistre l'image et enregistre uniquement la différence à partir de chaque image séquentielle supplémentaire, comme le mouvement, ce qui permet d'économiser du temps, de l'espace mémoire et une puissance de traitement. Le taux de compression est plus élevé c'est un avantage de MPEG-4. Il peut synchroniser l'audio et la vidéo, et est idéal pour la visualisation en temps réel. MPEG-4 a été conçu pour prendre en charge les applications à faible bande passante. Les inconvénients de MPEG-4 incluent une qualité d'image inférieure (M-JPEG), et il est autorisé, ce qui permet aux téléspectateurs d'avoir des frais supplémentaires. Il prend en charge un nombre réduit de caméras, comme les caméras méga pixels. L'algorithme de compression est le suivant :

- Motion, Estimation et Intra Estimation
- Transformée (et transformée inverse)
- Quantification (et quantification inverse)
- Filtre en boucle
- Entropie de Codage

### **Format MPEG-7**

MPEG-7 est un type de norme différent car il s'agit d'une norme de description de contenu multimédia et ne traite pas du codage réel d'images animées et de son. Avec MPEG-7, le contenu de la vidéo (ou de tout autre multimédia) est décrit et associé au contenu lui-même, par exemple pour permettre une recherche rapide et efficace dans le contenu.

MPEG-7 utilise XML pour stocker les métadonnées et peut être associé à un code temporel afin de baliser des événements particuliers dans un flux. Bien que MPEG-7 soit indépendant de la technique de codage réelle du multimédia, la représentation définie dans MPEG-4, c'est-à-dire la représentation des données audiovisuelles sous forme d'objets, est très bien adaptée à la norme MPEG-7.

MPEG-7 est pertinent pour la vidéosurveillance car il peut être utilisé par exemple pour baliser le contenu et les événements de flux vidéo pour un traitement plus intelligent dans les logiciels de gestion vidéo ou les applications d'analyse vidéo.

### **Format MPEG-21**

MPEG-21 est une norme qui définit les moyens de partager des droits numériques, des autorisations et des restrictions pour le contenu numérique. MPEG-21 est une norme basée sur XML, développée pour contrer la distribution illégitime de contenu numérique. MPEG-21 n'est pas particulièrement pertinent pour les situations de vidéosurveillance.

### **Les avantages et inconvénients de MPEG :**

Certains avantages de M-JPEG incluent une meilleure décompression sur l'ordinateur, une meilleure visualisation en direct et une excellente qualité d'image (de manière cohérente). MJPEG est également sans licence, ce qui le rend gratuit pour l'utilisateur. Un autre aspect qui rend le M-JPEG bon est sa robustesse, si une image est supprimée, elle n'affecte pas la vidéo.

Cependant, on ne peut pas non plus négliger ses inconvénients. La synchronisation sonore n'est pas prise en charge. En raison de la haute résolution des images, elles occupent beaucoup d'espace sur le disque dur, bien que la taille de l'image puisse être restreinte dans

les paramètres. Aussi en raison de la taille, il faut beaucoup plus de bande passante pour transmettre les photos.

### **2.6 Conclusion**

Au courant de ce chapitre, nous avons introduit l'architecture du modèle OSI qui a un rôle capital dans n'importe quelle transmission streaming. Puis, nous nous sommes intéressés aux protocoles de streaming et nous avons remarqué que la quasi-totalité de ces protocoles opéraient dans la cinquième couche du modèle OSI (session). Après, nous avons souligné l'importance de l'encodage et donné quelques exemples des codecs les plus influents.

Dans le chapitre suivant, nous verrons l'importance de la qualité des services dans l'optimisation et le soulagement des réseaux.



# Chapitre III :

# Qualité De Services

### **3.1 Introduction**

Au cours des dernières années, le monde des télécommunications et de l'informatique ne cesse de se développer, provoquant ainsi une croissance considérable du volume des applications.

Rajoutons à cela l'apparition et le développement à grande échelle des dispositifs de communication mobiles, des applications vidéo (vidéo en continu passive, vidéo interactive, vidéoconférences immersives, télévision sur IP), l'accès au réseau sans fil, les applications grand public, l'essor d'Internet des objets (IOT) ainsi que le type d'accès le plus récent (fibre optique). Ce qui impose de plus en plus d'exigences et de contraintes en matière de bande passante, de transport et de gestion du trafic réseau. Cette diversité du trafic sur le réseau, aussi complexe qu'elle soit, fait que toutes les applications se disputent les ressources (limitées) du réseau, chaque trafic affectant l'autre pour les ressources et au final personne n'est assez satisfait. Et c'est ainsi que la nécessité d'une qualité de services (QoS) est née.

### **3.2 Définition de la QoS**

C'est la capacité du réseau à fournir un meilleur service ou un service « spécial » à un ensemble d'utilisateur/d'applications au détriment d'autres utilisateurs/applications.

La qualité de services permet de manipuler la bande passante, le retard, la gigue et les pertes de paquets dans un réseau.

Elle offre ainsi un large éventail de concepts et d'outils pouvant être utilisés pour affecter l'accès des paquets.

### **3.3 Objectifs**

Les objectifs des technologies QoS sont les suivants :

- Améliorer les performances du réseau.
- Faire en sorte que la convergence voix, vidéo et données apparaisse transparente aux utilisateurs finaux.
- Garantir toutes les exigences pour chaque trafic sur le réseau.

Pour réaliser ces objectifs, la qualité de services dans son rôle primordial d'optimisateur de réseaux, doit faire face à plusieurs contraintes, obstacles et problèmes.

Nous allons en citer les plus importants.

### **3.4 Problèmes traités par la qualité de services**

La qualité de services a pour but d'optimiser la bande passante et de minimiser le retard de bout en bout, la gigue et le temps de retard.

#### **3.4.1 Manque de bande passante**

La bande passante est la quantité de données qui peut être transférée par unité de temps. De bout en bout, la bande passante maximale disponible est celle du lien le plus lent.

Cependant, au sein d'un même réseau, tout le trafic se partage la bande passante qui lui est allouée, ce qui limite considérablement la bande passante disponible pour une seule application.

On peut penser que la solution serait d'offrir plus de bande passante, mais en fait, pas du tout puisque ce serait déraisonnable compte tenu de l'aspect financier. En plus, il y a des applications très gourmandes qui sont capables de consommer l'intégralité de la bande passante.

Une faible bande passante aura un impact sur notre capacité à fournir du contenu à bande passante élevée, tel que le streaming de vidéos haute définition, en ralentissant les transferts de fichiers.

#### **3.4.2 Retard de bout en bout**

La mise en place d'un réseau est un moyen fiable d'échanger des informations, de partager des ressources et d'améliorer la communication de deux manières différentes, mais cet échange prend généralement un temps considérable. On entend par ce temps, le délai exact qu'il faut à un paquet pour atteindre le point de réception après avoir été envoyé à partir du terminal émetteur. Ce temps est appelé retard ou latence.

Pour avoir une bonne qualité de service, il est préférable que le délai devienne court et négligeable, en particulier pour les applications en temps réel. Mais en réalité, le fait de raccourcir ce délai ne sera pas une tâche facile car il y a tout un trafic en parallèle qui attend d'être envoyé et qui consomme de la bande passante. Cela peut perturber les utilisateurs car le délai d'attente est l'un des critères les plus demandés par le grand public. Personne n'aime attendre, ce qui place le retard parmi les plus gros problèmes pour un réseau.

Le délai de bout en bout n'est pas fixe car il représente la somme des autres délais tel que le délai de sérialisation, le délai de propagation, le délai de traitement et le délai de mise en file d'attente.

- Délai de traitement : temps nécessaire à un routeur pour extraire le paquet d'une interface d'entrée, l'examiner et le placer dans la file d'attente de sortie de l'interface de sortie (mise en paquet, protocole, etc.).
- Délai de mise en file d'attente : durée pendant laquelle un paquet réside dans la file d'attente de sortie d'un routeur (stockage en différé, contention)
- Délai de sérialisation : le temps nécessaire pour placer le « bit sur l'écriture » sur l'interface physique. Si le lien est rapide, le bit sera placé plus rapidement, de même que si le paquet est court, cela ne prend pas beaucoup de temps.
- Délai de propagation : le temps nécessaire au paquet pour traverser la liaison d'un bout à l'autre, chaque support, de la fibre optique aux câbles coaxiaux, prend un certain temps pour transmettre un paquet d'une source à une destination.

Exemple : nous ne pourrions pas contrôler les changements météorologiques en WIFI ...

### **3.4.3 La gigue**

Bien que le problème du délai soit le plus courtisé par le grand public, l'œil et l'oreille de l'être humain peuvent s'adapter au délai de lenteur à condition qu'il soit stable. Et c'est en se basant sur cet aspect de stabilité que l'on a détecté un problème plus important, c'est la variation de retard, qui a un impact négatif sur l'être humain puisqu'il n'arrive pas à s'adapter avec, et le rend totalement insatisfait de la qualité des services déployés sur le réseau.

Techniquement, la gigue représente une variation ou une différence dans le délai d'arrivée de bout en bout entre les paquets séquentiels.

En règle générale, les applications de données peuvent s'attendre à une instabilité, mais aucun impact négatif n'est dû aux fonctionnalités et mécanismes TCP (tels que ACK, retransmission automatique, ...).

Cependant, dans les applications critiques et en temps réel, la gigue aura un impact important sur la qualité des services déployés.

Par exemple, certains trafics, tel que les communications vocales numérisées, exigent que les paquets soient transmis de manière cohérente et uniforme (par exemple, moins de 30 ms) et pour le trafic de télé-présence (moins de 10 ms).

### **3.4.4 Perte de paquets**

La perte de paquets peut représenter une mesure comparative du nombre de paquets fidèlement envoyés et reçus par rapport au nombre total envoyé, exprimé en pourcentage. Le routeur rejette les paquets pour de nombreuses raisons :

- Lorsque le lien est dans un état congestionné.
- Lors d'un problème de commutation (Problèmes de routage dans la couche 3, Spanning Tree dans la couche 2...).
- Lors d'une erreur de transmission de paquets due à des facteurs externes.

Lorsque le protocole TCP/IP a été développé, le problème de perte de paquets fut en grande partie résolu, en particulier avec les ACK et les retransmissions. Bien que cette solution n'est pas fonctionnelle pour le streaming et autres applications.

