وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

BADJI MOKHTAR – ANNABA UNIVERSITY
UNIVERSITE BADJI MOKHTAR – ANNABA

جامعة باجي مختار عنابة

Faculté:Sciences de l'Ingénieur
Département: Informatique

Année : 2012

MEMOIRE

Présentée en vue de l'obtention du diplôme de MAGISTER

Intitulé

La qualité de service d'un streaming vidéo Dans un réseau ad hoc (égale à égal)

Option
Intelligence Artificielle

Par
SAADANE HOUDA

DIRECTEUR DE THESE : Prof. DOGHMANE NOUREDDINE

DEVANT Le JURY

PRESIDENT:	**PROF : KHADIR TAREK**	Université de Annaba
EXAMINATEURS:	**M.C : KIMOUR M.TAYEB**	Université de Annaba
	M.C : SERIDI HACINA	Université de Annaba
	M.C : MAROUANI HAYTE	Université de Annaba

ملخـص:

في أيامنا هذه تعتبر جودة الخدمة للتقنيات هي العامل الحاسم في قياس أداء خدمات الشبكات. في هذا المذكرة نركز على جودة الخدمة في تقنية إرسال الفيديو عبر شبكات أدهوك اللاسلكية. وتنعكس هذه الجودة على مجموعة من المعلمات على التكيف مع التطبيقات، في حالتنا نحن نهتم بالأخص بالفيديو ، الجودة، نوعية وطبيعة الشبكات أدهوك اللاسلكية لاستخدام مواردها بشكل أمثل وفعال. إعداد هذه المعايير يتطلب المعرفة الحادة في إشارة وبروتوكولات توجيه هذه الشبكات. الهدف من دراستنا هو تحسين أداء الشبكات أدهوك اللاسلكية من خلال العمل على جودة الخدمة في ذلك الوقت نقل من البداية الى النهاية وتقليل الخسائر ، وأنه في حالة بث الفيديو على نطاق واسع عند المستخدمين .

من خلال هذه المذكرة قمنا بدراسة بعض العينات من النماذج لشبكات أدهوك اللاسلكية، والقيام بعملية تحليل النتائج الخاصة في حالة خدمات الفيديو التي استخدمت من أجل تحليل هذه الشبكات مع تعديل العوامل المؤثرة على جودة الخدمة. البرنامج المستخدم من أجل قياس جودة الخدمة في الوقت في إرسال الفيديو بين المرسل والمرسل إليه وكذلك التغيير في هذا الوقت من حزمة إلى أخرى إضافة إلى شريط العبور.

الكلمات المفتاحية:

الصوت عبر الانترنيت، جودة الخدمة، بروتوكولات النقل، بروتوكولات الشبكة، بروتوكولات الإرسال، شبكة لاسلكية، جودة الخدمة ، الفيديو، شبكات أدهوك اللاسلكية

Abstract:

Application's Quality of Service (QoS) is a determining factor in measuring the performance of network services, actually too many. In this work we focus on the quality of service (QoS) of video transmission in Ad Hoc networks. This quality is expressed in a set of parameters to adapt the applications, streaming video in our case, to the quality and nature of the Ad Hoc network, therefore using optimally and efficiently its resources. Setting these parameters requires a strong knowledge of signaling and routing protocols of ad hoc networks (peer to peer). Our goal in this study is to improve the performance of Ad Hoc networks by working on quality of service in the field of the whole transmission delay and packets losses. This study is to the video transmissions, hugely used in nets.

In this work, we concentrated our study on describing, studying and analyzing some of Ad Hoc networks configurations, then we implemented a practical tool of simulation in the case of video streaming services. The simulation was used to analyze the MANET network subject to a number of QoS parameters. The software used is the OPNET in order to control the nature of multimedia traffic, and to analyze the quality of transmission packets such as delay, jitter and bandwidth in our simulations.

Key words: TCP / IP, VoIP, H.323, SIP, IPv6, RTP, Streaming, Streaming video, peer to peer, mobile ad hoc networks, MANET, Quality of Service (QoS).

Résumé:

La qualité de service (QoS) des applications est facteur déterminant dans la mesure des performances des services réseau, ô combien nombreux à nos jours. Dans ce travail nous nous intéressons à la qualité de service (QoS) de la transmission vidéo dans les réseaux Ad Hoc. Cette qualité se traduit par un ensemble de paramètres permettant d'adapter les applications, dans notre cas le streaming vidéo, à la qualité et la nature du réseau Ad Hoc afin d'utiliser ses ressources de façon optimale et efficace. La définition de ces paramètres nécessite une connaissance aigue des protocoles de signalisation et de routage des réseaux Ad Hoc (pair à pair). L'objectif de notre étude est d'améliorer les performances des réseaux Ad Hoc en travaillant sur la qualité de service au niveau des délais de transmission de bout en bout et de minimiser les pertes, et cela dans le cas des transmissions vidéo très répandues chez les utilisateurs.

Dans ce travail, nous avons accentué notre étude sur la description, l'étude et l'analyse de certaines configurations de réseaux Ad Hoc, ensuite nous avons mis en œuvre un outil de la simulation pratique dans le cas des services streaming vidéo. Cette dernière a été utilisée pour analyser le réseau MANET assujetti à un nombre de paramètres de QoS. Le logiciel utilisé est l'OPNET, afin de maîtriser la nature du trafic multimédia, et pouvoir analyser la qualité des transmissions de paquets telle que délai, gigue et bande passante dans nos simulations.

MOTS CLES : TCP/IP, VoIP, H.323 ,SIP, IPv6, RTP, Streaming, Streaming vidéo, Peer to Peer, Réseau Ad Hoc mobile, MANET, Qualité de Service (QoS).

In the Name of ALLAH, the Benificent, the Merciful

Surely my prayer and my sacrifice and my life and my death
are surely for ALLAH, the lord of the words.

Le Sain Coran

Remerciement

Je tiens en premier lieu à remercier Dieu le tout puissant de m'avoir aider à mener à bout mon travail et à le concrétiser.

Je profite de cette occasion pour adresser mes très sincères remerciements à mon encadreur Mr N.DOGHMANE, d'avoir dirigé mon projet de magistère avec beaucoup de patience. Ses qualités pédagogiques remarquables m'ont permis de profiter de ses connaissances et ont contribué à l'avancement de mon travail en appliquant ses conseils avisés et ses critiques constructives.

Faire un projet sous sa direction était pour moi un grand honneur et un immense bonheur.

Je ne trouve pas les mots pour exprimer ma gratitude envers les enseignants chercheurs en Algérie et en France, leurs conseils et leurs encouragements m'ont permis d'enrichir mon travail, d'améliorer ma conception et d'avoir une vision différente, très claire, de mon sujet.

Je tiens également à remercier Mr Billel Gueni et Farouk Boumehrez pour leur aide considérable et leur soutien incessant.

Je remercie également les membres du jury qui m'ont honorer de leurs présences et d'avoir accepter de me juger.

Mes très vifs remerciements vont à l'encontre de mes parents et surtout mon père pour sa patience, ses conseils et son soutien pour ma réussite.

Que toute personne qui, d'une manière ou d'une autre m'a aidé et encouragé à l'aboutissement de ce travail, trouve ici l'expression de mes sincères reconnaissances.

Dédicaces

Tout d'abord je remercie Dieu qui m'a guidé sur le chemin de la réussite.

Je dédie ce modeste travail à mes parents pour l'amour et l'affection qu'ils m'ont apporté dans les moments de joie et de souffrance et puisse Dieu les préserver.

Je remercie tous les enseignants qui m'ont sorti de l'obscurité, vers la lumière.

Mon travail va à ma soeur ainée NOURA, la plus timide des sœurs, ainsi que son mari Kamel et leurs enfants FERRAS et MAHER.

Ma pensée est aussi pour ma sœur OUAFA qui est toujours derrière nous et qui est considérée par mon père comme notre locomotive, ainsi que son mari HAMID et leurs enfants RAYANE et DOUNIA et le grand amour NIHED.

Pour mon frère CHERFI et sa femme HOUDA et leur fille AYA.

Je dédie mon travail à mon cœurs SANDRA et son mari KAMEL et leurs enfants ZIED et MARWA

A mon frère adorable Kamel ainsi que toute ma famille

A la mémoire de mon oncle NACER (RABAH) que Dieu à rappeler vers lui.

Enfin, je remercie tous ceux qui ont participé de prés ou de loin à ma réussite et que Dieu m'aide à aller à l'avance.

HOUDA SAADANE

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I.1 : exemples de méthodes de routage.....-24-

Tableau II-1 : Principales caractéristiques des normes MPEG-2 et H.264 AVC.....-34-
Tableau II-2: Les normes de compression vidéo.....-35-
Tableau II-3: comparaison entre TCP et UDP.....-46-
Tableau II-4 : MANETs/P2P : Différences [NAF 09] .....-54-
Tableau II-5: MANETs/.P2P: Similitudes [NAF 09] .....-54-

Tableau IV-1 : Quelques de simulateurs de réseaux informatiques.....-73-
Tableau IV-2 : Applications multimédia et leurs QoS. [NAD 09]…… …....-81-
Tableau IV-3 : Paramètres du H.264 (Mean& Variance en bits)……-86-
Tableau IV-4 :Les paramètres et attributs adoptés pour la simulation de la vidéo conférence…....-88-
Tableau IV-5: Exemples de valeurs de délai de bout en bout…….-89-
Tableau IV-6 : Les paramètres adoptés pour les simulations…….-90-
Tableau IV-7 : Les composants OPNET utilisés dans les simulations……..….-90-

LISTE DES FIGURES

Figure I-1 : les principaux réseaux de communication sans fil.....-7-
Figure I-2 : La décomposition des réseaux sans fil.....-7-
Figure I-3 : réseau local sans fil de base avec point d'accès.....-8-
Figure I-4 : réseau sans fil étendu .....-8-
Figure I-5 : la topologie ad-hoc.....-9-
Figure I-6 : la topologie ad-hoc multisaut.....-9-
Figure I-7 : modèle de la norme 802.11 .....-11-
Figure I-8 : FHSS.....-12-
Figure I-9 : structure de la trame FHSS .....-13-
Figure I-10 : DSSS.....-13-
Figure I-11 : structure de la trame DSSS .....-14-
Figure I-12 : principe de base de la modulation OFDM à N sous porteuses .....-17-
Figure I-13 : exemple d'un spectre de 7 porteuses modulées séparément.....-17-
Figure I-14 : exemple d'un spectre OFDM composé des 7 porteuses .....-18-
Figure I-15 : localisation des porteuses OFDM dans la 802.11a .....-18-
Figure I.16 : architecture de la couche de liaison……...…….-19-

Figure II-1 : Historique des différents standards ISO et ITU [BER 07] .....-31-
Figure II-2: Matrice de Quantification Q(u,v) 8x8 .....-37-
Figure II-3: Principe du balayage zig-zag.....-37-
Figure II-4: Exemple des prédictions dans un groupe d'images.....-38-
Figure II-5: Schéma de principe des algorithmes de compression H263, MPEG2 .....-39-
Figure II-6: Datagramme du protocole UDP .....-45-
Figure II-7 : En-tête de RTP.....-48-
Figure II-8: En-tête RTCP.....-50-
Figure II-9 : Un réseau de type client-serveur .....-52-
Figure II-10 : Un réseau pair-à-pair .....-52-
Figure II-11: Image contenant la topologie mesh .....-53-
Figure II-12 : Image contenant la topologie arbre .....-53-

Figure III-1 : Principe de Fonctionnement du protocole IntServ[WEB 11] .....-62-
Figure III-2 **:**Le modèle Intserv[BRA 07].....-62-
Figure III-3 : Principe de Fonctionnement du protocole DiffServ[WEB 11] .....-63-
Figure III-4 : Le modèle DiffServ[BRA 07] .....-64-
Figure III-5 : Le modèle FQMM[WEB 12] ..... -65-
Figure III-6 : Le modèle SWAN[MER 05] .....-66-
Figure III-7 : Le modèle iMAQ[MER 05].....-66-
Figure III-8 : Schéma résumant les différents délais .....-70-

Figure IV.1 : Versions du simulateur OPNET.....-73-
Figure IV-2: exemple d'interface d'OPNET ……...….-74-
Figure IV-3 : Exemple de modélisation d'un réseau WLAN sous OPNET.....-75-
Figure IV-4: Exemple de modélisation de trajectoire sous *OPNET*……..….-75-
Figure IV-5 : Exemple de modélisation de nœuds sous OPNET ……..……-76-
Figure IV-6 : Exemple de modélisation de processus sous OPNET…….-76-

Figure IV-7 : Exemple de simulation sous OPENET…….…….-77-
Figure IV-8: les étapes essentielles dans l'utilisation de l'OPNET……...……..-78-
Figure IV-9: Exemple de la fenêtre de l'éditeur d'un projet sous OPNET……..……-78-
Figure IV-10 : exemple d'un mot codé par RS…….-82-
Figure IV-11 : structure d'un flux MPEG2……..-85-
Figure IV-12: Configuration sur OPNET des paramètres et attributs adoptés pour la simulation de la vidéo conférence……..-88-
Figure IV-13 : Icône de « Application Config » dans OPNET……...……-90-
Figure IV-14: Icône de « Profile Config » dans OPNET…….……..……..-91-
Figure IV-15: Paramètres d'une station de travail WIFI……..……...……-91-
Figure IV-16 : Les étapes de base pour lancer un projet OPNET de (a) à (h)…….-92-
Figure IV-17: Configuration des statistiques ……..……....-93-
Figure IV-18: Interface graphique utilisateur de notre premier scénario……..……...……..-94-
Figure IV-19 : configuration de l'application et du profil……...…….-94-
Figure IV-20: Traffic sent and received à 11Mbps……...…….-95-
Figure IV-21: Traffic sent and received à 54Mbps ……..…….-96-
Figure IV-22: Trafficreceived (packets/sec) pour chaque poste à 11Mbps…….…….. -96-
Figure IV-23 : Trafficreceived (packets/sec) pour chaque poste à 54Mbps……..…….. -97-
Figure IV-24 : Packets End to End Delay pour chaque poste à 11Mbps……....……..-97-
Figure IV-25 : « Packets End to End Delay » pour chaque poste à 54Mbps ……..…….. -98-
Figure IV-26 « Packets Delay variation » pour chaque poste à 11Mbps……..…… -98-
Figure IV-27 : « Packets Delay variation » pour chaque poste à 54Mbps…….……..…-99-
Figure IV-28: Interface graphique utilisateur ou GUI de notre second scénario……..……..-99-
Figure IV-29 : Traffic sent and received……..…….…….-100-
Figure IV-30 : « Packets Delay variation »……..……..-100-
Figure IV-31 : « Packets End to End delay »……..…….-101-
Figure IV-32 : « Wireless LAN Delay »…….……..-101-

LISTE DES SYMBOLES

AODV : Ad Hoc On Demand Distance Vector
AP : Access Point
AVC : Advanced Video Coding
BCH : Bose, ray-Chaudhuri et Hocquenghem
BGP : Border Gateway Protocol
BSS : Basic Set Server
CABAC : Context Adaptive Binary Arithmetic Coding
CAVLC : Context Adaptive Variable Length Coding
CBWFQ : Class-based Weighted Faire Queuing
CCA : Clear Channel Assessment
CCITT : Comité Consultatif International pour le Téléphone et le Télégraphe
CDMA : Code division multiple access
CIF : *Common Intermediate Format*
CL : Controlled Load
CORBA : Common Object Request Broker Architecture
CQ : Custom Queuing
CR : Compression Ratio
DARPA : The Defebse Advanced Research Projects Agency
DCIF : Double *CIF*
DCT : Discret Cosine Transform
DCT2D : Discret Cosine Transform 2 Dimensions
DFT : Discret Fourier Transform
DNS : Domain Name Service
DNS-SD : DNS-Based Service Discovery
DSDV : Destination-Sequenced Distance Vector
DSSS : Direct-Sequence Spread Spectrum
DVB : Digital Video Broadcast
ESS : Extended Service Set
ETTD : Equipement Terminal de Traitement de Données
ETX : Expected Transmission Count
FDMA : Frequency Division Multiple Access
FEC : Forward Error Correction
FFT : Fast Fourier Trransform
FHSS : Frequency-Hopping Spread Spectrum
FIFO : First In First Out
FQMM : Flexible Quality of service Model for Manets
FTP : File Tranfert Protocol
GOP : Group Of Pictures
GPRS : General packet radio service
GS : Guaranteed Service
GSM : Groupe Spécial Mobile (Global System for Mobile Communications)
GUI : Graphic User Interface

HEVC : High Efficiency Video Coding
HTTP : Hypertext Transfer Protocol
IAX : Inter-Asterisk eXchange
IEEE : Institute of Electrical and Electronics Engineers
IETF : Internet Engineering Task Force
IFFT : Inverse Fast Fourier Transform
IP : Internet Protocol
IR : Infra Rouge
ITU : International Telecommunication Union
JPEG : Joint Pictures Expert Group
LAN : Local Area Network
LDAP : Lightweight Directory Access Protocol
LLC : Logical Link Control
MAC : Medium Access Control
MADCAP : Multicast Address Dynamic Client Allocation Protocol
MAN : Metropolitan Area Network
MANET : Mobile Ad hoc NETwork
Mbps : Megabits/seconde
MC : Contrôleur Multipoint
MC-P : Motion-Compensated Prediction
MCs : Processeurs Multipoint
MCU : Unité de Contrôle Multipoints
ME : Motion Estimation
MGCP : Media Gateway Control Protocol
MIMO : Multiple Input Multiple Output
M-JPEG : Motion Joint Photographic Experts Group
MMUSIC : Multiparty MultiMedia Session Control
MPEG : Motion Pictures Expert Group
MPEG-TS : Motion Pictures Expert Group – Transport Stream
MSE : Mean Square Error
NS : Network Simulator (NS2, NS3 pour les versions 2 et 3 respectivement du NS)
OFDM : Orthogonal frequency-division multiplexing
OLSR : Optimized Link State Routing
OPNET : Optimum Network Performance
OSI : Open System Interconnexion
OTcl : Object Tool Command Language
P2P : Peer-to-Peer
PAN : Personnal Area Network
PDA : Personal Digital Assistant
PLCP : Physical Layer Convergence Protocol
PMD : Physical Medium Dependent
PPM : Pulse Position Modulation
PQ : Priority Queuing
PSNR : Peak Signal to Noise Ratio
QCIF : Quarter CIF
QoS : Quality of Service
RED : Random Early Detection
RF : Radio Fréquences

RIP : Routing Information Protocol
RLE : Run-Length Encoding'
RNIS : Réseau Numérique à Intégration de Services
RS : Reed Solomon
RTCP : Real-timeTransport Control Protocol
RTP : Real Time Transmission Protocole
RTSP : Real-Time Streaming Protocol
RTT : Round Trip Time
SAS : Statistical Analysis System
SCCP : Skinny Client Control Protocol
SDP : Session Description Protocol
SIP : Session Initiation Protocol
SLP : Service Location Protocol
SSDP : Simple Service Discovery Protocol
SURAN : Sur vivable Radio Networks
TCL : Tool Command Language
TCP : Transport Control Protocol
TDMA : Time division multiple access
TFD : Transformée de Fourier Discrète
UDP : User Datagram Packet
UMTS : Universal Mobile Telecommunications System
UNISTIM : Unied Networks IP Stimulus
VAT : Visual Audio Tool
VHS : Video Home System
VLC : *VideoLAN Client*
VoD : Video On Demand
VoIP : Voice over IP
WAN : Wide Area Network
WFQ : Weighted Fair Queuing
WLAN : Wireless Local Area Network
WRED : Weighted Random Early Detection
WSN : Wireless Sensor Network
XML : eXtended Markup Language
Zeroconf : Zero Configuration Networking

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION GENERALE & PROBLEMATIQUE 01

Chapitre 01

I. Les réseaux ad-hoc 05

1. Introduction..... 06
2. Les réseaux sans fil..... 06
3. Les réseaux de communication mobiles..... 07
4. Les technologies WiFi..... 09
5. L'architecture de la norme 802.11 10
6. La couche physique de la norme 802.11..... 11
7. La couche liaison de données..... 19
8. Les méthodes d'accès au support dans la norme 802.11..... 21
9. Les réseaux mobiles ad hoc..... 21
10. Les caractéristiques des réseaux ad-hoc 22
11. Les domaines d'applications des réseaux mobiles ad hoc..... 23
12. Protocoles de routage Ad Hoc..... 24
13. Conclusion..... 26

Chapitre 02

II. Vidéo Streaming 27

1. Introduction..... 28
2. Vue d'ensemble sur la communication vidéo..... 28
3. La compression vidéo..... 29
4. Streaming vidéo..... 40
5. Transport du flux sur le réseau..... 42
6. Protocoles de Communication..... 42
7. Peer-to-Peer..... 52
8. Les topologies du streaming P2P..... 52
9. Différences entre Peer-to-Peer et MANET..... 54
10. Similitudes Peer-to-Peer MANET..... 54
11. Conclusion..... 55

Chapitre 03

III. LES METRIQUES DE LA QUALITE DE SERVICE..... 56

1. Introduction..... 57
2. Qualité de service ou QoS 57
3. Qualité de service dans les réseaux locaux sans fil..... 59
4. Modèles de QoS dans les réseaux ad hoc..... 60
5. Les métriques de la qualité de service..... 67
6. Conclusion..... 70

Chapitre 04

IV. SIMULATIONS DE DIFFÉRENTS SCENARIOS 71

1. Introduction..... 72
2. Les simulateurs de réseaux informatiques..... 72
3. Utilisation de l'OPNET..... 77
4. Les objectifs de la simulation..... 79
5.Les modèles de distribution de données vidéo compressées..... 83
6. Les objectifs de Simulation proposée..... 87
7. Les différents scénarios de Simulation effectués..... 87
8. Conclusion..... 102

Conclusion & perspectives..... 103

Bibliographie..... 106

Introduction Générale

INTRODUCTION GENERALE & PROBLEMATIQUE

Communiquer avec l'autre est un besoin incessant qui a mené l'homme à inventer de nombreux outils et techniques pour l'assouvir. Par conséquent, nous avons connu d'énormes évolutions en matière d'outil et de techniques, nous sommes passés du téléphone à cornet au mobile, de la filaire à la télécommunication, de l'analogique au numérique, etc. Au fur et à mesure de ces évolutions, le besoin s'est affûté et devenu plus exigeant au point où à nos jour on ne se contente plus d'entendre la voix de l'autre mais on demande une meilleure qualité de cette voix, communiquer avec plusieurs en même temps, échanger des contenus et des données, avoir plus de débit, etc.

Aujourd'hui nous parlons de voix sur IP, vidéo sur IP, réseau Ad Hoc, streaming vidéo, réseaux sociaux et bien d'autres formes de communication, et avec la démocratisation d'Internet et la massification des services offerts à travers cette toile, la qualité de service devient un critère déterminant dans le succès et l'utilisation de n'importe quel produit proposé. Cette qualité dépend de l'ergonomie et du marketing du service d'une part, et de ses performances tant qu'au niveau de la qualité des résultats qu'au niveau des performances et des temps de réponses. Ces derniers dépendent à leur tour de l'infrastructure utilisé comme médium de communication. Dans ce travail, nous nous intéressons à l'étude de la qualité d'un service, en occurrence le streaming vidéo, mais dans le contexte des réseaux Ad Hoc.

L'intérêt que nous portons dans cette étude aux réseaux Ad Hoc vient du fait que ce type de réseau est proposé comme une des solutions actuelles pour répondre au besoin d'échange d'information n'importe où et n'importe quand. En d'autres termes, une solution qui offre des canaux de communications qui doivent être disponibles et fiables de façon pérenne et sans avoir une infrastructure préexistante pour certaines applications (militaires par exemple), et les réseaux Ad Hoc se construisent et se reconstruisent de façon dynamique en fonction des exigences en matière de débit et de disponibilités. Ceci n'est pas le cas des autres types de réseaux où la couverture et le débit sont limités à un périmètre réduit en dehors duquel la communication ne sera pas possible.

Par ailleurs, les transmissions de contenus multimédias – données audio et vidéo – sont de plus en plus demandées, surtout sur Internet et les réseaux mobiles, et les applications développées actuellement sont très gourmandes en ces types de contenus et la plupart des applications grand public en manipule beaucoup : Youtube, Facebook, Dailymotion, etc.

Maintenant, tout le monde parle de streaming, streaming vidéo, TOIP, visioconférence, jeux en réseaux, e-learning, … Ces contenus sont volumineux, peuvent être sensible et doivent être sécurisés et transmis en un seul morceau comme dans les systèmes transactionnels. Ces spécificités ont accru le besoin en matière de bande passante pour avoir plus de débit de communication, et en gestion de la transmission des paquets et de leur perte. Un des contenus les plus utilisé est la vidéo, qui est caractérisé par des quantités de données assez conséquentes qui augmentent avec la qualité de la vidéo souhaitée. Ces quantités viennent du fait de la technique de codage utilisées (MPEG) ou de la qualité de la vidéo et du nombre d'image nécessaire par séquence (qualité HD) voir même l'introduction de la 3D.

La technologie dite « Streaming » est apparue pour minimiser le problème de consommation de la bande passante. Les flux sont de type multimédia (vidéo, audio ou les deux). D'une autre manière, le streaming découpe les données en paquets tout en respectant la taille de la bande passante disponible entre le client et le serveur.

Dans cette étude, nous nous intéressons à la qualité de service QoS d'un streaming vidéo plus précisément à la diffusion et à la transmission de la vidéo dans les réseaux sans infrastructure dits « réseau Ad Hoc mobile ou MANET». Les problèmes rencontrés sont le délai de transmission, la gigue.

Notons que ces réseaux informatiques d'une manière généralement ont été conçus initialement pour acheminer des flux de données plutôt statiques et d'une manière asynchrone. Le temps réel n'a pas été pris en considération au début du lancement de ces réseaux. Aujourd'hui ces applications temps réels se sont imposées il faut donc aménager et introduire des changements sur les architecture des réseaux afin de pouvoir satsifaire cette demande avec la qualité de service nécessaire.

La question fondamentale de notre problème est comment mettre en place une infrastructure technologique pour assurer la QoS pour faire le streaming vidéo dans un réseau quelconque comme l'internet mais aussi et surtout dans un réseau local sans Ad Hoc?

La réponse à cette question a été proposée par l'approche Pair à Pair (P2P) qui assure le streaming vidéo dans les réseaux Ad Hoc et c'est dans cette perspective que nous plaçons notre étude.

Nous présentons aussi des tests à travers des simulations qui permettent de simuler les communications simultanées et produire les mesures nécessaires à la qualification de la qualité de service. Nous nous basons sur des résultats qui permettent d'évaluer les performances du délai de transmission par rapport au délai d'acheminement ainsi que le taux d'erreurs de cette transmission afin de répondre à la demande d'amélioration de la qualité de service.

Plan de travail :

Pour réaliser notre objectif, ce manuscrit est organisé comme suit : quatre chapitres après

L'introduction générale, ou nous essayons de poser la problématique quant à l'évaluation de la qualité de service du streaming vidéo dans les réseaux ad-hoc. Nous avons choisi de diviser notre mémoire en quatre chapitres :

Chapitre I : Ce chapitre est une introduction aux réseaux de communication sans fil et plus particulièrement aux réseaux mobiles Ad hoc ou MANET. Nous présenterons leurs caractéristiques principales et leurs domaines d'application. Ensuite, nous présentons les différents protocoles de routage Ad Hoc, la découverte de service et plus précisément la découverte de service pour les réseaux Ad Hoc.

Chapitre II : Ce chapitre traite le noyau de notre problématique ce qui est le streaming vidéo, le transport du flux sur le réseau. Nous décrivons les différents protocoles de communications de la couche transport (TCP & UDP) de la couche application (RTP, RTCP), le protocole IPV6, RTSP.Nous exposons l'application Peer-To-Peer (P2P) ainsi que les topologies du streaming vidéo.

Chapitre III : il est consacré essentiellement à la qualité de service dans les réseaux ad-hoc. Dans ce chapitre nous présenterons les fondements de base et les différents modèles de la qualité de service surtout pour les réseaux mobiles ad-hoc.

Chapitre IV: Ce chapitre concerne l'implémentation et la conception de notre système, ainsi que les résultats obtenus dans des applications sur le web et spécialement pour des applications dans communication à base de réseau ad hoc.

Nous terminerons par une conclusion générale et quelques perspectives pour des travaux futurs.

CHAPITRE I

LES RESEAUX AD-HOC

1. Introduction

Dans ce premier chapitre descriptif nous allons présenter d'une manière succincte les fondements de base des réseaux sans fil mobiles ad-hoc. Nous allons rappeler les concepts de base des réseaux sans fil. Nous allons également aborder les différents types de réseaux ad-hoc et les principaux concepts liés à ces environnements. Nous commençons par :

- Définir les réseaux sans fil
- Donner certaines définitions des réseaux ad hoc,
- Rappeler les caractéristiques essentielles de ces réseaux,
- Décrire leurs domaines d'applications.
- Etudier certains des protocoles de routage des réseaux Ad Hoc,
- Découvrir les services de ces réseaux.
- Exposer les métriques de la qualité de service,
- …etc

2. Les réseaux sans fil

Un **réseau sans fil** ou *wireless network* est un réseau constitué d'au moins deux terminaux (ordinateur portable ou autre ETTD) pouvant communiquer sans liaison filaire. L'avantage essentiel d'un réseau sans fil est la mobilité. Un réseau sans fil, un utilisateur peut rester connecté tout en se déplaçant dans un périmètre géographique plus ou moins étendu. Les réseaux sans fil sont basés sur une liaison utilisant des ondes radiofréquences ou infrarouges au lieu des câbles habituels. Il existe plusieurs technologies sans fil se distinguant les unes des autres sur plusieurs points en particulier [ALA 11]:

- La fréquence d'émission utilisée
- Le type de modulations (OFDM et autres)
- Le type de codage (source et/ou canal)
- Les correcteurs et contrôleurs d'erreurs
- Le type de multiplexage (TDMA, FDMA, CDMA …etc)
- Le débit
- La portée des transmissions
- …etc

Selon la technologie utilisée les réseaux sans fil permettent de relier très facilement des équipements distants d'une dizaine de mètres à quelques kilomètres. De plus l'installation de tels réseaux ne demande pas de lourds aménagements.

Il existe plusieurs catégories de réseaux sans fil, selon l'étendue géographique de la connectivité offerte (*zone de couverture*) [WEB 04]:

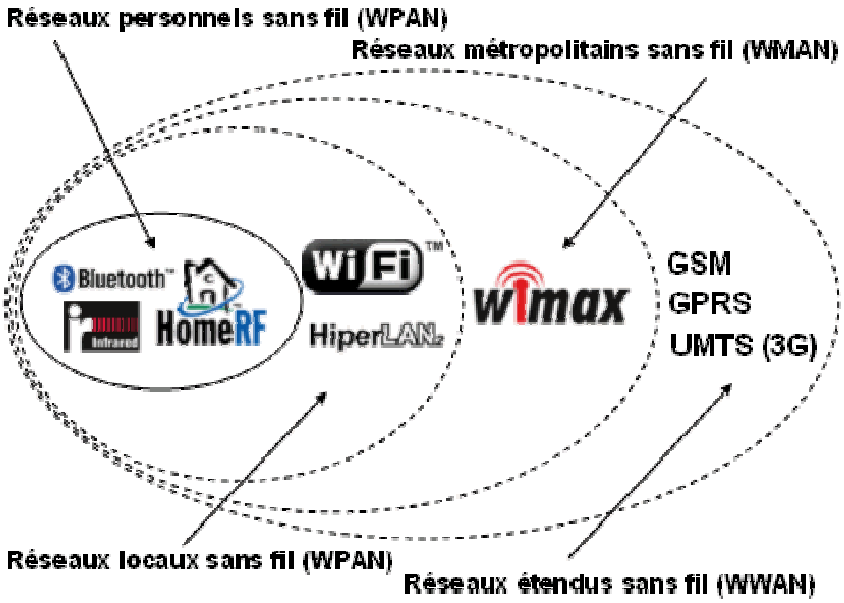


Figure I.1: les principaux réseaux de communication sans fil

3. Les réseaux de communication mobiles:

Un système de communication, composé de sites mobiles, et qui fournit à ses utilisateurs la possibilité de l'accès à des informations sans aucunes exigences de leurs positions géographiques, peut être définit comme étant un environnement mobile[AME 08]. Les réseaux sans fils ou ‘’wireless’’proposent deux architectures différentes principales à savoir :

- réseau avec infrastructure fixe appelé souvent point d’accès
- réseau sans infrastructure fixe.

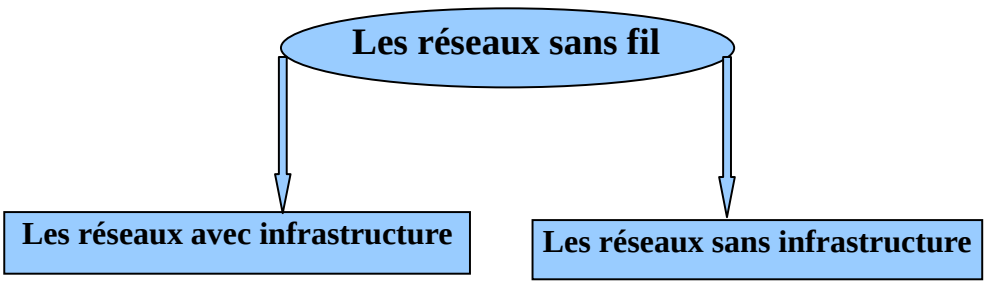


Figure I.2 : La décomposition des réseaux sans fil

3.1 Les réseaux avec infrastructure:

En mode avec infrastructure, toute transmission de données doit passer par un point appelé point d'accès ou AP (Access Point). Cette entité particulière joue le rôle de ‘’routeur’’ à l’intérieur du réseau sans fil, que l’on peut appeler BSS (Basic Set Server), et souvent de passerelle vers un réseau filaire. Chaque point d'accès administre alors une zone géographique et assure la liaison avec

d'autres zones, avec un réseau filaire et/ou avec internet. Dès lors on peut obtenir un réseau sans fil étendu ou ESS (Extended Service Set).

Les réseaux cellulaires peuvent être considérés comme étant une forme particulière de réseau avec point d'accès. Les liaisons sans fils se caractérisent par une bande passante limitée, malgré qu'elle augmente d'une manière continue avec l'évolution technologique, réduisant sensiblement le volume des informations échangées. Dans ce modèle, une unité mobile communicante ne peut être, à un instant donné, directement connectée qu'à une seule station de base.

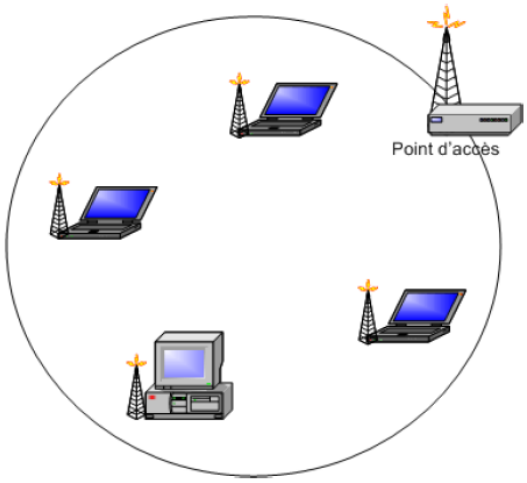


Figure I.3: réseau local sans fil de base avec point d'accès

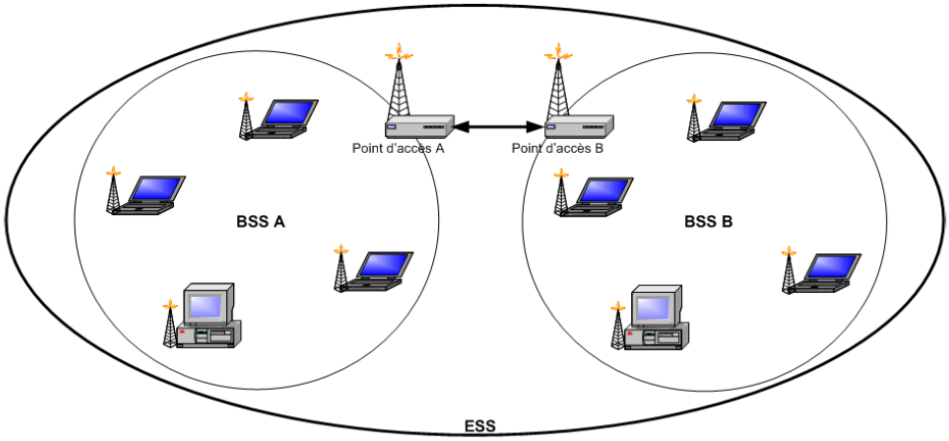
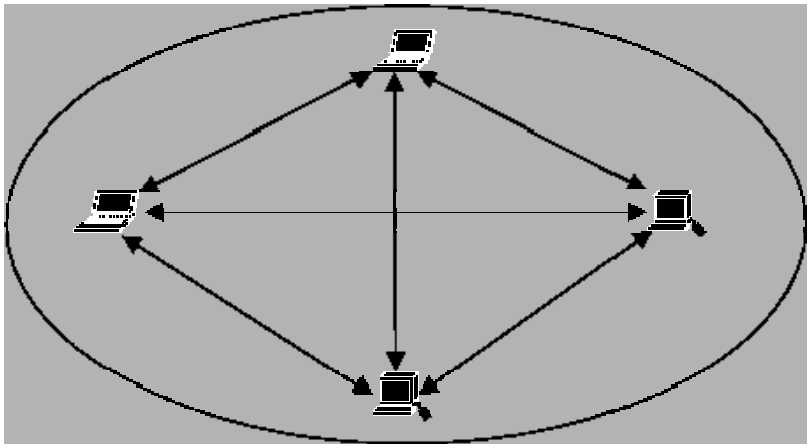


Figure I. 4 : réseau sans fil étendu

3.2 Les réseaux sans infrastructure [MAO 09, WEB 05]**:**

Dans ce mode de communication, chaque mobile (appelé aussi nœud) du réseau a la possibilité de communiquer directement avec tous ses voisins, c'est à dire tous les nœuds capables de recevoir le signal envoyé et de le comprendre. Chaque nœud peut se connecter, se déplacer ou se déconnecter du réseau à tout moment. Le réseau mobile sans infrastructure ne comporte pas l'entité « site fixe ».Tous les sites sont mobiles et se communiquent d'une manière directe en utilisant leurs interfaces de communication sans fil. Il n'y a aucune infrastructure AP (Access point). Cette absence de l'infrastructure ou du réseau filaire composé des stations de base, oblige les unités mobiles à se

comporter comme des routeurs qui participent à la découverte et la maintenance des chemins pour les autres hôtes du réseau. On parle alors des réseaux ad hoc ou MANET (***Mobile Ad hoc NETwork)***.



FigureI.5 : la topologie ad-hoc

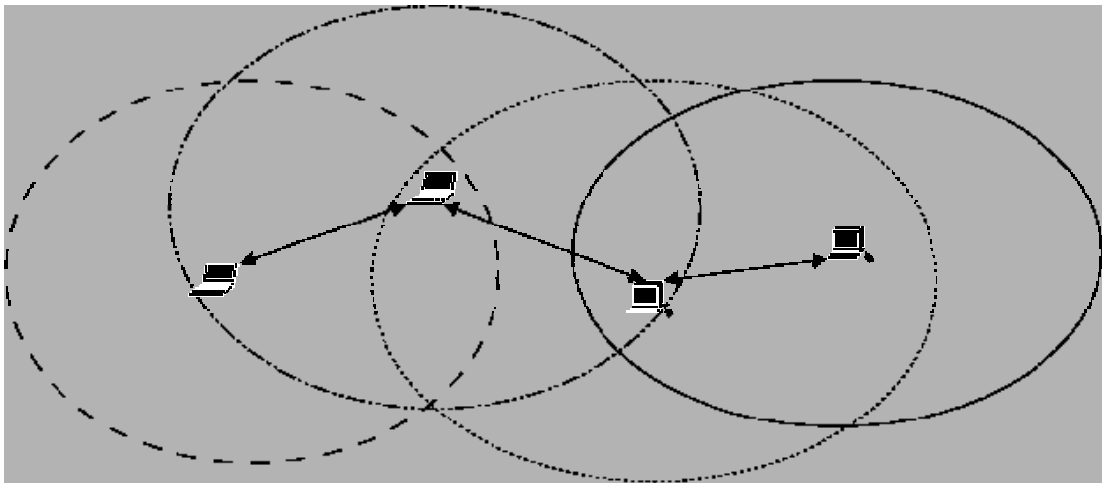


Figure I .6 : la topologie ad-hoc multisaut

4. Les technologies WiFi [ALA 11, WEB 06]

Les technologies sans fil WiFi sont les normes sans fil IEEE 802.11a, 802.11b, 802.11g et 802.11n entre autres. Nombreux équipements, comme par exemple les routeurs sans fils, intègrent ces technologies 802.11 afin de faire fonctionner des réseaux locaux sans fil rapides appelés WLAN (Wireless Local Area Network).