Par exemple, le protocole de trafic de voix et vidéo en temps réel basé sur UDP, ne disposant pas de mécanisme de retransmission automatique en cas de perte de paquets, nous pose un gros problème lors de l'utilisation de cette application en temps réel.

De plus, conformément aux normes à respecter et aux meilleures pratiques des réseaux, le déploiement de la voix et de la vidéo sur IP nous impose de garantir les points suivants :

- Les pertes de paquets unidirectionnels pour la voix doivent être inférieures à 1%.
- Les pertes de paquets unidirectionnels pour le trafic vidéo doivent être inférieures à 0,5%.

Cela nous met dans une position délicate car si la ration de perte de paquets dépasse 0%, non seulement la qualité de la communication sera considérablement dégradée mais il y aura en plus des coupures et des perturbations considérables et au final les clients seront insatisfaits.

Il faut noter que la perte de paquet est une chose inéluctable et impossible à éviter.

### **3.5 Exigences de QoS**

Nous allons mentionner deux exigences :

#### **3.5.1 Exigences de QoS pour le trafic vocal**

Avec l'apparition de la VoIP, le trafic est devenu plus diversifié. Chaque trafic ayant sa particularité. Lors d'une transmission, un trafic peut donc en affecter d'autres.

Sans la notion de QoS, l'auditeur peut recevoir un appel de qualité médiocre. La voix devient agitée ou intelligible. Les retards peuvent causer une faible interactivité, les appels peuvent même être déconnectés. Du coup, le trafic vocal nécessite certaines exigences :

- Latence unidirectionnelle inférieure à 150 ms.
- Gigue unidirectionnelle moyenne inférieure à 30 ms.
- Perte de paquets unidirectionnelle inférieure à 1%.
- Bande passante garantie pour le trafic à commande vocale.

### **3.5.2 Exigences de QoS pour le trafic vidéo**

Le trafic vidéo est devenu primordial pour les communications et autres opérations commerciales. Il comprend plusieurs sous-types de trafic, y compris la vidéo en streaming passif, la vidéo interactive en temps réel et les vidéoconférences immersives.

Comme la vidéo nécessite un débit élevé, sans QoS les images s'afficheraient de manière erratique, l'audio ne serait alors pas synchronisé avec la vidéo ce qui causerait le ralentissement du mouvement.

Le trafic de télé-présence nécessite quelques exigences :

- Latence unidirectionnelle inférieure à 150 ms.
- Gigue unidirectionnelle moyenne inférieure à 10 ms.
- Perte de paquets unidirectionnelle inférieure à 0,5%.
- Bande passante garantie dans les files d'attente appropriées pour les flux de voix, vidéo et données.

La croissance fulgurante du trafic et des applications nous impose une gestion différente de chaque trafic car chacun se démarque par son importance, ses exigences et ses besoins.

Ce problème se place dans la catégorie de la haute disponibilité et la sécurité.

## **3.6 Mise en œuvre de la qualité de service**

Pour offrir une bonne qualité de service, il faut se fixer des objectifs à atteindre et opter pour la meilleure façon de le faire. Ceci se fait généralement en trois étapes :

- **Etape 1** : identifier le trafic et ses besoins en effectuant une écoute du réseau et de la société. On doit choisir « les exigences » de chaque type de trafic.
- **Etape 2** : diviser le trafic en classes en plaçant chaque trafic connu dans une classe de service selon son type, dans le but de fournir à chaque classe « une qualité de services unique ».
- **Etape 3** : définir les politiques de qualité de services pour chaque classe dans le but de fournir une qualité de services pour chacune d'elles.

### **3.7 Modèles d'implémentation de la qualité de service**

L'évolution des diverses applications et leurs multitudes d'exigences dans les réseaux convergents a entraîné le développement de trois modèles principaux pour l'implémentation de la qualité de services.

#### **3.7.1 Modèle du meilleur effort**

Dans le modèle best effort, chaque nœud dans le réseau essaiera de livrer chaque paquet de données à destinataire dans un délai raisonnable, mais il ne fait aucune garantie. Il utilise FIFO (First In First Out) pour fournir des données.

Ce modèle n'a donc aucune complexité associée puisqu'il n'implémente aucun mécanisme de qualité de services. Du coup, il a donc été nécessaire de définir de nouvelles architectures de réseaux pour répondre à ces nouveaux besoins. De cette nécessité sont nées les architectures à intégration de service (modèle IntServ) qui s'appuient sur une réservation préalable des ressources et un multiplexage statistique des trafics, et par la suite les architectures à différenciation de services (modèle DiffServ) qui effectuent un traitement différencié des trafics, regroupés en quelques classes de services, pour garantir la qualité de services. [14]

#### **3.7.2 Modèle à intégration de services**

Le développement de ce modèle s'est fait conformément à la proposition RFC 1633 de l'IETF. Il s'agit d'une première tentative dans le but d'offrir une qualité de services pour les applications en temps réel. Avec ce modèle, les applications demandent au réseau une réservation de ressources explicite par flux. L'application informe le réseau de son profil de trafic et demande un type de service particulier capable de couvrir ses besoins en bande passante et en délai. Une fois le réseau informé, et seulement après avoir reçu l'autorisation

de chaque nœud traversé jusqu'au nœud de destination, l'application pourra commencer l'acheminement de ses données.

Le modèle de services intégrés s'appuie sur le protocole de réservation des ressources pour signaler explicitement les besoins en qualité de services d'une application et utilise le contrôle d'admission d'appel pour déterminer si un nouveau flux peut bénéficier de la qualité de services demandée, et cela sans impacter les réservations existantes.

Cependant, ce modèle nécessitait le maintien de l'état des flux dans les nœuds de transit. Il était donc peu évolutif et limité par le fait qu'il existe une consommation importante de ressources sur les nœuds du réseau.

### 3.7.3 Modèle à différenciation de services

Ce modèle est une approche plus évolutive de la qualité de services qui a été développée dans le document RFC 2475. Afin de définir les priorités sur le réseau, le modèle de services différenciés opte pour des flux agrégés plutôt que sur des flux individuels. Et pour la qualité de service, il utilise une approche saut par saut plutôt qu'une approche de bout en bout. En fin d'approche, DiffServ permet aux équipements ou hôtes finaux de classer les paquets en différentes catégories de traitement ou classes de trafic (TC), qui reçoivent chacune un comportement différent (PHB) à chaque saut, de la source à la destination. Chaque périphérique réseau sur le chemin traite les paquets en fonction du PHB défini localement.

Services QoS	Best effort	IntServ	DiffServ
<b>Isolement</b>	Pas d'isolement	Isolement par flux	Isolement par agrégation
<b>Garantie</b>	Aucune garantie	Par flux	Par agrégation
<b>Service de portée</b>	De bout en bout	De bout en bout	Par domaine
<b>Complexité</b>	Pas d'installation	Configuration par flux	Configuration à long terme
<b>Evolutivité</b>	Très évolutif	Non évolutif (chaque routeur maintient l'état de chaque flux)	Evolutif (les routeurs périphériques maintiennent par état global; les routeurs centraux par état de classe)
<b>Adapté au trafic en temps réel</b>	Non	Oui, réservation de ressources	Oui
<b>Réservation de ressources</b>	Indisponible	Par flux sur chaque nœud dans le chemin source-destination	Par classe de trafic sur chaque nœud du domaine

Tableau 3.1 Comparaison des modèles de qualité de services



### **3.8 Conclusion**

Nous avons vu durant ce chapitre l'importance ainsi que l'impact de la QoS sur les réseaux en termes de performances et de fiabilité, surtout pour les réseaux avec un trafic plutôt dense.

Dans le chapitre suivant, nous montrerons en détails la simulation d'une chaîne de transmission en vidéo streaming ainsi que l'amélioration de ses différents critères de QoS par l'intégration du protocole MPLS.

# Chapitre IV :

## Emulation d'une chaine de transmission vidéo streaming

### **4.1 Introduction**

Dans ce chapitre, nous allons simuler une chaine de transmission vidéo streaming. En réalité, ce n'est pas vraiment une simulation, mais plutôt une émulation puisqu'on exécute de vrais images IOS CISCO, qui contiennent des centaines de milliers de lignes de codes. On utilise par la suite GNS3 qui fournit une plateforme où on peut importer nos images IOS CISCO réelles qui fonctionneraient sur des routeurs réels. Puis ce même logiciel nous donne une interface graphique agréable pour exécuter ces images CISCO. Nous utiliserons aussi d'autres logiciels que nous verrons au courant de ce chapitre.

Notre étude précise l'amélioration des paramètres de qualité de service en fonction d'intelligence des protocoles de routage.

### **4.2 Logiciels utilisés pour l'émulation de notre chaine de transmission**

#### **4.2.1 GNS3**

GNS3(Graphical Network Simulator), est un logiciel libre qui permet la simulation d'un réseau informatique, c'est un émulateur qui est proche de la réalité, il est parfait pour se préparer aux certifications Cisco CCNA, CCNP, CCIP, CCIE.

GNS3 permet d'avoir un routeur Cisco virtuel sur un ordinateur. Il faut savoir qu'il ne fournit pas D'IOS, du coup, il faut se les procurer à l'aide d'un compte Cisco ou à partir de Google. Ce logiciel fonctionne sur de multiples plateformes, incluant Windows, linux, et Mac OS, etc. [15]

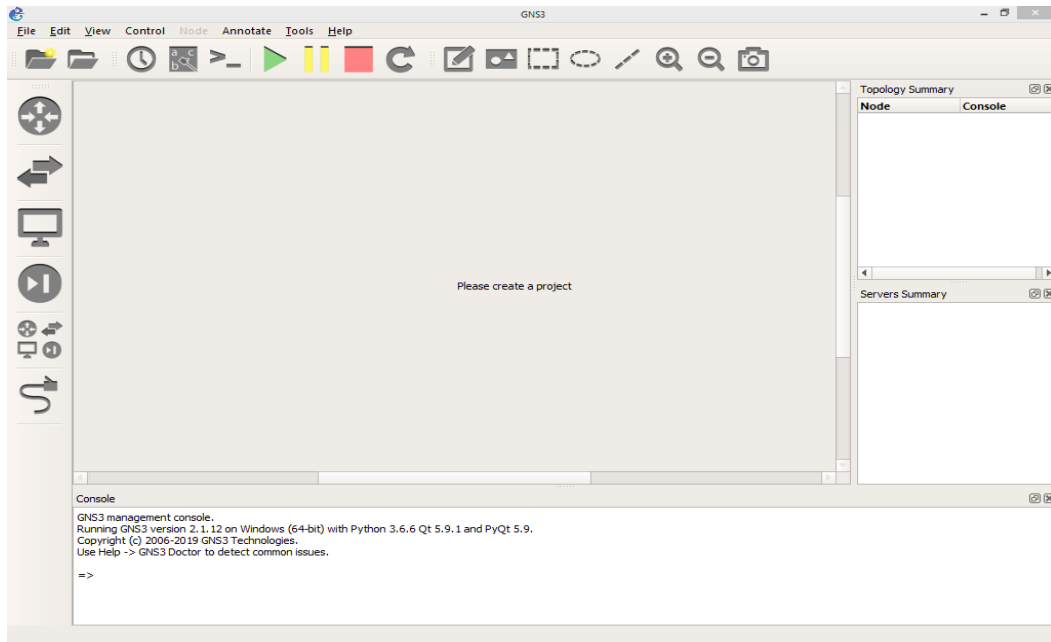


Figure 4.1 Aperçu de l'interface GNS3

Pour fournir des simulations complètes et précises, GNS3 est fortement lié à :

- **Dynamips** : est un émulateur de matériel Cisco (en rapport avec les processeurs Mips utilisés)
- **Machine virtuelle** : est un logiciel de virtualisation de système d'exploitation qui permet de créer un ou plusieurs ordinateurs virtuels dans lesquels s'installent d'autres systèmes d'exploitation (systèmes invités), et de faire fonctionner plus d'un système d'exploitation en même temps en toute sécurité.
- **Image IOS** : GNS3 est un logiciel de simulation qui utilise les IOS des routeurs Cisco, alors avant toute implémentation il faut intégrer les IOS Cisco.
- **IOS (Internet Work operating System)** : La fonction de base de Cisco IOS est de permettre la communication de données entre les nœuds du réseau. En plus de routage et de commutation, Cisco IOS propose des dizaines de services supplémentaires qu'un administrateur peut utiliser pour améliorer la performance et la sécurité du trafic réseau. Ces services incluent le cryptage, l'authentification, les capacités de pare-feu, l'application de la politique, l'inspection approfondie des paquets, qualité de service, le routage intelligent et la capacité proxy. Dans Integrated Services Routers de Cisco (ISR), IOS peut également soutenir le traitement des appels et des services de communications unifiées.[16]

### 4.2.2 VMware Workstation

VMware Workstation est un logiciel qui permet la création d'une ou de plusieurs machines virtuelles au sein d'un même système d'exploitation (généralement Windows ou Linux), ceux-ci pouvant être reliés au réseau local avec une adresse IP différente, tout en étant sur la même machine physique (machine existante réellement). Il est possible de faire

## Emulation d'une chaîne de transmission vidéo streaming

fonctionner plusieurs machines virtuelles en même temps, la limite dépend des performances de l'ordinateur hôte.

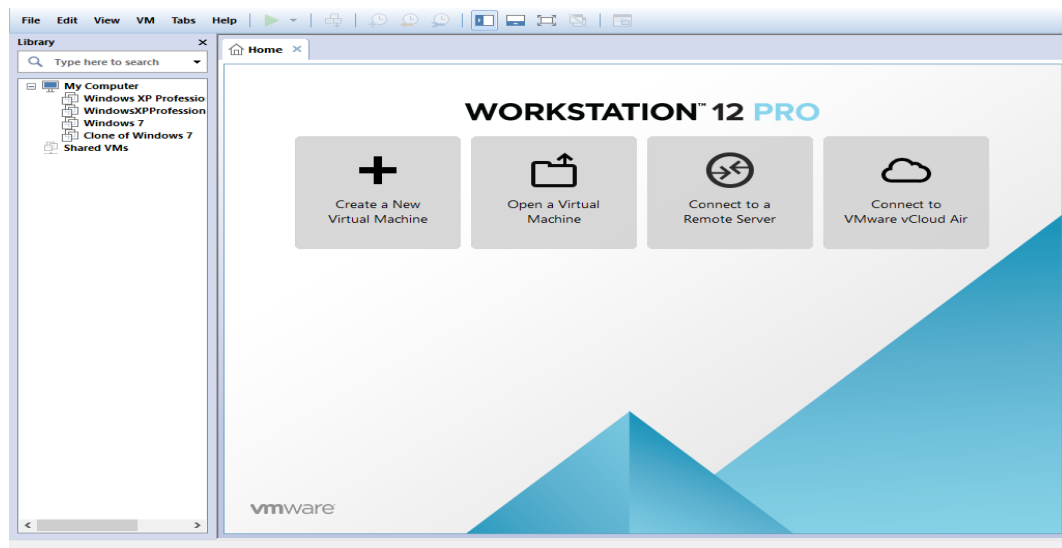


Figure 4.2 Aperçu de l'interface VMware Workstation

### 4.2.3 GNS3 VM

GNS3 VM permet d'installer et de virtualiser n'importe quel appareil sur GNS3 et non pas seulement les routeurs CISCO, tout en évitant les problèmes de gestion de la RAM.

Dans notre projet, nous utiliseront une machine GNS3 VM sous VMware Workstation.

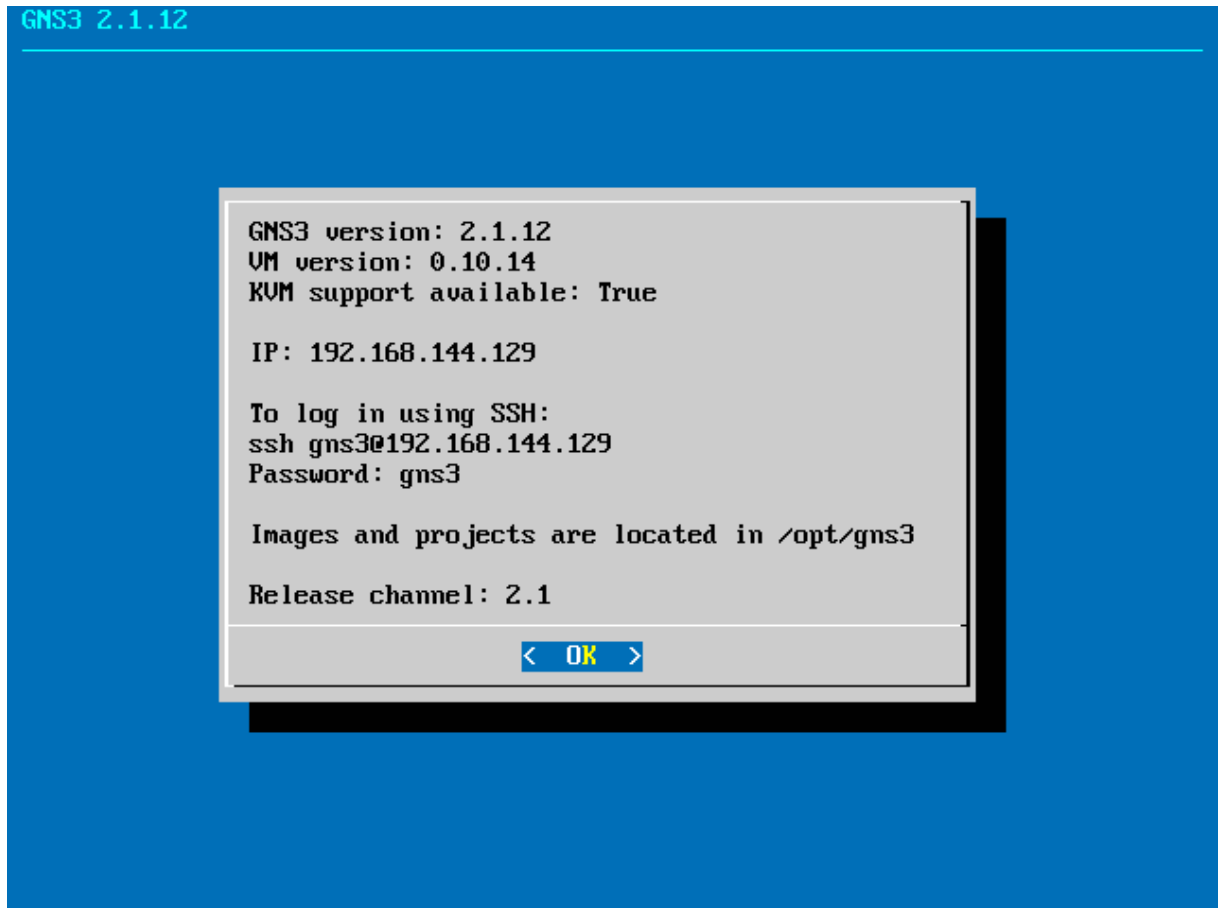


Figure 4.3 Aperçu des caractéristiques de GNS3 VM lors de sa mise en marche

#### 4.2.4 VLC

Nous en avons déjà parlé dans le premier chapitre, sous-titre 1.7.1, page 15.

### 4.3 Logiciels utilisés pour la supervision et les mesures

#### 4.3.1 Wireshark

Wireshark est un analyseur de protocole qui examine les données à partir d'un réseau en direct ou à partir d'une capture de fichier sur disque. Vous pouvez naviguer de façon interactive sur les données capturées, visionner l'information détaillée ou son résumé pour chaque ensemble. Wireshark possède quelques fonctions puissantes, incluant un affichage de langage filtré et la possibilité de visionner le flux reconstitué de la session TCP.

#### 4.3.2 Excel

C'est un logiciel développé par Microsoft Office et distribué par l'éditeur Microsoft. Il est destiné à fonctionner sur les plates-formes Microsoft Windows, Linux, Mac OS X ou Android.

Ce logiciel offre aux utilisateurs les moyens de créer des tableaux, de faire des calculs automatisés, de réaliser des plannings, des graphiques et des bases de données. On appelle ce genre de logiciel un "tableur".

### 4.4 Réalisation de notre chaîne de transmission

La chaîne de transmission que nous avons réalisée est composée de :

- Cinq routeurs de type 3720.
- Deux machines virtuelles Windows XP.

#### 4.4.1 Topologie

Notre architecture se compose de 6 réseaux (192.168.200.0 /24, 192.168.1.0/24, 192.168.2.0/24 et 192.168.3.0/24 192.168.4.0/24 192.168.100.0/24).