L'une des premières normes sans fil, à savoir la 802.11b, fut lancée la première fois en 1999. Elle utilisa la technique d'accès au support CSMA/CD avec un débit de données brutes maximum de 11 Mbits/s. la fréquence utilisée est de 2.4GHz. Malgré que le débit maximum pouvant être assuré par cette technologie est de 11Mbits/s seulement il peut être réduit jusqu'à 1Mbits/s si la

qualité du signal n'est pas satisfaisante. C'est ce que l'on appelle le mécanisme de choix du débit adaptatif.

Quant à la norme 802.11a, lancée pratiquement à la même date que la précédente, fonctionne sur une bande de fréquence autour de 5 GHz et utilise une modulation multi porteuses connue sous le nom de OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing). Le nombre de sous porteuses utilisées est de 52 et arrive à garantir un débit de données brutes maximum de 54 Mbits/s. cependant, ce débit est dépendant de la qualité du signal et bien évidemment il décroit si nécessaire. Par rapport à la norme 802.11b elle présente des avantages mais aussi certains inconvénients. Parmi ces avantages elle assure moins d'interférences car elle travaille autour de 5GHz qui est une bande de fréquence beaucoup moins sollicitées que la bande 2.4GHz. De même, en utilisant entre autre la technique OFDM elle garantit des débits maximums bruts beaucoup plus élevés. Parmi ces inconvénients, dus essentiellement à une fréquence élevée de 5GHz, des portées moins élevées obligeant les utilisateurs à plus de points d'accès pour couvrir des distantes importantes.

La norme 802.11g a été lancée en 2003, travaillant autour de la bande de fréquence 2,4 GHz comme la norme 802.11b. Cependant, cette technologie, utilisant la technique OFDM, garantit un débit de données brutes maximum de 54 Mbits/s. Comme la norme 802.11b, elle souffre aussi des problèmes d'interférences dus à la bande de fréquence 2.4GHz très sollicitées par bien d'autres équipements comme les téléphones sans fil …etc.

La norme 802.11n, lancée en 2004, doit pouvoir atteindre des débits bruts maximums de l'ordre de 540Mbits/s. Cette nouvelle technologie utilise aussi la technique de modulation multi-porteuses OFDM mais aussi elle ajoute la technologie MIMO (Multiple Input Multiple Output). Il s'agit d'utiliser plusieurs antennes au niveau de l'émetteur et/ou du récepteur pour bénéficier en plus d'un multiplexage spatial et augmenter encore plus le débit de transmission.

La norme IEEE 802.11 [IEEE 99-1] couvre les deux premières couches du modèle OSI (Open System Interconnexion) à savoir la couche physique (niveau 1) et la couche liaison de données (niveau 2). La couche physique diffère selon la norme 802.11 utilisée (c'est dire s'il s'agit de 802.11b, 802.11a, 802.11g ou la 802.11n). Deux modes sont configurables pour permettre un dialogue entre stations distantes, le premier est le mode à infrastructure, le second étant le mode ad-hoc.

5. L'architecture de la norme 802.11

La norme IEEE 802.11 définit les deux premières couches (basses) du modèle OSI, à savoir la couche physique et la couche liaison de données. Cette dernière est elle-même subdivisée en deux sous-couches, la sous-couche LLC (Logical Link Control) et la couche MAC (Medium Access Control).

Sur la figure suivante nous comparons le modèle de la norme 802.11 au modèle OSI[MUH 02, WEB 06, WEB 07].

<table>
<tr><td rowspan="2">OSI Layer 2
Data Link Layer</td><td colspan="6">802.11 Logical Link Control (LLC)</td></tr>
<tr><td colspan="6">802.11 Medium Access Control (MAC)</td></tr>
<tr><td>OSI Layer 1
Physical Layer (PHY)</td><td>FHSS</td><td>DSSS</td><td>IR</td><td>Wi-Fi
802.11b</td><td>Wi-Fi
802.11g</td><td>Wi-Fi5
802.11a</td></tr>
</table>

Figure I.7 : modèle de la norme 802.11

6. La couche physique de la norme 802.11

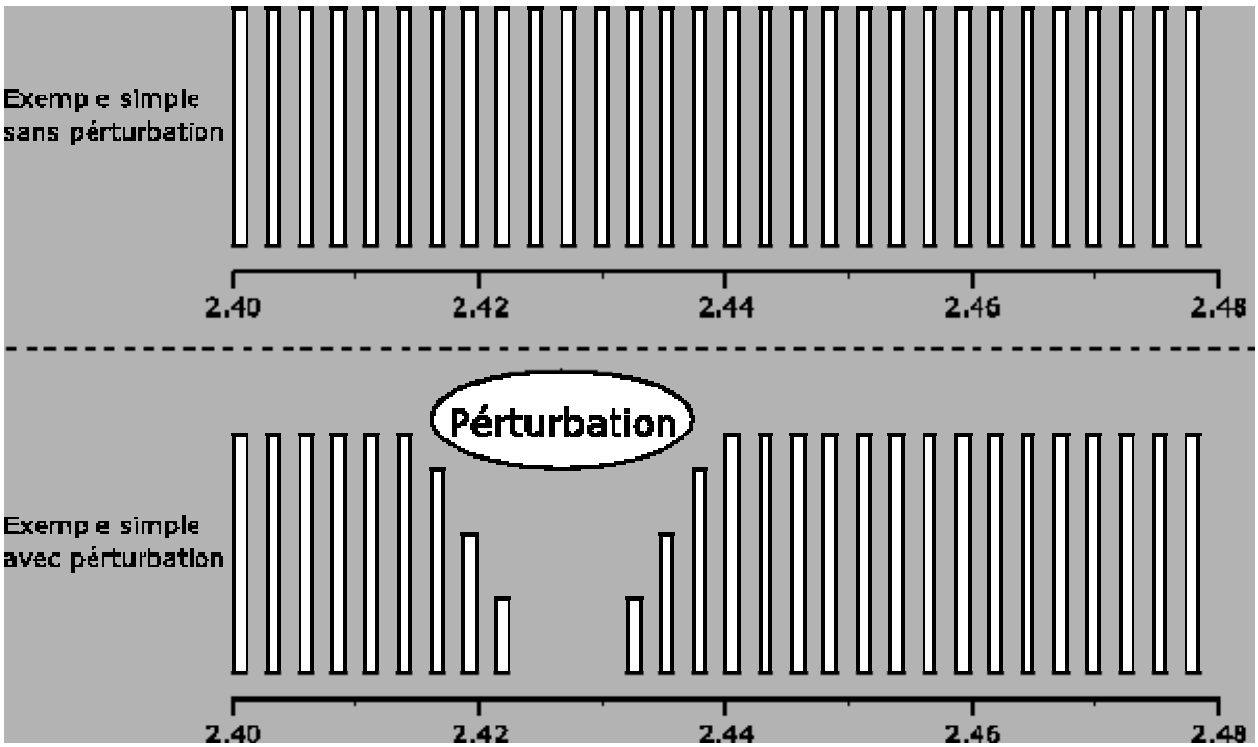
La couche physique de la norme IEEE 802.11 d'origine définit trois variantes. Deux de ces technologies utilisent des techniques radio à spectre élargi en l'occurrence DSSS et FHSS. La troisième variante utilise une diffusion infrarouge il s'agit de IR. Les variantes radios utilisent une porteuse de la bande des 2,4GHz (dont l'utilisation n'est pas soumise à une licence). Toutes ces technologies permettent des débits de 1Mb/s ou 2Mb/s. L'évolution de la 802.11 a conduit ensuite à l'ajout ultérieur de Wi-Fi, de Wi-Fi 5 et de IEEE 802.11g et il n'a pas entraîné de changements radicaux dans la structure de la couche MAC.

Chaque couche physique 802.11/a/b/g est divisée en deux sous-couches :

- la sous-couche PMD (Physical Medium Dependent) qui gère l'encodage des données et effectue la modulation
- la sous-couche PLCP (Physical Layer Convergence Protocol) qui s'occupe de l'écoute du support et fournit un CCA (Clear Channel Assessment) à la couche MAC pour lui signaler que le canal est libre.

6.1 FHSS ou*Frequency-Hopping Spread Spectrum*[WEB 05, WEB 08]

Le FHSS est une technique d'étalement de spectre utilisant le *saut de fréquence*. Elle consiste à diviser la bande passante disponible, autour de 2.4GHz, en 79 sous canaux, de 1 MHz de largeur de bande offrant, chacun un débit d'au moins 1 MB/s avec codage binaire. L'émetteur et le récepteur s'entendent sur une séquence de *sauts de fréquence porteuse* pour envoyer les données successivement sur les différents sous-canaux, ce qui sert à ne pas utiliser (temporairement) les sous-canaux fortement perturbés. La séquence de sauts est calculée pour minimiser la probabilité que deux émissions utilisent le même sous-canal.



FigureI.8 : FHSS

La figure ci-dessus explique succinctement et de manière très basique que grâce à cette technique, on peut émettre des données dans une plage de fréquence même perturbée. Alors que si on avait pris toute la bande comme une seule plage cela aurait rendu toute émission impossible.

La trame FHSS au niveau physique est composée de trois parties :

1- un *préambule* composé de :

- La synchro est une séquence de synchronisation qui est composée d'une suite de 80 bits constitués en alternance de 0 et de 1. Elle permet à la couche physique de détecter la réception d'un signal. Elle permet accessoirement aussi, de choisir la meilleure antenne de réception si le choix existe.
- Le *Start Frame Delimiter* (SFD) est l'identificateur de trame. Il est constitué par la suite de bits suivants : *0001100101101101*.

2- L'entête:

- Le *PSDU Length Word* (PLW) est un paramètre passé par la couche MAC qui indique la longueur de la trame. C'est donc la longueur de la partie de donnée dans cette trame.
- Le PSF est un champ sur 5 bits qui permet de définir la vitesse de transmission. Le premier bit est toujours à 0. Les bits 1, 2 et 3 sont réservés et définis par défaut à zéro. Le 4ème et dernier bit, indique la vitesse de transmission. A 1Mb/s s'il est à 0 et à 2Mb/s s'il est à 1.

- Le *CRC* de l'entête est le champ de contrôle d'erreur de l'entête, composé de 16bits.

3- La partie donnée:

- La Trame MAC contient les données relatives à la couche MAC. Il faut noter que la partie de données est émise en utilisant une *technique de blanchiment*pour éviter d'avoir un suite de 0 ou de 1, qui risquent de poser des problèmes, tel qu'une désynchronisation du signal.

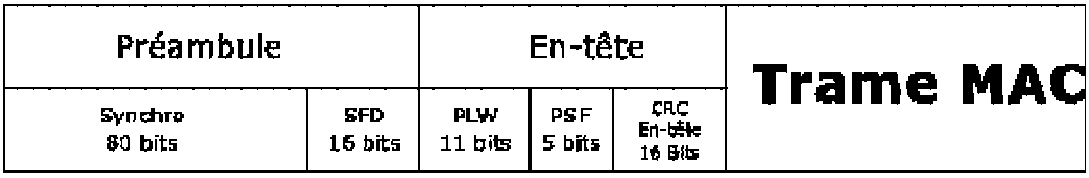


Figure I.9 : structure de la trame FHSS

6.2 DSSS (Direct-Sequence Spread Spectrum)[MUH 02,WEB 07]

Comme le FHSS, le DSSS divise la bande en sous-bandes. Cependant la division se fait ici en 14 sous canaux de 20 MHz chacun. La transmission ne se fait que sur un canal donné. La largeur de la bande étant égale à 83.5 MHz, il est impossible d'y placer 14 canaux adjacents de 20 MHz. Les canaux se recouvrent donc, comme illustré à la figure suivante.

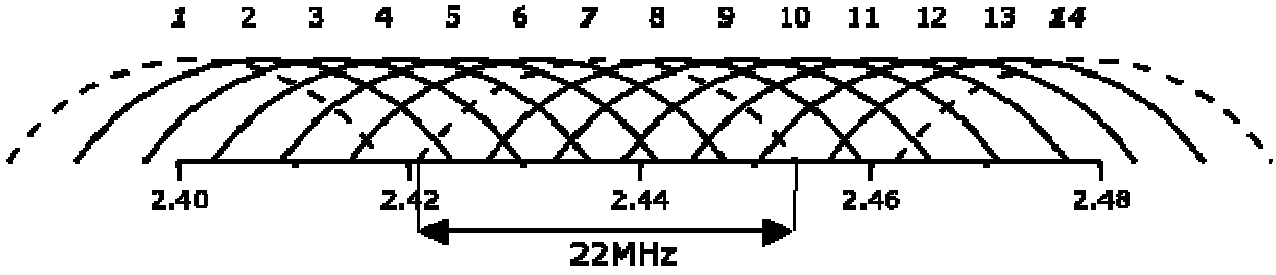


Figure I .10 : DSSS

Comme la transmission ne se fait que sur un canal, les systèmes DSSS sont plus sensibles aux interférences que les systèmes FHSS, qui utilisent toute la largeur de bande. Lorsqu'un canal est sélectionné, le spectre du signal occupe une bande comprise entre 10 et 15 MHz de chaque côté de la fréquence centrale. La valeur 15 MHz provient de la décroissance non idéale des lobes secondaires de la modulation utilisée. Il n'est donc pas possible d'utiliser dans la même zone géographique les canaux adjacents à ce canal.

Pour permettre à plusieurs réseaux d'émettre sur une même cellule, il faut allouer à chacun d'eux des canaux appropriés, qui ne se recouvrent pas. Par exemple, considérons deux réseaux utilisant DSSS. Si l'un d'eux utilise le canal 6, le canal 5 et 7 ne peut pas être utilisé par le deuxième réseau, car trop proche. Il en va de malheureusement de même pour les canaux 2, 3, 4, 8, 9 et 10, qui ne peuvent non plus être alloués du fait de l'étalement de la bande passante du canal 6. Les canaux qui peuvent être utilisés sont : 1, 11, 12, 13 et 14.

Sachant que la largeur de bande n'est que de 83.5 MHz, il ne peut donc y avoir au maximum que trois réseaux 802.11 DSSS émettant sur une même cellule sans risque d'interférences.

Une trame DSSS est composée de trois parties :

1- Le préambule:

- La synchro est une séquence de synchronisation pseudo-aléatoire. Elle sert à la synchronisation au niveau récepteur.
- Le *Start Frame Delimiter* (SFD) permet au récepteur de détecter le début de la trame. ce champ de deux octets vaut en hexadécimal F3A0.

2- L'entête:

- Le *signal*permet d'indiquer la vitesse de transmission sélectionnée. Si la valeur de ce champ est à 0A (en hexadécimal) la transmission se déroulera à 1Mb/s et si celle-ci est à 14 (en hexadécimal), la transmission se déroulera à 2Mb/s. Il faut savoir qu'en fonction de la vitesse de transmission, une modulation différente est appliquée. Le *differentialbinary phase shift keying* est utilisé lors d'une transmission à 1Mb/s et en opposition au *Differential quadrature phase shift keying* lors d'une transmission en 2Mb/s.
- Le *service*est réservé pour un usage futur La valeur 00 signifie que le transmetteur est conforme à la norme IEEE 802.11.
- Le*longueur*indique la valeur de la longueur de la partie de données. Sa valeur peut varier entre 4 et 2^{16}.
- Le *CRC* de l'entête : est le champ de contrôle d'erreur de l'entête.

3- La partie donnée:

- La Trame MAC contient les données de la trame physique. Elles sont transmises selon la modulation sélectionnée dans le champ *signal*.



Figure I.11 : structure de la trame DSSS

6.3 IR ou Infrarouge

Le support Infrarouge fait partie de la norme IEEE 802.11. Il utilise une longueur d'onde de 850nm à 950nm pour le signal. Cette longueur d'onde est proche de la bande du visible par l'homme. C'est une lumière infrarouge diffusée.

Contrairement aux autres matériels Infrarouges, l'émission utilisée n'est pas directive. Cela permet d'éviter l'obligation d'avoir les deux interfaces face à face et ainsi, permet de construire un LAN

plus facilement. Leur portée peut atteindre 10m, voire 20m avec des interfaces plus sensibles et de la configuration de l'environnement du LAN.
Le seul inconvénient de ce support, est qu'il ne traverse aucun mur et difficilement une fenêtre. Son utilisation en extérieur n'est non plus à son avantage aussi, car, s'il n'y a aucune surface de réflexion, la portée est énormément réduite. Le signal reçu sera assez faible. Donc, les LAN IEEE 802.11 utilisant un support physique à infrarouge se limitent à une pièce.
La couche infrarouge utilise une technique de transmission de données codée analogiquement, appelée *Pulse Position Modulation* (PPM), qui fait varier la position d'une impulsion pour représenter les données binaires.
Deux débits sont proposés, comme les deux autres techniques précédentes, pour la connexion infrarouge :

- *Basic Access Rate* **:** offre un débit de 1Mb/s avec un 16 PPM;
- *Enhanced Access Rate* **:** qui offre un débit de 2Mb/s avec un 4 PPM.

Il existe très peu de matériel offrant cette technologie, essentiellement à cause de sa portée limitée. Les deux technologies radios citées précédemment restent plus répandues.

6.4 IEEE.802.11b (WiFi)

En 1999, une nouvelle couche physique, 802.11b, plus communément appelée Wi-Fi, a été ajoutée au standard 802.11. Fonctionnant toujours dans une bande autour de 2.4GHz, cette couche physique utilise une extension du DSSS, appelée HR/DSSS (High Rate DSSS). Le HR/DSSS utilise le même système de canaux que le DSSS. Le problème du choix d'un canal permettant la co-localisation des différents réseaux reste donc entier. Comme ils s'appuient sur le DSSS, les réseaux Wi-Fi et 802.11 DSSS sont compatibles et peuvent communiquer entre eux, mais aux débits de 802.11 DSSS, compris entre 1 à 2 Mbit/s. Le HR/DSSS possède une meilleure efficacité spectrale que le DSSS et il permet d'offrir deux débits : 5.5 Mbit/s ou 11 Mbit/s.

6.5 Wi-Fi5 (IEEE.802.11a)

Contrairement à aux précédentes, Wi-Fi5 n'utilise pas la bande autour de 2.4 GHz mais une bande située autour de 5 GHz. Cette bande offre une largeur égale à 300 MHz (au lieu des 83.5 MHz dans le cas précédent).La forme d'onde utilisée en IEEE 802.11a est similaire à une norme ETSI appelée HiperlanII. Utilisant une approche OFDM, cette couche physique représente une avancée importante par rapport aux formes d'ondes précédemment décrites dans ce document. La norme 802.11a permet d'obtenir un haut débit (54 Mbit/s théoriques). La norme 802.11aspécifie 8 canaux radio dans la bande de fréquence des 5 GHz.

6.6 OFDM pour Orthogonal Frequency Division Multiplexing[JAF 00]

En Français Multiplexage par Répartition Orthogonale de la Fréquence. L'OFDM est une technique étudiée depuis les années 50 - 60. Cependant, son intérêt et ses applications ont commencé à voir le jour à partir des années 80. Cette technologie représente une technique de

modulation numérique des signaux utilisant plusieurs porteuses orthogonales entre elles. Elle est utilisée entre autres pour les systèmes de transmissions mobiles à haut débit de données. Elle consiste à répartir le signal sur un grand nombre de sous-porteuses orthogonales modulées individuellement à bas débit. L'objectif est double à savoir combattre les interférences de types multi-trajets ou multi-paths, dus essentiellement aux réflexions des ondes radio sur différents types d'obstacles, tout en garantissant de hauts débits.

Pour comprendre le principe de la modulation OFDM considérons une séquence de N données c_0, c_1,....c_{N-1}. Appelons T_S la durée symbole c'est-à-dire le temps qui sépare 2 séquences de N données.

Chaque donnée c_k module en amplitude une porteuse à la fréquence f_k. En effet, la multiplication temporelle d'un signal, dans le cas numérique il s'agit d'un symbole, par une porteuse sinusoïdale (dans le ca complexe il s'agit d'une exponentielle complexe) est une version de modulation d'amplitude. Le signal obtenu pour chaque symbole après modulation s'écrit sous forme complexe :

$$c_k . \exp\left(2\pi j f_k t\right) \tag{1}$$

Le signal s(t) total correspondant à toutes les données d'un symbole OFDM est la somme des signaux individuels :

$$s(t) = \sum_{k=0}^{N-1} c_k \exp\left(2\pi j f_k t\right) \tag{2}$$

Les N porteuses $\exp\left(2\pi j f_k t\right)$ sont dites orthogonales si le produit scalaire entre deux porteuses différentes est nul. Pour que ceci soit possible il suffit de choisir l'espace entre les fréquences égal à $1/T_s$. Alors nous aurons :

$$f_k = f_0 + \frac{k}{T_s} \tag{3}$$

$$s(t) = \exp\left(2\pi j f_0 t\right) \sum_{k=0}^{N-1} c_k \exp\left(2\pi j \frac{kt}{T_s}\right) \tag{4}$$

Voici le schéma de principe de la modulation.

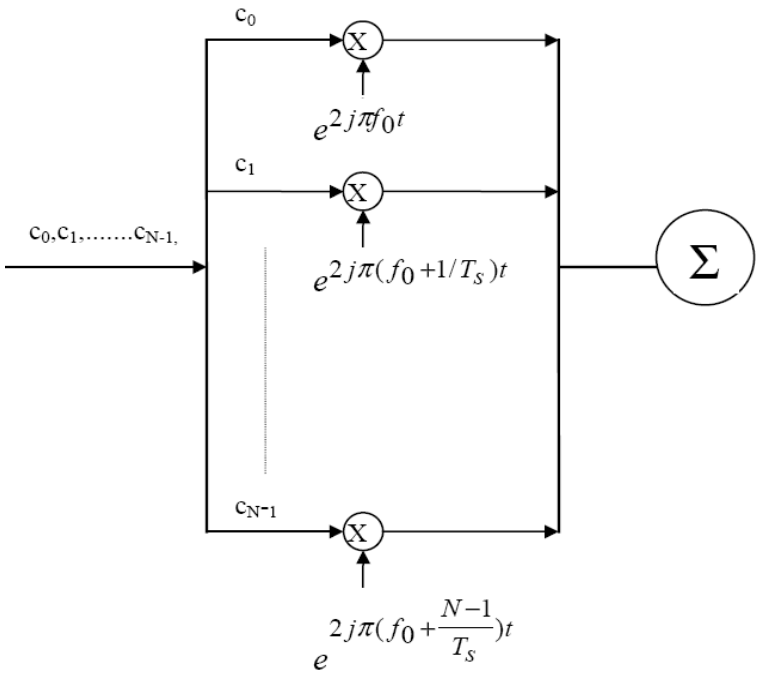


Figure I.12 : principe de base de la modulation OFDM à N sous porteuses

Nous remarquons facilement d'après l'expression (4) que l'OFDM n'est autre qu'une TFD inverse (Transformée de Fourier Discrète Inverse). Comme nous disposons d'un algorithme rapide de calcul de la TFD et de la TFD inverse, à savoir la FFT et la IFFT, alors l'implémentation pratique de l'OFDM est devenue réaliste.

Comme les symboles sont généralement des séquences binaires donc ils ont dans le domaine temporel des formes plutôt d'impulsions rectangulaires. Dès lors dans le domaine fréquentiel leurs spectres correspondent à des sinus cardinaux. En modulant des porteuses orthogonales de formes exponentielles complexes le spectre final résultant sera formé par N sinus cardinal centré chacun autour de la fréquence de porteuse.

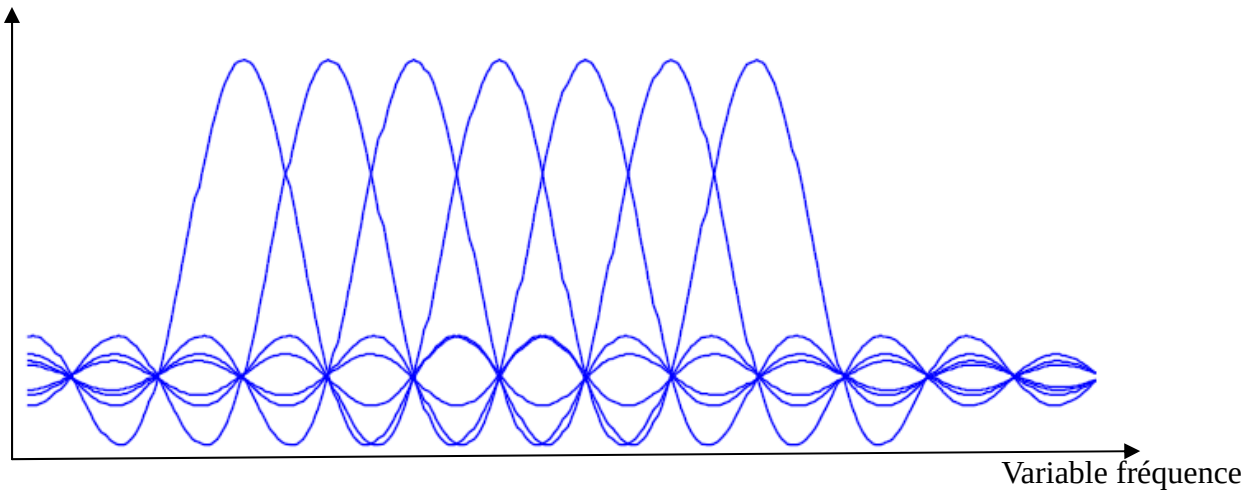


Figure I.13 : exemple d'un spectre de 7 porteuses modulées séparément

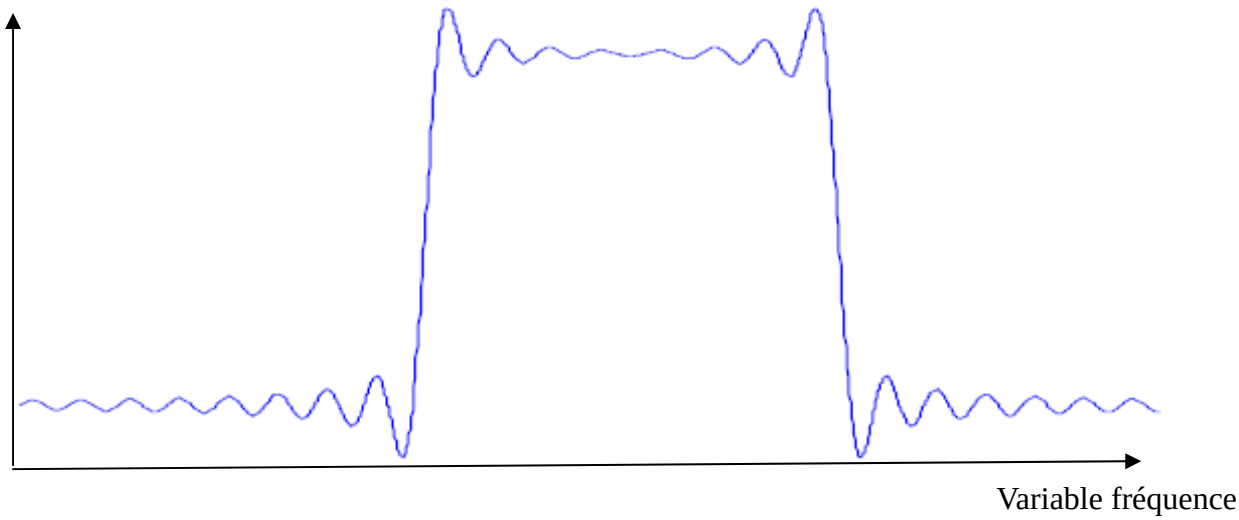


Figure I.14 : exemple d'un spectre OFDM composé des 7 porteuses

L'OFDM est particulièrement bien adapté aux réseaux locaux ou métropolitains mais perd de son intérêt sur des réseaux à grandes échelles. Car, cette technique élimine les phénomènes de bruits ponctuels ou d'évanouissements temporaires du signal sans recourir à des techniques complexes. En revanche, cette technologie apparaît moins efficace lorsque les perturbations s'amplifient, car il faut mettre en place des méthodes de filtrages ou de codages qui réduisent de manière significative les débits.

Actuellement l'OFDM est utilisé dans plusieurs applications telles que les satellites, l'ADSL ou le câble pour la diffusion des données, du son ou de l'image. Mais, de plus en plus, cette technologie s'oriente vers les systèmes de communications sans fil. Ainsi, des normes telles que 802.11a et802.11g peuvent offrir des débits théoriques jusqu'à 54 Mbps, là où la norme802.11b qui n'est pas OFDM, se limite à 11 Mbps.

La modulation numérique par multi-porteuses, ou sous porteuses, orthogonales, utilisée dans l'OFDM, est basée sur une IFFT (Transformée de Fourier Inverse). Dans le cas de la norme 802.11a l'OFDM est de taille 64 (64 sous porteuse orthogonales). Pour éviter les lobes secondaires en extrémités de la bande, seules 52 porteuses parmi 64 sont utilisées. Les autres porteuses sont mises à zéro. Parmi les 52 porteuses utilisées, 4 d'entre elles vont servir à véhiculer des signaux connus appelés pilotes. En définitive il restera 48 porteuses utiles. On adjoint un intervalle de garde sous la forme d'un préfixe cyclique afin de prendre en compte simplement les multi trajets du canal. Ceci au moyen d'un simple égaliseur fréquentiel. Ce préfixe cyclique a une durée égale à 0.8 µs et le symbole OFDM émis, après insertion du préfixe cyclique, dure 4 µs.

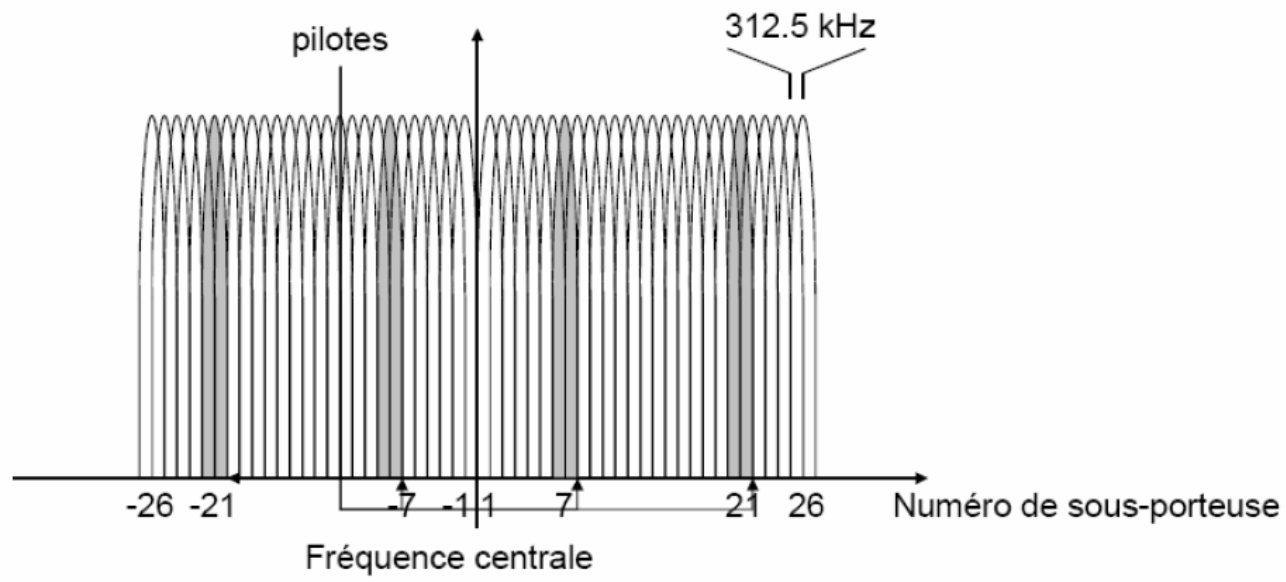


Figure I.15 : localisation des porteuses OFDM dans la 802.11a

7. La couche liaison de données

La couche de liaison de données de IEEE 802.11, dont l'objectif est l'acheminement sans erreur de blocs d'informations sur la liaison physique c'est à dire sur le circuit de données reliant deux commutateurs adjacents, est essentiellement composée de deux sous-couches [WEB 05] :

- *Logical Link Control* (LLC) s'occupe de la structure de la trame.
- *Medium Access Control* (MAC) définit le protocole d'accès au support.

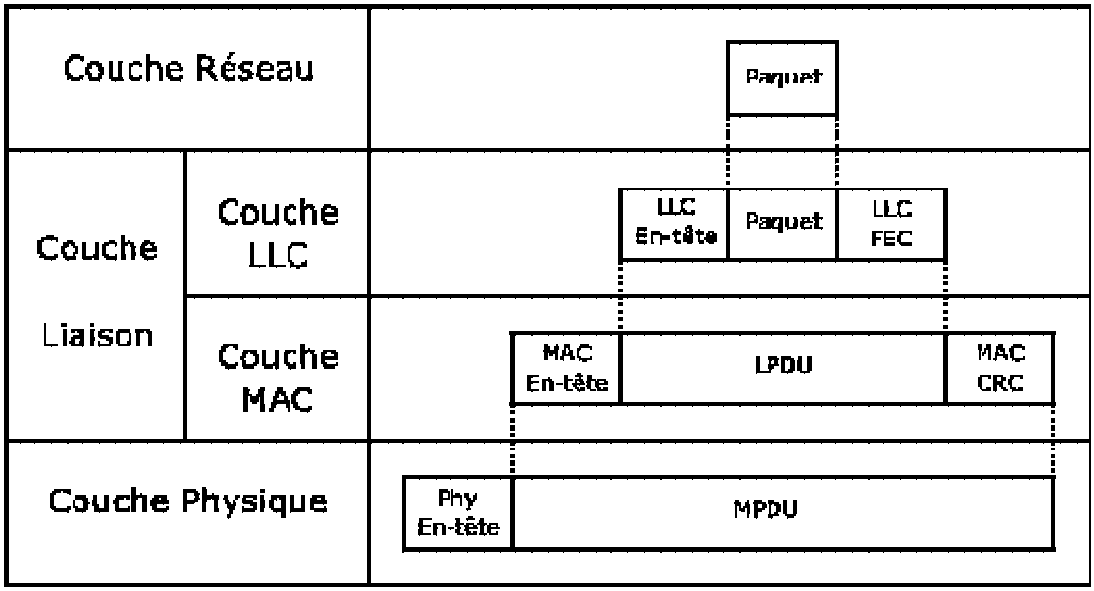


Figure I.16 : architecture de la couche de liaison

7.1 La sous-couche LLC

La couche LLC a été définie par le standard IEEE 802.2. Cette couche permet d'établir un lien logique entre la couche MAC et la couche de niveau 3 du modèle OSI, la couche réseau. Ce lien se fait par l'intermédiaire du *Logical Service Access Point* (LSAP).

La couche LLC fournit deux types de fonctionnalités :

- un système de contrôle de flux;

- un système de reprise après erreur.

La trame LLC contient une adresse en en-tête ainsi qu'une zone de détection d'erreur en fin de trame: le *forwarderror correction* (FEC).

Son rôle principal réside dans son système d'adressage logique, qui permet de masquer aux couches hautes les informations provenant des couches basses. Cela permet de rendre interopérables des réseaux complètement différents dans la conception de la couche physique ou de la couche MAC possédant la couche LLC.

Il existe trois types de LLC définis :

- LLC de type 1 : correspond à un service en mode sans connexion sans acquittement de données. Elle offre un service non fiable mais qui est largement répandu actuellement.
- LLC de type 2 : correspond à un service en mode avec connexion avec acquittement de données.
- LLC de type 3 : correspond à un service en mode sans connexion avec acquittement de données.

La couche LLC définie en 802.11 utilise les mêmes propriétés que la couche LLC 802.2, et plus précisément celles de la LLC de type 2. Ce qui autorise la compatibilité d'un réseau 802.11 avec n'importe quel autre réseau IEEE 802 (comme *Ethernet*).

7.2 La sous-couche MAC

La sous-couche MAC ressemble beaucoup à celle de la norme *Ethernet* (IEEE 802.3) puisqu'elle assure la gestion d'accès de plusieurs stations à un support partagé dans lequel chaque station écoute le support avant d'émettre.

La norme IEEE 802.11 utilisant un support radio, sa couche MAC intègre à la fois d'anciennes fonctionnalités inhérentes à la couche MAC, voire à d'autres couches hautes du *modèle OSI*, même si de nouvelles fonctionnalités ont été ajoutées.

La couche MAC fournit les fonctionnalités suivantes :

- contrôle d'accès au support;
- adressage et formatage des trames;
- contrôle d'erreur permettant de contrôler l'intégrité de la trame à partir d'un *CyclicRedundancy Check* (CRC);
- fragmentation et réassemblage;
- Qualité de service (QoS - *Quality of Service*);
- gestion de l'énergie;
- gestion de la mobilité;
- sécurité.

8. Les méthodes d'accès au support dans la norme 802.11

La norme IEEE 802.11 définit essentiellement deux méthodes d'accès différentes au niveau de la couche MAC :

- Le *Distributed Coordination Function* (DCF):
  Cette méthode d'accès, assez similaire à celle d'Ethernet, est dite de contention. Elle est conçue pour supporter les transmissions de données asynchrones tout en permettant à tous les utilisateurs d'accéder au support. Il peut y avoir des collisions;
- Le *Point Coordination Function* (PCF) :
  Cette méthode par contre, est dite sans contention et ne génère pas de collision du fait que le système de transmission de données est centralisé. On pourrait alors le comparer à un réseau *Token-Ring*.

9. Les réseaux mobiles ad hoc

9.1 Bref Historique:

Le projet militaire Américain DARPA (*The Defebse Advanced ResearchProjects Agency*) [WEB 03], qui a eu lieu au début des années 1970 a évoqué la naissance des premiers réseaux utilisant le médium hertzien ou radio-fréquence. Ces réseaux sont définis par deux composantes :

- la disposition d'une architecture distribuée,
- le partage d'un canal de diffusion en répétant des paquets pour élargir la zone de couverture globale.

Dans le même axe des applications militaires, dans les années 1983, les Sur vivable Radio Networks (SURAN) [XUE 07] furent développer par le DARPA. Leur objectif était de dépasser les limitations. Autrement dit, permettant le passage à des réseaux comportant énormément de nœuds, gérant le domaine de la sécurité et l'énergie.

L'arrivée du protocole 802.11 (WIFI) était le point de départ des réseaux sans fils autour des bases fixes, et qui a permis l'apparition des problématiques liées à ces réseaux par la recherche civile dans les années 90.

9.2 Définition des réseaux ad hoc:

Une définition des réseaux ad hoc est donnée formellement dans RFC 2501 [SCO 99]: « Un réseau ad hoc comprend des plates-formes mobiles (par exemple, un routeur interconnectant différents hôtes et équipements sans fil) appelées nœuds qui sont libres de se déplacer sans contrainte. Un réseau ad hoc est donc un système autonome de nœuds mobiles. Ce système peut fonctionner d'une manière isolée ou s'interfacer à des réseaux fixes au travers des passerelles».

Un réseau mobile ad hoc n'est pas lié à une technologie de communication sans fil particulière. En effet, de nombreuses technologies sans fil permettent de gérer et de faire fonctionner des réseaux mobiles ad-hoc nous citons entre autres :

- les réseaux sans fil personnels (WPAN) à base de réseaux de type Bluetooth et Zibgee [Zigbee],

- les réseaux sans fil locaux (WLAN) avec IEEE 802.11 (ou WiFi [WiFi]) et HyperLan de type 1 [ETSI 98-1].
- …etc

10.Les caractéristiques des réseaux ad-hoc :

Parmi les principales caractéristiques des réseaux ad-hoc, nous exposons :

1. **Une topologie dynamique:**

Comme nous l'avons mentionné, les unités mobiles du réseau, se déplacent et se communiquent d'une façon libre et arbitraire. Par conséquent la topologie du réseau est dynamique. Autrement dit, elle peut changer, à des instants imprévisibles, d'une manière rapide et aléatoire aussi. Il est utile de mentionner que les liens de la topologie des réseaux ad hoc peuvent être unis ou bidirectionnels.

2. **Une bande passante limitée :**

Les réseaux basés sur la communication sans fil sont caractérisés par l'utilisation d'un médium de communication partagé. Ce partage fait que la bande passante réservée à un hôte soit modeste. Notons que vue l'évolution des techniques et des technologies de communication sans fil cette bande passante est en constante augmentation.