Le premier réseau 192.168.24.0 contient la machine serveur, cette dernière jouera le rôle d'un client qui recevra le flux streaming. Notre serveur streaming est localisé dans le réseau 192.168.5.0, celui-ci s'occupe de l'envoi du flux vidéo au client.

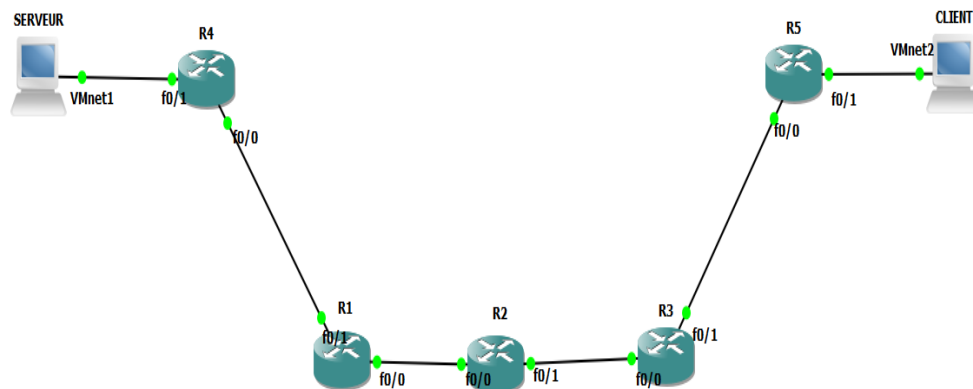


Figure 4.4 Architecture de notre chaîne de transmission

#### 4.4.2 Configuration de base

Dans un premier temps, nous allons configurer et activer les différentes interfaces, comme en témoigne le tableau ci-dessous :

	Interface fa0/0	Interface 0/1	Interface Loopback0
Router 1	192.168.1.1/24	192.168.3.1/24	1.1.1.1/32
Router 2	192.168.1.2/24	192.168.2.2/24	2.2.2.2/32
Router 3	192.168.2.3/24	192.168.4.3/24	3.3.3.3/32
Router 4	192.168.3.4/24	192.168.100.254/24	4.4.4.4/32
Router 5	192.168.4.5/24	192.168.200.254/24	5.5.5.5/32

Tableau 4.1 Interfaces des routeurs

### ▪ Vérification des interfaces des routeurs :

Pour afficher les interfaces d'un routeur, on utilise la commande **show ip interface brief**. Cela nous permet d'avoir une vue globale sur toutes les configurations des interfaces d'un routeur.

- La configuration des interfaces de R1 :

```
R1#sh ip int br
Interface                IP-Address      OK? Method Status  Protocol
FastEthernet0/0         192.168.1.1    YES NVRAM  up      up
FastEthernet0/1         192.168.3.1    YES NVRAM  up      up
Loopback0                1.1.1.1        YES NVRAM  up      up
```

- La configuration des interfaces de R2 :

```
R2#sh ip int br
Interface                IP-Address      OK? Method Status  Protocol
FastEthernet0/0         192.168.1.2    YES NVRAM  up      up
FastEthernet0/1         192.168.2.2    YES NVRAM  up      up
Loopback0                2.2.2.2        YES NVRAM  up      up
```

- La configuration des interfaces de R3 :

```
R3#sh ip int br
Interface                IP-Address      OK? Method Status  Protocol
FastEthernet0/0         192.168.2.3    YES NVRAM  up      up
FastEthernet0/1         192.168.4.3    YES NVRAM  up      up
Loopback0                3.3.3.3        YES NVRAM  up      up
```

- La configuration des interfaces de R4 :

```
R4#sh ip int br
Interface                IP-Address      OK? Method Status  Protocol
FastEthernet0/0         192.168.3.4    YES NVRAM  up      up
FastEthernet0/1         192.168.100.254 YES NVRAM  up      up
Loopback0                4.4.4.4        YES NVRAM  up      up
```

- La configuration des interfaces de R5 :

```
R5#sh ip int br
Interface                IP-Address      OK? Method Status  Protocol
FastEthernet0/0         192.168.4.5    YES NVRAM  up      up
FastEthernet0/1         192.168.200.254 YES NVRAM  up      up
Loopback0                5.5.5.5        YES NVRAM  up      up
```



### 4.4.3 Configuration du routage

Pour la configuration du routage, nous avons opté pour le protocole **OSPF** (Open Shortest Path First).

#### 4.4.3.1 Protocole OSPF

Le protocole de routage à état de lien OSPF utilise le concept de zones, qui consistent en des sous-domaines du domaine OSPF. Un routeur situé dans la zone tient à jour l'ensemble des informations relatives à la topologie de cette région. Par défaut, une interface ne peut appartenir qu'à une seule zone OSPF. Cela peut être la cause d'un routage non optimal dans le réseau, mais peut également entraîner d'autres problèmes si le réseau n'est pas correctement conçu.

Lorsque la contiguïté multizone est configurée sur une interface, les haut-parleurs OSPF forment plus d'une contiguïté sur ce lien. L'interface multizone est une interface point à point logique sur laquelle la contiguïté est formée.[17]

#### 4.4.3.2 Vérification de la configuration OSPF

Après avoir activé le protocole OSPF sur les cinq routeurs afin d'offrir une communication entre le serveur et le client, nous visualiserons le nombre de passerelles contactés par un même routeur (prenons par exemple R2). On utilise la commande **show ip protocols**.

```
R2#show ip protocols
Routing Protocol is "ospf 1"
  Outgoing update filter list for all interfaces is not set
  Incoming update filter list for all interfaces is not set
  Router ID 2.2.2.2
  Number of areas in this router is 1. 1 normal 0 stub 0 nssa
  Maximum path: 4
  Routing for Networks:
  Routing on Interfaces Configured Explicitly (Area 0):
    FastEthernet0/1
    FastEthernet0/0
    Loopback0
  Reference bandwidth unit is 100 mbps
  Routing Information Sources:
    Gateway         Distance   Last Update
  5.5.5.5           110       00:09:30
  3.3.3.3           110       00:09:40
  1.1.1.1           110       00:09:50
  4.4.4.4           110       00:09:50
  2.2.2.2           110       00:10:29
  Distance: (default is 110)
```

On peut aussi visualiser les différentes routes disponibles dans la table de routage, à l'aide de la commande **show ip route**. Après la visualisation du résultat (affiché ci-dessous), on pourra en déduire que quatre réseaux sont directement connectés au routeur, dont celui utilisé pour l'adresse de "loopback".

```
R2#sh ip route
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
       i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
       o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

1.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets
O   1.1.1.1 [110/11] via 192.168.1.1, 00:13:14, FastEthernet0/0
2.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets
C   2.2.2.2 is directly connected, Loopback0
3.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets
O   3.3.3.3 [110/11] via 192.168.2.3, 00:13:04, FastEthernet0/1
4.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets
O   4.4.4.4 [110/21] via 192.168.1.1, 00:13:14, FastEthernet0/0
5.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets
O   5.5.5.5 [110/21] via 192.168.2.3, 00:12:54, FastEthernet0/1
O   192.168.200.0/24 [110/30] via 192.168.2.3, 00:12:55, FastEthernet0/1
O   192.168.4.0/24 [110/20] via 192.168.2.3, 00:12:55, FastEthernet0/1
C   192.168.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
C   192.168.2.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
O   192.168.100.0/24 [110/30] via 192.168.1.1, 00:13:33, FastEthernet0/0
O   192.168.3.0/24 [110/20] via 192.168.1.1, 00:13:34, FastEthernet0/0
```

- **C** indique les lignes des réseaux directement connectés aux routeurs et leur interface de sortie.
- **O** indique que cette route est configurée automatiquement par le protocole OSPF. Sur les routes configurées par OSPF, on remarque la présence d'une information de métrique de type [X/Y]. La valeur **X** indique la distance administrative du protocole (poids administratif), qui vaut toujours 110 pour OSPF. La valeur **Y** correspond au coût de la route, qui est un mélange entre la distance, la vitesse des liens et de nombreux autres facteurs...

Pour s'assurer du bon fonctionnement du routage, on fait un **ping** (entre R4 et R5 par exemple).

```
R4#ping 5.5.5.5
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 5.5.5.5, timeout is 2 seconds:
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 16/60/116 ms
```

### 4.4.4 Simulation streaming client/serveur

Maintenant que notre réseau est fonctionnel (configuré et routable de bout en bout), nous allons lancer VMware Workstation pour démarrer les deux machines "virtuelles" serveur/client.

On commence par affecter une adresse IP, un masque et une passerelle pour chaque machine, en utilisant Internet Protocol Version 4 (TCP/IP).

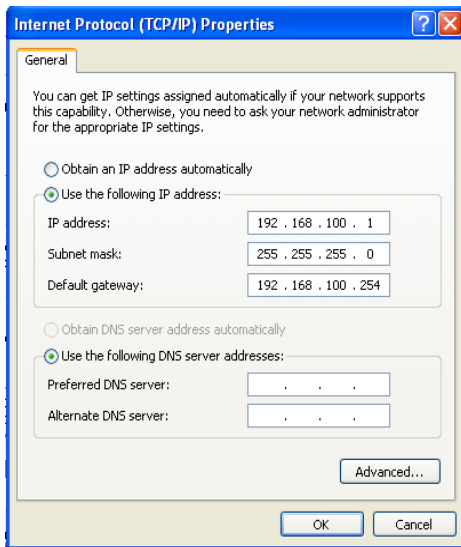


Figure 4.5 Informations TCP/IP du serveur

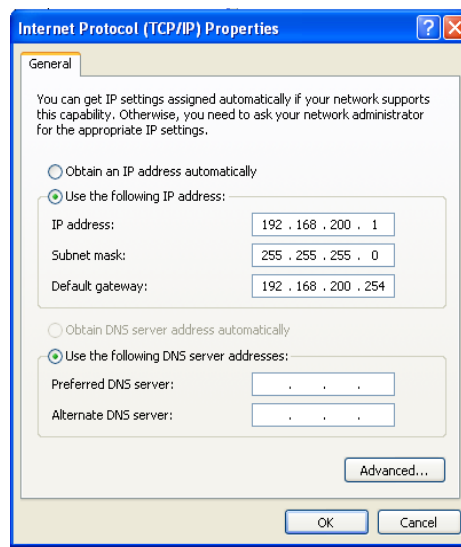


Figure 4.6 Informations TCP/IP du client

Une fois les adresses IP affectées, on fait un test de connectivité client-serveur par un **ping** :

```
Microsoft Windows [Version 5.2.3790]
(C) Copyright 1985-2003 Microsoft Corp.

C:\Documents and Settings\Administrator>ping 192.168.100.1

Pinging 192.168.100.1 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.100.1: bytes=32 time=67ms TTL=123
Reply from 192.168.100.1: bytes=32 time=74ms TTL=123
Reply from 192.168.100.1: bytes=32 time=74ms TTL=123
Reply from 192.168.100.1: bytes=32 time=73ms TTL=123

Ping statistics for 192.168.100.1:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 67ms, Maximum = 74ms, Average = 72ms

C:\Documents and Settings\Administrator>_
```

Figure 4.7 Ping entre client/serveur

## Emulation d'une chaîne de transmission vidéo streaming

On passe après à la transmission du flux vidéo depuis notre serveur vers le client. Pour aboutir à cela, nous avons utilisé le lecteur multimédia VLC qui nous permettra d'ouvrir un flux vidéo et de le diffuser en passant par les étapes suivantes :

- Etape 1 : on choisit une vidéo puis on la joint à VLC (figure 4.8).