3. **Des contraintes d'énergie :**

Certains équipements mobiles disposent de batteries limitées, et dans certains cas très limitées tels que les PDA (Personal Digital Assistant) ou encore les réseaux de capteurs sans fil (WSN : Wireless Sensor Network), et par conséquent d'une durée de traitement réduite. Sachant qu'une partie de l'énergie est déjà consommée par la fonctionnalité du routage. Cela limite les services et les applications supportées par chaque nœud.

4. **L'hétérogénéité des nœuds :**

Un nœud mobile peut être équipé d'une ou plusieurs interfaces radio ayant des capacités de transmission variées et opérant dans des plages de fréquence différentes. Cette hétérogénéité de capacité peut engendrer des liens asymétriques dans le réseau. De plus, les nœuds peuvent avoir des différences en terme de capacité de traitement de logiciel et de mobilité (lent, rapide). Dans ce cas, une adaptation dynamique des protocoles s'avère nécessaire pour supporter de telles situations.

5. **Sécurité et Vulnérabilité :**

Étant que dans les réseaux ad hoc, tous les nœuds sont équivalents et potentiellement nécessaire au fonctionnement du réseau, cela présente le principal problème pour ces réseaux.

Les réseaux Ad Hoc offrent une grande possibilité de l'insertion dans le réseau, par contre la détection de déni de service (l'attaque qui vise à rendre une application informatique incapable de

répondre aux requêtes de ses utilisateurs. Une attaque par déni de service consiste à saturer un serveur Internet en lui envoyant plus de requêtes qu'il ne peut en gérer. Le serveur surchargé refuse alors le traitement des données.) et d'une intrusion (mécanise permet le repérage des activités anormales ou suspectes sur un réseau ou un hôte) semble plus délicate. Les réseaux Ad Hoc souffre d'une absence de centralisation ce qui provoque un problème au niveau de l'enchainement de l'information de détection d'intrusions.

11. Les domaines d'applications des réseaux mobiles ad hoc :

L'une des caractéristiques d'un réseau Ad hoc est qu'il n'a besoin d'aucune installation fixe. Cette particularité lui permettant d'être rapide et facile à déployer. Les premières applications des réseaux Ad hoc concernaient en premier degré les communications et les opérations dans le domaine militaire. La technologie Ad Hoc est une technologie innovante, et qui a été l'objet de recherches depuis plusieurs années pour l'apparition de différentes applications. On peut citer :

1. Les services d'urgence :

Le déploiement de réseaux dans des environnements où l'infrastructure fixes ne sont plus opérationnelles, notant une opération de recherche et de secours des personnes, tremblement de terre, feux [DOM 03].

2. Le travail collaboratif et les communications dans des entreprises ou bâtiments :

Dans cette optique nous pouvons citer les réunions, les séminaires et les conférences.

3. Applications commerciales :

Nous citons les paiements électronique distant (lire les données d'une carte bancaire, enregistrer une transaction, et de communiquer avec un serveur d'authentification à distance), l'accès mobile à l'Internet, service de guide en fonction de la position de l'utilisateur (par exemple, le récepteur GPS).

4. Réseaux de capteurs sans fil :

Les réseaux de capteurs sans fil ou WSN (Wireless SensorNettwork) sont généralement utilisés pour l'observation d'un phénomène dynamique. Ils utilisent des capteurs pour mesurer les propriétés physiques des environnements (à titre d'exemple : la température, la pression...). Après que les mesures sont effectuées l'envoi des résultats à une station doit être fait par l'intermédiaire d'un routage ad hoc à travers le réseau.

5. Le cadre informatique :

En informatique, l'établissement des liens entre les différents composants par les réseaux Ad Hoc permet le passage d'un réseau LAN (Local Area Network) à un réseau PAN (Personnal Area Network).

12. Protocoles de routage Ad Hoc:

En informatique, le terme routage désigne le mécanisme par lequel les données d'un équipement expéditeur sont acheminées jusqu'à leur destinataire, même si aucun des deux ne connaît le chemin complet que les données devront suivre. Les informations concernant les destinataires sont contenues dans une table de routage, dont la maintenance se fait à l'aide de protocoles de routage permettant d'échanger les informations de routage entre les routeurs et les nœuds. Il existe essentiellement trois types d'algorithmes de routage :

- Proactif : c'est un routage classique utilisé essentiellement dans les architectures filaires. Il est basé sur un échange périodique de paquets (propagation par inondation). Les routes maintenues vers toutes les destinations. Autrement dit, u**n protocole proactif** est un protocole qui construit les tables de routage avant que la demande en soit effectuée. Il identifie en fait à chaque instant la topologie du réseau. Parmi les avantages de ce type de protocoles c'est que toutes les routes sont connues et maintenues. Cependant, il présente un bon nombre d'inconvénients comme par exemple une consommation excessive de la bande passante. Et une inondation du réseau à chaque changement de topologie
- Réactif : Il construit une table de routage lorsqu'un nœud en effectue la demande. Ils établissent donc des routes uniquement à la demande "On-Demand".Il ne connait pas la topologie du réseau, il détermine le chemin à prendre pour accéder à un nœud du réseau lorsqu'on lui demande. Il Maintient des routes utilisées et passe à la découverte de nouvelles routes. Par ses avantages une économie de la bande passante et il est relativement dynamique. Quant à ses Inconvénients il présente une certaine lenteur lors de l'ouverture d'une nouvelle route
- Solution mixte ou hybride : Il s'agit d'une sorte de mélange des deux premiers types de protocoles. Un nœud agit d'une façon proactive dans une zone limitée à son voisinage jusqu'à n sauts (n à préciser) et devient réactif au-delà de n sauts.

Nous présentons dans le tableau ci-dessous quelques exemples de routage utilisés entre autres en ad-foc.

La méthode du routage	Routage proactif	Routage Réactif
Vecteur de distance	DSDV	AODV
Routage à la source		DSR
Etat de lien	OLSR	

Tableau I.1 : exemples de méthodes de routage

12.1 DSDV: Destination-Sequenced Distance-Vector

C'est l'un des premiers protocoles mis au point par le groupe MANET. Il est un protocole proactif inspiré du protocole RIP (Routing Information Protocol) d'IP filaire. Ilest basé sur Bellman-Ford

distribué (DBF). Dans DSDV, chaque nœud maintient une table de routage avec des indicateurs sur tous les nœuds du réseau.

12.2 AODV: Ad Hoc On Demand Distance Vector

Il a été Créé par les concepteurs de DSDV. C'est un protocole réactif capable à la fois de routage unicast et multicast. Il n'a besoin d'échanger de signalisation entre voisins pour mettre à jour les tables de routage. C'est-à-dire qu'à la demande d'un routage, une table est implantée dans chaque nœud. Il maintient ces routes aussi longtemps que les sources en ont besoin.

12.3 OLSR: Optimized Link State Routing

C'est un protocole proactif spécialement adapté aux réseaux mobiles ad hoc. Il utilise une table de routage et les informations de topologie sont échangées régulièrement entre les nœuds. Chaque nœuds désigne parmi ses voisins un ou plusieurs nœuds en tant que relais multipoint (MPR : Multipoint Relay). Seuls les nœuds désignés comme MPR sont responsables de l'acheminement du trafic de contrôle destiné à tout le réseau. Les MPR permettent une réduction très conséquente du nombre de transmissions nécessaires lors de l'inondation du réseau de messages de contrôle. Chaque nœuds désigne un MPR. Les MPR ont la responsabilité d'annoncer les routes vers ces nœuds. OLRS est basé sur l'algorithme de routage à état de lien.

12.4 DSR : Dynamic Source Routing

C'est un protocole réactif basé essentiellement sur l'idée du routage par la source. Les nœuds n'ont pas besoin de tables de routage. Ainsi, lorsqu'une source veut initier un flux vers une destination elle entreprend les démarches suivantes:

- Inondation d'une requête spéciale : ROUTE REQUEST
- ROUTE REQUEST parvient au destinataire en plusieurs exemplaires via différentes routes :
    - Sélection de la route la plus appropriée
    - Envoi d'un ROUTE REPLY à la source
    - La source retranscrit cette information dans tous les paquets
    - Faiblesse de ce protocole : liens asymétriques

Parmi les inconvénients de ce protocole la ROUTE REPLY ne peut pas prendre en sens inverse le trajet suivi par ROUTE REQUEST. Autrement dit, Pour revenir à la source, il lui faut aussi procéder par inondation

13.Conclusion:

Le réseau Ad hoc manifeste beaucoup de simplicité et assez d'avantages par rapport aux autres réseaux (filaires et cellulaires) par sa facilité de déploiement en cas d'urgence ou de travaux temporaires dont les autres réseaux engendrent des frais importants. Cependant de nouveaux problèmes apparaissent, en effet l'absence d'une infrastructure centralisée fait du routage dans les réseaux ad hoc un problème très compliqué. Dans la plupart des cas, le nœud destination ne se trouve pas obligatoirement dans la portée du nœud source ce qui implique que l'échange des données entre les deux nœuds, doit être effectué par des stations intermédiaires.

CHAPITRE II

VIDEO STREAMING

1. Introduction

La vidéo a été longtemps un média très important pour les communications, le divertissement et bien d'autres applications. A l'origine la vidéo est analogique depuis sa génération, à l'aide de capteurs, jusqu'à sa transmission, via des canaux hertziens ou câblés, et sa réception. Avec l'évolution des techniques et des technologies numériques cela a conduit à la numérisation de ce type de contenus. Cette numérisation nous a permis d'avoir des vidéos de qualité supérieure et de haute définition. Seulement, ceci s'est accompagné d'une quantité de données numériques énorme à traiter, transmettre et/ou stocker. La solution adoptée est bien entendu la compression. La compression vidéo s'est imposée comme un domaine de recherche vital et très sollicité à partir de la fin des années 1980 et 1990. Elle a donc conduit à une variété d'applications comme par exemple :

- le stockage vidéo sur des DVD et des CD-Vidéo
- de la vidéo, sur le câble numérique, satellite et terrestre
- de la télévision numérique,
- de la vidéoconférence et visiophonie.
- La vidéosurveillance
- …etc

La grande popularité de l'internet à partir du milieu des années 1990 a encouragé la vidéo numérique à être diffusée sous IP. Seulement, cette diffusion sous IP a été confrontée à plusieurs problèmes et handicaps. Parmi ces handicaps la bande passante des systèmes de communication utilisée sous IP est généralement faible et variable dans le temps. De même, le principe d'une transmission sous IP favorise souvent des pertes de paquets et des retards. En plus, des problématiques restent toujours posées et attendent d'être solutionnées comme par exemple le partage équitable des ressources du réseau de transmission entre les nombreux flux qui s'y propagent.

2. Vue d'ensemble sur la communication vidéo [WEB 09]

Nous vivons aujourd'hui un véritable boom technologique dans les systèmes de communications essentiellement ceux utilisant la vidéo. Les applications de communications sont très variées et dont les principes de fonctionnement sont relativement différents les unes par rapport aux autres. A titres d'exemples nous pouvons citer quelques exemples de techniques de communications vidéo utilisées :

- Point à point ou unicast
- Multidiffusion ou multicast
- Diffusion totale ou broadcast

Comme il peut s'agir :

- D'une vidéo pré-codé et stockée (diffusion en différé)
- D'une vidéo codée en temps réel (par exemple vidéoconférence).

Les canaux de transmission vidéo peuvent être aussi bien statiques ou dynamiques. Comme ils peuvent être à commutation de paquets ou à commutation de circuits. Ces canaux peuvent également garantir des débits constants ou variables.

2.1. Communication Unicast, Multicast et Broadcast

A l'origine, dans la transmission vidéo, le broadcast (d'un point à tous les récepteurs) est la communication la plus sollicitée. L'exemple typique est la transmission TV. La communication unicast (d'un point à un autre) et la communication multicast (d'un point vers un ensemble de récepteurs) étaient également utilisées dans certaines applications particulières. Avec l'avènement de la communication vidéo sous IP les trois types de communications sont toujours d'actualité pour des applications différentes mais les contraintes imposées pour ces trois types de communications sous IP ne sont pas tout à fait identiques

2.2. Pré-encodage et encodage en temps réel de la vidéo

La vidéo numérique sous IP peut avoir deux formes d'encodages

- Un pré-encodage et stockage pour être visionnée ultérieurement
- Un encodage en temps réel

Dans le cas d'un encodage en temps réel les applications sont nombreuses comme la vidéoconférence ou encore la vidéosurveillance sous IP.

Alors que dans le second cas, à savoir un pré-encodage et stockage, sa nécessité peut s'avérer importante compte tenu de la diversité des applications possibles comme par exemple le stockage sur des DVR ou CD, la vidéo sur demande (VoD) et bien entendu le streaming vidéo sur internet.

Evidemment, le pré-encodage présente l'avantage de n'être pas imposée par les contraintes du temps réel. Ceci aura pour effet de pouvoir utiliser des techniques d'encodage plus efficace comme les techniques multi-passes. D'un autre côté ce type de pré-encodage ne présente pas de flexibilité ou la vidéo codée est imposée à tout type de canaux sans aucune distinction ou adaptation.

3. La compression vidéo[WEB 10, BAR 02]

La numérisation des données a conduit inévitablement à un besoin indispensable de la compression. En effet, la numérisation du son, de l'image et la vidéo, s'est traduitpar une quantité de données numériques très importante et prohibitif qui rend son traitement, son stockage et/ou sa transmission impossible. La vidéo est de loin l'information qui génère plus de données numérique et par conséquent sa compression nécessite des techniques très complexes et très performantes.

A titre d'exemple pour pouvoir émettre un signal vidéo sans compression avec une bonne définition standard Il faut un débit d'environ 270 Mbit/s. S'il s'agit d'une vidéo haute définition elle nécessite un débit nettement plus élevé. La transmission de cette vidéo numérique dans des canaux de radiodiffusion classiques ou actuels est impossible sans appliquer des techniques de compression évoluées.

Pour pouvoir compresser une vidéo il s'agit essentiellement d'exploiter tout type de redondance dans cette information afin de réduire le plus possible sa taille. Ceci est connu sous le nom de taux

de compression. Malheureusement, les taux de compression importants s'accompagnent souvent d'une certaine distorsion c'est ce que l'on appelle les méthodes de compression avec perte contrairement aux méthodes de compression sans perte qui n'arrivent pas à atteindre des taux de compression élevés. Pour cette raison les techniques de compression sont surtout évaluées par deux critères essentiels à savoir le CR (Compression Ratio) et le PSNR (Peak Signal to Noise Ratio).

a) *PSNR :* ce critère nous permet d'évaluer la qualité de la vidéo reconstituée après avoir subi une compression. Evidemment, toute compression, surtout avec perte, s'accompagne d'une certaine dégradation que l'on peut assimiler à un bruit. Le calcul du PSNR est donc basé sur l'erreur quadratique moyenne ou MSE (Mean Square Error) entre la vidéo originale et la vidéo reconstituée après compression. Ce même paramètre à savoir le PSNR est utilisé pour toutes les méthodes de compression quel que soit le type de donnée (son, image, vidéo …etc). Dans le cas d'une image le PSNR est calculé comme suit :

$$MSE = \frac{1}{MN}\sum_{i=1}^{M}\sum_{j=1}^{N}\left(I_{originale}(i,j) - I_{compressée}(i,j)\right)^2 \quad .. (1)$$

$$PSNR = 10\log_{10}\left(\frac{255^2}{MSE}\right) \quad ... (2)$$

Où M et N sont respectivement le nombre de pixels de l'image par ligne et par colonne. MN est donc la taille de l'image. Notons également que les valeurs typiques de PSNR obtenues pour des images de bonnes qualités sont généralement supérieures à 30 dB.

b) *Taux de compression :* le taux de compression est également un autre moyen, complémentaire au PSNR, pour mesurer la performance d'un algorithme de compression. Il est souvent donné en pourcentage, et noté CR. Plusieurs définitions sont proposées comme par exemple :

- ✓ Le taux de compression est le rapport de la taille des données après compression sur la taille initiale des données. Ainsi, plus le taux de compression est faible, plus la taille des données compressées est faible : $CR = \frac{Taillefinale}{Tailleinitiale}$ ...(1)

- ✓ Une autre définition du taux de compression l'exprime comme étant le gain en taille rapportée à la taille initiale des données. Dans ce cas plus le taux de compression est élevé, plus la taille du fichier compressé résultant est faible. Le taux de compression peut être également exprimé en bpp (bit par pixel) :

$$CR = 1 - \frac{Taillefinale}{Tailleinitiale} \quad ... (2)$$

Les techniques de compression vidéo sont nombreuses et relativement différentes les unes des autres. La différence réside bien sûr dans les étapes et les méthodes préconisées dans chacune mais aussi aux objectifs de l'utilisation visés. Nous allons nous intéresser plus particulièrement à certaines normes de compression vidéo les plus sollicitées essentiellement dans la diffusion sous IP. Notons que les différents algorithmes de compression ont été essentiellement normalisés par deux principales institutions à savoir ITU (pour les normes H26x) et ISO (pour les normes MPEGx).

Cependant, deux algorithmes standards dans la compression vidéo ont été simultanément et conjointement normalisés par ces deux institutions il s'agit du standard H262/MPEG2 et H264/MPEG4 AVC.

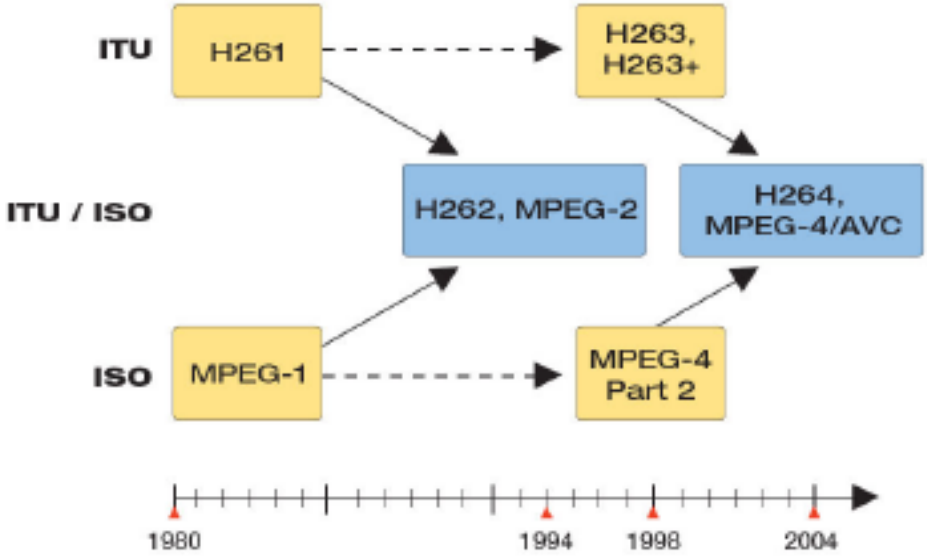


Figure II.1 : Historique des différents standards ISO et ITU[BER 07]

3.1. La vidéo numérique

A l'origine la vidéo en couleur est capturée à l'aide capteur CCD (Charge CoupledDevice ou Dispositif à Transfert de Charge). Il s'agit tout simplement des caméras qui convertissent la lumière reçut en un triplet de 3 valeurs (3 composantes) pour chaque pixel de l'image. Le codage couleur est RVB (Rouge, Vert et Bleu) ce qui permet par combinaison de reconstituer toutes les couleurs.

Le codage RVB et aussi parfois noté RGB (Red, Green, Blue). Le codage RVB des couleurs est aussi le codage utilisé par la télévision ou les écrans d'ordinateur pour reproduire les couleurs. En effet, d'après les principes de la colorimétrie Il faut 3 composantes indépendantes pour pouvoir avoir un espace de couleur complet.

Ces trois composantes RVB présentent une redondance entre elles correspondant au niveau de gris que l'on note parfois Y. C'est pourquoi la vidéo analogique couleur est souvent transportée dans un autre mode de représentation appelé YUV ou encore YCrCb. Ou Y représente la luminance et UV les composantes Rouge et Bleu sans la luminance et on les appelle alors les chrominances. Pour passer d'un espace RVB a l'espace YUV et inversement nous disposons d'expressions mathématiques assez simples. Il s'agit tout simplement de produits matriciels puisqu'il s'agit d'un changement de bases entre des espaces vectoriels de dimension 3.

$$Y = 0.257R + 0.504G + 0.098B + 16$$

$$Cr = V = 0.439R - 0.368G - 0.071B + 128$$

$$Cb = U = -0.148R - 0.291G + 0.439B + 128$$

Et inversement nous avons :

$$B = 1.164(Y - 16) + 2.018(Cb - 128)$$
$$G = 1.164(Y - 16) - 0.813(Cr - 128) - 0.391(Cb - 128)$$
$$R = 1.164(Y - 16) + 1.596(Cr - 128)$$

Notons également qu'une vidéo est en réalité une succession d'images avec une certaine vitesse de défilement en général 25 images /s ou 30 images /s. Une image est donc composée de lignes et de colonnes.

Pour numériser une vidéo analogique nous devons commencer tout d'abord par l'échantillonner. Autrement dit, prélever des valeurs de cette vidéo à des instants ou à des endroits particuliers avec un pas fixe. Mais comme dans la vidéo en couleur nous avons trois composantes (Y U V) nous devons procéder à l'échantillonnage de ces trois composantes simultanément. Cependant, les caractéristiques de ces trois composantes ne sont pas les mêmes. Nous pouvons dès lors choisir le même pas d'échantillonnage pour les trois composantes comme nous pouvons choisir des pas différents. Ainsi, nous avons plusieurs formats d'échantillonnage des images d'une vidéo couleur :

- Format 4:4:4 : on prend pour chaque pixel de l'image en couleur les trois composantes YUV
- Format 4:2:2 : selon les lignes un pixel de l'image contient les trois composantes YUV alors que le pixel suivant ne contient que la composante Y. Autrement dit, nous aurons deux fois moins de U ou V par rapport à Y dans une image couleur.
- Format 4:2:0 : selon les lignes un pixel de l'image contient les trois composantes YUV alors que le pixel suivant ne contient que la composante Y. Selon les colonnes une colonne sur deux ne contient que la composante Y. Autrement dit, nous aurons quatre fois moins de U ou V par rapport à Y dans une image couleur.

Ainsi, après avoir numérisé une image nous obtenons ce que l'on appelle la définition d'une image représentée par le nombre de pixels par ligne et le nombre de pixels par colonne. Pour la vidéo cette définition est souvent normalisée. Nous avons donc les principales définitions normalisées:

- D1 : 720x576 pixels
- 4CIF :704x576 pixels
- 2CIF : 704x288 pixels
- DCIF : 528x384 pixels
- CIF : 352x288 pixels
- QCIF : 176x144 pxels

3.2. Aperçu sur la compression vidéo

La compression vidéo est basée essentiellement sur l'exploitation de deux types de redondances que l'on trouve dans les signaux vidéo à savoir :

3.2.1 La redondance spatiale

Appelée également redondance intra-image. Il s'agit de la grande similitude ou ressemblance (corrélation) entre les pixels voisins d'une même image. Dans ce cas nous pouvons traiter l'image, en vue de la compresser, comme s'il s'agit d'une image indépendante des autres. Alors, nous pouvons penser à la norme de la compression des images fixes à savoir la méthode JPEG (Joint Picture Expert Group). Cette technique est basée sur trois étapes à savoir une transformation linéaire en l'occurrence la DCT 2D (Discret Cosine Transform 2D). Cette transformation est appliquée simultanément à des blocs de 8x8 pixels de notre image. Ainsi, on obtient des blocs de 8x8 coefficients dans le domaine transformé. Cette opération ou étape aura pour intérêt de décorréler les coefficients voisins et de les concentrer dans les basses fréquences. On parle alors de matrices (ou blocs) creuses. Les deux autres étapes de la compression JPEG sont appelées successivement la quantification et le codage entropique. En effet, chaque bloc de 8x8 coefficients DCT est quantifié et traitées en utilisant un certain nombre d'opérations comme le balayage en zigzag le codage de Huffman …etc. L'objectif final est de produire un train de bits compressé appelé bitstream. Dans le cas d'une image en couleurs, une conversion d'espace couleur est d'abord appliqué. Ceci permet de convertir l'image RVB en un espace de couleur de luminance / chrominance (Y, Cr et Cb). Ceci est en lui-même une sorte de compression couleur. Ainsi en effectuant cette compression sur chacune des images de la vidéo indépendamment les unes des autres nous pouvons obtenir une compression vidéo de type M-JPEG.

3.2.2 La redondance temporelle

Dans la vidéo nous avons une cadence de 25images/s (dans certains pays il s'agit de 30 images/s). Autrement dit, entre une image et la suivante nous aurons 40ms. Ceci aura pour conséquence que les images voisines présenteront sans nul doute les mêmes objets avec très peu de changement. Les changements qui pourront être observés seront dus aux objets en mouvement. Il s'agit donc d'une grande redondance temporelle, appelée également redondance inter-image, qu'il est nécessaire d'exploiter afin de compresser beaucoup plus cette vidéo.

A cet effet et afin de pouvoir exploiter simultanément les deux types de redondance, il est nécessaire de prendre en considération, en vue d'une compression, un ensemble d'images voisines présentant certainement une grande redondance temporelle et spatiale. Cet ensemble d'images, souvent composé jusqu'à une douzaine d'images successives, est appelé GOP (Group Of Images). Une seule image de ce GOP, appelé de référence I ou Intra-coded Image est codée en Intra (comme le JPEG). Ensuite est afin d'exploiter au mieux la redondance temporelle entre les images successives il est intéressant de procéder en deux étapes à savoir :

- La prédiction basée sur l'image codée précédemment
- Le codage de l'erreur de prédiction

A titre d'exemple nous pouvons comparer les caractéristiques des deux principales normes de compressions vidéo à savoir le MPEG2 et H264 AVC[SUN 05].

	MPEG 2	H264 AVC
Format d'échantillonnage	4:2:0, 4:2:2	4:2:0, 4:2:2, 4:4:4
Type d'algorithme	Hybride exploitant redondance spatiale et temporelle	Hybride exploitant redondance spatiale et temporelle
Type d'image	I, P, B	I, P, B, SP, SI
Structure du macobloc	16x16 Y 8x8 U 8x8 V	16x16 Y 8x8 U 8x8 V
Précision de l'estimation de mouvement	Jusqu'à ½ pixel	Jusqu'à ¼ de pixel
Type de la transformée	Virgule flottante (DCT)	Entière
Codage entropique	VLC	CAVLC CABAC

Tableau II-1 : Principales caractéristiques des normes MPEG-2 et H.264 AVC

3.3. Les normes de compression vidéo

Il existe essentiellement deux grandes familles de normes de compression vidéo. La première famille est proposée par ITU-T (International Telecommunications Union-Telecommunications). La seconde famille appartient à l'organisation internationale de normalisation(ISO).

- *Les normes de l'ITU-T :* La première technique de compression vidéo à être normalisée était le H.261. Elle a été adoptée pour la visioconférence sur le réseau numérique à intégration de services RNIS(ISDN : integrated services digital network). La norme H.261a été adoptée comme un standard en 1990. Il a étéconçu pour fonctionner àpx64 kb / s avec p =1,2, ..., 30. En 1993, l'ITU-T a lancé un projet de standardisation dans le but principal de visiophonie sur le réseau téléphonique public commuté (RTC : il s'agit des lignes téléphoniques analogiques classiques), où le taux global de données disponibles est seulement environ 33,6kb / s. Ce standard est basé sur la norme de compression H.263et sa première phase a été adoptée en 1996. Une amélioration du H.263, à savoir le H.263version 2 (V2), a été finalisée en 1997, et un nouvel algorithme vient d'être récemment finalisé c'est le H.264/AVC.
- *Les normes de l'ISO :* LeMoving Pictures Experts Group (MPEG) a été créépar l'ISO en 1988 pour élaborer une norme de compression d'images animées et audio associé sur des supports de stockage numérique(CD-ROM). La norme qui en résulte, communément connu comme MPEG-1, a été finalisé en1991 et atteint environ la qualité vidéo et audio VHSet

audio à environ 1,5Mb/ s. MPEG-2, était une extension de la norme MPEG-1 développé pour la télévision numérique et pour de plus grand débits binaires. Aujourd'hui, une bonne partie des chaines de transmission de la télévision numérique, à travers le monde, sont basées le MPEG-2. Cependant, une autre norme a été lancée, connu sous le nom MPEG-4, pour offrir une meilleure efficacité de la compression et de qualité. De plus en plus de chaines de transmission TV commencent à adopter cette nouvelle norme.

Une association des deux équipe de standardisation à savoir ITU-T et ISO dans l'objectif de réaliser une amélioration significative de la compression a donné H.264 et MPEG-4 10, Advanced Video Coding(AVC).

Actuellement, les normes de compression vidéo qui sont les plus utilisés pour la communication vidéo et le streaming vidéo sont la norme H.263V2, la norme MPEG-4 et la norme H.264/MPEG-4AVC.

Standard de compression	Applications de base	Débit
H261	La téléphonie vidéo et de téléconférence sur RNIS	px64kbit/s
MPEG1	Stockage vidéo sur CDROM	1.5Mbits/s
MPEG2	Télévision Numérique	2-20Mbits/s
H263	La vidéo-téléphonie sur RTC	33.6kbits/s
MPEG4	contenu de synthèse, l'interactivité, le streaming vidéo	Variable
H264/MPEG4 AVC	Amélioration de la compression vidéo	10-100Mbits/s

Tableau II-2 :Les normes de compression vidéo

3.4. La norme de compression vidéo H262/MPEG2

Comme nous l'avons déjà mentionné les algorithmes de compression vidéo, en particulier la norme MPEG2, exploite essentiellement deux types de redondances à savoir la redondance spatiale ou intra-image et la redondance temporelle ou inter image :

3.4.1 Compression intra-image

Il s'agit dans ce cas d'une simple compression, de type avec perte, d'une image. C'est l'exemple typique du JPEG. Comme la majorité des méthodes de compression avec perte la compression intra-image est basée essentiellement sur trois parties :

a)- Une transformation orthogonale linéaire : dans ce cas il s'agit de la DCT2D (ou Discret Cosine Transform 2 dimensions). Son objectif est de passer du domaine direct dit spatial (image représentée par des pixels selon les lignes et les colonnes) fortement corrélé (les pixels voisins se ressemblent) à un domaine transformé (les coefficients de la DCT2D) ou les coefficients de la DCT2D sont relativement décorrélés. D'autre part, cette transformation va nous permettre d'obtenir des matrices de coefficients dites creuses (contenant très peu de valeurs significatives différentes de zéros toutes proches des fréquences du continu (0,0). A vrai dire, la DCT2D, dans le cas de cette compression intra-image, n'est pas appliquée directement à toute l'image mais elle est appliquée simultanément à des blocs de 8x8pixels de l'image originale. Autrement dit, on applique une DCT2D de dimensions 8x8 simultanément et indépendamment aux blocs 8x8pixels de l'image d'origine. Ceci dans l'objectif de diminuer le temps d'exécution et d'obtenir des matrices creuses. Respectivement la DCT2D et la DCT2D inverse pour des blocs de 8x8 sont données ci-dessous :

$$DCT2D(I_{originale}(x,y)) = F(u,v) = \frac{1}{4}C(u)C(v)\sum_{x=0}^{7}\sum_{y=0}^{7} I_{originale}\cos\left[\frac{\pi}{16}u(2x+1)\right]\cos\left[\frac{\pi}{16}v(2y+1)\right] \cdots (3)$$

Avec C(u)=C(v)= 1 si u≠0 ou v≠0 et $C(0) = \frac{1}{\sqrt{2}}$

$$DCT2D^{-1}(F(u,v)) = I_{originale}(x,y) = \frac{1}{4}C(x)C(y)\sum_{u=0}^{7}\sum_{v=0}^{7} F(u,v)\cos\left[\frac{\pi}{16}u(2x+1)\right]\cos\left[\frac{\pi}{16}v(2y+1)\right] \cdots (4)$$

Les blocs 8x8 des coefficients de la DCT2D obtenus sont en fonction de deux variables fréquences spatiales u et v. Le premier coefficient DCT2D est F(0,0) est appelé coefficient DC ou Directe Component (composante continue). Les 63 autres coefficients sont appelés AC ou Alternatif Components (Composantes alternatives).

b)- Une quantification : c'est la partie de la compression qui génère une certaine perte. Dans le cas du JPEG et bien sur la compression intra-image pour le MPEG2 la partie de quantification est effectuée grâce à une division des blocs de coefficients de la DCT2D 8x8 par une matrice dite de quantification notée Q(u,v). Cette matrice de quantification est choisie selon les caractéristiques de la vision humaine. Son objectif est de favoriser davantage les basses fréquences par rapports aux hautes fréquences. Ainsi, le bloc 8x8 résultat, que l'on note $F_{quantifiée}(u,v)$ contient que des valeurs entières significatives. Après cette division les coefficients de faibles valeurs sont annulés. La quantification est accompagnée toujours d'un balayage dit en zig-zag. Son objectif principal est de créer un ‘’bittstream’’. Autrement dit, nous allons passer d'une forme matricielle à un flux de données série.

$$f = \begin{bmatrix} 139 & 144 & 149 & 153 & 155 & 155 & 155 & 155 \\ 144 & 151 & 153 & 156 & 159 & 156 & 156 & 156 \\ 150 & 155 & 160 & 163 & 158 & 156 & 156 & 156 \\ 159 & 161 & 162 & 160 & 160 & 159 & 159 & 159 \\ 159 & 160 & 161 & 162 & 162 & 155 & 155 & 155 \\ 161 & 161 & 161 & 161 & 160 & 157 & 157 & 157 \\ 162 & 162 & 161 & 163 & 162 & 157 & 157 & 157 \\ 162 & 162 & 161 & 161 & 163 & 158 & 158 & 158 \end{bmatrix}$$

Figure II-2: Matrice de Quantification Q(u,v) 8x8

$$F_{quantifiée}(u,v) = Arrondie(\frac{F(u,v)}{Q(u,v)}) \quad \ldots (5)$$

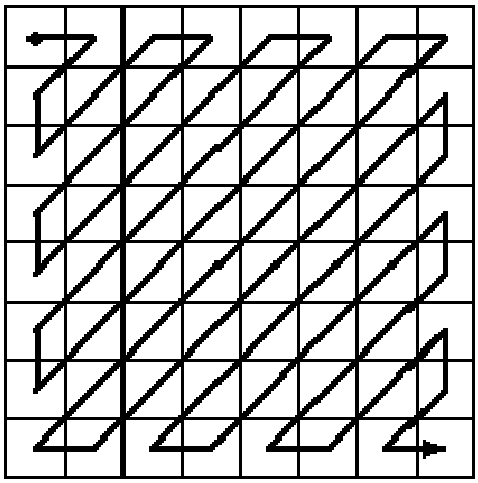


Figure II-3 : Principe du balayage zig-zag

c)- codage entropique : le flux de donnée obtenu après le balayage zig zag est ensuite compressé selon un algorithme RLE ou ‘’Run-lengthencoding’’ (codage par plages), puis un codage entropique de type Huffman ou arithmétique. Il s’agit essentiellement de méthode de compression sans perte.

3.4.2 Compression inter-image

Comme les images vidéo consécutives contiennent généralement les mêmes objets mais éventuellement à différents endroits spatiaux à cause du mouvement. Par conséquent, et afin d’améliorer la prédiction, il est important de commencer par estimer le mouvement de ces objets. Ceci est connu sous le nom d’estimation du mouvement ou ME (Motion Estimation). Quant au processus de prédiction avec compensation de mouvement il est connu sous le nom de ‘’*motion-compensatedprediction” ou MC-P*. L’une des techniques les plus utilisées dans le ME et MC-P est le block matching. Ainsi, l'image à coder est divisée en blocs de 16x16 pixels, et pour chaque bloc on essaye de prédire par optimisation la position de ce bloc dans l’image de référence précédemment codé. Le mouvement relatif de ce bloc entre les deux images est appelé vecteur de

mouvement.

Pour calculer la compensation de mouvement, on commence par une estimation du mouvement. Cette technique fonctionne en pré-calculant les vecteurs de mouvement. Pour cela on prend un bloc et on le compare dans un rayon donné à tous les blocs aux alentours dans l'image suivante. S'il correspond à un bloc alors on calcule le vecteur qui lui correspond. Ce vecteur permettra ensuite de déterminer la l'image P et l'image B suivante, bien plus aisément. En effet dans un GOP (Group Of Images) il ya trois types d'images de base à savoir:

- Intra-coded Images oules images I : Ces images sont codées indépendamment de toutes les autres images du même GOP.
- Predictively coded, or P-Image : elles sont codées de façon prédictive, en se basant sur l'image précédemment codée,
- bi-directionally predicted images, or B images : elles sont codées en se basant sur une prédiction bidirectionnelle à partir de l'image précédente et de l'image future.

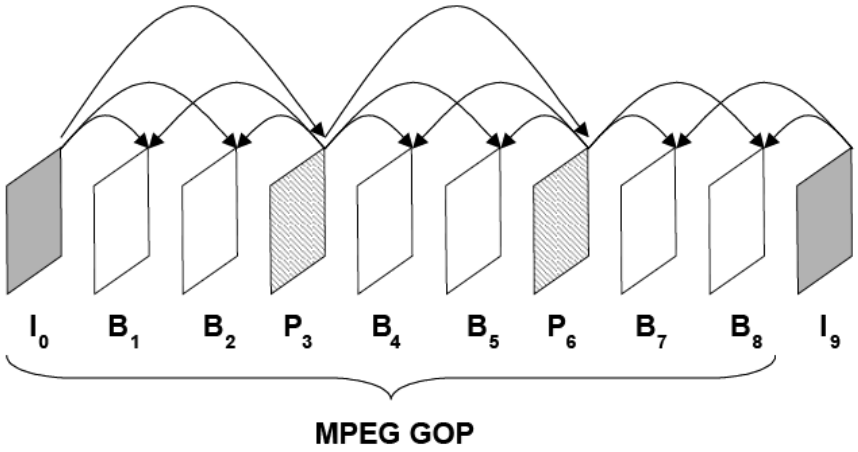


Figure II.4 : Exemple des prédictions dans un groupe d'images

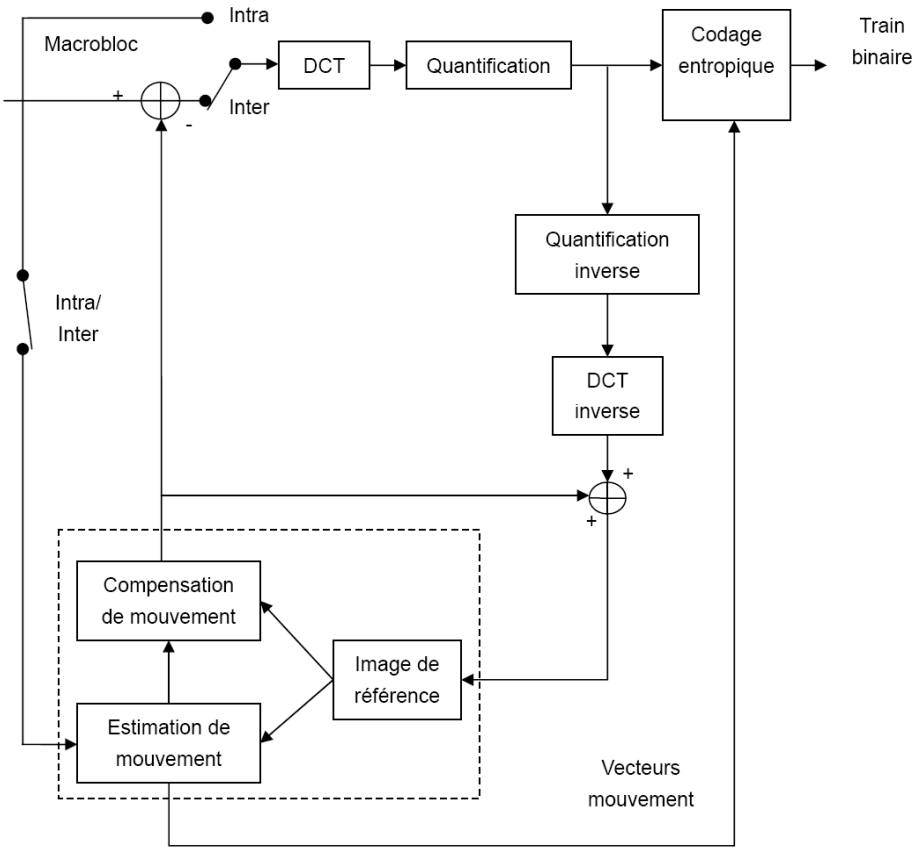


Figure II.5 : Schéma de principe des algorithmes de compression H263, MPEG2 [WEB 10]

3.5. La norme de compression vidéo H264 AVC

Elle est appelée également MPEG-4/Part 10 ou MPEG-4/AVC. Il s'agit d'une norme commune entre ITU et ISO à savoir '' Groupe commun ISO/ITU : JVT (Joint Video Team)''. Elle ne présente pas de compatibilité avec la norme précédente H.263/MPEG2 ou elle présente de très grandes modifications au niveau dans le codage afin de prendre en compte les contraintes matérielles.

Cependant, H.264 reprend d'une manière générale les mêmes principes de codage par bloc utilisés dans les normes de compression vidéo précédentes comme MPEG, H.261 et H.263. Ces étapes de base similaires aux normes précédentes sont essentiellement :

- Découpage en blocs et macro-blocs
- estimation de mouvement
- Compensation de mouvement
- Transformée, quantification et codage entropique pour les images Intra et les erreurs de prédictions.
- Découpage en macro-blocs 16x16 pixels
- Echantillonnage Luminance chrominance en 4:2:0 (les deux chrominances sont sous échantillonnée d'un facteur 2 en lignes et en colonnes par rapport à la luminance)
- Chaque macro-bloc peut être décomposé en sous blocs de taille variable.
- Un sous bloc 8x8 peut être décomposé lui-même en bloc 4x4
- L'unité de codage est le bloc 4x4

Mais à la différence du MPEG, qui utilise toujours comme référence (pour lacompensation de mouvement) l'image précédente, H.264 peut utiliser plusieurs images de référence. De même, pour le codage entropique deux nouveaux procédés sont définis à savoir:

- Le « Context Adaptive Variable LengthCoding » (CAVLC)
- Le « Context Adaptive Binary Arithmetic Coding » (CABAC). Le CABAC permet un gain supplémentaire de compression de l'ordre de 10 à 15% par rapport au CAVLC. Ceci permet d'encoder en moyenne moins d'un bit pour une information, c'est pourquoi on parle de compression statistique.

3.6. La norme de compression vidéo H265 HEVC

H.265/HEVC ou High EfficiencyVideoCoding (HEVC) est une norme de codage vidéo qui doit remplacer la norme H.264/MPEG-4 AVC (Advanced VideoCoding). Elle n'a pas encore été finalisée, sa finalisation est prévue pour l'année 2013, mais son développement se poursuit conjointement au sein de l'UIT-T et l'ISO. Son principal objectif est de compresser deux fois plus par rapport à la norme H264/AVC à qualité comparable. La norme HEVC sera utilisée pour la prochaine génération de système de compression.

4. Streaming vidéo

Les opérations de réception et d'affichage de l'information pendant que celle-ci est envoyée sont le processus de streaming. Ces informations sont généralement de type multimédia à savoir de l'audio, de la vidéo ou encore les deux à la fois. En effet, le transfert des autres types de données telles que les images ou le texte n'a pas besoin de ce type de transmission ou ils peuvent être d'abord téléchargés entièrement pour qu'en suite ils seront affichés et/ou traités. D'une autre manière, le streaming découpe les données en paquets tout en respectant la taille de la bande passante disponible entre le client et le serveur.

Souvent le streaming est utilisé pour une audio et/ou vidéo en temps réel. Autrement dit, les données multimédia en question sont captées et transmises simultanément. Ceci rajoute des contraintes supplémentaires sur la manière de transmettre ces données et de pouvoir les restituer au niveau du destinataire malgré tous les problèmes rencontrés dans les communications de types IP.

Sur le réseau Internet, le streaming peut être envoyé de deux façons : unicast et multicast.La technologie multicast permet l'envoi d'un même flux vidéo sur le réseau et la duplication aux utilisateurs de ce réseau différemment à l'unicast qui autorise l'envoi de flux vidéo séparément à chaque utilisateur.

4.1. Les contraintes sur le streaming vidéo

Il existe essentiellement trois problèmes fondamentaux qui sont posés dans le cas du streaming vidéo

- *Téléchargement d'un fichier vidéo :* Il s'agit certainement de la méthode la plus simple pour se procurer une vidéo sous internet. Evidemment, c'est un fichier comme un autre mais avec une taille relativement élevée. Dès lors, nous pouvons adopter des services TCP tels que FTP ou HTTP. Seulement, de gros fichiers, tels que les fichiers vidéo, nécessitent des temps de téléchargement relativement élevés et des supports de stockage importants. De même, tout le fichier doit être téléchargé avant de pouvoir le visionner.
- *Téléchargement en vidéo streaming:* L'idée de base du streaming vidéo est de diviser la vidéo en parties et de les transmettre. Au fur et à mesure que ces parties de la vidéo sont reçues le récepteur est autorisé à les décoder etles lire sans attendre la suite de la vidéo. Ainsi, le streaming vidéo peut théoriquement comprendre les étapes suivantes:
    - Partition la vidéo compressée en paquets
    - Début de téléchargement de ce paquets
    - Commencer le décodage et la lecture au niveau du récepteur alors que la vidéo est encore en cours de téléchargement.
- *Les délais de transmission (timeout) :* Soit Δ l'intervalle de temps entre deux images successives affichées. Par exemple, Δ est de l'ordre de 40ms pour 25 images par seconde, de l'ordre de 33ms pour 30 images/s et de l'ordre de 100ms pour 10 images/s. Chaque image doit être téléchargée et décodée. Toute donnée perdue durant la transmission ne peut pas être utilisée au niveau du récepteur. En outre, toute donnée qui arrive en retard est également inutile. Plus précisément, toutes les données qui arrivent après leurs délais de décodage et d'affichage ne peuvent pas être affichées. Par conséquent, un objectif important du streaming vidéo est de pouvoir satisfaire cette séquence de contraintes.

4.2. Problèmes fondamentaux en streaming vidéo

Il ya un certain nombre de problèmes fondamentaux qui affectent le streaming vidéo. Ces problèmes ne sont pas posés exactement de la même manière selon le type de réseau utilisé. En effet, un réseau local ne pose pas exactement les mêmes problèmes que l'internet. Un réseau local sans fil ad-hoc présente plus de contraintes qu'un réseau local filaire, etc. En effet, l'internet à titre d'exemple ne garantit pas une bande passante suffisante ou adaptée comme elle ne peut offrir aucune information sur le retard ou la perte de certains paquets. Autrement dit, ces caractéristiques sont inconnues et dynamiques. Par conséquent, un objectif clé de streaming vidéo est de concevoir un système de transmission fiable et de haute qualité essentiellement sur Internet lorsqu'il s'agit d'une bande passante, d'un retard et d'un taux de perte inconnus et/ou dynamiques. Un ensemble de difficultés liées au vidéo streaming sont données dans les points suivant :

- La bande passante disponible entre deux points dans l'Internet est généralement inconnue et variables dans le temps. Si l'émetteur transmet plus rapidement que la

bande passante le permet une congestion se produit, les paquets sont perdus et il y'aura une baisse sensible de la qualité vidéo. Il est donc nécessaire d'estimer la bande passante disponible ainsi que d'autres considérations doivent être aussi prises en compte.

- Le délai de bout en bout peut fluctuer d'un paquet à un autre. Cette variation du retard d'un paquet debout-en-bout est appelé gigue de retard. Cette gigue de retard est un problème compte tenu que le récepteur doit recevoir/décoder/afficher les images avec une vitesse constante, et tout retard d'une image dû à la gigue peut entraîner des perturbations dans la vidéo reconstruite. Souvent on fait appel à une mémoire tampon au niveau du lecteur (le récepteur) pour atténuer l'effet de la gigue.
- La perte de certains paquets présente souvent un effet destructeur sur la qualité de la vidéo reconstituée. Différents types de pertes de paquets peuvent se produire, selon le type de réseau. Pour lutter contre les effets de pertes, un système de streaming vidéo est conçu avec un contrôleur et correcteurs d'erreurs. Il existe surtout quatre approches pour le contrôle et la correction d'erreurs :
    - ''forward error correction'' (FEC),
    - ''Retransmissions'',
    - ''Error concealment'',
    - ''Error-resilient video coding''.

5. Transport du flux sur le réseau

Les différentes recherches menées sur le streaming ont donné naissance à de nombreux protocoles de transfert :

- les canaux DVB (Digital VideoBroadcast ou diffusion de la vidéo numérique) qui font appel à des méthodes de codage et de compression particuliers comme la technique MPEG-TS (Transport Stream),
- les multimédias fusionner sur Internet qui passent par RTP (Real-time Transport Protocol), avec l'utilisation supplémentaire de RTCP (Real-timeTransport Control Protocol), et RTSP (Real-Time Streaming Protocol).
- L'envoi des informations en mode streaming ne se limite pas à ces protocoles, ça peut être directement sur UDP, HTTP via TCP et qui sont généralement utilisés.

6. Protocoles de Communication

6.1. Protocoles de la couche transport

6.1.1 Protocole TCP:

a. Généralité

TCP « Transport Control Protocol » est un protocole de la couche transport (niveau 4) du modèle OSI. Il est orienté connexion. Il permet le transfert des données avec un contrôle et une reprise sur erreur. La taille minimum de son en-tête est de 20 octets qui contiennent en plus un

nombre d'option. TCP est incompatible avec le multimédia temps réel et les jeux en réseau. Plusieurs champs dans l'en-tête TCP sont indispensables (dont numéro de port et numéro de séquence), et devront se retrouver dans les protocoles de substitution UDP et RTP [SCH 03].

Le protocole TCP n'est que peu utilisé dans le cadre de la transmission de données audio de type « stream ». En effet, il n'a que peu d'avantages pour ce mode de transfert de données, et déborde d'inconvénients. TCP, bien que réputé fiable, ne convient pas à ce type de transmission pour plusieurs raisons:

- La première, est que lorsqu'il y a une perte de paquet (ou d'un ensemble de paquets).TCP doit attendre que la totalité des paquets soit retransmise, avant de le faire passer à la couche applicative. Lorsqu'il s'agit de données en temps réel, cela peut poser un problème de continuité dans le temps. En effet, il suffit d'imaginer que l'utilisateur est en train d'écouter un stream radio en TCP, et qu'un groupe de paquets soit perdus pour une raison quelconque. La destination du stream TCP demande donc la rémission des paquets perdus (modulo un timeout), ce qui fait que le stream radio devrait s'interrompre, le temps que le buffer de réception soit suffisamment rempli.
- Le deuxième problème de TCP est que lorsque les paquets n'arrivent pas dans l'ordre, il faut que le protocole les remette dans le bon sens avant de les faire remonter à la couche applicative. Pour que tout ceci se passe sans encombre, il faudrait créer un buffer de réception de taille considérable, et espérer que la gigue du réseau soit faible.
- De plus, TCP ne gère pas les transmissions multicast. Quand des données de la parole doivent être distribuées à plusieurs utilisateurs en même temps, le TCP a un autre inconvénient principal. Tandis que l'IP offre la distribution efficace des données en utilisant la multidiffusion, le TCP ne supporte pas ce service. Si les données doivent distribuer à plusieurs destinations en utilisant le TCP, elles doivent être faites en utilisant les connexions séparées de TCP. Ceci, naturellement, gaspille beaucoup de largeur de bande.

On remarque donc que les points forts pour lesquels TCP a été développé jouent en sa défaveur, pour tout ce qui concerne la transmission audio. On verra qu'UDP est particulièrement mieux adapté à ce type de communication.

- Le champ port de destination est le numéro de port où la source envoie l'information. Ce champ est codé sur 16 bits.
- Le champ port source est le numéro de port par lequel la source envoie l'information vers la destination. Le port est codé sur 16 bits.
- Le champ longueur d'en-tête codé sur 4 bits permet de repérer le début des données dans le paquet. Il pointe sur le commencement des données. Le décalage est essentiel car le champ d'options est de taille variable. Il donne la taille de l'en-tête en mots de 32 bits, calculé de la façon suivante : (le nombre d'octets d'en-tête) x 32 / 8.

b. Fonctionnement du TCP:

Quand nous pensons aux applications de VoIP qui devraient offrir le service de téléphonie, le TCP pourrait sembler un bon candidat pour transmettre les données de la parole. Il offre un service dans lequel la connexion peut être vue comme suite d'octets. Pour employer le TCP, une connexion est établie, des données sont échangées et une déconnexion est observée alors. Cette procédure rappelle immédiatement l'une des façons qu'un appel téléphonique est établi.

Quand il vient à la synchronisation, le service fiable de suite d'octet semble comme un bon point de départ: tous les paquets arrivent correctement dans le même ordre qu'ils ont été transmis. En outre, des données sont garanties pour arriver correctement, et aussi bonnes pour la transmission de voix. Le protocole a été construit dans le but d'offrir une bonne protection contre la saturation du réseau en tenant compte du flux et le contrôle de la congestion. Il y a cependant, plusieurs inconvénients à l'utilisation du TCP.

Quand nous éliminons le TCP, le seul protocole de base que nous pouvons employer est UDP. Ce protocole n'a presque aucune complexité du tout. C'est simplement une prolongation mineure à l'IP, ainsi il offre seulement un service « best effort ». Le protocole a l'avantage de ne pas attendre des retransmissions des paquets perdus. En outre, puisque c'est seulement une petite prolongation à l'IP, il peut se servir des dispositifs de multidiffusion d'IP et économiser la largeur de bande quand des données doivent être envoyées aux destinations multiples. Aussi bon que tout ceci peut sembler, il y a également quelques inconvénients : Le UDP ne fournit aucun mécanisme pour la synchronisation et de même pour le flux et le contrôle de la congestion.

Une solution à ces problèmes est de prolonger l'UDP légèrement: nous pouvons ajouter une information supplémentaire aux données de la parole et employer l'UDP pour distribuer cette information de commande et de parole. C'est en fait comment le protocole de transport en temps réel (RTP) fonctionne dans l'architecture de TCP/IP.

6.1.2 Protocole UDP

a. Généralité

UDP « User DatagramPacket » est un protocole de transport (couche 4) du modèle OSI. Contrairement à TCP, UDP a très peu d'options à gérer et l'en-tête des paquets UDP est beaucoup plus petit, ce qui contribue à rendre son traitement plus rapide. Le transport est en mode non connecté est donc non fiable et sans garantie de séquencement des datagrammes. Il n'y a pas de contrôle de reprise sur erreur, mais UDP indique qu'il y a eu erreur. Il apporte la possibilité de distinguer plusieurs destinations sur un même ordinateur. Un programme d'application qui utilise UDP doit gérer les problèmes de fiabilité, pertes de messages, duplications, retards, dé-séquencement et perte de connectivité. Chaque message UDP est appelé datagramme (datagramme UDP). Du point de vue conceptuel, le datagramme comporte deux parties ; un en-tête fixe (8 octets) et une zone de données.

La figure III.7 présente un paquet IP portant un datagramme UDP dans son champ de données. UDP étant un service sans connexion et non fiable, les datagrammes UDP sont beaucoup

plus simples que les segments TCP ; par exemple, ils ne contiennent pas de champ d'accusé de réception, de numéro de séquence, de fanions, etc.

Un datagramme UDP est uniquement doté d'un numéro de port source et de destination, d'un champ de longueur UDP, indiquant la taille du datagramme, et d'un champ de somme de contrôle pour la vérification d'erreurs. À la moindre erreur rencontrée, le datagramme est rejeté, sans aucune demande de retransmission [PAR 06].

Port source	Port destinataire
Longueur	Total de contrôle
Données	

Figure II-6 : Datagramme du protocole UDP

- *Le port source* est un champ optionnel. Lorsqu'il est significatif, il indique le numéro de port du processus émetteur en l'absence d'informations complémentaires, que toute réponse devra y être dirigée. S'il n'est pas utilisé, ce champ conservera une valeur 0.
- *Le port destinataire* a une signification dans le cadre d'adresses Internet particulières.
- *La longueur* compte le nombre d'octets dans le datagramme entier y compris le présent en-tête. (Et par conséquent la longueur minimale mentionnée dans ce champ vaut huit, si le datagramme ne transporte aucune donnée).
- *Le total de contrôle (Checksum)* se calcule en prenant le complément à un de la somme sur 16 bits des compléments à un calculé sur un pseudo en-tête constitué de l'information typique d'un en-tête IP, l'en-tête UDP elle-même, et les données, le tout additionné d'un octet nul éventuel afin que le nombre total d'octets soit pair.

b. Fonctionnement du protocole UDP:

Le pré-en-tête ajouté avant l'en-tête UDP contient l'adresse IP source, l'adresse IP destinataire, le code de protocole, et la longueur du segment UDP. Cette information permet d'augmenter l'immunité du réseau aux erreurs de routage de datagrammes. La procédure de calcul du Checksum est la même que pour TCP.

Si le calcul du checksum vaut zéro, il sera transmis tous ses bits à un (le complément à un). Un Checksum transmis avec une valeur zéro a effectivement une signification particulière. Dans ce cas, le segment indique qu'aucun Checksum n'a été calculé (pour des besoins de mise au point ou pour des protocoles de niveaux supérieurs qui rendent cette vérification inutile).

6.1.3 Comparaison entre TCP et UDP:

En raison de sa simplicité, UDP offre moins de possibilités d'attaques aux pirates que TCP (ils profitent de la grande variété des champs d'en-tête des segments TCP pour tester l'effet de valeurs inhabituelles ou incohérentes). L'utilisation de numéros de séquence rend difficile

l'insertion de faux segments au sein des échanges de paquets TCP. Pour que le segment intrus soit reconnu et accepté par le destinataire, le hacker doive lui attribuer le bon numéro de séquence ; or il s'agit là d'une opération très délicate. Avec UDP, par contre, l'insertion de datagrammes indésirables dans un flux de paquets ne pose pas de problème car le destinataire n'a aucun moyen de détecter la supercherie.

Le tableau suivant résume une comparaison entre TCP et UDP [PAR 06], [LAL]:

Protocole de transport	**TCP**	**UDP**
Utilisateur	Web, http, FTP, SMTP, POP, média à la demande	Téléphonie, média à la demande, temps réel, SNMP, RIP…..
Acquittement	Oui, de bout en bout	Non
Fiabilité	Protocole fiable, les paquets perdus sont réémis	Non fiable, pas de mécanisme de récupération des paquets
Contrôle de flux	Oui, contrôle automatique des congestions: «slow start»et «fenêtre de congestion»	Non.
Taille de l'en-tête	20 - 40 octets.	8 octets.
Compatible avec le multicast	Non, incompatible.	Oui.
Adaptation au temps réel	Impossible pour la téléphonie. Pas d'horodatage.	Utilisé avec RTP,

Tableau II-3 : comparaison entre TCP et UDP

6.2. Protocole de la couche application:

6.2.1 Protocole RTP

a. Généralité

RTP est un protocole qui a été développé au début des années 90, au sein de l'outil VAT (*Visual Audio Tool*). Le but de ce protocole est de transporter des données avec une garantie temporelle sur l'arrivée de ces données et d'organiser les paquets à l'entrée du réseau et de les contrôler à la sortie (de bout en bout).

RTP est un protocole qui a été développé par l'IETF afin de faciliter le transport temps réel de bout en bout des flots données audio et vidéo sur les réseaux IP, c'est à dire sur les réseaux de paquets. RTP est un protocole qui se situe au niveau de l'application et qui utilise les protocoles sous-jacents de transport TCP ou UDP. Mais l'utilisation de RTP se fait généralement au-dessus de UDP ce qui permet d'atteindre plus facilement le temps réel. Les applications temps réels comme la parole numérique ou la visio-conférence constitue un véritable problème pour Internet. Qui dit application temps réel, dit présence d'une certaine QoS que RTP ne garantit pas du fait qu'il

fonctionne au niveau Applicatif. De plus RTP est un protocole qui se trouve dans un environnement multipoint, donc on peut dire que RTP possède à sa charge, la gestion du temps réel, mais aussi l'administration de la session multipoint [ZEN 02].

b. Pourquoi le RTP:

RTP est volontairement incomplet pour s'adapter aux besoins des applications. Il sera intégré dans le noyau de l'application. RTP laisse la responsabilité du contrôle aux équipements d'extrémité. RTP, est un protocole adapté aux applications présentant des propriétés temps réel. Il permet ainsi de [PAR 06]:

- Reconstituer la base de temps des flux (horodatage des paquets : possibilité de resynchronisation des flux par le récepteur).
- Mettre en place un séquencement des paquets par une numérotation et ce afin de permettre ainsi la détection des paquets perdus. Ceci est un point primordial dans la reconstitution des données. Mais il faut savoir quand même que la perte d'un paquet n'est pas un gros problème si les paquets ne sont pas perdus en trop grand nombre. Cependant il est très important de savoir quel est le paquet qui a été perdu afin de pouvoir pallier à cette perte, et ce par le remplacement par un paquet qui se compose d'une synthèse des paquets précédant et suivant.
- Identifier le contenu des données pour leurs associer un transport sécurisé
- L'identification de la source c'est à dire l'identification de l'expéditeur du paquet.
- Transporter les applications audio et vidéo dans des trames (avec des dimensions qui sont dépendantes des codecs qui effectuent la numérisation). Ces trames sont incluses dans des paquets afin d'être transportées et doivent de ce fait être récupérées facilement au moment de la phase de dépaquétisation afin que l'application soit décodée correctement.
- En revanche, ce n'est pas "la solution" qui permettrait d'obtenir des transmissions temps réel sur IP. En effet, il ne procure pas de :
- Réservation de ressources sur le réseau (pas d'action sur le réseau);
- Fiabilité des échanges (pas de retransmission automatique, pas de régulation automatique du débit);
- Garantie dans le délai de livraison (seules les couches de niveau inférieur le peuvent) et dans la continuité du flux temps réel.

c. Datagramme de RTP:

RTP est en général utilisé avec UDP mais peut aussi être utilisé avec n'importe quel protocole orienté paquet de niveau inférieur car il est conçu pour être indépendant des protocoles et fonctionne aussi, par exemple, pour des transmissions ATM et IPv6. Ceci permet d'utiliser, dans le cas du réseau Internet, les fonctions de multiplexage et de détection d'erreur (cheksum) d'UDP. Quand un serveur veut envoyer un paquet, il prend son format de paquétisation, rajoute un en-tête spécifique au média transmis, rajoute l'en-tête RTP, l'insère dans une trame de niveau inférieur et

l'envoie à travers le réseau soit à un groupe multicast soit à une seule personne.

Chaque connexion établie avec un protocole point à point peut l'être en utilisant RTP. RTP est très utilisé au-dessus de TCP si on veut des transmissions audio et vidéo pour un petit nombre de client. L'en-tête de RTP a le format suivant:

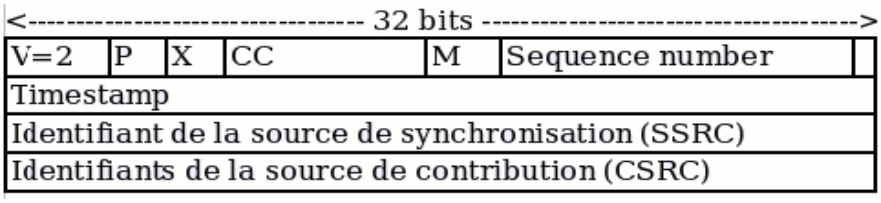


Figure II.7 : En-tête de RTP

- Le champ V (sur 2 bits) indique la version du protocole.
- Le bit P est placé à 1 pour le dernier paquet d'une unité de synchronisation, pour indiquer qu'il existe des octets à la fin du champ "Payload" et qui ne font pas partie du champ "Payload".
- Le bit X est un drapeau qui signale la présence d'une extension de l'en-tête située entre l'en-tête fixe et la charge utile.
- Le compteur CC indique la taille du champ CSRC, c'est-à-dire le nombre de sources contributives au flux. La taille de ce champ est de 4 bits donc il ne peut pas y avoir plus de 15 participants.
- Le bit M est utilisé pour indiquer le premier paquet d'un flux audio ou le dernier paquet d'une trame vidéo.
- Le champ payload type (PT) identifie sur 7 bits le type de média et les techniques de codage et de compression utilisées pour ce paquet. A une instante donne, un émetteur n'est supposé transmettre qu'un seul type de charge utile (payload), bien qu'en fait la nature de cette charge puisse changer lors des transmissions (pour s'adapter à des baisses de capacité de transmission par exemple). Voici quelques normes de codage reconnus dans les paquets RTP : PCMU, 1016, G.721, GSM, DV14, LPC, PCMA, G.722, L16, MPA, G.728, CelB, JPEG, H.261, MPV, MP2T. Des types dynamiques de charge peuvent être définit pendant les sessions. Ce champ permet de définir la manière dont une trame doit être transmise dans le réseau.
- Le champ *sequencenumber* s'incremente séquentiellement d'un paquet à l'autre et est utilisé pour détecter les pertes et remettre les paquets dans l'ordre.
- Le champ *timestamp* est implémenté suivant la fréquence du média et indique l'instant où la trame a été générée. Il sert à tenir compte des variations de délais, qui sont inévitables lors des transmissions TCP/IP. Les paquets sont transmis à intervalle de temps régulier par l'émetteur, mais peuvent être reçus à des intervalles différents par le récepteur. L'étiquette de temps va permettre aux récepteurs de reconstruire les liens temporels entre les paquets.
- Le champ *SSRC* permet de distinguer les utilisateurs d'un même groupe Multicast (numéro de synchronisation aléatoire). Cet identificateur permet de différencier les flux provenant des mêmes convertisseurs et brasseurs et d'associer les rapports de réception aux sources émettrices. Dans le cas ou 2 utilisateurs auraient le même SSRC, ils se font attribuer chacun un

nouveau SSRC, selon le principe d'unicité d'un SSRC au sein d'une session. Ce champ de 32 bits permet de tracer les paquets, d'identifier la source du flux par un numéro d'identification indépendant de l'adressage réseau.

- Le champ *CSRC* est une liste qui donne tous les SSRC contribuant au flux multimédia. Par exemple pour les conférences audio, il a listé tous les intervenants actifs. La longueur de la liste est dynamique (la liste peut aussi être vide).
- *Header extension* est un champ utilisé si la charge utile demande des en-têtes spécifiques au média.
- *Payload* est la charge utile. Les formats des charges utiles RTP sont par exemple H.263, H.261, JPEG et MPEG.

Pour un protocole efficace, il faut minimiser les points de multiplexage. Dans RTP, le multiplexage est basé sur l'adresse transport de destination composée de l'adresse réseau IP et du numéro de port UDP. Dans une téléconférence audio et vidéo codées, chaque média doit être transporté par une session RTP séparée avec sa propre adresse transport de destination pour éviter l'occurrence de problèmes.

L'en-tête actuel des paquets RTP est supposé être complète, cependant, il est possible de modifier et d'ajouter des champs à cet en-tête défini dans une spécification d'un profile.

6.2.2 Protocole RTCP:

a. Généralité

RTCP, un protocole fonctionnant avec RTP au service des applications de réseau multimédias. Les émetteurs et les récepteurs envoient périodiquement des paquets RTCP aux groupes Multicast. Ces groupes reçoivent les paquets RTP (sur des ports UDP différents de des données). Chaque paquet RTCP contient généralement un rapport d'émission ou de réception suivi d'une description de la source.

RTCP transmet périodiquement des paquets de contrôle aux participants, utilisant les mêmes moyens de diffusion que RTP, simplement avec un numéro de port différent. RTCP permet de recevoir des informations de retour des participants, grâce aux messages "sender report" et "receiver report" [MAR 06].Les objectifs qui ont poussé son développement sont les suivants :

- Établissement et maintien d'un chemin unique pour un flot de données,
- Élaboration d'un système d'ordonnancement des paquets,
- Création d'un module de contrôle gérant les ressources des différents nœuds du réseau.

b. Fonctionnement du RTCP:

RTCP transporte les informations supplémentaires suivantes pour la gestion de la session :

- Les récepteurs utilisent RTCP pour renvoyer vers les émetteurs un rapport sur la QoS. Ces rapports comprennent le nombre de paquets perdus, le paramètre indiquant la variance d'une distribution (plus communément appelé la gigue : c'est à dire les paquets qui arrivent régulièrement ou irrégulièrement) et le délai aller-retour. Ces informations permettent à la source de

s'adapter, par exemple, de modifier le niveau de compression pour maintenir une QoS.

- Une synchronisation supplémentaire entre les médias. Les applications multimédias sont souvent transportées par des flots distincts. Par exemple, la voix, l'image ou même des applications numérisées sur plusieurs niveaux hiérarchiques peuvent voir les flots gérés suivre des chemins différents.
- L'identification car en effet, les paquets RTCP contiennent des informations d'adresses, comme l'adresse d'un message électronique, un numéro de téléphone ou le nom d'un participant à une conférence téléphonique.
- Le contrôle de la session, car RTCP permet aux participants d'indiquer leur départ d'une conférence téléphonique (paquet Bye de RTCP) ou simplement de fournir une indication sur leur comportement.
- Le protocole RTP demande aux participants de la session d'envoyer périodiquement les informations citées ci-dessus. La périodicité est calculée en fonction du nombre de participants de l'application. Tandis que les paquets RTCP ne transportent en temps réel, que de la supervision.
- Il existe différents types de paquets RTCP pour chaque type d'information [HAD 06]:
  - 200 : rapport de l'émetteur (SR : Sender report) statistiques de transmission et de réception pour les participants qui sont des émetteurs actifs.
  - 201 : rapport du récepteur (RS Receiver report) statistiques de réception pour les participants qui ne sont pas des émetteurs actifs.
  - 202 : description de la source (SDES Source description) Descripteurs de source.
  - 203 : au revoir (BYE) fin d'une participation.
  - 204 : application spécifique (APP) Fonctions spécifiques à une application.

c. Datagramme de RTCP:

Chaque paquet RTCP commence par une partie fixe, suivie par des éléments structurés qui peuvent être de longueur variable selon le type de paquet, mais toujours terminé sur une frontière de 32 bits. Plusieurs paquets RTCP peuvent être concaténés sans séparateur pour être envoyés dans un seul paquet UDP (paquet composé).

L'entête RTCP comportera donc des informations différentes selon le type de paquet RTCP. La partie commune de l'entête contient les informations suivantes:

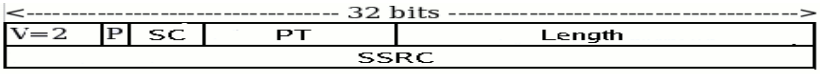


Figure II.8 : En-tête RTCP

- *V :* Ce champ, codé sur 2 bits, permet d'indiquer la version de RTP, qui est la même que dans les paquets RTCP. Actuellement, V=2.
- *P :* Ce bit indique, si il est à 1, que les données possèdent une partie de bourrage.
- *SC :* Ce champ, basé sur 5 bits, indique le nombre de blocs de rapport de réception

contenus en ce paquet. Une valeur de zéro est valide.

- *PT :* Ce champ, codé sur 1 octet, est fixé à 200 pour identifier ce datagramme RTCP comme SR.
- *Longueur (length) :* Ce champ de 2 octets, représente la longueur de ce paquet RTCP incluant l'entête et le bourrage.
- *SSRC :* Basé sur 4 octets, ce champ, représente l'identification de la source pour le créateur de ce paquet SR.

Pour conclure, RTP nécessite le protocole de transport UDP, (en-tête 8 octets), qui fournira les numéros de port source et destination nécessaire à la couche application. Pour l'instant le protocole RTP se trouve au-dessus de UDP. Ces deux protocoles sont adaptés pour la transmission de données temps réel. Cependant, ils fonctionnent en stratégie bout à bout et donc ne peuvent contrôler l'élément principal de la communication : le réseau.

Ces protocoles sont principalement utilisés en visioconférence. Pour le transport de la voix, ils permettent une transmission correcte sur des réseaux bien ciblés. C'est-à-dire, des réseaux qui implémentent une qualité de service adaptée. Des réseaux bien dimensionnés (bande passante, déterminisme des couches sous-jacentes, ...) peuvent aussi se servir de cette solution [SCH 03].

6.2.3 Le protocole IPv6

Le protocole IP version 6, élaboré par l'IETF au milieu des années 90, est la prochaine version du protocole IP. Il est conçu pour répondre à ces exigences et permettre le retour à un environnement mondial où les règles d'adressage du réseau seront de nouveau transparentes pour les applications. On peut donc se demander, quelles seront les potentialités de l'IPv6 et si, à court terme, ce protocole remplacera définitivement son prédécesseur.

La version 6 du protocole Internet comble beaucoup de lacunes de la version précédente, IPv4. Outre la plage d'adresses largement étendue (3,4^1038), la mise en place des sous réseaux et tables de routage est bien plus aisée, les paquets peuvent être plus petits et il est parfaitement adapté aux postes mobiles [PAR 06].

IP version 6 doit résoudre le nombre d'adresse en proposant des adresses longues de 128 bits. Les adresses s'expriment en hexadécimal, par paquets de 16 bits. La nouvelle version du protocole IP s'inscrit comme l'évolution naturelle et normale du protocole IP. Cette évolution supportée par les grands constructeurs se fera progressivement, ceci pour supplanter les faiblesses d'IPv4. IPv6 est conçu pour fonctionner aussi bien sur des réseaux à très hauts débits comme ATM que sur des réseaux à faible bande passante tels que les réseaux sans fils.

6.2.4 Real Time Streaming Protocol: RTSP

Le protocole RTSP a été développé par RealNetworks, Netscape Communications et Columbia University au sein du groupe MMUSIC working group de l'Internet Engineering Task Force (IETF). RTSP est un protocole de niveau applicatif, au-dessus du protocole TCP. Il utilise les protocoles RTP et RTCP.

Parmi les fonctionnalités de protocole RTSP, nous citons :

- La recherche des médias sur des serveurs multimédia
- Faire des invitations à des serveurs médias pour rejoindre des conférences, …
- Utiliser dans des applications unicast et multicast
- Contrôler et synchroniser la distribution de flux audio et vidéo (streaming) sur un réseau IP

7. Peer-to-Peer:

L'anglicisme de modèle d'architecture de système d'information «peer-to-peer» est connu par plusieurs noms «Pair à Pair», «Égal à Égal», «P2P» ,«Point à Point» ou bien «Post à Post». Le principal objectif de ce modèle est l'optimisation de l'échange de ressources sur le réseau. Les réseaux P2P facilite la communication et le partage de l'information de type fichiers, calculs, multimédia en streaming.

L'architecture est proche d'un modèle client-serveur mais chaque ordinateur joue le rôle d'un fournisseur et consommateur. La majorité des réseaux P2P fonctionnent en mode synchrone : le transfert des données se fait pour les éléments connectés en même temps au réseau.

Les principaux protocoles utilisés pour les réseaux P2P sont le protocole TCP (couche de transport de données) ainsi que le protocole UDP qui est généralement utilisé pour le streaming, ainsi que pour la transmission des messages entre les serveurs à cause de sa rapidité mais il est moins fiable.

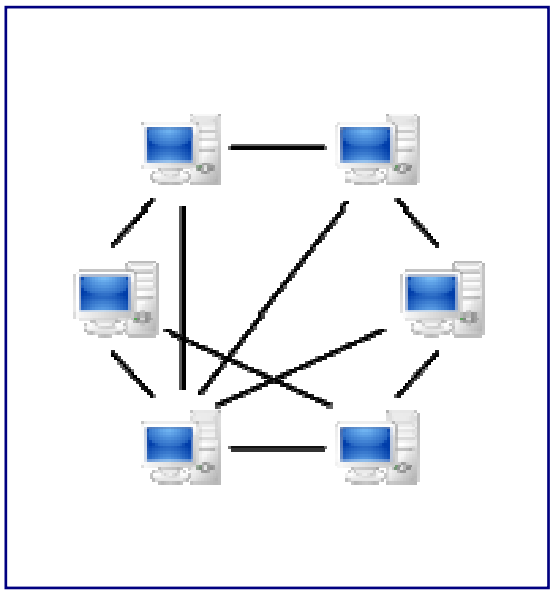


Figure II-9 : Un réseau de type client-serveur

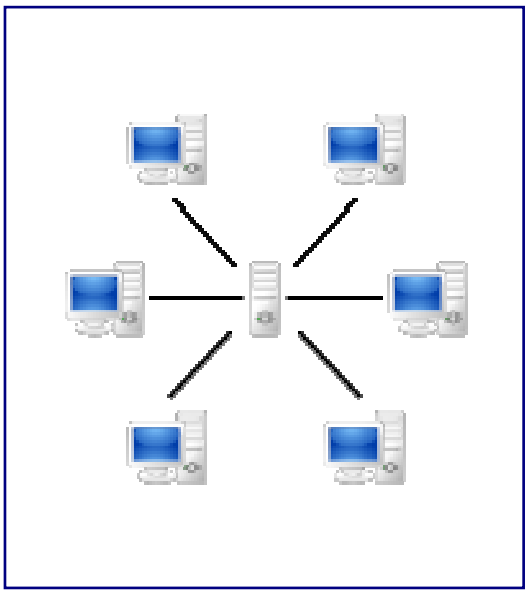


Figure II-10 : Un réseau pair-à-pair

8. Les topologies du streaming P2P :

Deux modèles gouvernent le streaming p2p sont le Mesh-Based et le Tree-Based.

8.1. Topologie mesh:

La topologie maillée (mesh) est une topologie dont les nœuds sont connectés de proche en

proche avec en leur cœur une infrastructure fixe, mais "sans fil". Cette approche présente la dynamique très forte des nœuds et de leur hétérogénéité (matérielle, logicielle, connectivité et usage) ce qui permet l'échange périodique d'information sur l'ensemble des nœuds. Cette caractéristique permet la diffusion de l'information à tous les nœuds.

Ce qui concerne le streaming vidéo sur le mesh, il n'existe aucune instructions pour la construction de la topologie dans un autre sens, cette topologie est construite d'une manière aléatoire. Chaque nouveau nœud se connecte à un ensemble de voisins (aléatoirement), quand la connexion est établie le nouveau nœud commence l'échange de l'information (blocs vidéo dans le streaming vidéo). Il existe des algorithmes de sélection de nœuds et de blocs qui permettent la circulation des paquets dans le réseau.

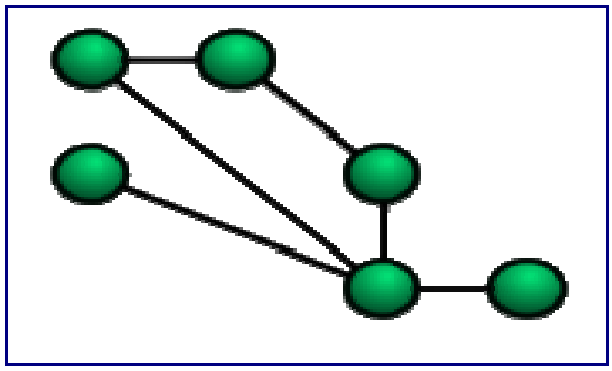


Figure II-11 : Image contenant la topologie mesh

8.2. Topologie Arbre

La topologie arbre est une topologie dont les nœuds sont organisés comme un arbre ou une arborescence. D'une autre manière; le nœud source (père ou parents) crée l'arbre et les nœuds qui viennent deviennent ses descendants (enfants/fils).

L'échange de la vidéo entre les nœuds de l'arbre se fait en cascade, à un seul sens des parents aux enfants. Chaque nœud de l'arbre (parent) retransmet autant de copies du bloc reçu aux enfants qu'il contient.

L'inconvénient de cette topologie situe dans le cas si le nœud «père» tombe en panne cela causera une rupture dans la distribution de la vidéo à tous ses fils

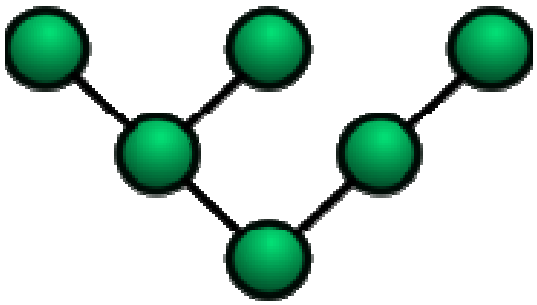


Figure II-12 : Image contenant la topologie arbre

9. Différences entre Peer-to-Peer et MANET:

Le tableau suivant résumé les points essentiels des différences entre Peer-To-Peer (P2P) et les réseaux Ad Hoc mobile (MANET)

Différences	**Peer-to-Peer**	**MANET**
Raison de création	Recherche et partage de ressources sur internet	inter-connexion de terminaux pour établir une connexion
Connexion entre les nœuds	Filaire et directe sur la couche application	Sans fil impliquant plusieurs nœuds intermédiaires
Fiabilité des connexions	Haute, grâce aux liens filaires	Faible, due aux liens radio
Structure	Sur-couche virtuelle indépendante de la couche physique	La couche logique correspond a la structure physique
Taille du réseau physique	Peut couvrir le monde	Les nœuds sont densément distribues
Routage des requêtes	S'arrête quand sont TTL est nul	S'arrête si la destination est trouvée
Mobilité des nœuds	Fixe	Mobile
Disponibilité des ressources	Pratiquement illimitée	Très limite

Tableau II-4 : MANETs/P2P : Différences [NAF 09]

10.Similitudes Peer-to-Peer MANET:

Nous résumons les points essentiels de la similitude entre Peer-To-Peer (P2P) et le réseau Ad Hoc mobile (MANET) dans le tableau II.5.