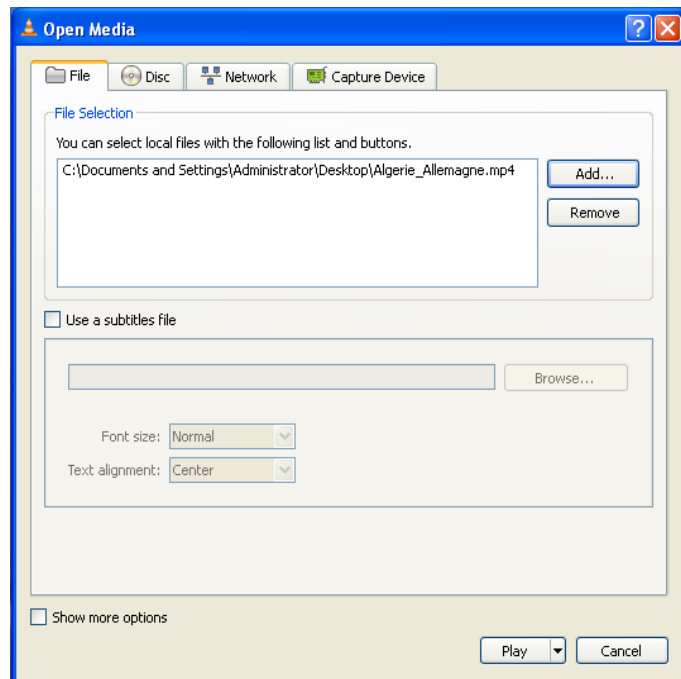


Figure 4.8 Les démarches de diffusion VLC

- Etape 2 : on choisit le protocole, le port et l'encodage (figure 4.9).

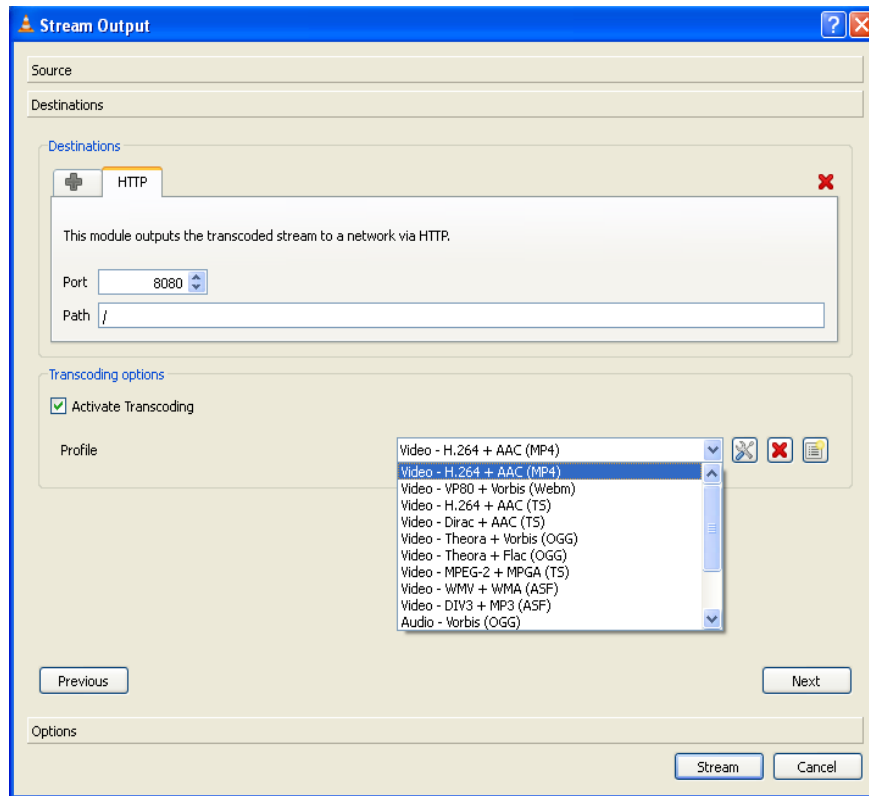


Figure 4.9 Les démarches de diffusion VLC

Puis on clique sur Stream. Le serveur commence le streaming vidéo (figure 4.10).



Figure 4.10 La diffusion vidéo sur VLC

- Etape 3 : on bascule vers le côté client pour recevoir la transmission. Dans le champ network, on entre l'URL **http://192.168.100.1 : 8080** où « 192.168.100.1 » représente l'adresse IP de notre serveur et « 8080 » représente le port utilisé par le protocole http. Puis on valide en cliquant sur "Play" (figure 4.11).

## Emulation d'une chaîne de transmission vidéo streaming

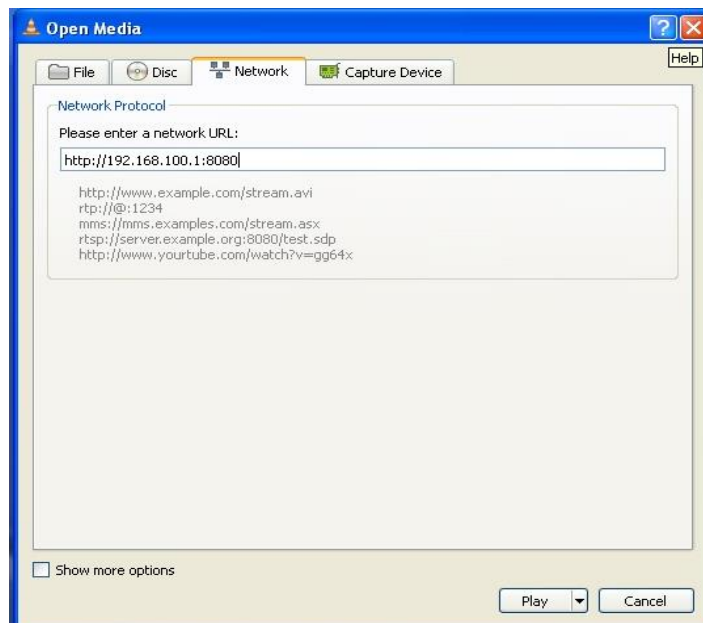


Figure 4.11 La réception vidéo sur VLC

Après un laps de temps (quelques secondes ou fractions de seconde), le client reçoit la vidéo comme le montre la figure 4.12 :

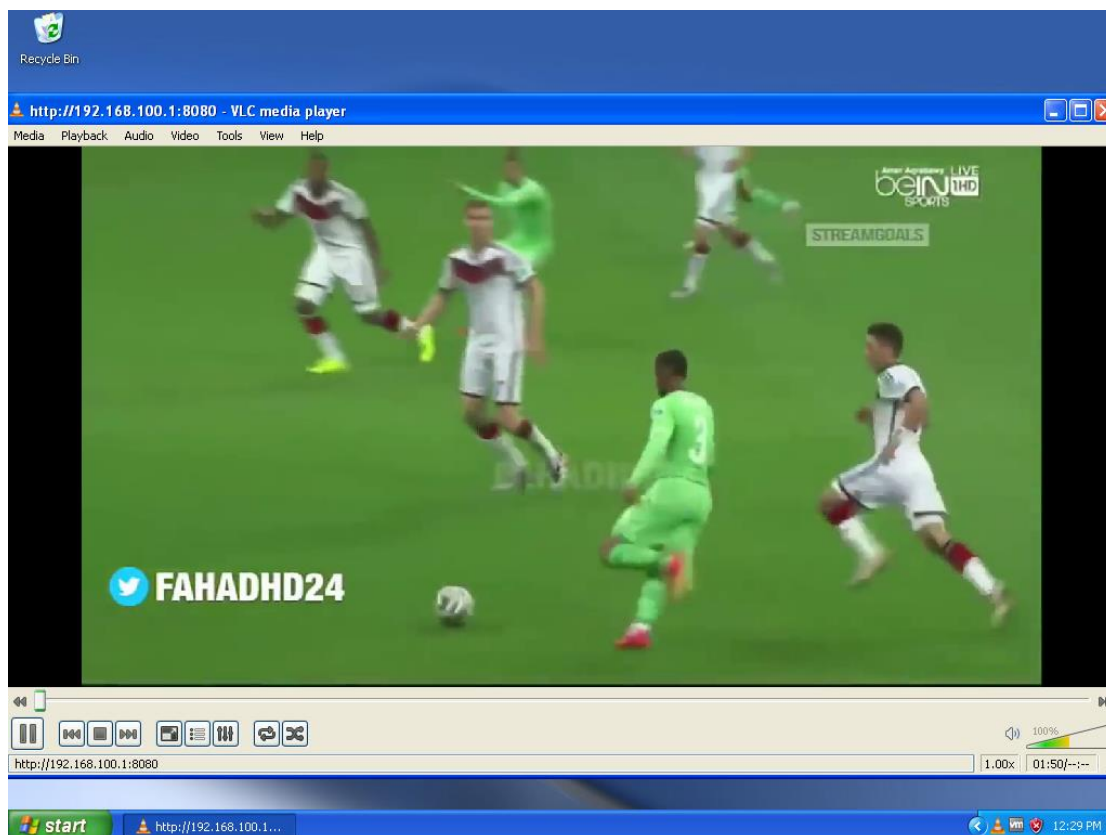


Figure 4.12 La réception vidéo sur VLC

## 4.4.5 Supervision du flux

Pour étudier le trafic engendré par les échanges entre client/serveur, on choisit un lien entre deux interfaces au hasard, puis on lance une capture via le logiciel de mesure Wireshark. Notre choix s'est tourné vers une capture entre R1 [f0/0] et R2 [f0/0]. On a obtenu les résultats suivants :