Similitudes	**Peer-to-Peer**	**MANET**
Routage de base	Diffusion virtuelle et inondations	Diffusion et inondations physiques
Topologie	Plate et changeant fréquemment.	Plate et changeant fréquemment.
Fiabilité des nœuds	Faible	Faible
Connexion	Saut par saut via des liaisons filaires, portée illimitée	Saut par saut via liens radio, limites par leur portée
Accès au réseau	Via portail (Un nœud phare)	Via portail (Canal broadcast)
Passage a l'échelle	Limitée par le trafic de contrôle	Limitée par l'overhead causé par le routage
Gestion du réseau	QoS et AAA difficiles car pas d'entité centrale de contrôle	QoS et AAA difficiles car pas d'entité centrale de contrôle
Sécurité	Pas de sécurité (IPSEC) utilisable au niveau réseau	Pas de sécurité en couches basses implémentée jusqu'alors

Tableau II-5: MANETs/.P2P: Similitudes[NAF 09]

11.Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté, succinctement les points les plus pertinents et les plus importants sur le streaming vidéo. Nous avons essayé de mettre l'accent sur sa technologie, ses protocoles, ses topologies, et bien sur son évolution. Pour pouvoir atteindre cet objectif nous avons donné un aperçu sur la compression vidéo et plus particulièrement la norme H264 AVC qui est l'une des normes les plus récentes dans ce domaine.

Nous avons également insisté sur les protocoles de communications utilisés entre autres dans les réseaux de communication mobiles sans fil.

CHAPITRE III

LES METRIQUES DE LA QUALITE DE SERVICE

1. Introduction

L'Internet et les technologies de communication IP ont été développés dans le seul but de fournir un service d'acheminement de trames au mieux des possibilités du réseau vers le destinataire. Cependant, l'apparition de nouvelles utilisations en temps réel, telle que la vidéo ou la voix sous IP, qui n'ont pas été prévues initialement a montré le besoin d'une plus grande qualité de service pour ce type de flux qualifié de critique. Il est donc nécessaire que le réseau arrive à traiter différemment les trames les unes par rapport aux autres en fournissant à un flux plus de ressources en fonction de son importance. A cet effet, des améliorations sont apportées dans ce but aux protocoles de couche 2 et 3 ainsi qu'aux mécanismes de commutation et routage utilisés dans le réseau.

Nous nous intéressons dans ce chapitre aux métriques de la qualité de service QoS (Quality of Service) permettant d'évaluer les performances d'une transmission de type streaming surtout en temps réel. Cette notion de qualité de service aura davantage de contraintes à confronter lorsqu'il s'agit de réseaux ad-hoc. Plusieurs modèles d'architecture de la QoS sont proposés dans la littérature scientifique. Des solutions sont adoptées afin d'optimiser ces paramètres de la QoS surtout en streaming vidéo et pour des réseaux ad-hoc.

2. Qualité de service ou QoS **[BRA 07,MER 05,ASH 07,BEU 04,WEB11]**

Son principal objectif est d'arriver à favoriser certains flux au détriment des autres flux dans le cas de congestions dans le réseau. Ceci en jouant sur la bande passante allouée à chaque flux ou encore en contrôlant les paramètres de latence et de gigue. En effet, dans un cadre classique et lorsque nous sommes en face d'une congestion ou surcharge d'un réseau tous les flux présents à l'entrée d'un équipement (un routeur ou un nœud par exemple) sont tous rejetés sans aucune distinction. A cet effet, l'objectif de la QoS est de ne pas rejeter les flux définit comme étant pertinent par l'administrateur du réseau.

La QoS (Quality of Service ou encore Qualité de Service) désigne donc la capacité à fournir un service conforme à des exigences en matière de temps de réponse et de bande passante. La QoS, appliquée aux réseaux à commutation de paquets basés sur l'utilisation de routeurs, désigne l'aptitude à pouvoir garantir un niveau acceptable de perte de paquets, défini contractuellement, pour un usage donné essentiellement pour des applications en temps réel concernant la voix sur IP et la vidéo sur IP. En effet, contrairement aux réseaux à commutation de circuits, tels que le réseau téléphonique commuté (RTC), où un circuit de communication est dédié pendant toute la durée de la communication, il est impossible sur internet de prédire le chemin emprunté par les différents paquets.

La QoS est donc un ensemble d'outils permettant de mieux gérer et de mieux contrôler le réseau en réglant la bande passante, le délai, la gigue et la perte de paquets. La qualité de service n'appartient pas à une couche particulière du modèle OSI mais elle demande des efforts coordonnés de toutes les couches.

2.1. Niveaux de service

Généralement on définit trois niveaux de QoS à savoir:

- Meilleur effort (*best effort*), ne fournissant aucune différenciation entre plusieurs flux réseaux et ne permettant aucune garantie. Ce niveau de service est ainsi parfois appelé *lack of QoS*.
- Service différencié (en anglais *differenciated service* ou *soft QoS*), permettant de définir des niveaux de priorité aux différents flux réseau sans toutefois fournir une garantie stricte.
- Service garanti (en anglais *guaranteed service* ou *hard QoS*), consistant à réserver des ressources réseau pour certains types de flux. Le principal mécanisme utilisé pour obtenir un tel niveau de service est RSVP (*Resource reSerVation Protocol*, ou *Protocole de réservation de ressources*).

Notons que dans le cadre classique les équipements réseaux possèdent tous un buffer ou mémoire tampon (une file d'attente) dans lequel ils mémorisent les paquets arrivant progressivement. S'il y'a saturation de ce buffer alors les paquets suivants seront automatiquement rejetés sans aucune distinction. Un bon nombre d'algorithmes de gestion de files d'attente sont proposés et utilisés. Nous citons entre autres :

- First In First Out (FIFO)
- Custom Queuing (CQ)
- Priority Queuing (PQ)
- Weighted Fair Queuing (WFQ)
- Class-based Weighted Faire Queuing (CBWFQ)
- … etc

La mise en place de files d'attentes au niveau des équipements ne permet pas de résoudre le problème de saturation de celles-ci. Lorsque cela se produit, tous les nouveaux paquets qui arrivent sont systématiquement rejetés.
La QoS interne à l'équipement va permettre de créer plusieurs files d'attente et d'utiliser des algorithmes bien précis permettant de vider certaines files plus rapidement que d'autres c'est-à-dire les flux les plus pertinents.Il existe donc des mécanismes qui permettent d'indiquer à l'équipement quels paquets rejeter en fonction des priorités affectés. Bien entendu, les paquets étant identifiés comme moins prioritaires auront plus tendance à être rejetés qu'un paquet marqué prioritaire.
Parmi ces mécanismes on distingue principalement :

- Random Early Detection (RED)
- Weighted Random Early Detection (WRED)

Au-delà du traitement interne effectué par les équipements, il est intéressant de se pencher sur l'utilisation des liens réseaux et la gestion de la bande passante pour les différents types de flux afin

d'anticiper les cas de congestion et de préparer le trafic. Il existe principalement deux types de comportements :

- Le « Traffic Shaping » : le concept est relativement simple. L'administrateur définit une bande passante maximale pour un flux donné. Lorsque le débit du flux concerné vient à dépasser ce seuil, les paquets sont mis en files d'attente et leur transmission retardée.
- Le « Traffic Policing » : cette approche est similaire au shaping, excepté le fait que les paquets arrivant une fois que le seuil de bande passante réservée est dépassé sont rejetés.

L'ensemble des concepts présentés précédemment forme donc un préambule à la QoS et à son implémentation sur un réseau IP. En règle générale, on évoque principalement deux approches de gestion de la QoS, qui mettent en œuvre certains ou tous les concepts évoqués précédemment :

- DiffServ : Consiste à affecter les priorités au niveau d'un champ de l'entête IP appelé DSCP. L'identification et le marquage du paquet est donc fait en entrée de réseau et les nœuds intermédiaires ou de cœur du réseau se contente d'appliquer les politiques de gestion du flux en fonction de cette valeur.
- IntServ : Consiste à réserver les ressources nécessaires au niveau de tous les nœuds du réseau avant de faire transiter les flux. Cette approche repose sur l'utilisation du protocole RSVP (ReSource reserVation Protocol) qui induit alors une couche de contrôle d'admission supplémentaire pour s'assurer que la bande passante requise est bien disponible à un instant T.

3. Qualité de service dans les réseaux locaux sans fil

La standardisation des réseaux locaux 802.11 a permis la prise en compte de différentes classes de service. Le standard 802.11 entre autre définit une extension de l'en-tête de la trame de trois bits permettant de coder un niveau de priorité parmi huit. Cette priorité, utilisée par certains commutateurs, arrive à mettre les trames dans des files d'attente de priorités relatives différentes. Une certaine qualité de service est ainsi garantit. Seulement, cette garantit de priorité est relative compte tenu du caractère aléatoire de la méthode d'accès au support.

En ce qui concerne les réseaux ad hoc des travaux qui ont été réalisés pour offrir une meilleure qualité de service pour les applications multimédia. Ces propositions reposent sur certains aspects liés aux réseaux ad hoc qui sont, les modèles de qualité de service pour les MANETs en plus de l'introduction de la différenciation de service au niveau de la couche MAC. Ces travaux se sont inspirés de ce qui a été réalisé pour les réseaux filaires pour intégrer les aspects tels que :

- L'adaptation de la puissance d'émission en maximisant cette puissance pour les trafics prioritaires ;
- Le partage de charge entre les différents nœuds du réseau
- L'économie de batterie en essayant de trouver le chemin le plus court afin d'économiser l'énergie consommée.

4. Modèles de QoS dans les réseaux ad hoc [BRA 07,WEB11,MER 05,ASH 07]

A l'origine l'Internet avait comme seul objectif l'acheminement des paquets vers leur destinataire. Ainsi, la transmission IP, dédiée pour le transport asynchrone des données, n'est pas prévue pour des applications en temps réel comme la vidéo ou la voix. Tous les flux, quelle que soit leur nature, sont traités d'une manière identique. Ils sont alors stockés dans la file d'attente selon le principe **FIFO** (First In First Out). Le temps de transmission s'avère donc très long et variable d'une part et d'autre part il est accompagné de retard et de pertes de certaines trames peut-être long et surtout il n'est pas constant d'où l'apparition de **Gigue**, phénomène auquel la transmission multimédia et en particulier la transmission audio est très sensible. Afin de surmonter tous ces problèmes et handicaps nous avons besoin d'une véritable rénovation de l'architecture. Des modèles de la qualité de service ont été alors proposés et adoptés.

Un modèle de qualité de service décrit un ensemble de services bout-en-bout, qui permettent aux clients de sélectionner un nombre de garanties qui gouvernent des propriétés telles que le temps, l'ordonnancement et la fiabilité. Le modèle de qualité de service spécifie l'architecture qui va nous permettre d'offrir un servicemeilleur que celui offert par le modèle best-effort traditionnel. Cette architecture doit prendre en considération les défis imposés par les réseaux ad hoc, comme le changement de la topologie et les contraintes de délai et de fiabilité. Cependant, des modèles tels que Intserv/RSVP (Integrated Service, protocole inclus dans **RSVP**, Ressource Reservation Protocol), qui repose essentiellement sur un mécanisme de **réservation des ressource et qui a été** proposés initialement pour les réseaux filaires, ne prennent pas en compte les contraintes de limitation de ressources imposées par les réseaux ad hoc.

4.1. Le modèle Intserv / RSVP

Définit dans le RFC 1633, IntServ propose de réserver des ressources dans les nœuds du réseau avant de commencer à les utiliser. Il se base sur le protocole RSVP permettant de faire la réservation pour les flux QoS. L'architecture Intserv s'organise autour du concept de flux prioritaire et critique ayant besoin d'une certaine qualité de service. Afin de satisfaire la QoS demandée Intserv doit réserver des ressources nécessaires via le protocole de réservation de ressources nommé RSVP. Le signal RSVP étant constitué par l'information de contrôle de la QoS, celui-ci propose des directives afin de mettre en place la réservation mais ne dit pas comment la mettre en place, ce domaine étant réservé aux routeurs du réseau qui prennent en compte la signalisation RSVP. Pour se faire, les routeurs disposent de quatre fonctionnalités :

- Le classificateur permet de classer chaque paquet entrant dans le routeur selon sa priorité.
- L'ordonnanceur gère la sortie des paquets IP vers l'extérieur du routeur.
- Le contrôle d'admission, décide lui, si la réservation d'un flux peut être acceptée en fonction de celles déjà existantes sur le réseau.

- Le processus de réservation RSVP permet de créer et de mettre à jour les états concernant la réservation dans le routeur pour les chemins utilisant la qualité deservice.

IntServ définit deux types de service :

- Guaranteed Service (GS) qui garantit la bande passante et un délai d'acheminement limité de bout en bout.
- Controlled Load (CL) qui est équivalent à un service Best Effort dans unenvironnement non surchargé et offre un contrôle sur les débits disponibles.

4.2. Le protocole RSVP

RSVP, défini dans le RFC 2205, est un protocole de signalisation pour allouer dynamiquement de la bande passante et garantir un délai pour des applications de l'internet. La demande de QoS ne se fait pas par la source mais par le récepteur. En effet, il apprend par un mécanisme hors bande les besoins de l'application. Cela lui permet de réaliser la réservation en fonction de ses besoins.

Les routeurs RSVP du réseau situés sur le chemin d'un flux ayant une qualité de service doivent répondre à des requêtes RSVP pour mettre en place la réservation de ce chemin. Les routeurs non RSVP sont traversés de façon transparente. Les paquets RSVP sont encapsulés dans des paquets UDP et routés via des protocoles de routages classiques comme RIP.

Le fonctionner du protocole RSVP est basé sur l'envoi de l'émetteur d'un message PATH de routeur en routeur afin de dresser la liste des nœuds traversés pour déterminer le chemin qui sera emprunté par la requête RESV. Le chemin des RESV indique la réservation dans le réseau du flux QoS demandé par la source.La source envoie un message PATH dans lequel elle donne les caractéristiques désirées dans un descripteur TSPEC, c'est-à-dire le débit, le délai et la taille du paquet.Ensuite, ce message PATH est acheminé de routeur en routeur jusqu'à la destination. A chaque routeur, il y a création d'un état PATH-STATE qui permettra aux messages RESV d'être acheminés. A chaque routeur, les caractéristiques désirées par la source peuvent être modifiées selon les capacités des routeurs traversés.

Dès que la destination a reçu le message PATH, elle envoie un message RESV incluant les spécifications de la QoS demandée. Ce message RESV est à son tour acheminé jusqu'à la source. A la réception du RESV, le dernier routeur avant la source génère un message RESVCONF qu'il envoie à la destination. Cet échange de messages permet de faire la réservation RSVP entre la source et la destination.

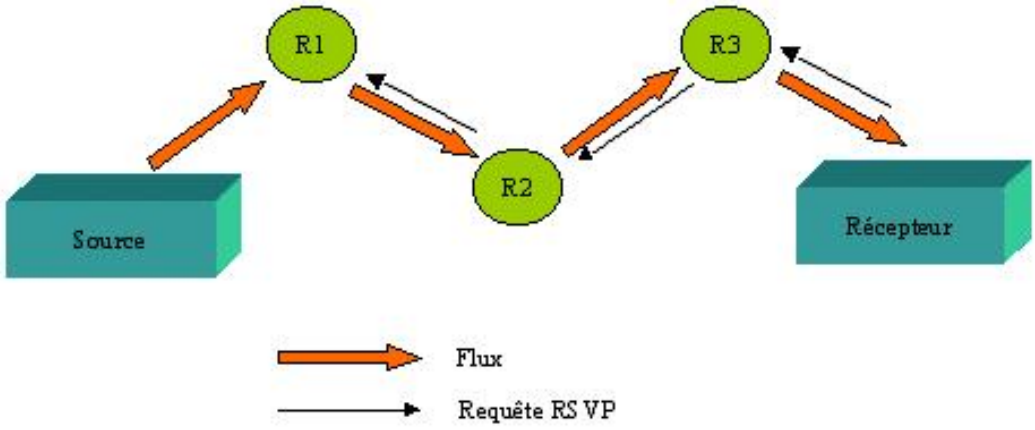


Figure III-1 : **Principe de Fonctionnement du protocole IntServ**[WEB 11]

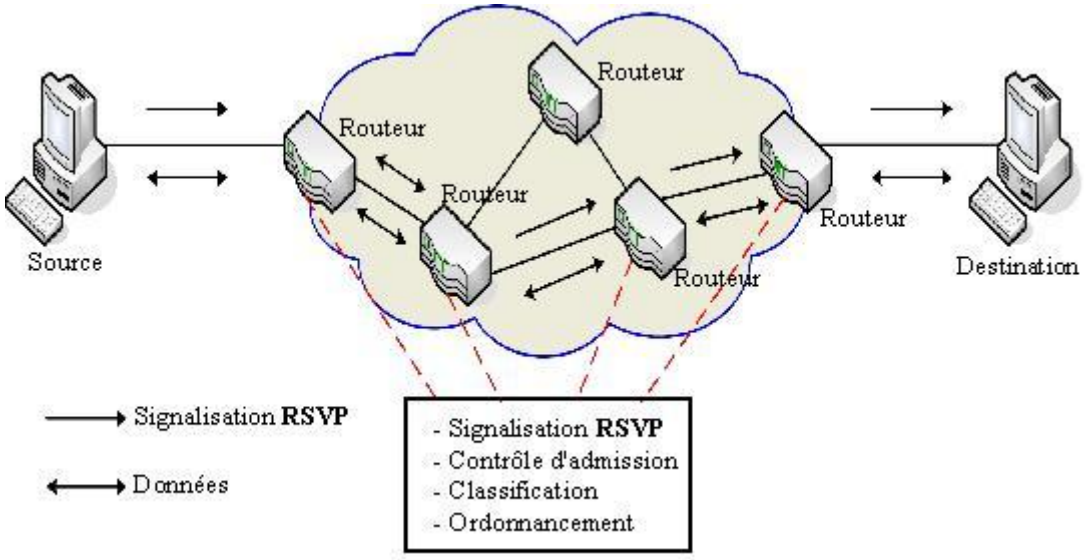


Figure III-2 **:Le modèle Intserv**[BRA 07]

Ce modèle n'est pas applicable aux réseaux mobiles ad-hoc MANETs pour plusieurs raisons entre autres:

- Les informations sur les flux augmentent avec le nombre de flux gérés. Il n'y a pas d'agrégation. Ce problème de passage à l'échelle n'est pas spécifique au MANETs, on le retrouve aussi dans l'internet. La maintenance de cette quantité d'information par des terminaux mobiles dont les ressources sont limitées n'est pas envisageable. Même si aujourd'hui les MANETs restent de petite taille et ne sont destinés à gérer qu'un nombre restreint de flux, cette solution n'est pas viable à long terme, puisqu'il est probable que les MANETs vont être amenés à se développer.
- Les paquets de signalisation RSVP utilisent une quantité non négligeable de bande passante sur des liens déjà limités.
- Chaque nœud doit se charger de gérer le contrôle d'accès, la classification et l'ordonnancement des flux. C'est une charge trop importante pour des terminaux aux ressources limitées.

4.3. Le modèle DiffServ

Le deuxième modèle, " Services Différenciés " ou DiffServ, utilise une technique de marquage des paquets (chaque paquet est tagué d'un code dans son entête IP pour indiquer à quelle classe de trafic il appartient. Le modèle DiffServ a été défini par l'IETF dans le RFC 2475. Le principe de base de DiffServ est la création de diverses classes de services fournissant chacune d'entre elles une qualité de service différente. Ces classes se distinguent les unes des autres par la présence d'un code dans le paquet IP : le DSCP (DiffServ Code Point). Le marquage des paquets selon la qualité de service qu'il nécessite, se fait en périphérie du réseau, soit à la source directement ou soit au niveau du routeur de bordure. Ensuite, les routeurs internes du réseau déterminent la priorité du paquet et le traitent en fonction de celle-ci.

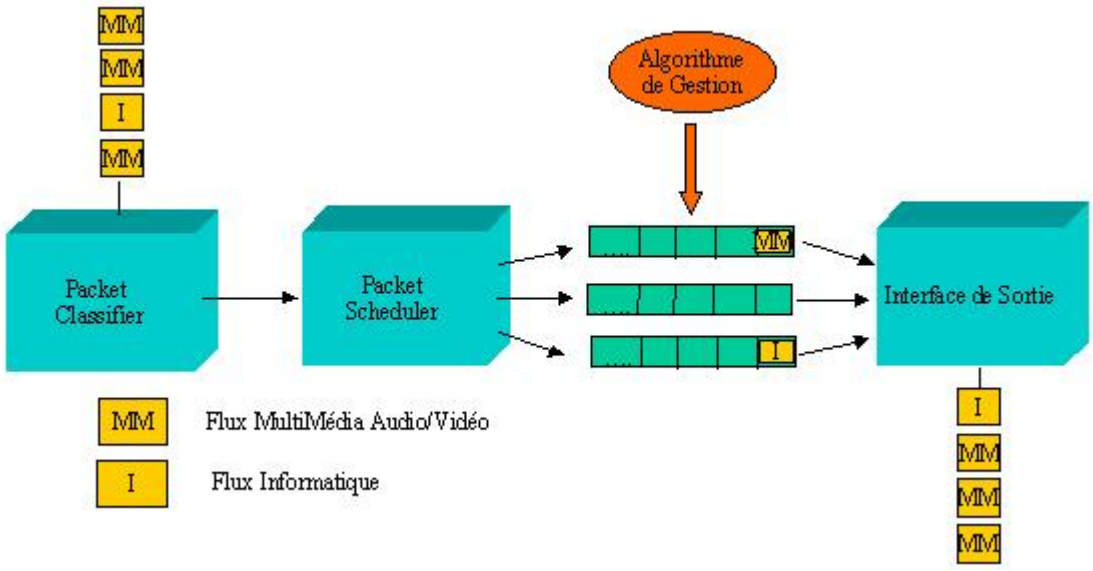


Figure III-3 : **Principe de Fonctionnement du protocole DiffServ**[WEB 11]

Le fait d'introduire la différenciation entre les flots de trafic dans le paquet IP à l'aide du champ DiffServ rend ce modèle scalable.
Chaque classe de service de qualité implique la création d'un contrat : le SLA (Services Level Agreement). Ce contrat précise des règles concernant le délai, la bande passante, le taux de disponibilité, la valeur du DSCP, la taille des tampons de la file d'attente pour cette classe dans les routeurs et le choix de la politique à utiliser en cas de non-respect du SLA (rejet des paquets, abaissement de la priorité du paquet…).

DiffServ est conçu pour fonctionner avec la couche IP. Il se base sur le champ TOS (Type Of Service) d'IPv4, redéfini par l'IETF en champ DS (DiffServ) pour effectuer la classification. Dans l'IPv6, le champ utilisé par DiffServ est le TC (Traffic Class). Le RFC 2475 utilise le terme de behaviour aggregate (BA) plutôt que de classe de trafic.

Les opérations de classification, contrôle et marquage, sont effectuées par les routeurs de bordure tandis que les routeurs centraux traitent les paquets en fonction de la classe codée dans l'en-tête d'IP selon un comportement spécifique: le PHB (Per Hop Behavior).
Actuellement, il existe trois types de PHB :

- EF (Explicit Forwarding) : il garantit une bande passante avec taux de perte, délai et gigue faible.
- AF (Assured Forwarding) : il garantit une haute probabilité d'acheminement des paquets IP. Quatre classes et trois niveaux de priorité y sont définis.
- BE (Best Effort) : service de l'internet par défaut c'est-à-dire sans qualité.

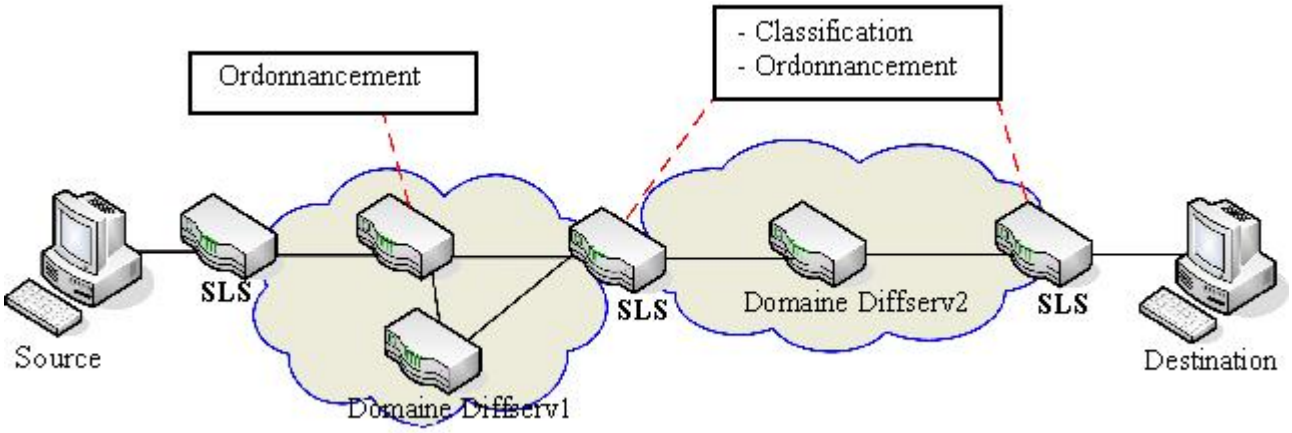


Figure III-4 : **Le modèle DiffServ**[BRA 07]

DiffServ est un modèle moins complexe qui nécessite moins de modifications du réseau pour être mis en place, mais qui fournit également moins de garanties. Il assure une qualité de service à l'aide de files d'attente associées à chaque catégorie de service. Il aurait pu être plus adapté aux réseaux ad hoc s'il ne consommait pas autant de bande passante et s'il n'était pas basé sur une topologie statique.

4.4. Les modèles spécifiques au ad-hoc

4.4.1 FQMM (Flexible Quality of service Model for Manets)

Le modèle FQMM fut le premier modèle de qualité de service proposé pour les réseaux ad hoc en 2000. Il s'agit d'un modèle hybride combinant les propriétés des modèles IntServ et DiffServ mais adapté aux réseaux ad hoc de petite ou moyenne taille (environ 50 nœuds).

En tant qu'hybride, il propose l'approvisionnement par flux, du modèle IntServ, pour les trafics prioritaires, et par classe, du modèle DiffServ, pour les autres trafics.

Cette technologie hybride a été conçue dans le but de pouvoir connecter, à long terme, les réseaux ad hoc aux réseaux filaires reliés à Internet. En effet, cela assure une certaine compatibilité avec les modèles originels d'Internet.

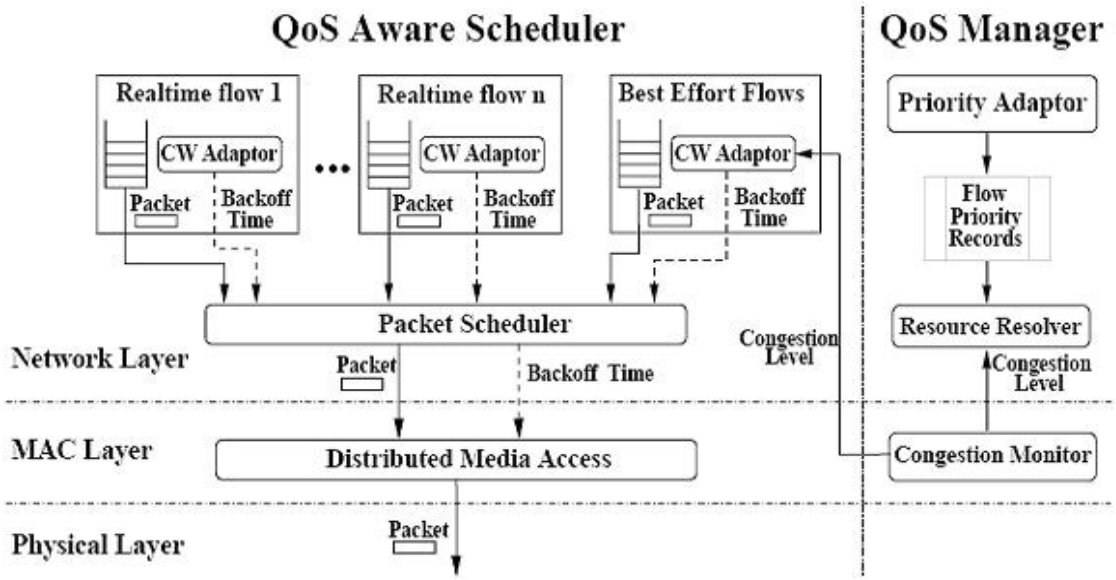


Figure III-5 : **Le modèle FQMM**[WEB 12]

Néanmoins, ce modèle présente un certain nombre de limites :

- L'absence de tout contrôle explicite du nombre de services par flux offerts pose un problème de scalabilité, comme dans le cas du modèle IntServ.
- Dans DiffServ, les noeuds intermédiaires expédient les paquets selon leurs PHB dans le champ DS. Il est donc difficile de coder le PHB dans le champ DS s'il contient une granularité par flux (taille limitée du DS égale à un octet sans extension).
- Il est très difficile de faire un profil dynamiquement négocié du trafic.
- La résolution de la plupart des problèmes liés au fonctionnement ad hoc (tels que le volume de signalisation, la consommation d'énergie et la bande passante limitée) est laissée à la charge du protocole de routage sous-jacent

4.4.2 SWAN (service differentiation in Stateless Wireless Ad Hoc Networks)

Le modèle SWAN met en œuvre un contrôle d'admission des paquets. Un paquet est accepté si la bande passante de la route qu'il doit emprunter est suffisante pour assurer son transit sans occasionner de congestion du réseau.

Cependant, ce modèle n'apporte aucune garantie quant au maintien de la communication entre deux entités pour un trafic en cours : en fonction des variations de la bande passante, le trafic est maintenu ou coupé. De plus, le protocole de routage utilisé est de type Best Effort, ce qui signifie que lorsqu'un paquet est envoyé, il n'y a aucune vérification quant à son arrivée à destination et donc aucune assurance vis-à-vis de la "livraison" d'un paquet.

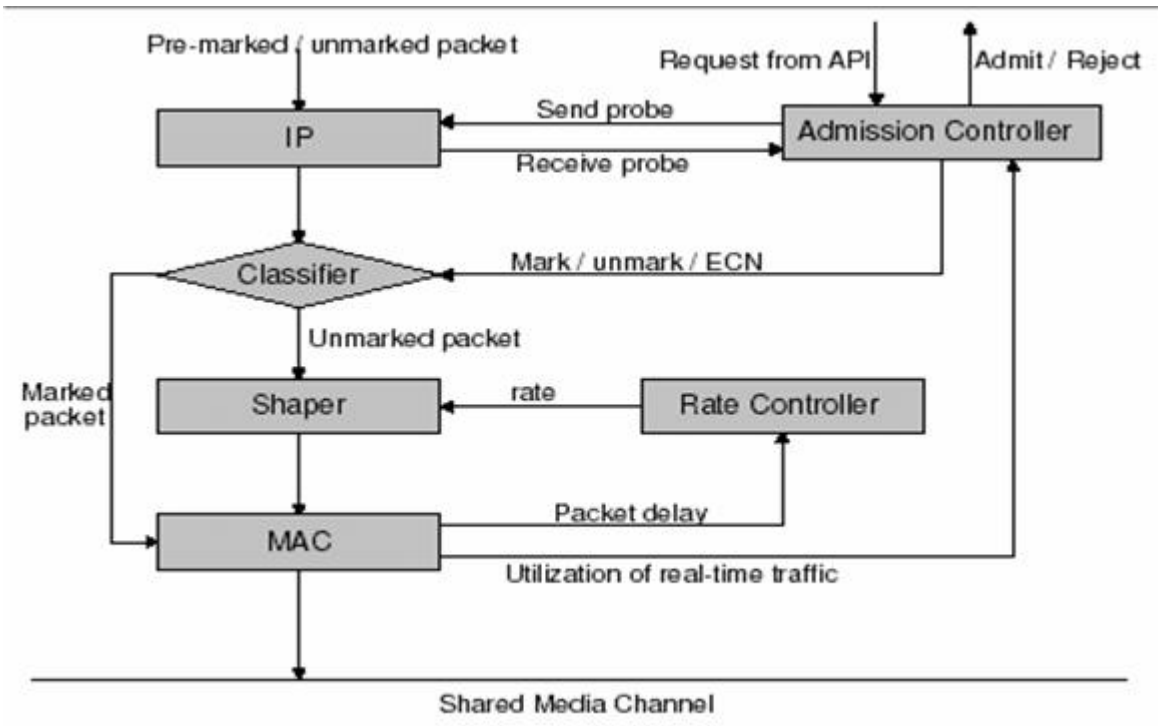


Figure III-6 : **Le modèle SWAN**[MER 05]

4.4.3 iMAQ (an Integrated Mobile Ad hoc QoS framework)

Le modèle iMAQ apporte une solution en matière de qualité de service pour le transfert de données multimédias dans les réseaux ad hoc. Il inclut une couche ad hoc de routage et une couche de service logiciel (Middleware). Dans chaque noeud, ces deux couches partagent les informations et communiquent afin de fournir les garanties de QoS aux trafics multimédia. Ce modèle est basé sur la prédiction de la position des noeuds (predictive location-based) et orienté QoS. La couche Middleware communique également avec la couche application et la couche réseau et essaye de prévoir le partitionnement du réseau. Pour fournir une meilleure accessibilité aux données, il réplique les données entre les différents groupes du réseau avant d'effectuer le partitionnement.

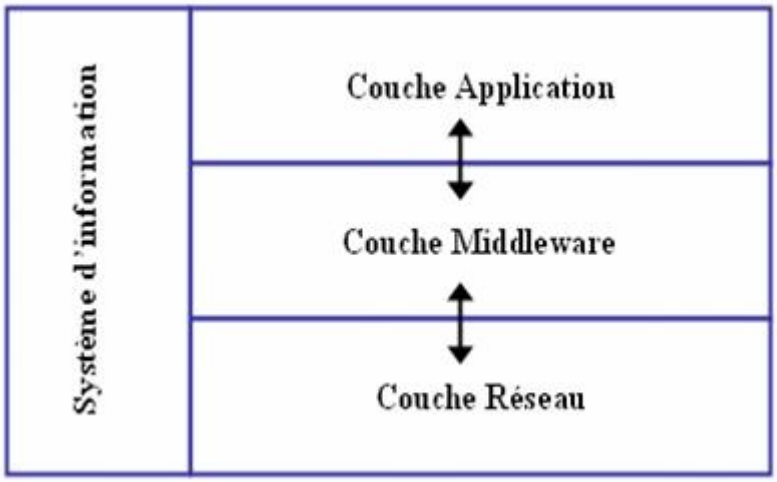


Figure III-7 : **Le modèle iMAQ**[MER 05]

Pour être efficaces, les modèles de QoS doivent prendre en compte un protocole de routage QoS. Le routage avec QoS dans les réseaux ad hoc constitue un élément essentiel de la mise en place d'une architecture QoS pour les MANETs.

5. Les métriques de la qualité de service:

Les métriques sont des systèmes de paramètres pour évaluer périodiquement ou quantitativement un processus donné en le comparant à des mesures précédentes ou similaires. Les réseaux comptent de nombreuses métriques utilisées dans les protocoles de routages ou autres. Les réseaux ad hoc en ont d'autant plus besoin que les caractéristiques d'environnements change sans cesse. Les métriques les plus utilisées sont le nombre de sauts, le débit, la bande passante, la latence, la gigue, etc. Dans le monde des réseaux informatiques, les métriques ont deux grandes catégories d'application. La première est celle d'adapter les protocoles et leurs comportements en fonction des valeurs des métriques et la seconde est celle d'évaluer ou de contrôler l'état du réseau et de ses composantes pour éventuellement en ajuster la configuration.

- la qualité de codage ou de compression

A l'émission, la voix et la vidéo sont codées et compressées avant d'être encapsulées dans les paquets IP. La taille du paquet est un compromis entre la nécessité de réduire le délai de transmission et l'optimisation de la bande passante.

- Nombre de sauts

La métrique à nombre de sauts (en anglais "HOP Count" ou "HOP"), aussi qualifiée de métrique de distance, indique le nombre de routeurs traversés pour atteindre une destination.

Pour les protocoles de routage, si le chemin que doit prendre un paquet possède un nombre de saut égal à 5 dans la table de routage, cela signifie que le paquet empruntant ce chemin passera par 5 routeurs avant d'atteindre sa destination finale. S'il existe plusieurs chemins, celui avec le moins de sauts sera préféré. Par exemple, le nombre de sauts est la seule métrique utilisée par RIP, mais l'inconvénient est que le nombre de sauts est limité à 15. Un réseau situé à une distance de plus de 15 sauts ne pourra être atteint dans RIP.

Cette métrique a comme désavantage de ne pas prendre en compte la perte de paquets ou labande passante. En effet, une route ayant le nombre de sauts le plus faible n'est pas nécessairementcelles qui optimiseront le débit de la communication.

Note: Dans les réseaux Ad Hoc les nœuds jouent également le rôle de routeur, contrairement aux réseaux filaire où ce n'est généralement pas le cas.

- **Débit**

Le débit est la quantité d'informations transmises via un canal de communication selon un intervalle de temps donné. Le débit d'une connexion Internet s'exprime généralement en kbps (kilobitpar seconde). Nous signalons qu'Il existe plusieurs définitions du débit selon la couche du modèle OSI

auquel on fait référence. Au niveau application (couche 7), le débit correspond au flux produit par l'application et dépend de ces caractéristiques. Il est parfois appelé débit binaire ou largeur de bande. La largeur de bande est considérée comme la ressource de réseau qui doit être allouée aux applications pour fonctionner correctement.

Les applications de types audio génèrent de faibles débits (64 kbps avec ITU G.711). Le trafic de voix est empaqueté en petits paquets de 40 à 200 octets, impliquant de courts temps de transmission. Dans la mesure où une conversation comprend plus de 60% de silence, des algorithmes d'encodage permettent d'obtenir de plus faibles débits avec une qualité raisonnable.

- **Le délai**

Le délai est le temps écoulé entre l'émission de la parole par l'appelant et sa restitution à l'appelé à l'arrivée. Ce paramètre est très important car c'est le point faible de l'Internet grand public. En effet, le retard dans le réseau Internet est très fluctuant selon la charge du réseau, ce qui pénalise la transmission de la parole sur IP

Le délai a un impact direct sur la satisfaction des utilisateurs. Les applications en temps réel exigent la livraison d'informations de la source à la destination au cours d'une certaine période.

Lorsque le flux de données est transporté à travers une série de composants dans le système de communication qui relie la source et la destination, chaque composant entraîne un délai supplémentaire. Nous pouvons classer les sources principales de délais comme suit:

1. délai du traitement à la source (délai de paquétisation et numérisation) : Ce délai, qui tire son origine au niveau de la source qui produit des paquets, dépend de la configuration du matériel de source (puissance d'unité centrale de traitement, RAM, carte mère, etc...) et de sa charge courante (par exemple, le nombre d'applications fonctionnant simultanément et leurs ressourcesmatérielles requises)
2. délai d'émission : fonction de la taille du paquet et de la vitesse d'émission
3. délai du réseau (ou de transport) :

- délai de propagation : fonction de la distance physique entre les 2 entités communicantes.
- délai de protocole : délais engendrés par les différents protocoles de communications rencontrés au sein du réseau, tel que les routeurs, Gateway etc.. dépend de la charge du réseau, de l'état du matériel exécutant le protocole
- délai d'attente : ce délai correspond au temps que le paquet passe dans les files d'attentes au niveau des différents éléments du réseau. Il dépend des congestions sur le réseau, de la configuration matérielle, de la vitesse du lien.

4. délai de traitement à la destination : au niveau du récepteur, le processus inverse au processus d'émission doit être opéré, tel que la reconstruction des paquets etc.