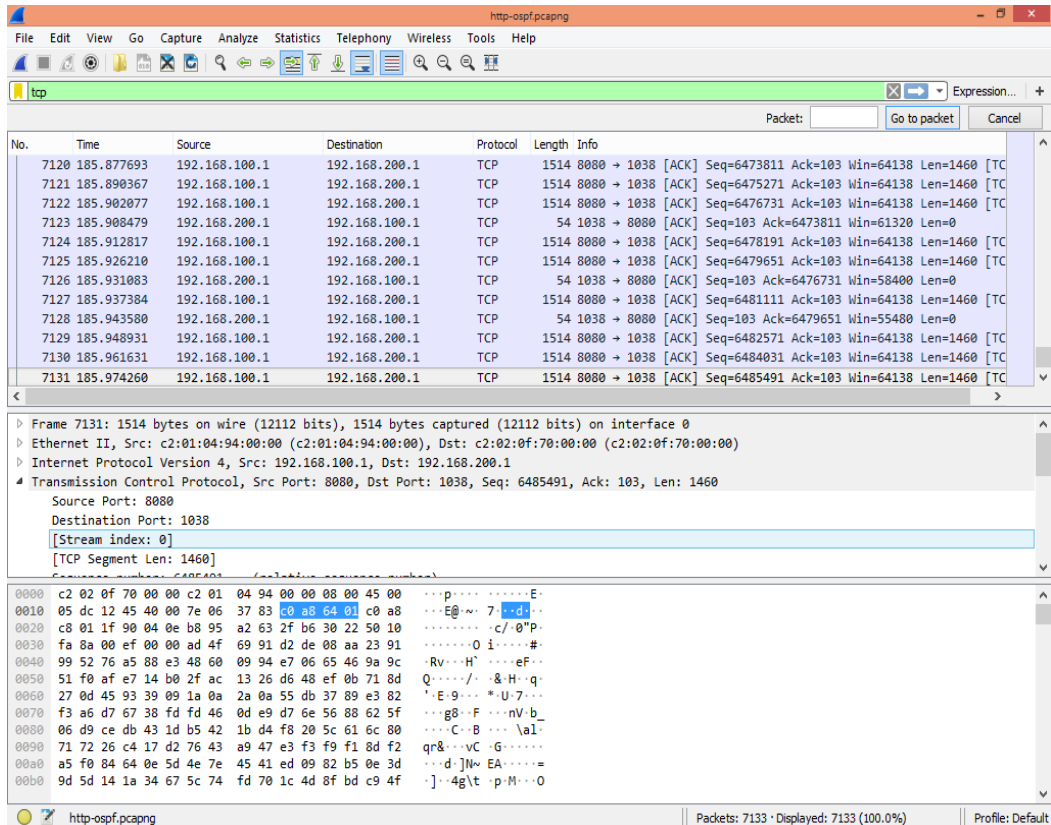


Figure 4.13 Aperçu d'une analyse par Wireshark entre R1 et R2

L'interface de l'analyseur est divisée horizontalement en trois subdivisions :

- Une partie pour lister l'ensemble des paquets capturés.
- Une autre pour afficher les détails d'un paquet sélectionné dans la liste des paquets capturés.
- Une troisième pour présenter l'ensemble du paquet sous forme hexadécimale. Ces chiffres présentent les en-têtes des différentes couches de l'architecture TCP/IP ainsi que les données transmises par le processus à l'origine du message.

### Détails de chaque niveau d'encapsulation :

- **Frame** : présente la taille totale de la trame.
- **Ethernet 2** : indique les informations de trame, l'adresse MAC source, l'adresse MAC destination et le type de paquet (IPV4).

- **Internet protocole** : présente toutes les informations du protocole IP : @IP source, @IP destination, la version, TTL et le protocole de transport utilisé.

### 4.4.6 Les mesures enregistrées

Après la supervision du flux vidéo, on analyse les mesures obtenues selon les quatre critères de qualité de services, à savoir, le délai, les paquets perdus, le temps de retard et la gigue. On utilise l'Excel pour réaliser ces calculs.

- **Débit** : on trouve le débit dans la fenêtre "statistiques", il est égal à 295 kb/s

#### Statistics

Measurement	Captured	Displayed	Marked
Packets	7133	7133 (100.0%)	—
Time span, s	185.985	185.985	—
Average pps	38.4	38.4	—
Average packet size, B	964	964	—
Bytes	6877242	6877242 (100.0%)	0
Average bytes/s	36 k	36 k	—
Average bits/s	295 k	295 k	—

- **Paquets perdus** : Wireshark permet de compter les paquets perdus, en utilisant la commande **tcp.analysis.ack\_lost\_segment** et **tcp.analysis.retransmission**. Sur cette séquence de mesure, on n'a enregistré qu'un seul paquet perdu représentant un taux de 0,01%.

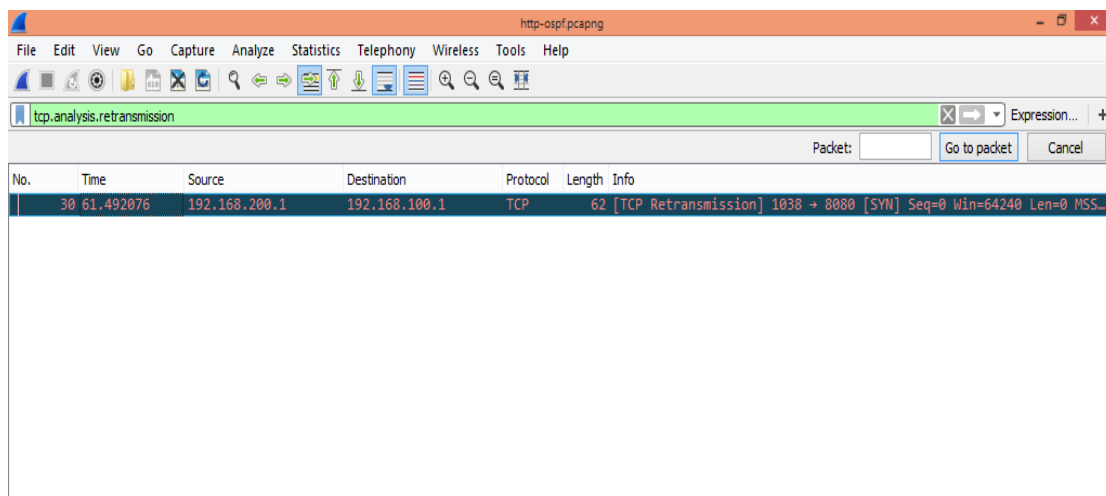


Figure 4.14 Analyse des paquets perdus



- **Temps de retard et gigue** : Pour mesurer ces deux paramètres, on utilise Excel pour introduire les temps de transmission capturés par Wireshark. On a obtenu les résultats suivants :

Time	Time 1	Time 2	Delay	Delay 1	Delay 2	Jitter	
58.61338	58.61338	61.49208	2.878695	2.878695	0.047538	2.831157	
61.49208	61.49208	61.53961	0.047538	0.047538	0.059722	-0.01218	
61.53961	61.53961	61.59934	0.059722	0.059722	0.010777	0.048945	
61.59934	61.59934	61.61011	0.010777	0.010777	0.154996	-0.14422	
61.61011	61.61011	61.76511	0.154996	0.154996	0.038287	0.116709	
61.76511	61.76511	61.8034	0.038287	0.038287	0.047613	-0.00933	
61.8034	61.8034	61.85101	0.047613	0.047613	0.010762	0.036851	
61.85101	61.85101	61.86177	0.010762	0.010762	0.041235	-0.03047	
61.86177	61.86177	61.90301	0.041235	0.041235	0.033898	0.007337	
61.90301	61.90301	61.9369	0.033898	0.033898	0.01074	0.023158	
61.9369	61.9369	61.94764	0.01074	0.01074	0.010741	-1E-06	
61.94764	61.94764	61.95839	0.010741	0.010741	0.031459	-0.02072	
61.95839	61.95839	61.98984	0.031459	0.031459	0.022235	0.009224	
61.98984	61.98984	62.01208	0.022235	0.022235	0.010881	0.011354	
62.01208	62.01208	62.02296	0.010881	0.010881	0.010608	0.000273	
62.02296	62.02296	62.03357	0.010608	0.010608	0.048742	-0.03813	
62.03357	62.03357	62.08231	0.048742	0.048742	0.021912	0.02683	
62.08231	62.08231	62.10422	0.021912	0.021912	0.025957	-0.00404	
62.10422	62.10422	62.13018	0.025957	0.025957	0.010747	0.01521	
62.13018	62.13018	62.14093	0.010747	0.010747	0.010874	-0.00013	
							Delay: 0.045261
							Jitter: 0.028787

Figure 4.15 Temps de retard et gigue sous le protocole OSPF

Nous allons trouver le temps de retard 45.261ms et la gigue 28.787ms.

### 4.5 Optimisation de la chaîne de transmission

Après avoir pris les mesures des quatre critères de qualité de services, nous allons tenter d'apporter quelques améliorations en intégrant le protocole "MPLS" (MultiProtocol Label Switching) sur notre chaîne de transmission.

### 4.5.1 Protocole MPLS

MPLS est une technologie de réseau qui applique certains aspects des technologies à commutation de circuits telles qu'ATM (Asynchronous Transfer Mode) ou Frame Relay à un réseau à commutation de paquets. MPLS vient s'intercaler entre la couche 2 et la couche 3 du modèle OSI, on y a d'ailleurs souvent fait référence comme appartenant à la couche 2.5 [18].

### 4.5.2 Activation MPLS

Avant d'intégrer le protocole MPLS, nous allons réaliser une autre chaîne de transmission, avec les mêmes composantes que la première, le même adressage, mais en introduisant le concept de zone OSPF (OSPF area 0, OSPF area 2) comme l'illustre la figure ci-dessous. Les routeurs 1 et 3 appartiendront donc à la zone OSPF 0, et les routeurs 4 et 5 à la zone OSPF 2.

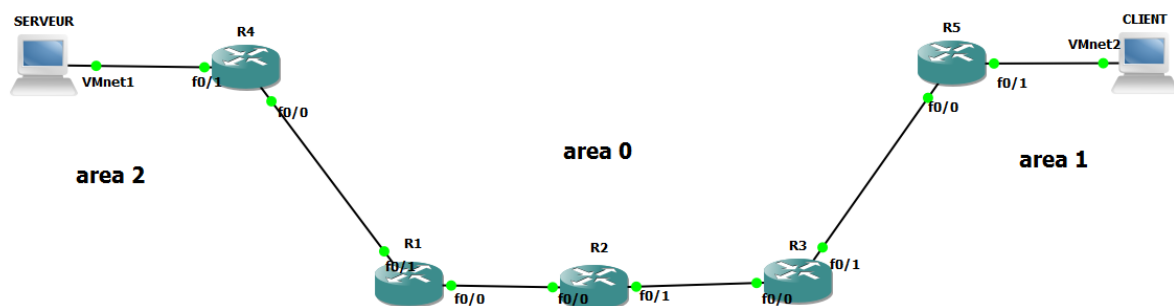


Figure 4.16 Architecture de notre chaîne de transmission

On passe maintenant à l'activation du protocole MPLS sur les routeurs 1, 2 et 3 en utilisant la commande `"mpls ldp autoconfig"`. Nous pouvons également vérifier les voisins LDP avec la commande `"sh mpls ldp neigh"`.

```
R2#sh mpls ldp neigh
```

```
Peer LDP Ident: 1.1.1.1:0; Local LDP Ident 2.2.2.2:0
```

```
TCP connection: 1.1.1.1.646 - 2.2.2.2.33936
```

```
State: Oper; Msgs sent/rcvd: 11/11; Downstream
```

```
Up time: 00:02:41
```

```
LDP discovery sources:
```

```
FastEthernet0/0, Src IP addr: 192.168.1.1
```

```
Addresses bound to peer LDP Ident:
```

```
192.168.1.1 1.1.1.1
```

**Peer LDP Ident: 3.3.3.3:0; Local LDP Ident 2.2.2.2:0**

**TCP connection: 3.3.3.3.48739 - 2.2.2.2.646**

**State: Oper; Msgs sent/rcvd: 10/10; Downstream**

**Up time: 00:02:29**

**LDP discovery sources:**

**FastEthernet0/1, Src IP addr: 192.168.2.3**

**Addresses bound to peer LDP Ident:**

**192.168.2.3 3.3.3.3**

**LDP** : est un protocole standardisé pour l'échange d'information sur les étiquettes (labels ou tags) entre routeurs MPLS.

L'étape suivante est la configuration de MPLS BGP (Border Gateway Protocol) entre les routeurs de bordure R1 et R2.

- **Fonctionnement de BGP :**

BGP utilise TCP comme protocole de transport, sur le port 179. Deux routeurs BGP forment une connexion TCP entre eux. Ces routeurs sont des routeurs homologues. Les routeurs homologues échangent des messages pour ouvrir et confirmer les paramètres de connexion, Les homologues BGP échangent initialement l'intégralité des tables de routage BGP [19].

Les modes du protocole BGP

- **iBGP** (BGP au sein d'un même AS) : les connexions iBGP sont généralement établies entre des adresses logiques, non associées à une interface physique particulière. Ceci permet, en cas de rupture d'un lien physique, de conserver la session iBGP active si un lien alternatif existe et si un protocole de routage interne dynamique (IGP) est employé.
- **eBGP** (BGP entre deux AS distincts) : en général les connexions eBGP sont établies sur des connexions point-à-point ou sur des réseaux locaux, le TTL des paquets de la session BGP est alors fixé à 1. Si la liaison physique est rompue, la session eBGP l'est également, et tous les préfixes appris par celle-ci sont annoncés comme supprimés et retirés de la table de routage.
- Les réseaux dans internet sont organisés en AS. Un AS regroupe un ensemble de routeurs géré par un même responsable administratif.

Pour vérifier la session BGP entre R1 et R3, on utilise la commande **"sh bgp vpv4 unicast all summary"**.

Neighbor	V	AS	MsgRcvd	MsgSent	TblVer	InQ	OutQ	Up/Down	State/PfxRcd
3.3.3.3	4	1	14	14	13	0	0	00:05:16	3

Nous allons à présent introduire la notion de **VRF**.

- **Principe de fonctionnement du VRF :**

La notion de VRF (Virtual Routing and Forwarding) offre la possibilité aux routeurs de bordure comme R1 et R3 de gérer plusieurs tables de routage.

Une VRF est constituée d'une table de routage, d'une FIB (Forwarding Information Base), d'une table spécifique indépendante des autres VRF et de la table de routage globale. Chaque VRF est désignée par un nom (par ex. RED, GREEN, etc.)

Nous allons maintenant créer un VRF sur R1 et R3 par la commande **"ip vrf RED"** et déplacer à l'interface f0/1 avec **"ip vrf forwarding RED"**.

Vérification de la table de routage :

```
R1#sh ip route vrf RED
Routing Table: RED
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
       i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
       o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

 4.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets
O    4.4.4.4 [110/11] via 192.168.3.4, 01:08:25, FastEthernet0/1
 5.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets
B    5.5.5.5 [200/11] via 3.3.3.3, 01:07:24
B   192.168.200.0/24 [200/20] via 3.3.3.3, 01:07:24
B   192.168.4.0/24 [200/0] via 3.3.3.3, 01:07:24
O   192.168.100.0/24 [110/20] via 192.168.3.4, 01:08:25, FastEthernet0/1
C   192.168.3.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
```

**B** : routage avec le protocole BGP.

La dernière étape consiste à la redistribution d'OSPF 2 dans BGP avec la configuration suivante (sur R1 et R3) :

**router bgp 1**

**address-family ipv4 vrf RED**

**redistribute ospf 2**

Afin de s'assurer du bon fonctionnement du routage nous consultons la table de routage du routeur 4.

```
R4#sh ip route
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
       i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
       o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

  4.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets
C       4.4.4.4 is directly connected, Loopback0
  5.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets
O IA    5.5.5.5 [110/21] via 192.168.3.1, 01:24:08, FastEthernet0/0
O IA    192.168.200.0/24 [110/30] via 192.168.3.1, 01:24:08, FastEthernet0/0
O IA    192.168.4.0/24 [110/11] via 192.168.3.1, 01:24:08, FastEthernet0/0
C       192.168.100.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
C       192.168.3.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
```

**O IA:** routage OSPF inter area.

Nous remarquons que le routage fonctionne correctement entre les réseaux connectés à R4 et R5.

## **4.6 Test et supervision de la transmission streaming**

Nous avons testé et superviser la nouvelle chaîne de transmission MPLS

### **4.6.1 Test de transmission**

En suivant les mêmes étapes vues précédemment, nous allons lancer une transmission vidéo streaming avec la nouvelle configuration.



Figure 4.17 Réception de vidéo sur VLC

Une fois qu'on s'est assuré du fonctionnement de la transmission sur notre nouvelle configuration, nous allons commencer la supervision de notre chaîne de transmission.

## 4.6.2 Supervision

Pour étudier le trafic engendré par les échanges entre client/serveur, on choisit un lien entre deux interfaces au hasard, puis on lance une capture via le logiciel de mesure Wireshark. Notre choix s'est tourné vers une capture entre R2 [f0/0] et R3 [f0/0]. On a obtenu les résultats suivants :

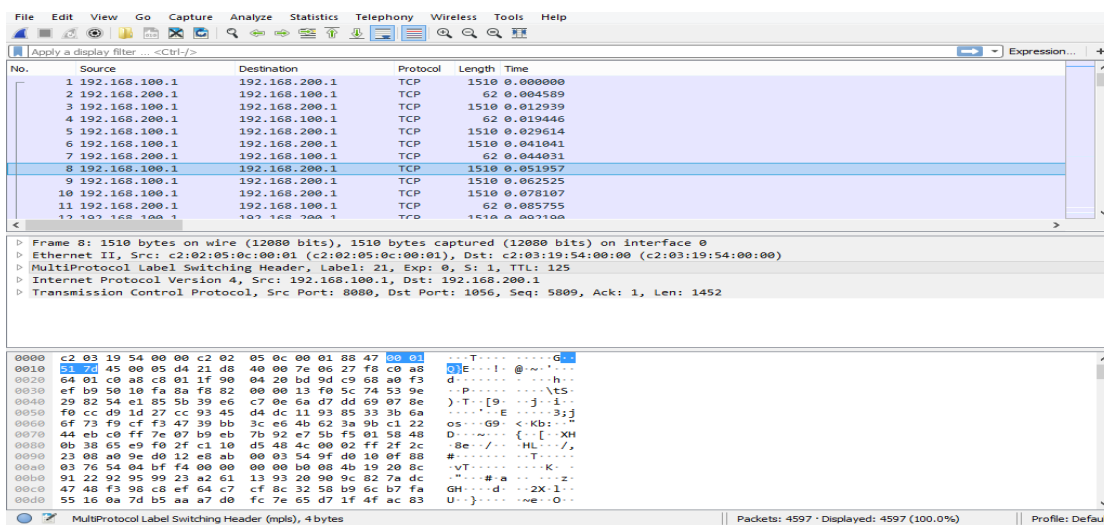


Figure 4.18 Aperçu d'une analyse par Wireshark entre R2 et R3

On remarque l'apparition d'un nouvel en-tête (dans la subdivision qui affiche les détails des paquets) appelée "*Multiprotocol Label Switching Header*". Elle contient les informations MPLS pour faire **la commutation** et non pas le routage.

- **Informations de l'en-tête MPLS :**
  - Le champ Label (20 bits).
  - Le champ CoS (3 bits) pour la classe de services (Class of Service).
  - Un bit Stack pour supporter un label hiérarchique (empilement de labels).
  - Un champ TTL (Time To Live) pour limiter la durée de vie du paquet (8bits).  
Ce champ TTL est le même pour IP.