- **Bande passante**

La bande passante est la capacité maximale de débit sur une liaison donnée, déterminée par lestechnologies de transmission mises en œuvre à l'aide des équipements situés à chaque extrémitéde cette liaison. C'est la valeur maximale (théorique) de débit possible. Cette métrique est

leplus souvent utilisée à des ns de gestion du réseau.

- **Latence**

La latence est le temps écoulé entre l'instant où l'unité de commande déclenche l'appel et le début du transfert des données. Cette métrique entraîne beaucoup de problèmes de synchronisation, car un paquet reçu n'est pas traité directement lors de son arrivé ou n'est pas directement transmis lors de son envoi.

- **Gigue**

La gigue est la fluctuation de courte durée d'un signal, soit la dispersion temporelle ou glissement de phase qui se produit sur une ligne de transmission d'informations à la suite de l'utilisation de répéteurs ou de régénérateurs. Elle peut causer des erreurs de transmission de données, particulièrement à grande vitesse. Le protocole utilisé se base sur une commutation de paquets non orientée connexion, les paquets n'empruntent pas forcément le même chemin, d'où une variation du délai selon le chemin emprunté. Une autre cause de la variation du délai de transit est le nombre et la charge de routeurs traversés. Pour restituer un flux synchrone à l'arrivée, on installe des temporisateurs de compensation de gigue.

- **Le taux de perte des paquets :**

Le protocole utilisé ne garantit pas que les différents paquets arriveront à destination. Une erreur sur l'en-tête du paquet peut entraîner sa perte ou son envoi vers une mauvaise destination. D'autre part, lorsque les routeurs IP sont congestionnés, ils libèrent automatiquement de la bande passante en détruisant une certaine proportion des paquets entrants en fonction de seuils prédéfinis. Le taux de perte des paquets dépendra de la qualité des lignes empruntées et du dimensionnement du réseau. Pour avoir une qualité de parole acceptable, le taux de perte de paquet doit être tenu très bas.

Il faut donc mettre en œuvre des mécanismes permettant de garantir, de bout en bout, la disponibilité de la bande passante sur le réseau IP pour les communications voix. .

- **Round Trip Time (RTT)**

Le RTT ou encore temps de rotation est le temps que met un paquet pour aller de la source vers la destination et revenir.

- **Expected Transmission Count (ETX)**

ETX est une métrique qui définit le nombre de retransmissions prévues pour envoyer un paquet d'une source vers sa destination. Chaque nœud envoie toutes les secondes un beacon20. Toutes les dix secondes on vérifie le nombre de messages reçus par voisin. ETX est la proportion des beacons envoyés mais pas reçus dans les deux directions. Si A a reçu 8 beacons de B, et B en a reçu 9 de A, le taux de perte de A vers B est de 0,1 et celui de B vers A est de 0,2. La probabilité de réussir la transmission d'un message de A vers B est de (1 - 0,1) x (1 - 0,2) = 0,72. Si le paquet lui-

même ou le message de confirmation est perdu, le message doit être retransmis. Ainsi, le nombre de retransmissions prévues (ETX) pour envoyer un paquet de A vers B est de 1/0,72 = 1,39.
L'avantage d'ETX est qu'il utilise le broadcast pour les beacon et diminue ainsi la surcharge causée par le sondage. ETX a aussi des désavantages. La petite taille des beacons ne reflète pas la réalité et fausse ainsi le nombre de perte qu'auraient causé des paquets de plus grande taille. En outre, ETX ne permet pas la déduction de la charge du lien ou du débit. Deux liens avec différents débits peuvent avoir le même ETX. ETX est l'une des métriques utilisées dans le protocole OLSR.

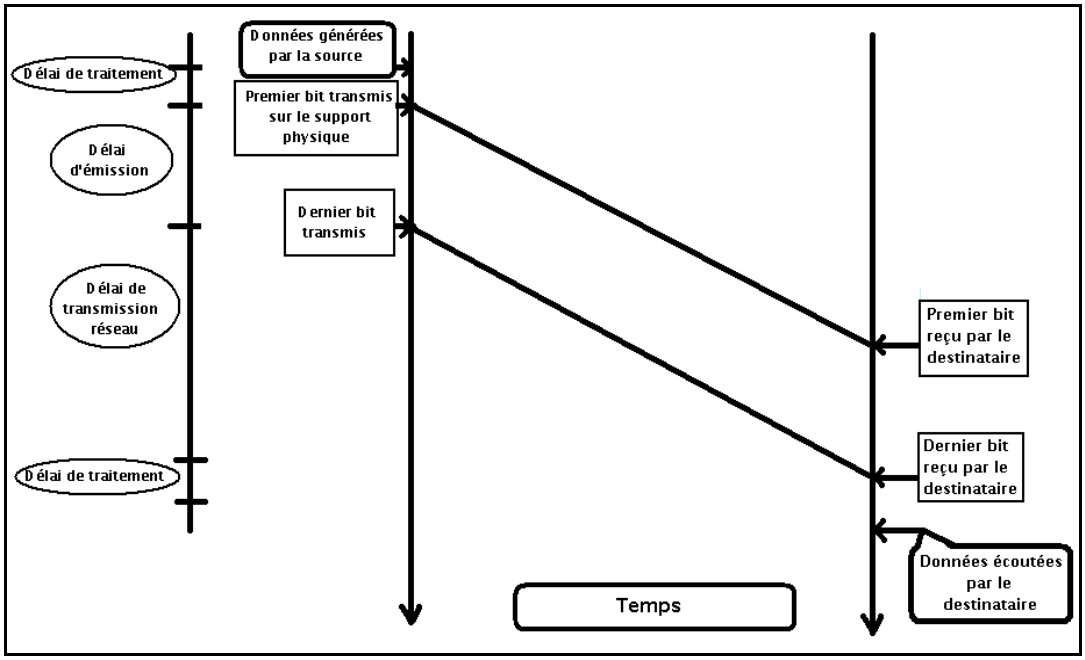


Figure III-8 : Schéma résumant les différents délais

6. Conclusion:

Le réseau Ad hoc manifeste beaucoup de simplicité et assez d'avantages par rapport aux autres réseaux (filaires et cellulaires) par sa facilité de déploiement en cas d'urgence ou de travaux temporaires dont les autres réseaux engendrent des frais importants. Cependant de nouveaux problèmes apparaissent, en effet l'absence d'une infrastructure centralisée fait du routage dans les réseaux ad hoc un problème très compliqué. Dans la plupart des cas, le nœud destination ne se trouve pas obligatoirement dans la portée du nœud source ce qui implique que l'échange des données entre les deux nœuds, doit être effectué par des stations intermédiaires.

CHAPITRE IV

SIMULATIONS DE DIFFÉRENTS SCENARIOS

1. Introduction

La simulation, dans divers domaines très variés, est très souvent sollicitée pour plusieurs raisons entre autre :

- L'expérimentation peut s'avérer souvent prohibitive, très complexe voire même impossible à réaliser
- D'un autre côté l'expérimentation est souvent non reproductible et non répétable dans le sens où elle dépend de phénomènes aléatoires non déterministes.

Dès lors nous faisons appel à la simulation pour étudier des systèmes, des processus, des modèles et qui doivent bien sûr être très proche de la réalité.

Ainsi, les simulateurs de réseaux informatiques sont utilisés à plusieurs fins et objectifs comme par exemple :

- La recherche scientifique et académique
- Le développement industriel
- L'étude, la synthèse, la vérification et l'analyse des performances de différents protocoles de réseaux

2. Les simulateurs de réseaux informatiques

Il existe un grand nombre de simulateurs de réseaux. Certains sont à accès libre, appelés ''open source'', d'autres par contre sont commerciaux. D'un autre côté certains simulateurs peuvent être qualifiés de simples alors que d'autres sont relativement complexes. Enfin, quelques-uns de ces simulateurs disposent d'interfaces graphiques conviviales, souples et flexibles avec une librairie très étoffée et très riche disposant d'un nombre d'outils très vairés permettant d'obtenir et de réaliser diverses opérations très intéressantes.

Parmi les simulateurs dits*open source* nous citons *ns2* et *ns3 (network simulator)*, alors que pour un simulateur commercial nous donnons comme exemple *OPNET (Optimum Network Performance)*. Evidemment, comme chaque simulateur, il possède des avantages et bien sur des inconvénients. L'un des avantages le plus pertinent d'OPNET est qu'il dispose d'une librairie et une documentation relativement complètes et elles sont mises à jour d'une manière permanente par des équipes spécialisées dans ce domaine. En réalité OPNET est une famille de logiciels de modélisation et de simulation de réseaux s'adressant à différents publics tel que les entreprises, les opérateurs et la communauté des chercheurs. Son inconvénient majeur est qu'il est payant. Cependant, ce problème est résolu en partie avec la version libre académique OPNET IT Guru. D'un autre côté les simulateurs *open source* présentent l'avantage d'être actualisé et éventuellement corrigé par toute personne ou groupe suffisamment formé dans ce domaine.

Nom du simulator	Type
OPNET, QualNet	commercial
sourceNS2, NS3, OMNeT++,	open source

Tableau IV-1 : Quelques de simulateurs de réseaux informatiques

2.1 Aperçu sur NS2

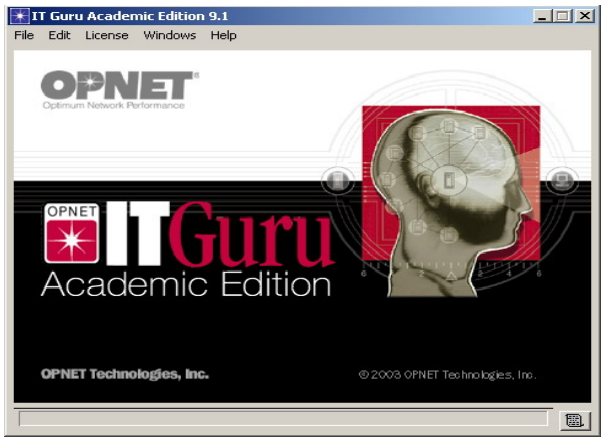
C'est l'un des simulateurs réseaux *open source* le plus populaire. NS original, développé en 1989 à l'université Berkeley Californie, est un simulateur à évènement discret. La deuxième version de ce simulateur est appelée NS2. Les programmes utilisés sont en C++ et OTcl (Tcl script). OTcl est un langage avec des extensions orientée objet développé à MIT. L'adoption de ces deux langages de programmation par le NS présente certaines raisons. En effet, le C++ est très efficace quand il s'agit d'implémenter une synthèse mais il est très difficile dans le cas d'une représentation graphique. Il n'est pas non plus facile lorsqu'il s'agit de modifier et d'assembler différents composants en modifiant éventuellement leurs paramètres. Ainsi, le NS2 sépare l'implémentation du contrôle de chemin ou de trajet de celui des données de trajet.

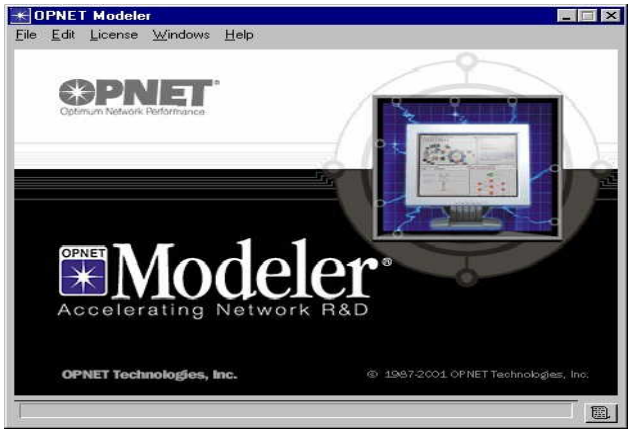
2.2 Aperçu sur l'OPNET

Ce simulateur peut être très flexible quand il est utilisé dans l'étude

- de la communication dans les réseaux
- des protocoles de communications
- des équipements
- des applications

Il présente une très bonne interface graphique relativement complète avec une librairie suffisamment fournie pour une très large gamme d'utilisation et d'application. Evidemment, l'éditeur graphique de ce simulateur ou GUI (Graphic User Interface) nous permet, entre autre, de construire différentes topologies et architectures de réseaux pour différentes applications et avec différents protocoles. Une technique de programmation orienté objet est utilisée pour créer le ‘’mapping’’ de la synthèse graphique réalisée vers l'implémentation de systèmes réels.





(a)version académique (b) version commerciale

Figure IV-1 : Versions du simulateur OPNET.

Un exemple de l'interface graphique utilisateur de l'OPNET est présenté sur la figure suivante :

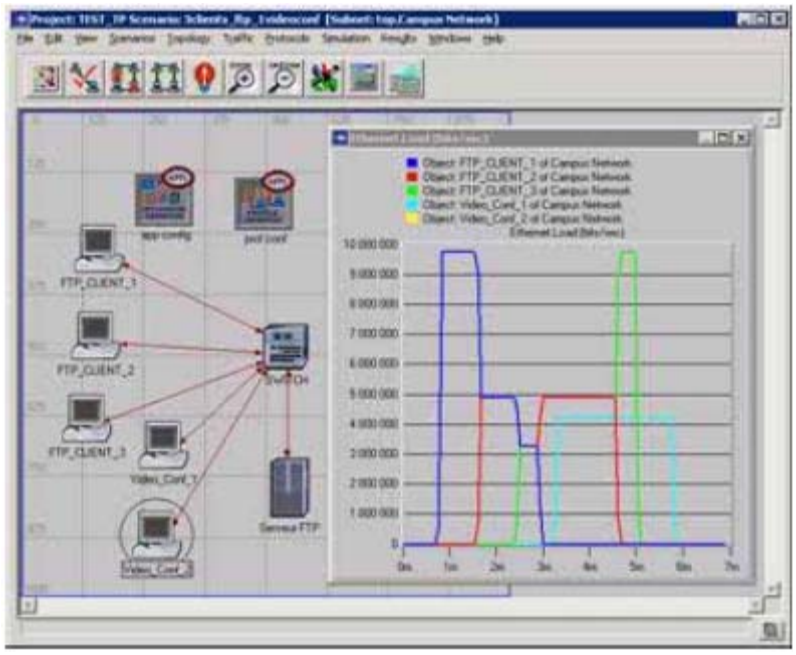


Figure IV-2: exemple d'interface d'OPNET

L'OPNET présente trois fonctions principales :

- ***Modélisation :*** il dispose d'un environnement graphique pour créer tout type de modèles de protocoles
- ***Simulation :*** il utilise trois différentes technologies avancées de simulation
- ***Analyse :*** les données et résultats de simulation peuvent être analysés et affichés d'une manière assez simple en utilisant entre autres des graphes, des cartes, des statistiques.

Il permet donc de construire des simulations de différents types d'infrastructure réseau. Le logiciel est composé de plusieurs éditeurs comme par exemple :

2.2.1 Le module réseaux

Dans ce domaine, la portée et l'étendu globaux du réseau à simuler sont spécifiés. C'est une description haut-niveau des objets contenu dans le système. Ce domaine permet le développement des modèles réseaux spécifiant les objets du système tout comme leurs localisations physiques, interconnections et configurations.

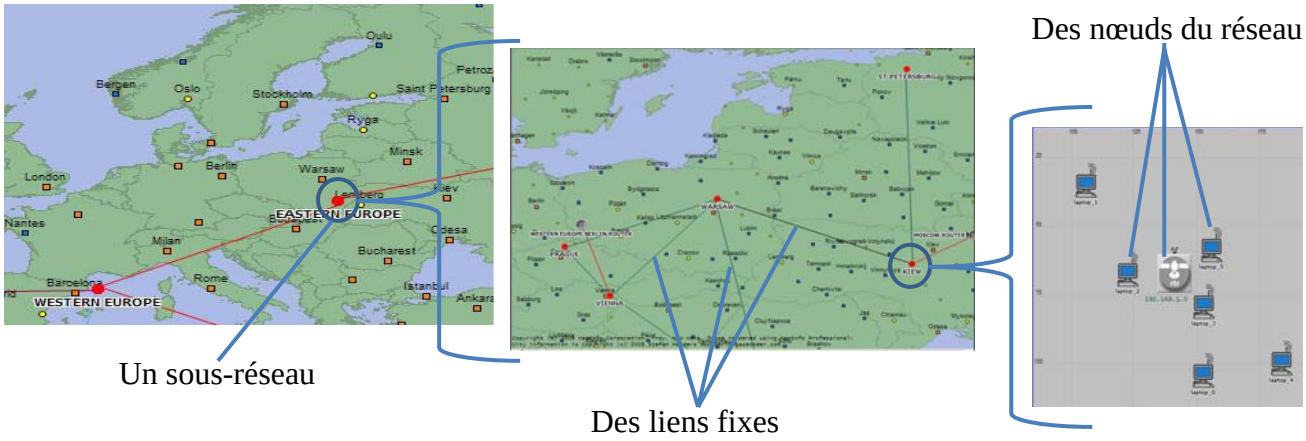


Figure IV-3 : Exemple de modélisation d'un réseau WLAN sous OPNET

Ce domaine permet aussi de spécifier les réseaux mobiles et sans-fils. Dans ce sens, OPNET offre des fonctions pour modéliser des éléments mobiles tels que les satellites. La mobilité peut être réalisée de trois façons :

1. Mobilité par trajectoire : un nœud suit une trajectoire prédéfinie durant la simulation. Cette trajectoire peut être dessinée ou définie pas à pas.
2. Mobilité par vecteur : un nœud se déplace par rapport à un vecteur de mobilité défini avec les attributs du nœud qui peuvent être modifiés durant la simulation.
3. Mobilité des coordonnées des nœuds : un module processeur est créé, et ce dernier modifie les coordonnées des nœuds durant la simulation selon le modèle spécifié.

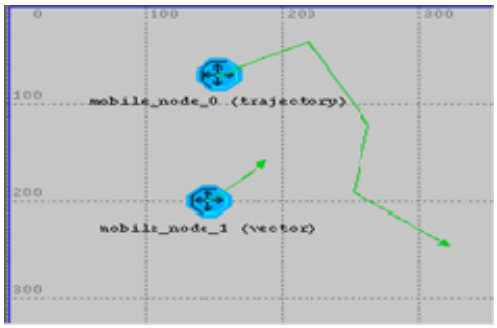


Figure IV- 4: Exemple de modélisation de trajectoire sous *OPNET*

2.2.2 Le module node :

Il sert à définir le fonctionnement d'un nœud d'un réseau construit grâce au « Project editor » mais dans le cadre de notre simulation, il sert à simuler l'ensemble du réseau. Les nœuds spécifient la structure interne d'un nœud réseau. Des nœuds typiques incluent les stations de travail, les switches des paquets, les terminaux satellites, les capteurs à distances, etc. Trois types de nœuds sont considérés : fixe, mobile et satellite. Un nœud peut aussi être un type spécial de nœud représentant par exemple un réseau Ethernet et son trafic agrégé comme une seule entité.

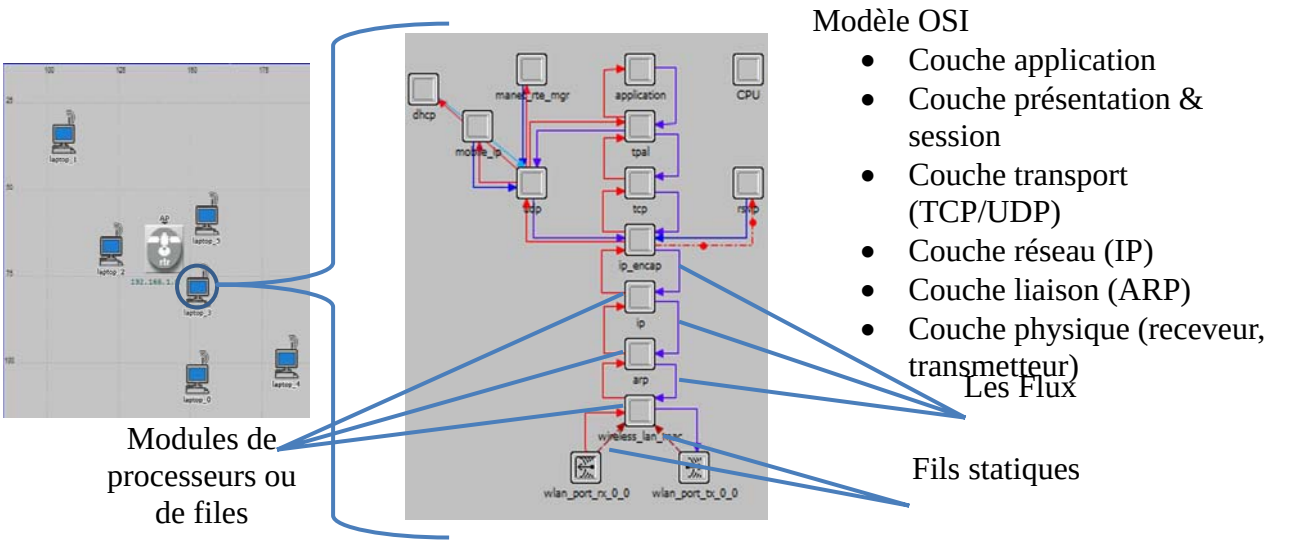


Figure IV-5 : Exemple de modélisation de nœuds sous OPNET

2.2.3 Le module process :

Il définit normalement la machine à états d'un élément du nœud mais, dans notre cas le protocole « IP mobile » à l'échelle du réseau. L'ensemble de ce protocole est codé en C en utilisant des packages fournis par OPNET. Les modèles de processus sont employés afin de spécifier le comportement des processeurs ou des modules de files qui existent dans les modèles de nœuds. Un module est représenté par une machine à états finis qui est constituée d'un ensemble d'états et de transitions et de conditions entre ces états. L'éditeur de modèles de processus n'est qu'un outil pour faciliter le développement des codes sources C et C++ du modèle souhaité.

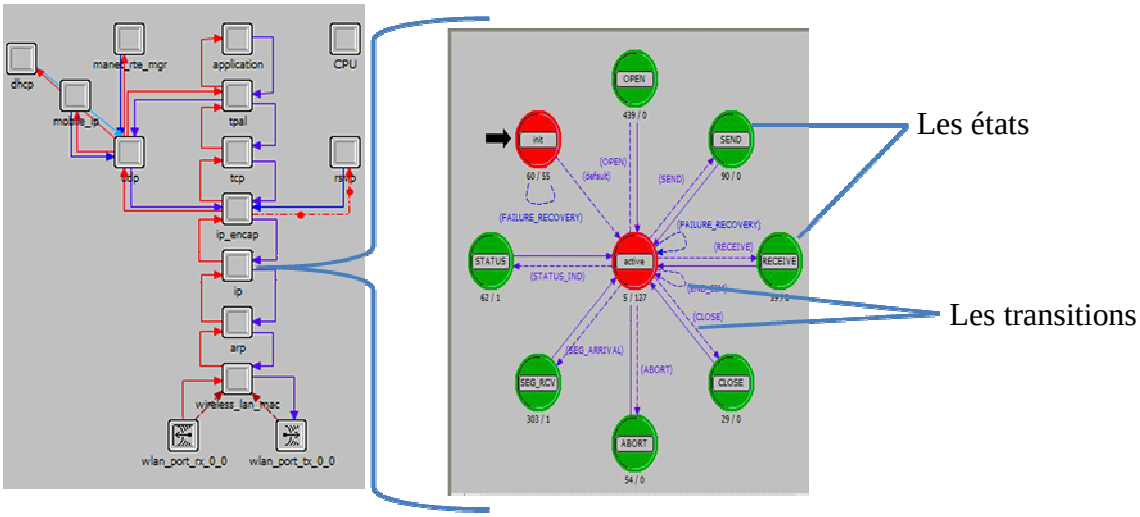


Figure IV-6 : Exemple de modélisation de processus sous OPNET

Le simulateur OPNET dispose dont entre autres de **[Réf]:**

- Un moteur de simulation rapide à événements discrets
- Une librairie de composants, très riche et très diversifiée, avec leur code source
- Modélisation orientée objet
- Environnement de modélisation hiérarchique
- Simulations sans fil scalables sont compatibles
- interface utilisateur graphique 32-bit et 64-bit
- Modélisation sans fil personnalisable
- Événements discrets, hybrides et simulation analytique
- Noyau de simulation parallèle. 32-bit et 64-bit
- Supporte ‘’Gridcomputing’’ pour une simulation distribuée
- Interface ouverte pour l'intégration de nouvelles librairies de composants externes

3. Utilisation de l’OPNET

Compte tenu des avantages de l’OPNET Modeler et aussi la disponibilité d’une version académique de ce simulateur ; à savoir OPNET IT GURU, nous l’avons choisi pour nos simulations dans le cadre de notre travail de magistère.

L’outil de simulation d’OPNET permet de combiner plusieurs attributs de bas niveau et de fabriquer plusieurs séries d’itérations de simulation. Les simulations de base d’OPNET sont effectuées en fonction du temps de simulation afin d’avoir un comportement précis du réseau. Le niveau de précision des événements peut être étendu pour avoir le niveau de détails souhaité.

Les résultats d’une simulation en fonction du temps ne sont typiquement pas appropriés comme des résultats scientifiques dès lors que la précision statistique soit requise. Certaines situations peuvent être d’abord vérifiées avec une seule exécution de la simulation, mais après plusieurs exécutions sont à faire avec un générateur de valeurs aléatoires granulaire. Les résultats typiques d’une simulation scientifique sont des graphes de moyennes établies sur la base de plusieurs exécutions de simulations. A ce titre, l’outil d’analyse d’OPNET n’est pas le meilleur pour dessiner ce type de graphe, mais peut être utilisé pour exporter et collecter des statistiques qui seront analysés par un autre outil comme SAS.

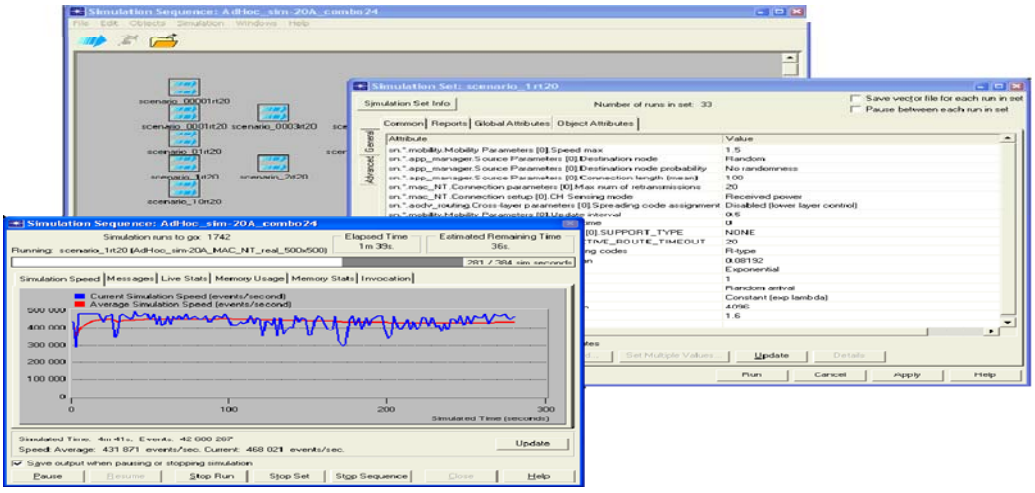


Figure IV-7 : Exemple de simulation sous OPENET

L'utilisation de l'OPNET se compose souvent en quatre étapes montrées dans la figure suivante :

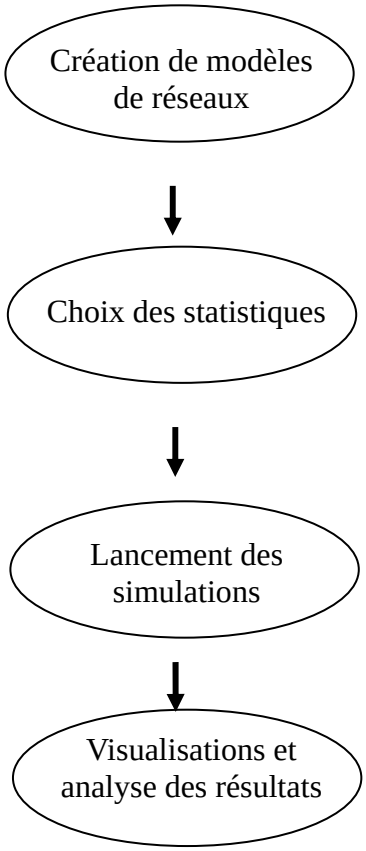


Figure IV-8: les étapes essentielles dans l'utilisation de l'OPNET

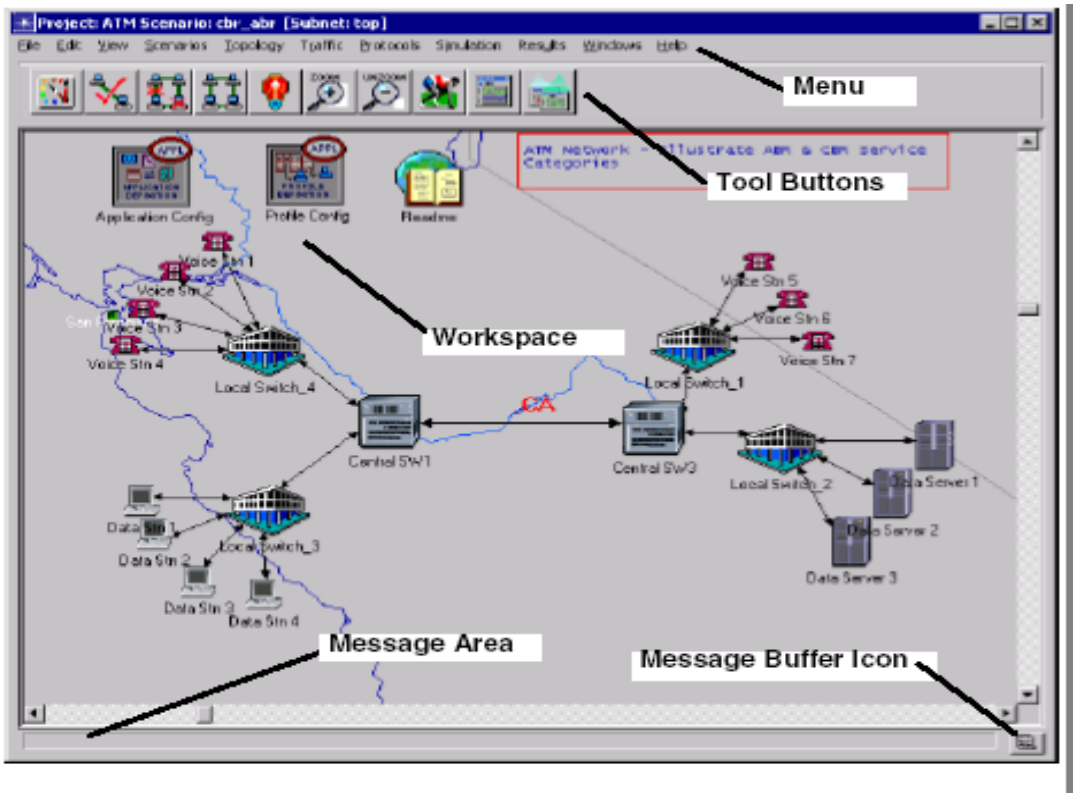


Figure IV-9: Exemple de la fenêtre de l'éditeur d'un projet sous OPNET

4. Les objectifs de la simulation

L'objectif de ce chapitre est d'arriver à évaluer les performances d'un réseau Ad Hoc par rapport à la qualité de service dans le cas d'un service de vidéo streaming essentiellement en mesurant le délai, la gigue et les pertes des paquets. Dès lors, nous devons à travers notre simulation se rapprocher le plus possible de la réalité en choisissant des modèles réalistes. Nous avons opté pour une vidéo streaming codée et compressée sous deux formats le MPEG2 classique et bien sur le H264 AVC. Rappelons que la compression est généralement classée comme étant un codage source. Les modèles de ''trafic'' de données de ces codecs doivent être pris en considération. D'autres parts, les protocoles de routage utilisés habituellement dans ce cas de figure devront être également sollicités.

Afin de garantir des performances maximales, en minimisant le nombre de paquets perdus, des correcteurs d'erreurs de type FEC (ForwardError Correction) et/ou Reed Solomon, seront ajoutés au flux multimédia c'est ce que l'on appelle habituellement le codage canal.

Pour résoudre notre problématique et atteindre nos objectifs, il faut tout d'abord constituer un réseau MANET, composé de plusieurs stations. Dans ce réseau MANET nous allons spécifier certaines caractéristiques comme par exemple :

- Le type d'application : multimédia comme la vidéo conférence
- Le nombre de stations mobiles et/ou fixes
- La taille du réseau en nombre de mètres
- Le type de protocole
- Le type de mouvements des stations mobiles
- Le modèle de distribution des données vidéo
- Le type de codage canal utilisé comme par exemple la correction d'erreur FEC
- Le débit choisi
- La norme wifi adoptée 802.11b, 802.11a, etc.

- La qualité de service ou QoS

La qualité de service ou QoS (*Quality of service*), comme nous l'avons déjà défini, peut être vue comme la possibilité de fournir le meilleur et le plus prévisible service appliqué aux réseaux à commutation de paquets (réseaux basés sur l'utilisation de routeurs). Pour arriver à cette fin nous devons jouer sur plusieurs paramètres comme par exemple : la bande passante du support, le contrôle de la gigue et du délai contrôlés, et la diminution de la perte de paquets.

En effet, contrairement aux réseaux à commutation de circuits, tels que les réseaux téléphoniques commutés ou RTC, où un circuit de communication est dédié pendant toute la durée de la communication, il est impossible sur internet ou sur des réseaux informatiques de type LAN, MAN ou WAN de prédire le chemin emprunté par les différents paquets.

Evidemment, si nous utilisons les réseaux sans qualité de service, nous aurons essentiellement de sérieux problèmes avec le transfert et l'acheminement, surtout en continu, de la voix et de la vidéo. En effet, si les équipements d'un réseau ne peuvent pas différencier le trafic qui

a besoin d'une priorité élevée du trafic qui ne demande pas un service prioritaire. Les principaux paramètres utilisés pour évaluer et améliorer la qualité de service sont :

Le délai :

Il existe deux principaux délais à savoir les délais fixes et les délais variables :

a. Les délais fixes :

Plusieurs délais fixes sont pris en compte pour évaluer les performances du QoS. Nous citons à titre d'exemples :

- Délai de sérialisation : c'est le temps pris pour encoder les bits d'un paquet sur le lien physique. Le délai de sérialisation est le rapport entre le nombre des bits envoyés et la vitesse du lien
- Délai de propagation : la durée pour qu'un bit passe d'un routeur à l'autre routeur. Ce délai est le rapport entre la longueur de lien et la vitesse de la lumière.
- Délai de codage : C'est la curée nécessaire pour la conversion Analogique/numérique et la conversions numérique analogique réalisées par le codeur.

b. Les délais variables:

- Délai de queue : Temps d'attente dans les queues des équipements.
- Délai de traitement : Temps requis dès la réception du paquet jusqu'à la mise en file d'attente pour transmettre.
- Délai de compression : Temps pris pour faire la compression.
- Délai de *shaping*: le délai produit par l'utilisation du *shaping.*
- Délai du réseau : c'est le délai créé par le trafic traversant les composants du réseau.

Afin de pouvoir améliorer le QoS quand critère du délai nous avons la possibilité de recourir à plusieurs outils dont :

- L'ordonnancement de la file d'attence des paquets selon leur priorité
- La fragmentation des paquets en petits paquets
- La compression

La gigue :

La gigue est la variation des délais à travers le réseau. Le tableau suivant montre un exemple de la gigue lors de la transmission de trois paquets d'un appel téléphonique où nous remarquons qu'à la transmission le délai entre les deux premiers paquets transmis est de 20 msec alors qu'il varie à la réception.

Afin de pouvoir améliorer le QoSquant au critère de la gigue délai nous avons la possibilité de recourir à plusieurs outils dont :

- La mise en file d'attente
- La fragmentation des paquets en petits paquets
- La compression

La perte:

Durant la communication, essentiellement au niveau des routeurs, un bon nombre de paquets de données sont perdus. Malheureusement, les outils du QoS ne peuvent pas remédier à la majorité des cas de perte. Cependant, certains outils de QoS arrivent à atténuer cette perte comme par exemple :

- la mise en file d'attente
- Le RED (*RandomEarlyDetection*) permet de jeter les paquets aléatoirement quand les queues commencent à être pleines.

La bande passante

En effet, si on arriver à augmenter et à élargir la bande passante des supports nous réduisons automatiquement les problèmes de congestion. Néanmoins, c'est une solution très couteuse et qui n'arrivera pas à garantir une très bonne qualité de service dans le cas de la vidéoconférence et du streaming vidéo d'une manière générale. D'autre part, cette solution va permettre à tout type de communication numérique d'avoir la même bande passante même celles qui sont de nature bas débit. Parmi les outils de QoS qui peuvent affecter la bande passante nous pouvons citer :

- La compression ou codage source
- la mise en file d'attente

Dans le tableau suivant nous résumons certaines applications multimédia avec leur besoin en matière de QoS.

	Voix	**Vidéo interactive (2 voies)**	**Flot de vidéo (1 voie)**	**Données (interactive et mission critique)**	**Données (non interactive et non mission critique)**
Bande passante	Basse	haute	haute	Variable typiquement moyenne	Variable typiquement haute
Perte	Basse	Basse	Basse	Moyenne	Haute
Délai	Bas	Bas	Haut	Moyen	Haut
Gigue	Basse	Basse	Haute	Moyenne	Haute

Tableau IV-2 : Applications multimédia et leurs QoS. [NAD 09]

Avec la bande passante la QoS pour la vidéo exige aussi moins de perte de paquets. Ceci nous oblige donc, dans le but d'améliorer le QoS dans le cas de la vidéo, de recourir à des correcteurs d'erreurs afin de diminuer les pertes de paquets et améliorer ainsi la QoS.

Parmi les codes correcteurs d'erreurs les plus utilisés dans le cas de la vidéo nous avons les codes de Reed-Solomon.

- **Les codes Reed-Solomon**

Il s'agit de codes cycliques découverts par Reed-Solomon en 1960. Ces codes correcteurs d'erreurs sont basés sur l'ajout à des blocs de données numériques des bits redondants supplémentaires. Généralement, les erreurs se produisent dans les canaux de transmission à cause des bruits, interférences, type de canal, etc. Le décodeur Reed-Solomon traite chaque bloc et essaye de corriger les erreurs, en s'appuyant sur les bits ajoutés, et de récupérer les données originales.

Les codes Reed-Solomon sont un sous-ensemble de codes BCH et sont des codes de bloc linéaires. Un code Reed-Solomon est spécifié comme RS (n, k) avec des symboles s-bit. Ceci signifie que le codeur prend « k » symboles de données de « s » bits et ajoute des symboles de parité pour faire un mot codé de « n » symboles. Il y a des symboles de parité de « n-k » de « s » bits chacun. Un décodeur de Reed-Solomon peut corriger jusqu'aux « t » symboles qui contiennent des erreurs dans un mot codé, où 2t = n-k. Le diagramme suivant montre un mot codé typique de Reed-Solomon:

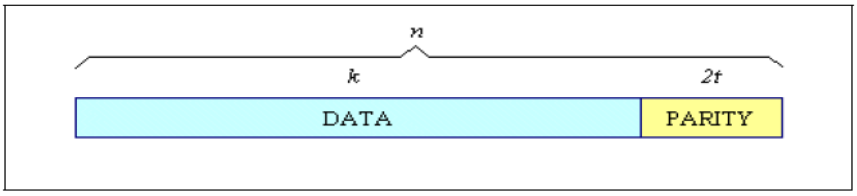


Figure IV-10 : exemple d'un mot codé par RS

Les codes Reed-Solomon sont basés sur un principe mathématique connu sous le nom des champs de Galois ou champs finis. De plus, une des propriétés du champ fini est que les opérations arithmétiques (+, -, x/etc.) relatives aux éléments du champ ont toujours un résultat dans le champ. Un codeur ou un décodeur de Reed-Solomon doit effectuer ces opérations arithmétiques. De plus, ces opérations exigent d'avoir des fonctions spéciales de matériel ou de logiciel pour les appliquer. La forme générale du polynôme de générateur est :

$$g(x)=(x-\alpha^{i})(x-\alpha^{i+1})\ldots(x-\alpha^{i+2t})$$

Et le mot codé est construit en utilisant : c (x) = g (x).i (x)

Avec g (x) est le polynôme de générateur, i (x) est le bloc de l'information, c (x) est un mot codé valide et est désigné sous le nom d'un élément primitif du champ

A titre d'exemple pour générer RS(255,231) nous avons le polynôme :

$$g(x)=(x-\alpha^{0})(x-\alpha^{2})(x-\alpha^{1})(x-\alpha^{3})(x-\alpha^{4})(x-\alpha^{5})(x-\alpha^{6})(x-\alpha^{7})(x-\alpha^{8})(x-\alpha^{9})(x-\alpha^{10})(x-\alpha^{11})$$

$$g(x)=x^{12}+g_{11}x^{11}+g_{10}x^{10}+g_{9}x^{9}+g_{8}x^{8}+g_{7}x^{7}+g_{6}x^{6}+g_{5}x^{5}+g_{4}x^{4}+g_{3}x^{3}+g_{2}x^{2}+g_{1}x^{1}+g_{0}$$

5. Les modèles de distribution de données vidéos compressées

5.1 Le modèle de distribution du MPEG2

Le modèle original sous OPNET de simulation du streaming a été développé en 2000 par Srinivas Kandala et Sachin Deshpan de[DOG 08]. Il est basé essentiellement sur un modèle de trafic de données développé par M. Krunz, et H.Hughes. Pour arriver à ce modèle de communication ils ont étudié et analysé plusieurs flux vidéo MPEG2. Ainsi, ils ont mesuré le nombre et la taille des trois images de base que l'on trouve dans un GOP (Group Of Pictures) MPEG2 à savoir l'image I, l'image P et l'image B. ces mesures ont montré qu'il était quasiment impossible de pouvoir mener une étude statistique simple et valide. Ceci est dû essentiellement qu'un simple flux MPEG2 contient les trois types d'images (I, B et P) avec des tailles très variables.