### 4.6.3 Mesures et calculs

- **Débit :** résultat de statistiques montre que le débit égal 525 kb/s

Statistics			
<u>Measurement</u>	<u>Captured</u>	<u>Displayed</u>	<u>Marked</u>
Packets	4597	4597 (100.0%)	—
Time span, s	66.626	66.626	—
Average pps	69.0	69.0	—
Average packet size, B	951	951	—
Bytes	4372855	4372855 (100.0%)	0
Average bytes/s	65 k	65 k	—
Average bits/s	525 k	525 k	—

**Paquets perdus :** Résultat de cette analyse : aucun paquet perdu (0%).

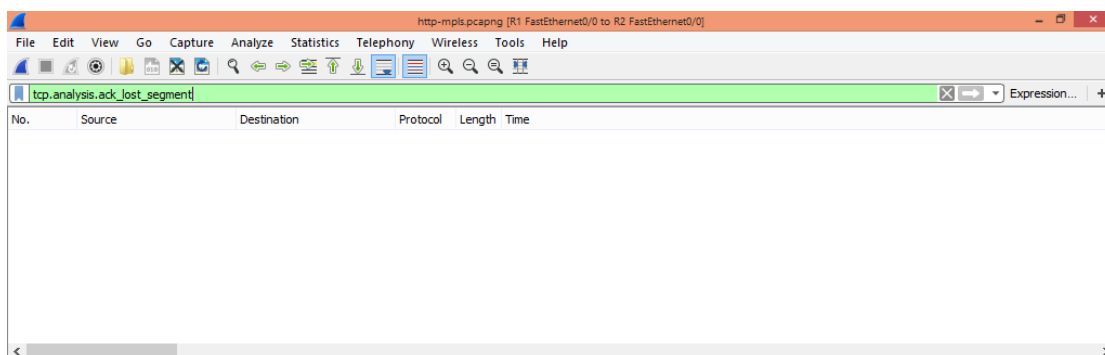


Figure 4.19 Analyse des paquets perdus

- **Temps de retard et gigue** : le temps de retard calculé par Excel est de 11.34...ms et la gigue 0.04322...ms

1	Time	Time 1	Time 2	Delay	Delay 1	Delay 2	Jitter
2	0	0	0.004589	0.004589	0.004589	0.00835	0.003761
3	0.004589	0.004589	0.012939	0.00835	0.00835	0.006507	-0.00184
4	0.012939	0.012939	0.019446	0.006507	0.006507	0.010168	0.003661
5	0.019446	0.019446	0.029614	0.010168	0.010168	0.011427	0.001259
6	0.029614	0.029614	0.041041	0.011427	0.011427	0.00299	-0.00844
7	0.041041	0.041041	0.044031	0.00299	0.00299	0.007926	0.004936
8	0.044031	0.044031	0.051957	0.007926	0.007926	0.010568	0.002642
9	0.051957	0.051957	0.062525	0.010568	0.010568	0.015582	0.005014
10	0.062525	0.062525	0.078107	0.015582	0.015582	0.007648	-0.00793
11	0.078107	0.078107	0.085755	0.007648	0.007648	0.006435	-0.00121
12	0.085755	0.085755	0.09219	0.006435	0.006435	0.01746	0.011025
13	0.09219	0.09219	0.10965	0.01746	0.01746	0.004129	-0.01333
14	0.10965	0.10965	0.113779	0.004129	0.004129	0.007478	0.003349
15	0.113779	0.113779	0.121257	0.007478	0.007478	0.014866	0.007388
16	0.121257	0.121257	0.136123	0.014866	0.014866	0.00661	-0.00826
17	0.136123	0.136123	0.142733	0.00661	0.00661	0.003796	-0.00281
18	0.142733	0.142733	0.146529	0.003796	0.003796	0.014503	0.010707
19	0.146529	0.146529	0.161032	0.014503	0.014503	0.007865	-0.00664
20	0.161032	0.161032	0.168897	0.007865	0.007865	0.014152	0.006287
21	0.168897	0.168897	0.183049	0.014152	0.014152	0.022596	0.008444
22	0.183049	0.183049	0.205645	0.022596	0.022596	0.042478	0.019882
23	0.205645	0.205645	0.248123	0.042478	0.042478	0.010757	-0.03172

Figure 4.20 Temps de retard et gigue après l'intégration de MPLS

### 4.7 Avantages de la seconde topologie par rapport à la première

L'intégration du protocole MPLS sur la seconde topologie a permis de :

- Soulager le routeur 2 en simplifiant son fonctionnement. A présent, il se contente de faire la commutation, comme un simple Switch.
- Alléger la table de routage des routeurs 4 et 5.
- Minimiser les paquets de routage sur le réseau.
- Isoler la zone de routage allant de R1 à R3.

### 4.8 Conclusion

Nous avons détaillé au courant de chapitre un exemple de chaîne de transmission en vidéo streaming. Dans un premier temps, nous avons utilisé le protocole OSPF. Puis nous avons intégré le protocole MPLS afin d'apporter des améliorations en termes de qualité de service.



## **Conclusion et perspectives**

Au cours de ce projet de fin d'étude, nous avons comme but l'amélioration des paramètres de qualité de services d'une chaîne de transmission en vidéo streaming, en utilisant le protocole de routage MPLS. Mais avant de commencer la simulation de cette chaîne de transmission, nous avons fait quelques recherches sur ce thème, à commencer par le multimédia qui est l'élément clé de notre étude, puis le streaming avec ses différents protocoles. Nous nous sommes intéressés par la suite aux formats de codage audio et vidéo et aussi à la notion de qualité de services. Après avoir cueilli suffisamment d'informations, nous avons commencé à simuler la chaîne de transmission.

Au cours de notre simulation, nous avons utilisé GNS3 afin d'intégrer cinq routeurs de types CISCO 3720 et deux machines virtuelles fonctionnant sous Windows XP par VMware Workstation, tout ceci a causé quelques problèmes à notre PC, sachant qu'il est doté d'un processeur Intel® Core™ i5-3210M CPU @ 2.50GHz et d'une RAM de 4,00 Go et d'un système d'exploitation de 64 bits (sous Windows 7 Professionnel lors de notre simulation). Nous avons par la suite installé une machine virtuelle GNS3 VM dans VMware Workstation. Cette dernière travaille avec GNS3 et permet justement de soulager le PC du trafic entre VMware et GNS3. Ceci a été suffisant pour mettre en œuvre notre chaîne de transmission et d'y intégrer le protocole de routage OSPF dans un premier temps. Par la suite, nous avons essayé d'améliorer les critères de qualité de services en intégrant le protocole MPLS, et cela aussi a été fait sans problèmes. Sachant qu'on n'a intégré le protocole MPLS que sur trois routeurs, ce qui signifie qu'on n'a soulagé qu'un seul routeur (routeur du milieu), et malgré cela nous avons noté des progrès considérables en ce qui concerne les paramètres de QoS. Mais une fois qu'on a essayé de changer de routeur, d'intégrer des routeurs plus récents, comme CISCO 7200, disposants de ports Gigabit Ethernet, notre PC ne les a pas supportés.

Nous recommandons l'utilisation de routeurs beaucoup plus puissants afin d'obtenir de bons résultats et de meilleurs progrès.

## **Bibliographie**

- [1] F. Gaffiot. Le Grand Gaffio, Dictionnaire Français-Latin. Hachette, 2000.
- [2] D. Lecomte, D. Cohen, P. De Bellefonds & J. Barda. Ouvrage : Les Normes et les Standards du Multimédia, Edition : Dunod (2eme), 2000.
- [3] I. Labeled, Thèse de Doctorat : Méthodes et outils pour la construction de scènes multimédia distribuées, Université Mentouri, Constantine, 2007.
- [4] Dr. A. Maredj, Le document multimédia, Bulletin d'information trimestriel-douzième numéro, Mars 2013.
- [5] G. Blakowski et R. Steinmetz. A Media Synchronization Survey: Reference Model, Specification and Case Studie, IEEE Journal of Selected Areas in Communications, Vol. 14, Num. 1, pp. 5-34, Janvier 1996.
- [6] H.Alustwani, Thèse de Doctorat : Interactivité et disponibilité des données dans les systèmes multimédias distribués, Université de Franche-Comté, 2009.
- [7] S. Sedrat, Mémoire de Magister : Gestion de la qualité de services des flux streaming dans les réseaux 802.11, Université El Hadj Lakhdar-Batna, 2012.
- [8] R.Saoungoumi.Sourpele, Adaptation de flux vidéo en environnements limités et dynamiques : Proposition d'une solution par encodage vidéo multicouche, Université de Ngaoundéré, 2013.
- [9] C. Ben Ameer, TCP Protocol Optimization for HTTP Adaptive Streaming : Modeling and Simulation, Rennes 1, 2015.
- [10] Merza Klaghstan, Thèse de Doctorat Multimedia data dissemination in opportunistic systems: Networking and Internet Architecture, Université de Lyon, 2016.
- [11] C.Al Hasrouty, Thèse de Doctorat : Adaptive Multicast Live Streaming for A/V Conferencing Systems over Software-Defined Networks, Université de Bordeaux, 2018.
- [12] Fadi Boulos, Thèse de Doctorat : Transmission d'images et de vidéos sur réseaux à pertes de paquets : mécanismes de protection et optimisation de la qualité perçue, Traitement du signal et de l'image, Université de Nantes, 2010.
- [13] Didier Le Gall, MPEG : A video compression standard for multimedia application,vol 34 No 4, April 1991.
- [14] W.CHAIB et Y.BEN DANIA : Mémoire de Master : Gestion de qualité de service dans les réseaux NGN, Université Kasdi Merbah, Ouargla, 2015.

[15] [www.gns3.net](http://www.gns3.net).

[16] <http://searchnetworking.techtarget.com/definition/Cisco-IOS-Cisco-InternetworkOperating-System>.

[17] [https://www.cisco.com/c/fr\\_ca/support/docs/ip/open-shortest-path-first-ospf/118879-configure-ospf-00.pdf](https://www.cisco.com/c/fr_ca/support/docs/ip/open-shortest-path-first-ospf/118879-configure-ospf-00.pdf).

[18] L.CHARBONNIER : Evaluation de la sécurité des réseaux privés virtuels sur MPLS. Université du QUÉBEC, Montréal. 2007

[19] [https://www.cisco.com/c/fr\\_ca/support/docs/ip/border-gateway-protocol-bgp/26634-bgp-toc.html](https://www.cisco.com/c/fr_ca/support/docs/ip/border-gateway-protocol-bgp/26634-bgp-toc.html).