A cet effet, la décomposition du flux MPEG2 en trois flux séparément chacun contenant un seul type d'image (I, P ou B) peut nous permettre de réaliser une modélisation. Pour déterminer la nature du flux MPEG2 nous avons surtout besoin de trois variables essentielles :

- distribution de la longueur de la scène
- la distribution de la taille des images
- la structure du flux

a- Distribution de la longueur de la scène

La longueur d'une scène sous MPEG2 dépend essentiellement de l'apparition d'une image I. En effet, chaque fois qu'une image I apparait dans un GOP il peut s'agir éventuellement d'une nouvelle vue ou scène. Dans 95% des cas étudiés la longueur d'une scène est indépendante de la longueur des autres scènes. Ainsi la longueur d'une scène peut être modélisée comme une séquence de variables aléatoires avec une distribution géométrique.

b- La distribution de la taille des images

Rappelons qu'une vidéo est une succession d'images avec une vitesse de défilement de 25images/s (voir 30 images /s pour d'autres standards vidéos). Autrement dit, qu'il y'a 40ms qui sépare une image de la suivante dans une vidéo.

Notons également que dans un flux MPEG2 nous avons trois types d'images codées différemment et avec une structure également différente. A cet effet, la taille d'une image actuelle diffère souvent des autres. Plusieurs travaux [DOG 08, KES 06, FAI 05] ont proposé des distributions de la taille des images dans un flux MPEG2. Ils ont montré que les tailles des images MPEG2 suivent une loi de probabilité ''log-normal''.

$$F(x;\mu,\sigma) = \begin{cases} \dfrac{1}{x\,\sigma\,\sqrt{2\pi}}\, e^{-(\ln x-\mu)^2/(2\sigma^2)} & \text{Si } x>0 \\ 0 & \text{Ailleurs} \end{cases} \quad \text{..... (Eq1)}$$

Avec :

$e^{\mu+\sigma^2/2}$: La valeur attendue

$\left(e^{\sigma^2}-1\right)e^{2\mu+\sigma^2}$: La variance

Notons que le débit binaire (ou Bit Rate) dans un flux vidéo MPEG2, représentant bien évidemment le nombre de bit par unité de temps, est souvent donné en bps (Bit/s) ou en Mbps (Megabits/seconde).

c- Modèle de distribution Gamma

Un autre modèle de distribution de la taille des images dans un flux MPEG2 utilisant la même méthode décrite ci-dessus mais avec une distribution Gamma :

$$F(x;k,\theta) = \begin{cases} x^{k-1}\,\dfrac{e^{-\frac{x}{\theta}}}{\theta^{k}\,\Gamma(k)} & \text{Si } x>0 \\ 0 & \text{Ailleurs} \end{cases} \quad \text{..... (Eq2)}$$

Avec :

$k\theta = M$ la valeur moyenne

$k\theta^2 = V$ la variance

$V/M = \theta$ le facteur d'échelle

$M^2/V = k$ Shad factor

d- La structure du flux

Nous pouvons présenter un exemple de la structure d'un flux MPEG2 par le schéma suivant. En effet, une vidéo codée en MPEG2 est formée de plusieurs scènes. Chaque scène est composée d'un groupe d'images GOP. Supposons qu'une scène est composé d'un nombre ''d'' de GOP. Un GOP est à son tour formé d'un certain nombre N d'images. Ce nombre N est composé des trois images de base à savoir I, B et P. Un GOP contient qu'une seule image I mais il peut contenir un nombre plus élevé d'images B et P avec un certain ordnencement . cet ordonnencement peut changer d'un flux MPEG2 à un autre. Le plus souvent le nombre d total d'images dans un GOP est de douze à quinze. En effet, respectivement pour une douzaine d'images et pour une quinzaine

d'images nous avons approximativement les durées suivantes pour le GOP : 40ms x 12 = 0,48s et 40ms x 15 = 0,60s. il s'agit de durées relativement faible et qui ne peuvent pas avoir une grande influence s'il y'a juste après un changment de scène.

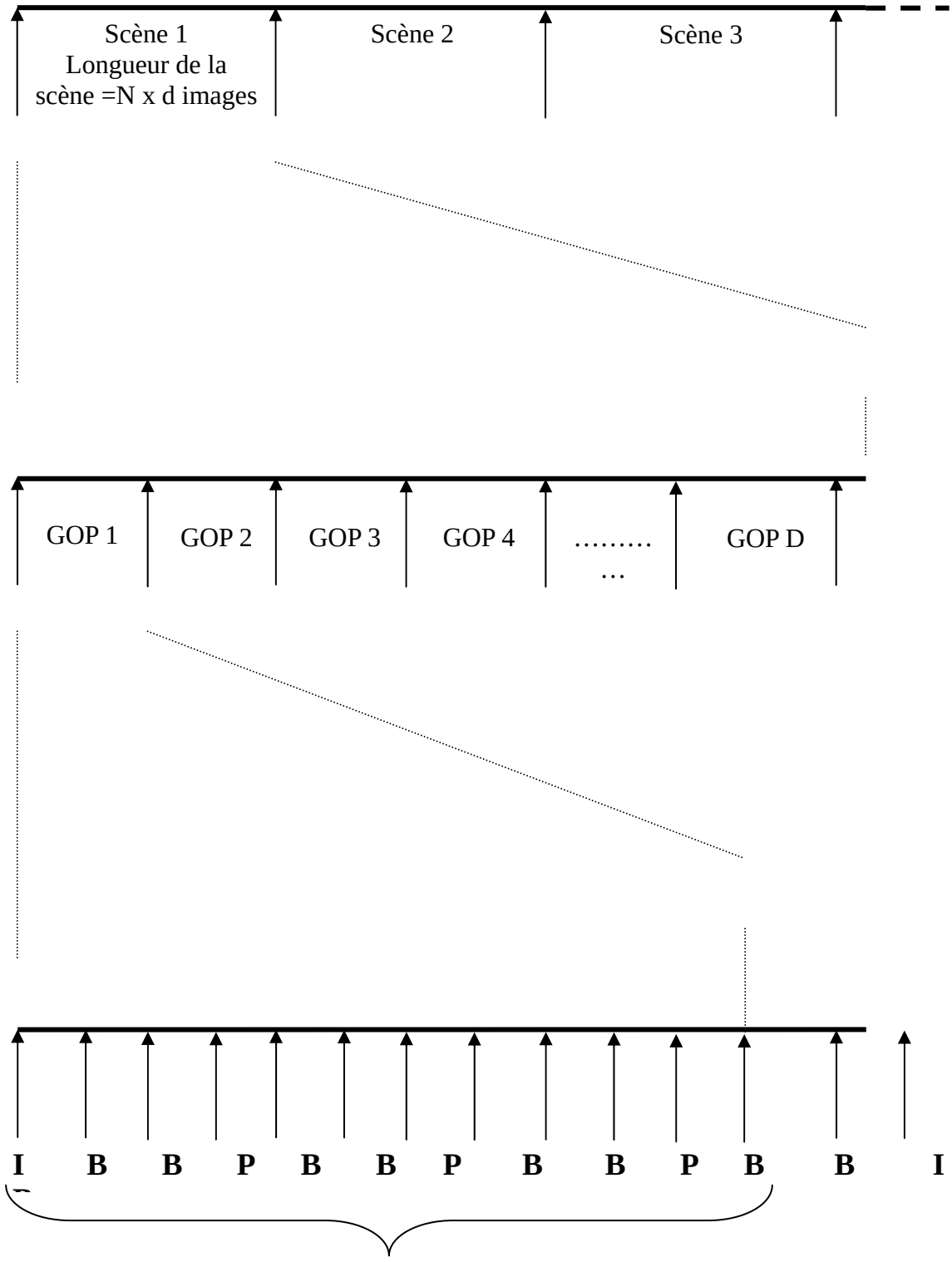


Figure IV-11 : structure d'un flux MPEG2

5.2 Le modèle de distribution du H264 AVC

La structure globale d'un flux H264 AVC est très similaire à celle du MPEG2. Cependant, il existe quelques différences importantes surtout au niveau de la distribution et la structure du flux. L'une des nouveautés du H264 est l'utilisation des images Si et Sp.

a- La distribution de la taille des images

Le modèle de simulation adopté pour le streaming sous H264 est basé sur le modèle développé par Koumaras, C. Skianis, G. Gardikis and A. Kourtis [KOU 05]. Ils ont utilisé le même principe que pour le modèle MPEG2. La distribution adoptée suit donc une loi gamma.

$$F(x;k,\theta) = \begin{cases} x^{k-1}\dfrac{e^{-\frac{x}{\theta}}}{\theta^{k}\Gamma(k)} & \text{Si } x>0 \\ 0 & \text{ailleurs} \end{cases} \quad \text{..... (Eq3)}$$

Avec :

$k\theta = M$ la valeur moyenne

$k\theta^2 = V$ la variance

$V / M = \theta$ le facteur d'échelle

$M^2 / V = k$ Shad factor

Ce modèle a permis essentiellement de déterminer la valeur moyenne et les variances pour des vidéos de différentes définitions en particulier 528x384. Dans le tableau ci-dessous nous avons les valeurs moyennes et les variances trouvé par H. Koumaras après avoir analysé une séquence vidéo compressée avec un QP=30.

		M (10^3)	V (10^9)	θ	k (10^3)
525x384 Débit binaire: 438 Kbps		53,91	659,6	4,406	12,24
		7,860	75,90	0,814	9,660
		16,33	194,0	1,374	11,88
720x576 Débit binaire: 896 Kbps		110,3	1,350	9,013	12,24
		16,08	0,155	1,665	9,660
		33,40	3,968	2,812	11,88
1280x720 Débit binaire: 1990 Kbps		245,1	34,64	20,03	12,24
		35,73	15,12	3,700	9,660
		74,23	19,61	6,248	11,88
1920x1080 Débit binaire: 4480 Kbps		551,3	77,94	45,06	12,24
		80,39	34,01	8,325	9,660
		167,0	44,11	14,06	11,88

Tableau IV-3 : Paramètres du H.264 (Mean& Variance en bits)

6. Les objectifs de Simulation proposée

Notre premier objectif est de simuler un vidéo streaming à travers un réseau sans fil WLAN ad-hoc utilisant la norme 802.11 et en particulier la 802.11g. Dans ce travail nous nous sommes donc intéressés à étudier et à analyser certains paramètres du QoS essentiellement dépendant de la limitation de la bande passante.

6.1 La norme 802.11g

Comme nous l'avons déjà rappelé dans les chapitres précédents la norme 802.11g est le troisième standard utilisant la bande de fréquence 2.4GHz et peut atteindre des débits binaires de l'ordre de 54Mbps. Notons, que le récent standard 802.11n est en plus un système MIMO (Multiple Input Multiple Output) qui peut travailler aussi bien dans la bande 2.4GHz et dans la bande 5GHz. Il peut atteindre des débits binaires de l'ordre de 600Mbps.

6.2 La vidéo streaming à travers les réseaux WIFI

la vidéo streaming à travers les réseaux sans fil WIFI pose encore de sérieux problèmes dus essentiellement à la quantité de données à transmettre. Evidemment, les flux vidéo sous IP sont souvent sous forme compressées. Généralement, la vidéo compressée transmise sous IP et avec une qualité HD nécessite au maximum un débit de 6 Mbps. Ainsi, avec un réseau WLAN utilisant la norme 802.11g, dont le débit binaire est de l'ordre de 54Mbps, nous pouvons théoriquement garantir simultanément 08 flux vidéo streaming. Evidemment, dans la pratique et dans la réalité beaucoup d'autres pârametres et phénomenes vont intervenir et réduisent ce nombre de flux simultanés.

6.3 Les objectifs visés

Dans nos simulations nous allons étudier plusieurs scénarios et plusieurs cas de réseaux WIFI. Nous nous intéresserons plus particulièrement aux réseaux WIFI ad-hoc utilisant la norme 802.11g. Les réseaux WIFI étudiés seront formés par des postes fixes et/ou mobiles. Dans ces simulations nous allons étudier et évaluer la qualité de service dans le cas d'un streaming vidéo codé par la norme de compression H264. Cette norme présente évidemment plusieurs spécificités et assure un certain débit avec une certaine qualité. Les études expérimentales et théoriques ont montré que le trafic et la circulation des données correspondant à ce format vidéo sous IP suivent certaines distributions que nous avons prises en considération dans les modèles adoptés.

7. Les différents scénarios de Simulation effectués

Notre objectif est l'étude et l'évaluation de la QoS dans le cas d'une transmission de flux vidéo, compressés selon la norme H264, à travers des réseaux sans fil ad-hoc. Cependant, il peut exister divers cas de figures et possibilités selon :

- Le type de réseaux peer to peer (poste à poste) ou client serveur
- Le type de la norme WIFI adoptée (802.11b, 802.11g, 802.11n …etc)
- Le streaming vidéo est unicast, multicast ou même en broadcast

- Les distances et surfaces couvertes par le réseau ad-hoc souvent sous forme de rectangles définit en centaines de mètres x centaines de mètres selon la longueur et la largeur
- Le réseau peut être indoor ou outdoor. Autrement dit, il se trouve à l'intérieur d'une bâtisse ou non. Dans le cas indoor plusieurs problèmes et limites peuvent intervenir sur la qualité des signaux transmis comme par exemple l'affaiblissement qui dépend étroitement des obstacles et les effets de multi-trajets ou multi-paths, dus aux réflexions des signaux radiofréquences RF qui engendrent certains types d'interférences.
- La mobilité des émetteurs et/ou des récepteurs
- L'importance des perturbations et des interférences de natures diverses
- L'utilisation ou non de codages particuliers, comme le codage canal, afin de réduire les effets des interférences

Nous nous sommes intéressés à deux cas de figures de réseaux ad-hoc travaillant les deux en multicast. Le premier est constitué d'un seul poste émetteur et de plusieurs postes récepteurs et tous ces postes sont fixes. Quant au second cas nous avons introduit la possibilité de mobilité de tous ces postes.

Le type du streaming vidéo simulé est une vidéo conférence. Nous avons donc adopté et configuré les paramètres et les attributs suivants pour cette vidéo conférence.

Attribute	Value
Frame Interarrival Time Information	30 frames/sec
Frame Size Information (bytes)	352X240 pixels
Symbolic Destination Name	Multicast Receiver
Type of Service	Best Effort (0)
RSVP Parameters	None
Traffic Mix (%)	All Discrete

Tableau IV- 4 :Les paramètres et attributs adoptés pour la simulation de la vidéo conférence

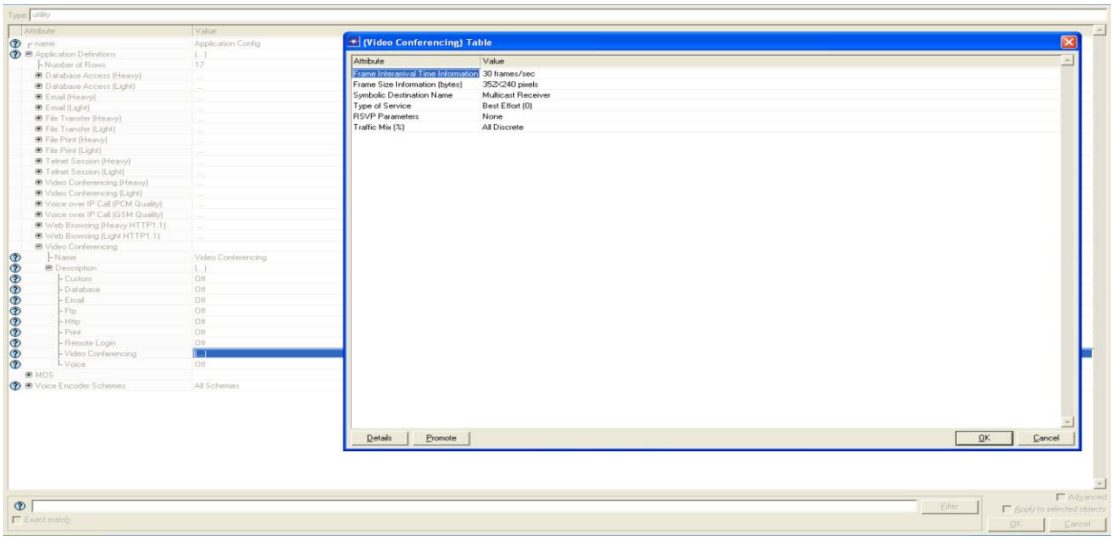


Figure IV-12: Configuration sur OPNET des paramètres et attributs adoptés pour la simulation de la vidéo conférence

7.1 Les métriques d'évaluations OPNET utilisées dans nos simulations

Il est nécessaire, selon notre vision, de commencer, avant de présenter les résultats de simulation, par définir la terminologie que nous allons utiliser pour l'évaluation et la mesure du QoS et qui est proposée par OPNET

- **Packet End to End Delay:** c'est le Délai de bout en bout de la vidéo conférence. Autrement dit, c'est le temps que prend un paquet vidéo pour aller de la couche application de la source à celle de la destination. Cette statistique enregistre des données relatives à tous les nœuds du réseau.

A noter, d'après plusieurs travaux, que le délai de bout en bout unidirectionnel peut être qualifié d'excellent, d'acceptable ou de tolérable selon les valeurs qu'il va prendre. Nous présentons dans le tableau suivant certaines de ces valeurs.

délai de bout en bout unidirectionnel	qualité
entre 100 et 150 ms	excellent
entre 150 ms et 250 ms	acceptable
strictement inférieur à 400 msec.	tolérable

Tableau IV-5: Exemples de valeurs de délai de bout en bout

- **Packet Delay Variation :** La gigue donne la différence entre les délais de transmission. Deux paquets émis successivement par une source avec un délai τ_1 sont exécutés successivement au niveau du récepteur avec un délai τ_2 conduisent à une gigue suivante :

$Gigue = \tau_2 - \tau_1$ ..... (Eq4)

Si la gigue est négative cela implique que le paquet émis en second arrive en premier.

Notons également, d'après plusieurs travaux, que qu'une gigue de 5msec correspondhabituellement à une vidéo de mauvaise qualité.

- **Trafic Received (Packets/sec) :** la moyenne des nombres de paquets, vidéo conférence, reçus par seconde par toutes les couches de transports dans le réseau
- **Trafic Sent (Packets/sec) :** la moyenne des nombres de paquets, vidéo conférence, émis par seconde par toutes applications vidéo conférences vers les couches de transports dans le réseau.

En plus des métriques, que nous trouvons dans OPNET, utilisées dans nos simulations nous avons également choisi et adopté certains paramètres dans les différents scénarios WLAN que nous avons proposé. Dans le tableau suivant nous avons résumé les principaux paramètres utilisés.

Nombre de stations émettrices	01
Nombre de stations réceptrices	10
Terrains	Rectangulaires de 400mx200m et 2000x1000m
Mobilité des stations	Avec (Différentes trajectoires) et sans.
Type de compression vidéo	H264
Temps de simulation	De 15mn à 01 heure
Norme WLAN utilisée	802.11g
Débit binaire	11Mbps et 54Mbps
Application adoptée	Vidéo conférence de type interactive multimédia
Taille des paquets vidéo entrants	640 octets
Taille des paquets vidéo sortants	640 octets
Protocole de routage	AODV
Codage utilisé	Reed Solomon

Tableau IV-6 : Les paramètres adoptés pour les simulations

7.2 Les composants OPNET de base utilisés dans nos simulations

Dans les différents scénarios de simulation que nous avons effectuée nous nous sommes basés essentiellement sur trois composants OPNET décrits dans le tableau suivant :

Composants	modèle
Application Configuration	Application Config
Profile Configuration	Profile Config
Workstation	Wlan_wkstn

Tableau IV-7 : Les composants OPNET utilisés dans les simulations

Ces trois composants sont bien évidemment implantés dans les différents scénarios à partir d'OPNET et ils présentent certaines caractéristiques de fonctionnement.

- **Application Config**

Cette application nous permet, entre autre, de définir et de configurer le ou les type (s) d'applications que nous souhaitons réaliser. A titre d'exemple nous pouvons avoir les applications suivantes : « Video Conferencing, Voice over IP call, Database Access, E- mail, File Transfer, File Print, Telnet Session et Web Browsing »



Figure IV-13 : Icône de « Application Config » dans OPNET

- **Profile Config**

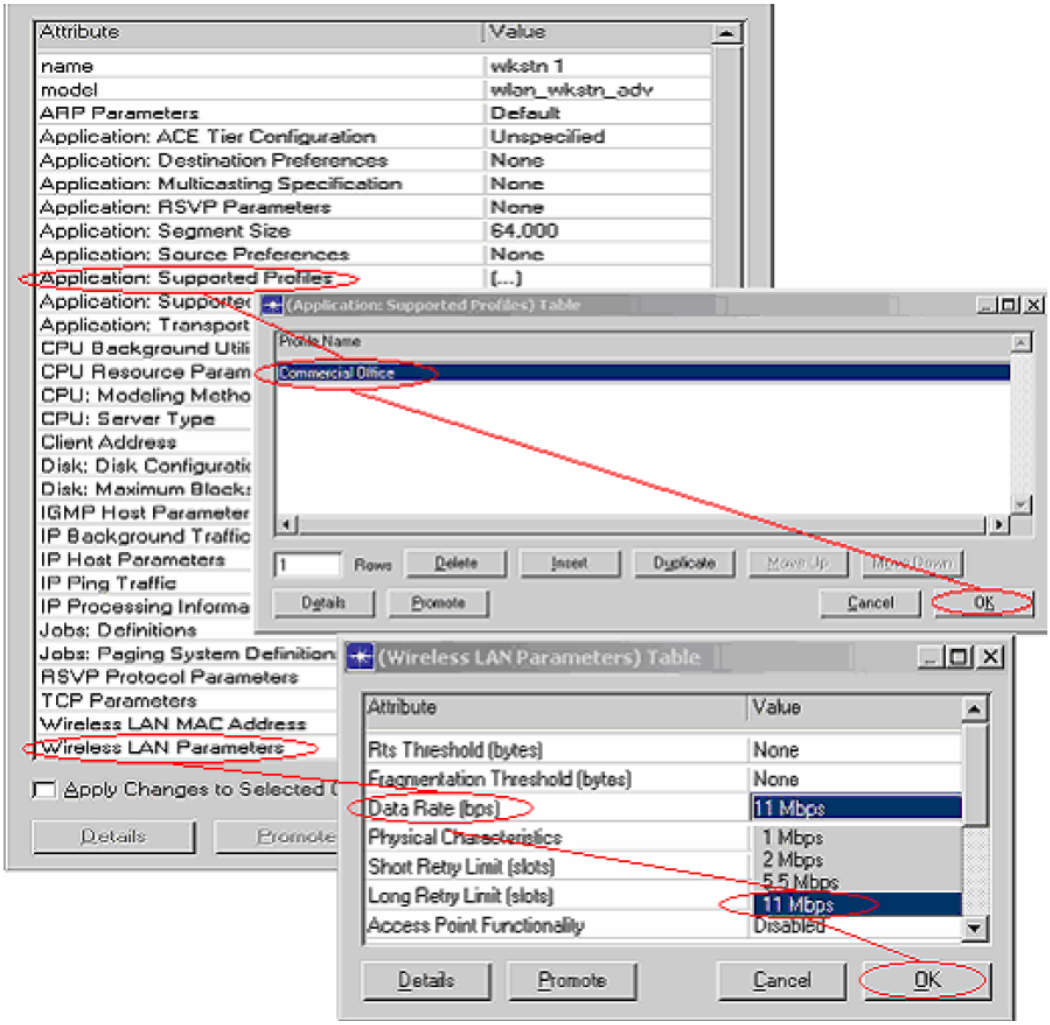
C'est le profile appliqué aux stations de travail (workstation), aux serveurs et aux réseaux locaux. Il spécifie les applications utilisées par des groupes particuliers d'utilisateurs.



Figure IV-14: Icône de « Profile Config » dans OPNET

- **Wlan_wkstn**

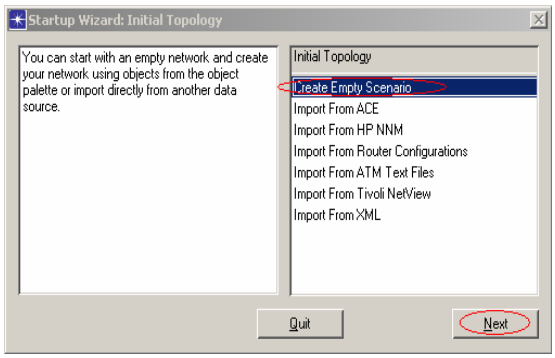
C'est le modèle du nœud qui représente une station de travail fonctionnant sous TCP/IP et UDP/IP. Sous WLAN ce modèle peut supporter différents normes allant de 1Mbps à 54 Mbps. Dans ce cas la configuration des attributs de la station de travail en WLAN (choix de la norme, choix du débit binaire, …etc) peut être effectuée pour chaque station séparément ou bien simultanément pour toutes les stations si elles sont identiques



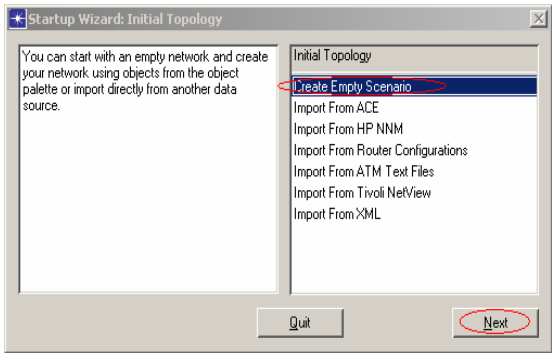
FigureIV-15: Paramètres d'une station de travail WIFI

7.3 Configuration d'un projet OPNET

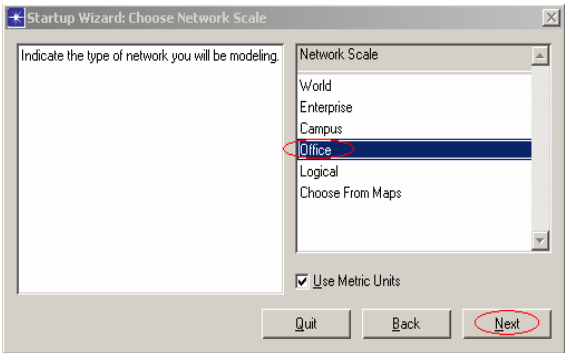
Après le lancement de l'OPNET on commence par créer un projet (Nom du projet et nom du scénario). Ensuite nous suivons les étapes par ordre comme elles sont décrites par les figures ci-dessous :



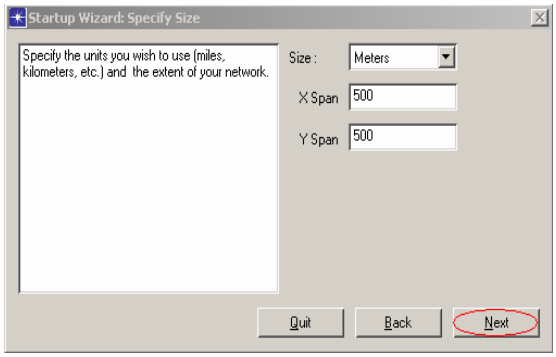
(a)



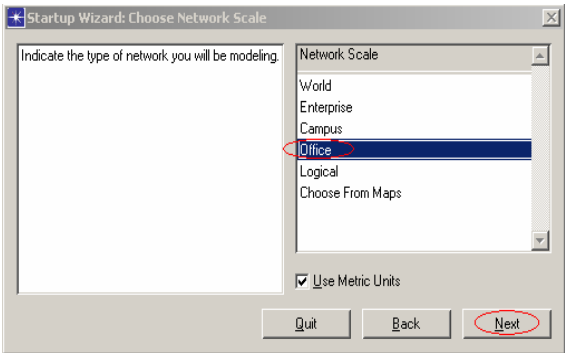
(b)



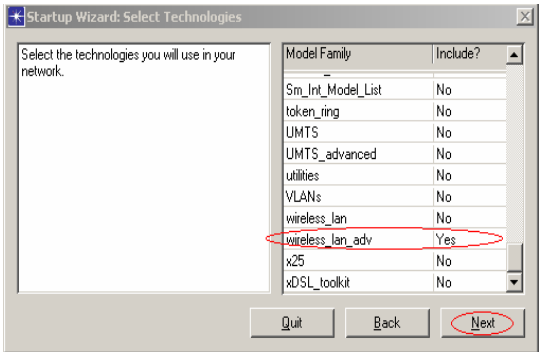
(c)



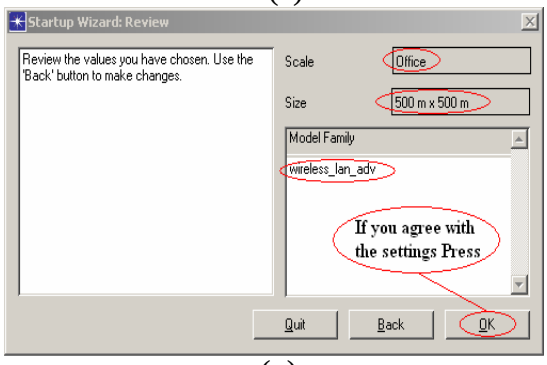
(d)



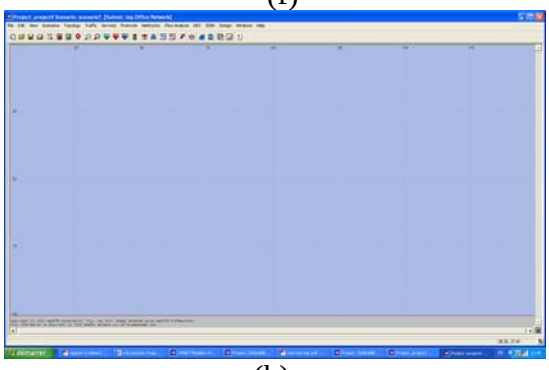
(e)



(f)



(g)



(h)

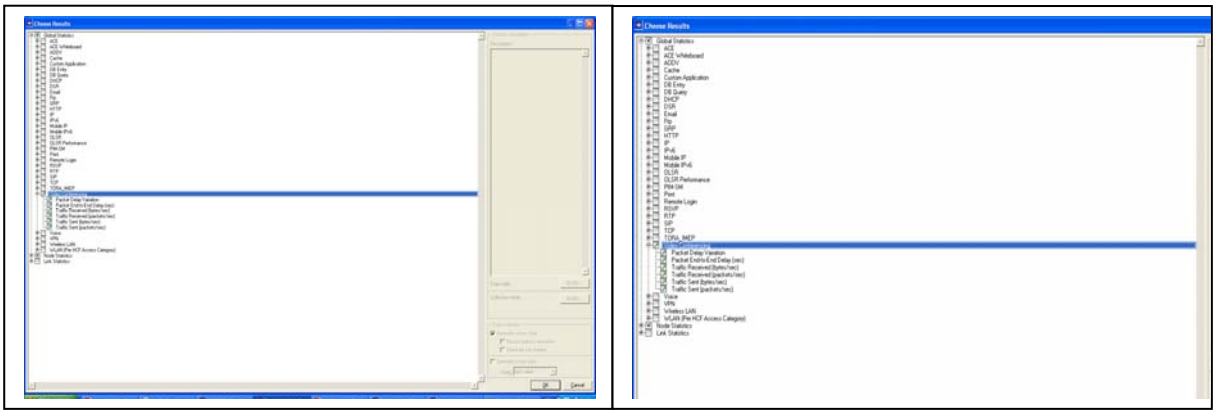
Figure IV-16 : Les étapes de base pour lancer un projet OPNET de (a) à (h)

7.4 Choix et collection des statistiques de simulation

Après avoir configuré les réseaux à simuler et les applications à effectuer nous devons choisir les différents types de statistiques à collecter pour pouvoir étudier etévaluer les performances de nos scénarios. Il s'agit essentiellement de deux types de statistiques :

- ***Global Statistics***
- ***NodeStatistics***

En ce qui nous concerne nous allons nous intéresser essentiellement pour ces deux types de statistiques concernant l'application « ***videoconferencing*** »



(a) (b)

Figure IV-17: Configuration des statistiques

(a) : cas global, (b) : cas des nœuds

7.5 Premier scénario de simulation

Le premier scénario de simulation que nous avons adopté sous OPNET Modeler est un réseau ad-hoc constitué d'une dizaine de machines fixes couvrant une zone géographique de forme rectangulaire de dimensions 400mx200m sans obstacles(outdoor). Dans ce réseau une seule machine joue le rôle émetteur multicast et les autres machines sont des récepteurs disposées de manière à être de plus en plus distants de la machine émettrice.

Nous avons choisi ; dans cette simulation de s'intéresser plus particulièrement à la norme 802.11g pouvant garantir entre autre un débit binaire de 11Mbps et de 54Mbps.

Pour construire ce scénario et pouvoir arriver à la simuler nous avons suivi plusieurs étapes comme par exemple :

- création de la topologie adoptée
- configuration des nœuds et des attributs
- rajouter le trafic des données vidéo selon le format h264
- configuration des paramètres du réseau local sans fil
- configuration de l'application et du profil (Application config et Profile config)

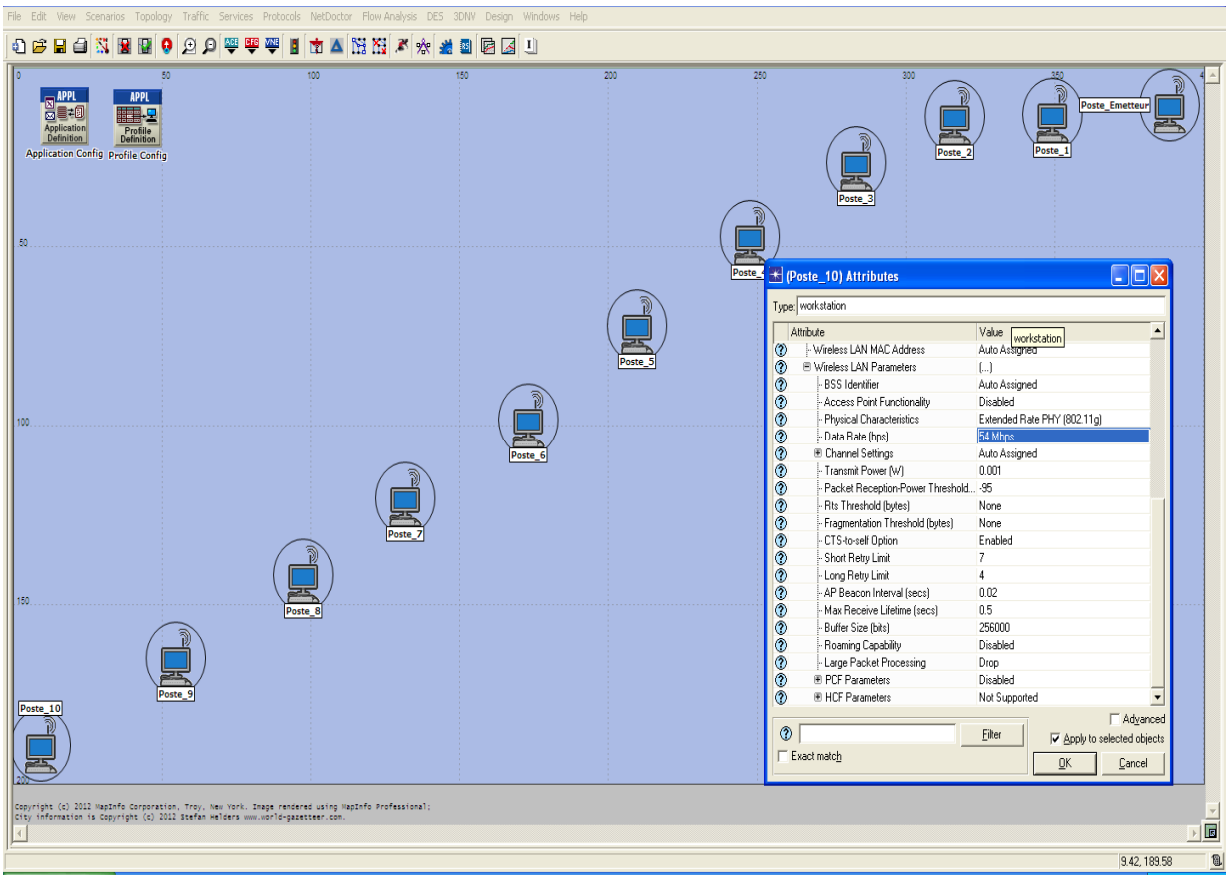


Figure IV-6: Interface graphique utilisateur de notre premier scénario

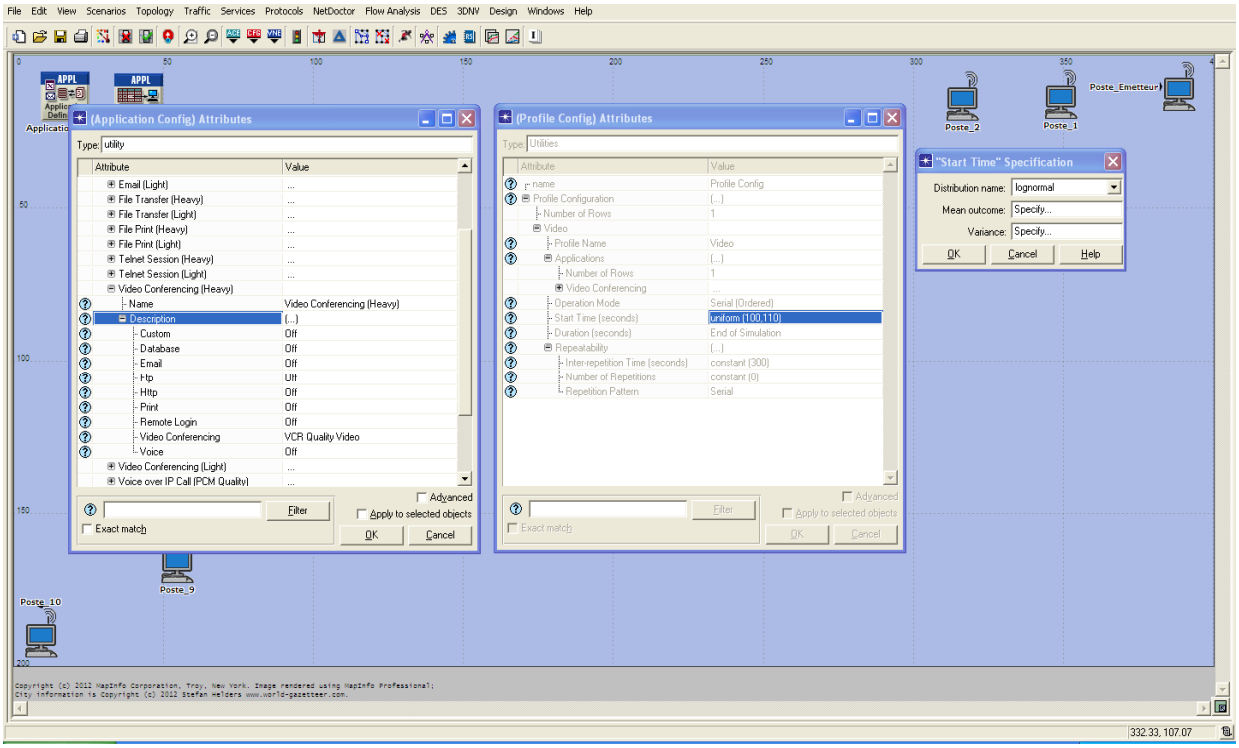


Figure IV-19 : configuration de l'application et du profil

Plusieurs statistiques ont été donc obtenues. Parmi les statistiques que nous avons pris en considération afin d'évaluer notre réseau nous citons :

- Cas « global statistics » :
  - Traffic sent (packets/sec)
  - Trafficreceived (packets/sec)
  - Packets end to end delay (sec)
  - Packet delay variation
  - Delay (sec) for wireless LAN
- Cas « object statistics » :
  - Trafficreceived (packets/sec) pour chaque poste
  - Delay (sec) for wireless LAN pour chaque poste

Comme nous avons opté pour la norme 802.11g nous avons élaboré nos statistiques en tenant compte de deux débits différents à savoir 11Mbps et 54Mbps afin d'étudier l'influence du débit binaire sur les paramètres cités ci-dessus.

Les différentes simulations effectuées et les statistiques obtenues montrent clairement que dans le cas de cette norme 802.11g et pour un streaming vidéo que des débits important augmentent l'effet de perte de paquets et par conséquence conduisent à de mauvaises qualités de vidéo réceptionnée. De même, la distance est un paramètre très influent sur la qualité de service dans le cas du streaming vidéo en ad-hoc. Nous remarquons sur les résultats obtenus qu'un bon nombre de poste distant, dont la distance qui les sépare de l'émetteur dépasse les 200 mètres, reçoivent de moins en moins de paquets.

Notons également que la puissance d'émission et/ou de réception est un paramètre très pertinent et très influents dans la création des erreurs de transmission.

Juste après le poste 4, distant approximativement de 200 mètres de la source émettrice, la réception devient impossible dans le cas de 54Mbps alors qu'elle reste possible jusqu'au poste 10 dans le cas de 11Mbps.

Quant à la statistique «End to End Delay» elle est de trois fois supérieure dans le cas du 11Mbps. Nous remarquons un rapport davantage plus prononcé entre le « packet delay variation» à 11Mbps et 54Mbps.

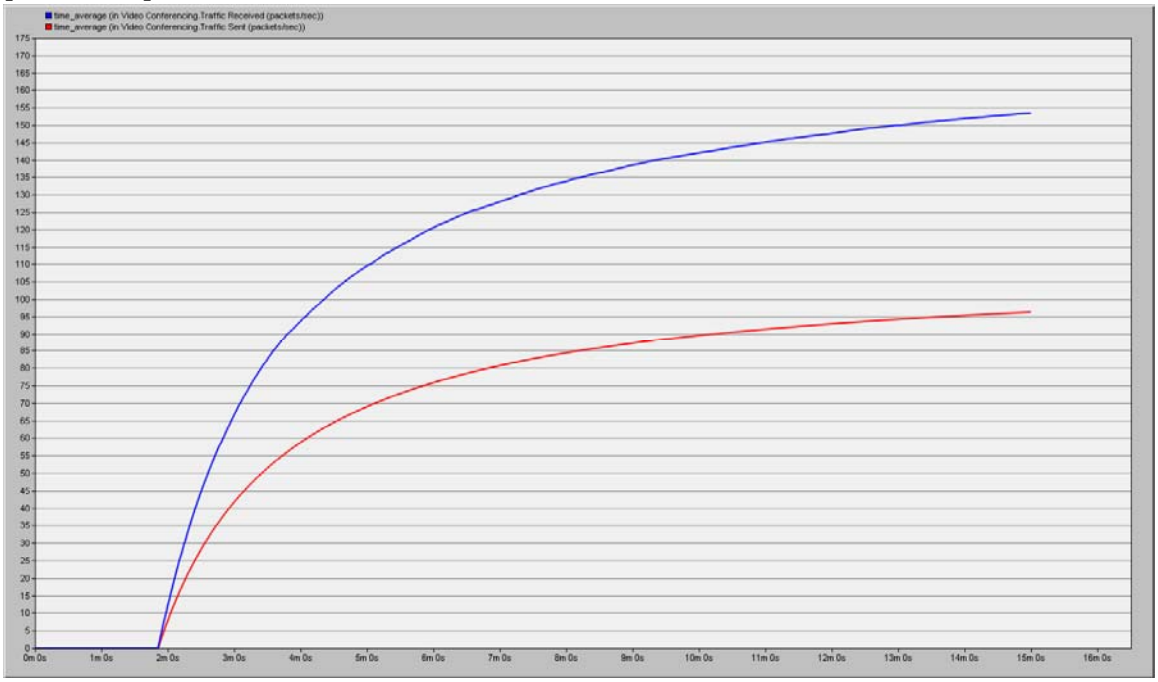


Figure IV-20: Traffic sent and received à 11Mbps



Figure IV-21: Traffic sent and received à 54Mbps

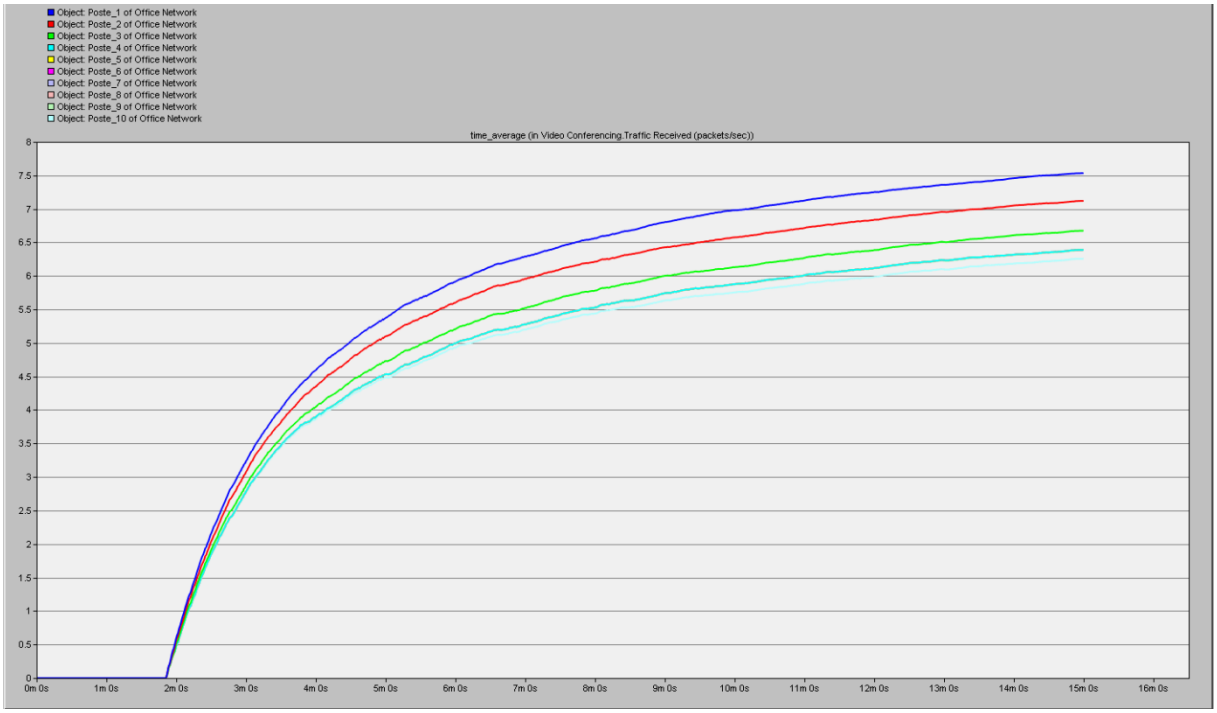


Figure IV-22: Trafficreceived (packets/sec) pour chaque poste à 11Mbps

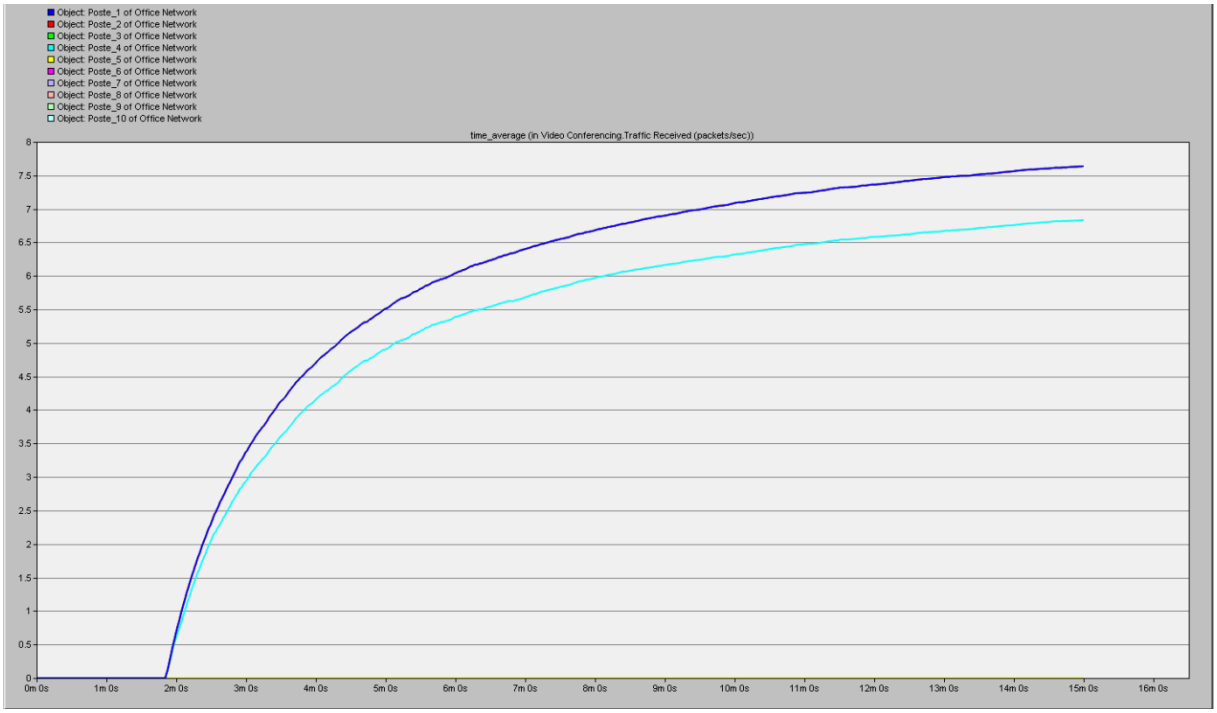


Figure IV-23 : Trafficreceived (packets/sec) pour chaque poste à 54Mbps

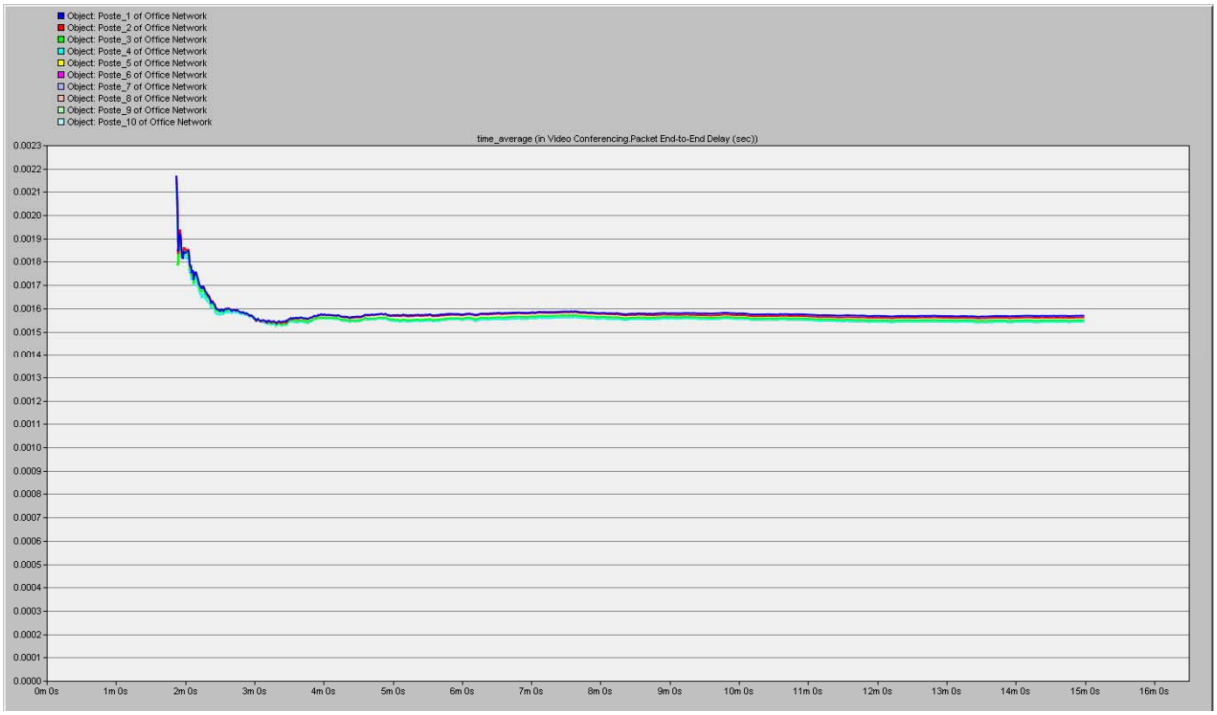


Figure IV-24 : Packets End to End Delay pour chaque poste à 11Mbps

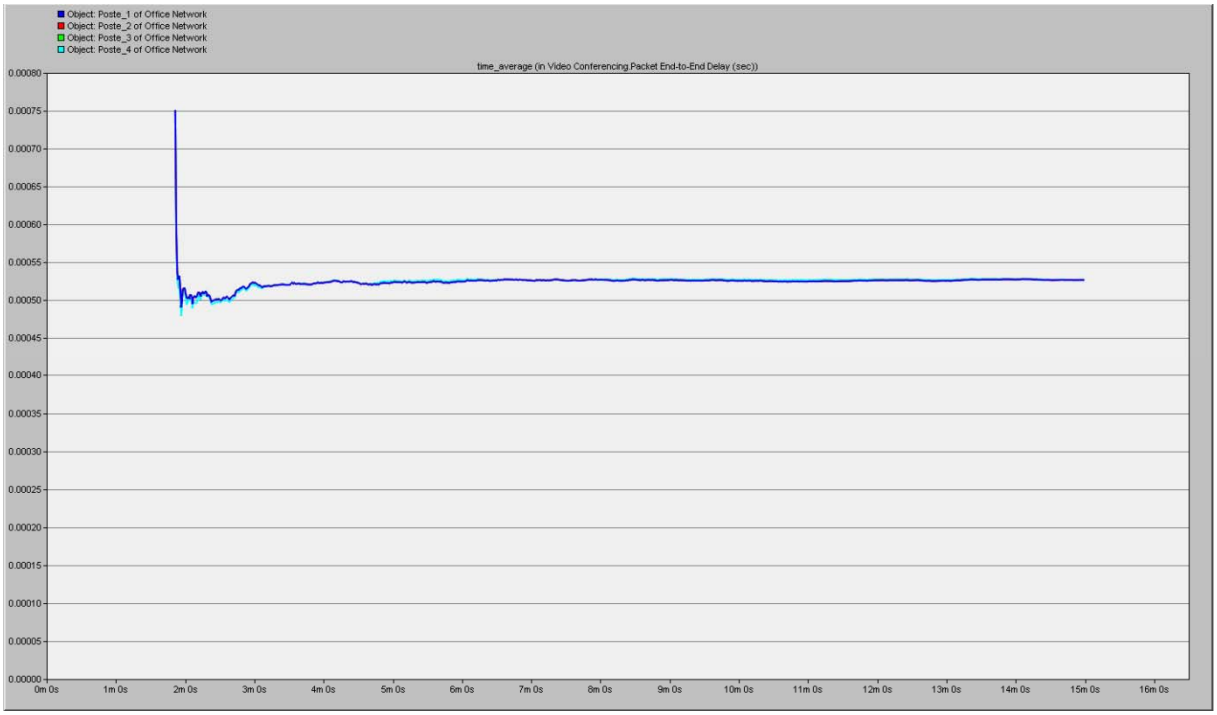


Figure IV-25 : « Packets End to End Delay » pour chaque poste à 54Mbps

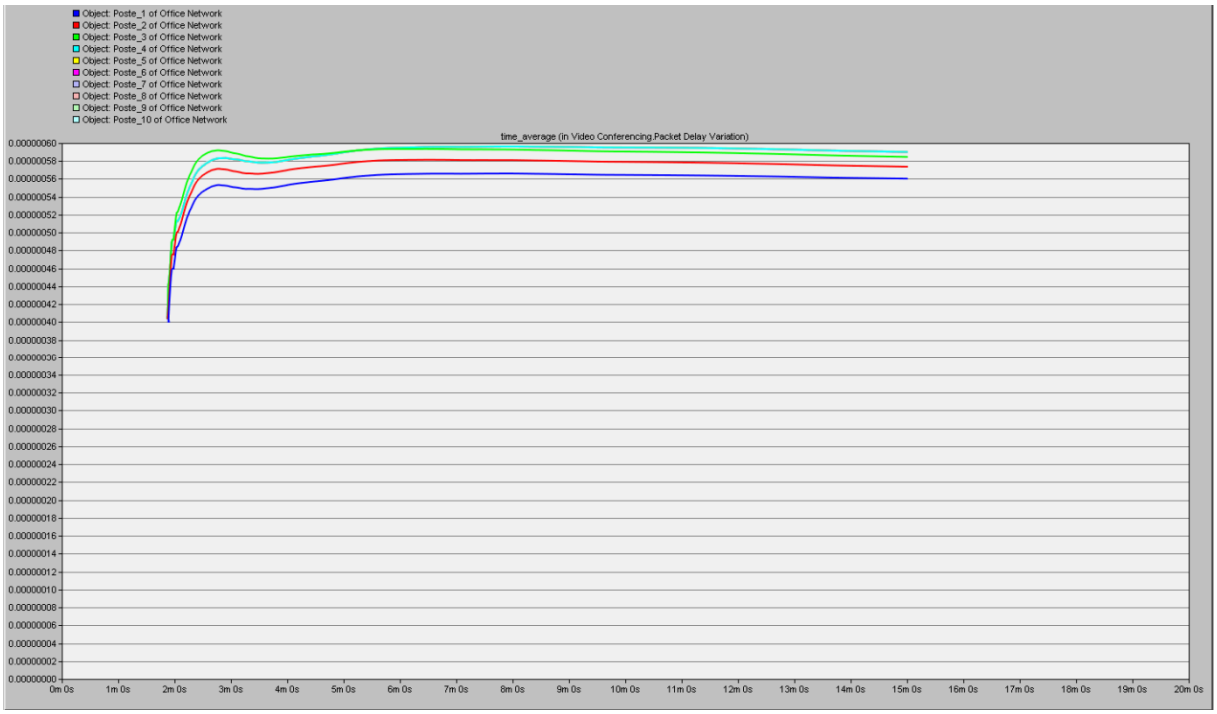


Figure IV-26 « Packets Delay variation » pour chaque poste à 11Mbps

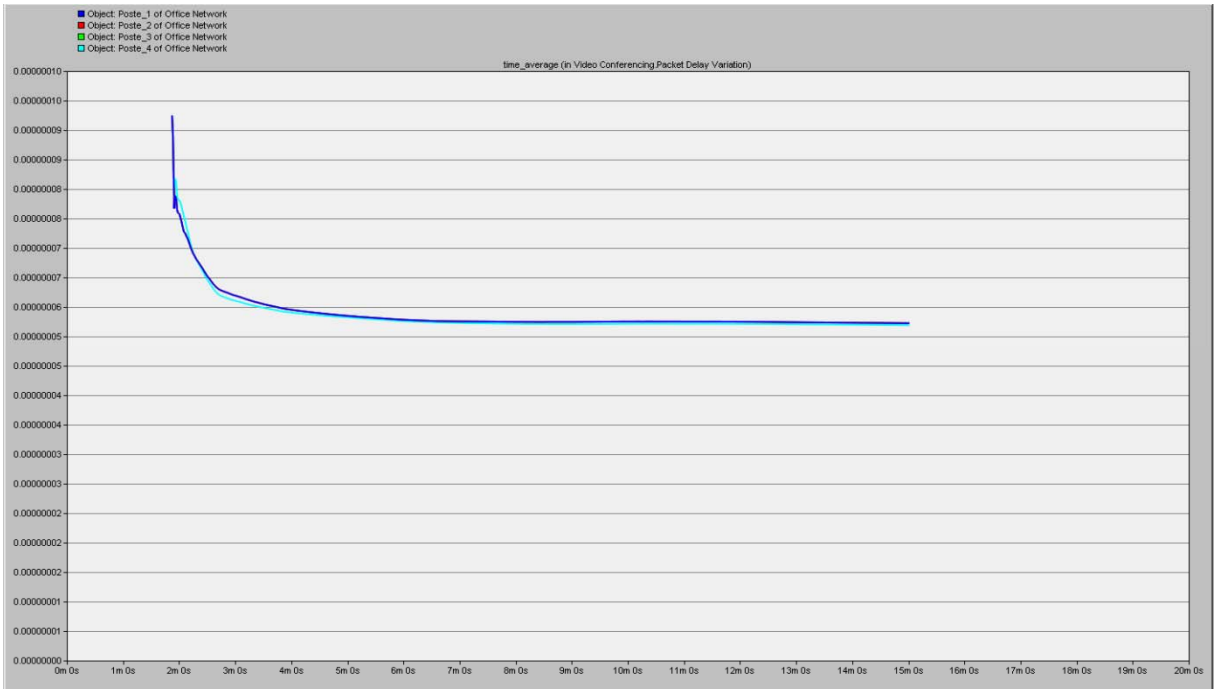


Figure IV-27 : « Packets Delay variation » pour chaque poste à 54Mbps

7.6 Deuxième scénario de simulation

Le second scénario de simulation que nous avons adopté sous OPNET Modeler est aussi un réseau ad-hoc constitué de trois machines mobiles couvrant toujours une zone géographique de forme rectangulaire de dimensions 2000mx1000m. Dans ce réseau toutes les machines réceptrices (en multicast) sont mobiles avec une vitesse de déplacement de 10 mètres par seconde.Nous avons adopté pour chaque machine une trajectoire différente afin de l'éloigner et la rapproche de la machine émettrice. A cet effet nous avons défini trois trajectoires différentes comme le montre la figure ci-dessous. Nous avons gardé un seul débit binaire à savoir 11Mbps.

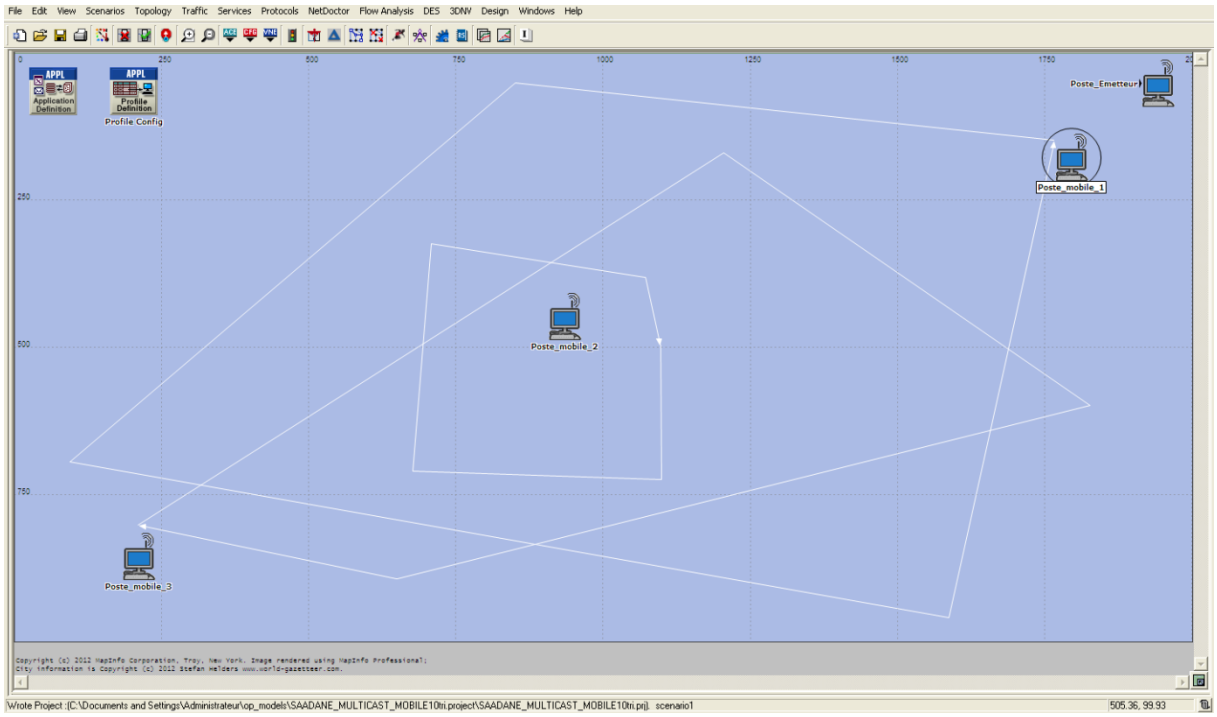


Figure IV-28: Interface graphique utilisateur ou GUI de notre second scénario

Les statistiques prouvent sans aucune ambigüité que la mobilité est un facteur clé sur la qualité de service dans le cas des réseaux sans fil d'une manière générale et plus particulièrement dans le cas des réseaux ad-hoc. Nous remarquons d'après les figures ci-dessous et plus particulièrement sur la figure des paquets émis et reçu qu'il y'a un fléchissement relativement importante dans le nombre de paquets reçus. Ceci s'explique bien entendu par la position instantanée des postes récepteurs vis-à-vis de l'émetteur. La mobilité ajoute donc et favorise les effets d'erreurs de transmission. Il est donc primordial de faire appel dans ce cas à des codes correcteurs afin de réduire cette influence néfaste.



Figure IV-29 : Traffic sent and received

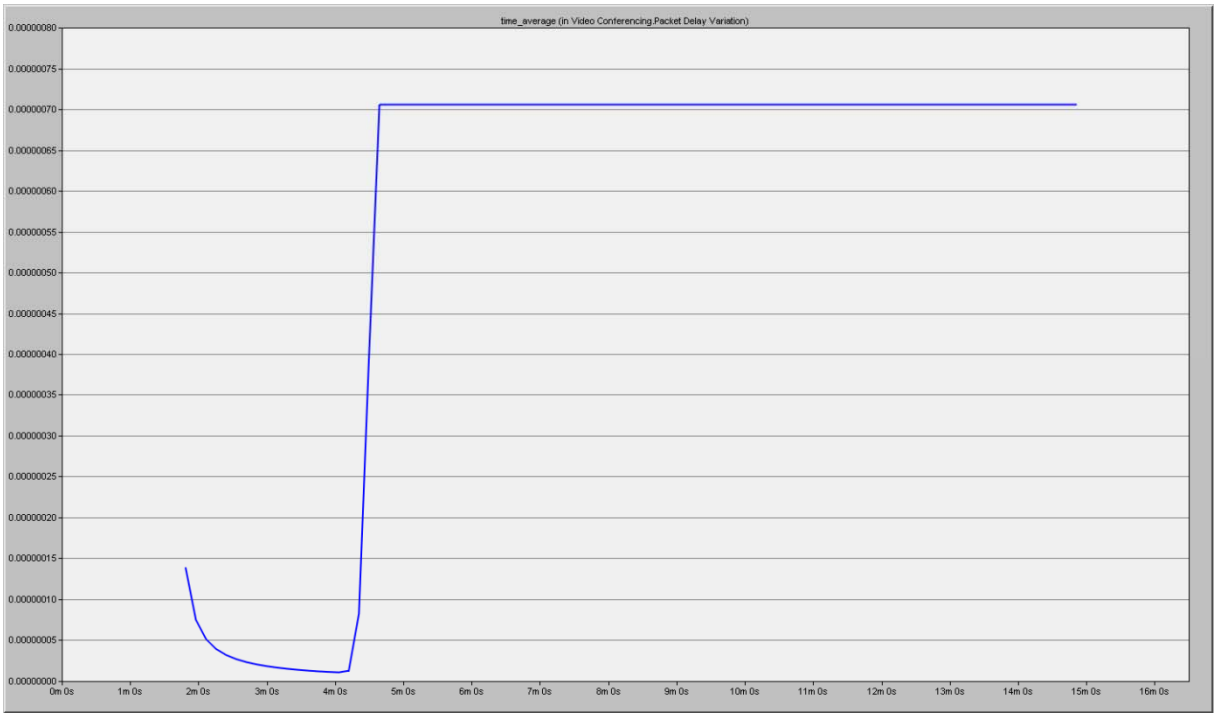


Figure IV-30 : « Packets Delay variation »

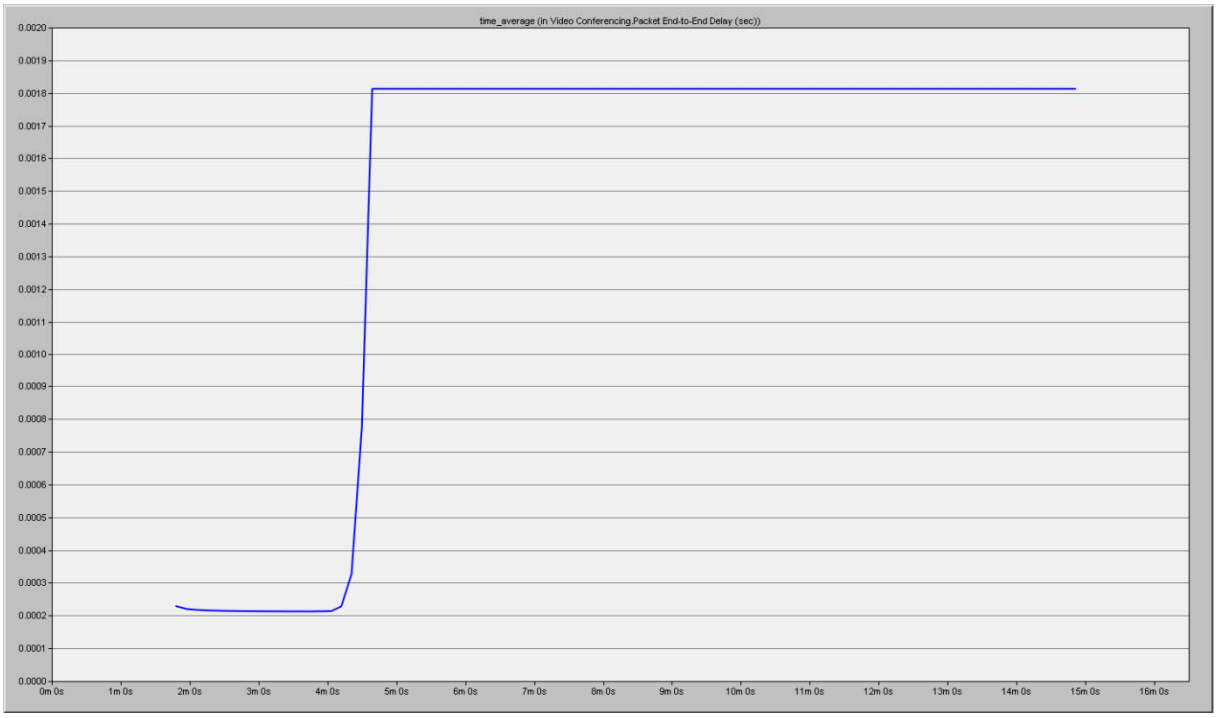


Figure IV-31 : « Packets End to End delay »

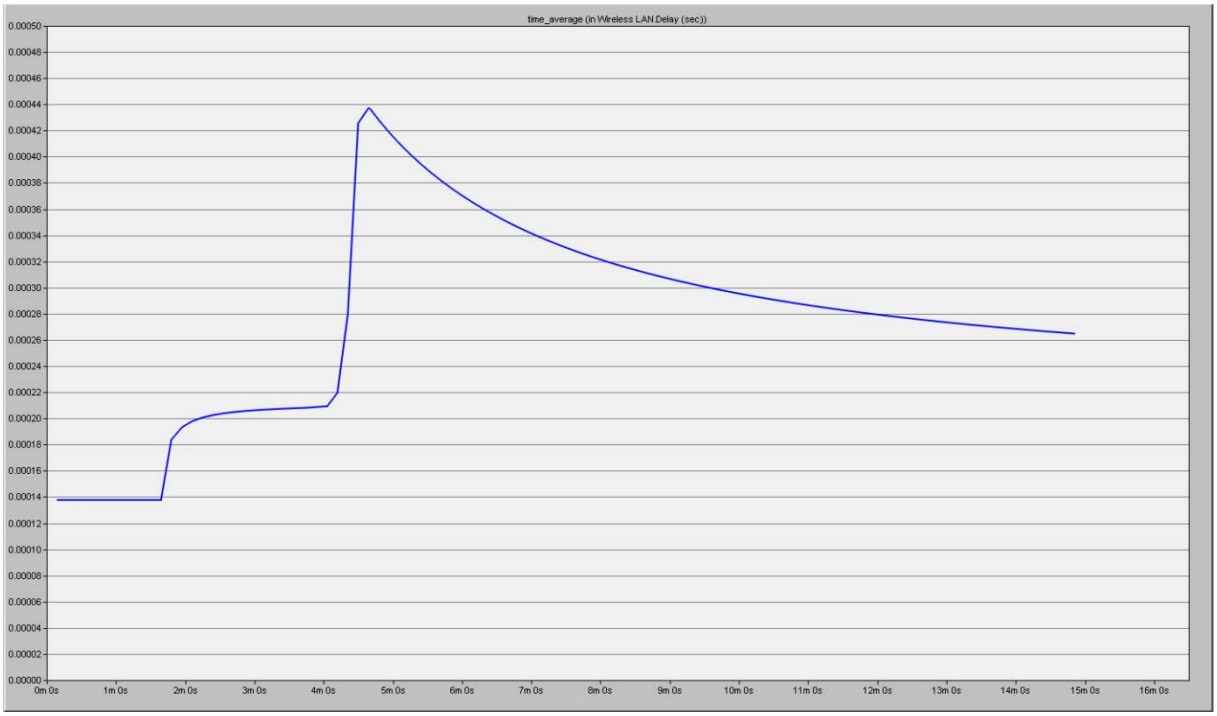


Figure IV-32 : « Wireless LAN Delay »

8. Conclusion

Les résultats des simulations montrent clairement que la qualité de transmission dans le réseau est tributaire de plusieurs facteurs aussi important les uns que les autres comme par exemple :

- La taille du réseau
- Le débit binaire
- La puissance
- La mobilité
- …etc

Cependant, en essayant de gagner dans le débit de transmission on perd dans la qualité. Dès lors, l'intégration de la QoS accompagnée d'un correcteur d'erreur adéquat doit nous donner des résultats nettement meilleurs.

Ceci dit, si le réseau n'est pas surchargé, moins de congestion, nous devons pouvoir atteindre également des résultats meilleurs. Moins chargé dans le cas du streaming vidéo signifie aussi que les techniques de compression à utiliser doivent garantir des taux de compression nettement plus élevés.

Conclusion Générale

CONCLUSION & PERSPECTIVES

Le multimédia d'une manière générale et les services utilisant la vidéo d'une manière particulière ont évolué ces dernières années d'une manière très significative. En effet, l'utilisation des services multimédia s'est répandue dans la vie quotidienne du grand public mais aussi et surtout chez les professionnels.

Depuis les tous premiers pas de la télédiffusion ou nous avons commencé à transmettre de la vidéo en niveau de gris puis en couleurs sous une forme purement analogique jusqu'à aujourd'hui ou la vidéo et également la voix sont transmises en numérique et sous forme de paquets IP à travers différents types de réseaux informatiques. Ces différents types de réseaux diffèrent bien évidemment les uns par rapport aux autres par rapports aux supports utilisés mais aussi par rapports aux contraintes qui lui sont propres et les protocoles adoptés.

La transmission et l'acheminement des paquets multimédia, surtout en temps réel et en continu, n'ont pas les mêmes contraintes que les autres types de données numériques que l'on utilise habituellement dans les réseaux informatiques. Ainsi, la qualité de service ou QoS nous permet de garantir une certaine qualité exigée sur les réseaux pour assurer le bon acheminement de ce type de paquets IP très particulier et très utilisés.

Le vidéo streaming avec ses différentes utilisations sont l'exemple typique ou la QoS est fortement recommandée surtout pour certains types de réseaux comme les réseaux sans fil ad-hoc. En effet, ces réseaux ont la particularité d'introduire encore plus d'erreurs et perturbations, par rapports aux autres types de réseaux essentiellement filaires, sur les données numériques transmises dus essentiellement au canal et à la mobilité des sources et des destinations.

Dans cet axe et dans l'objectif de notre magistère nous nous sommes intéressés à l'évaluation du QoS dans les réseaux ad hoc dans le cas de la vidéo streaming.

Nous avons donc commencé, dans un premier temps, par positionner la problématique à savoir la vidéo streaming dans les réseaux ad hoc. Comme nous avons également rappeler des fondements de base sur les réseaux ad-hoc d'une part et d'autre part sur les concepts de la qualité de service et le streaming vidéo. Nous avons alors présenté succinctement la vidéo d'une manière générale et la vidéo sous forme de paquets IP. Les limites et les problèmes quant à sa transmission.

Enfin, l'essentiel de notre travail est dédié à la simulation. Nous avons choisi de travailler avec le simulateur OPNET Modeler 14.0. Ceci nous a permis de prendre différents cas de modèles pour pouvoir étudier différents cas de figure. Parmi les cas que nous avons simulé nous citons le cas référence, avec mobilité, avec atténuation de la puissance, avec mobilité et atténuation …etc. pour chacun de ces cas nous avons évalué les différents paramètres de la QoS, comme le délai, la gigue, la perte …etc. Ces mêmes simulation ont été effectuées dans le cas où il n'y a pas de correction et dans le cas où il y'a correction. Ceci dans l'objectif de vérifier l'effet des codes correcteurs d'erreur, comme le code de Reed-Solomon, sur les différents paramètres du QoS.

Bibliographie

[ALA 11] KH. AL Agha, G. Pujolle, and G. Vivier, "Réseaux de mobiles et réseaux sans filGSM, GPRS, UMTS, UMTS, 802.11, Bluetooth, BLR, DVB, IP Mobile", Octobre 2011.

[AME 08] F. Ameza, "Les technologies sans fil : le routage dans les réseaux Ad Hoc (OLSR et AODV)", Université de Bejaia, 2008.

[AND 03] F. Andreasen and B. Foster, "Media Gateway Control Protocol (MGCP) Version 1.0", IETF Request For Comments (RFC) 3435, January 2003

[ASH 07] D. Ashtari et G. Luis, "Mise en œuvre des deux approches standard : DiffServ et IntServ/RSVP et validation par la transmission de trafic Triple-Play entre les deux entreprises", Rapport de Master Informatique, Université Paris VI, 2007.

[BAR 02] M. BARLAUD and C. LABIT, Compression et codage des images et des vidéos

[BAS 11] Carole BASSIL "Multimédia: Transmission et Signalisation", *www.lb.refer.org/memoires/92563CaroleBASSIL.doc* . 2011.

[BER 07] C. Bergeron, "Optimisation conjointe source/canal d'une transmission vidéo H.264/AVC sur un lien sans fil", thèse de doctorat de Télécom ParisTech, 2007

[BEU 04] R. Beuran, "Mesure de la qualité dans les réseaux informatiques", Thèse de doctorat, Université de St. Etienne, 2004

[BRA 07] M. Brahma, "Étude de la QoS dans les Réseaux Ad hoc : Intégration du Concept de l'Ingénierie du Trafic", Thèse de doctorat, décembre 2007

[CHE 06] S. Cheshire and M. Krochmal, Multicast dns, draft-cheshire-dnsext-multicastdns-06.txt, 2006.

[CIS 06] Cisco, "Skinny Call Control Protocol (SCCP)", Cisco Systems, February 2006

[CLA 03] T. Clausen and P. Jacquet, Optimized link state routing protocol (olsr), 2003. http://citeseer.ist.psu.edu/clausen03optimized.html

[DNS 06] Dns-based service discovery, draft-cheshire-dnsext-dns-sd-04.txt, 2006.

[DOG 08] Doggen, Jeroen Van der Schueren, Filip, "Design and Simulation of a H.264 AVC Video Streaming Model". "University College of Antwerp", Department of Applied Engineering Paardenmarkt 92, B–2000 Antwerpen, Belgium, January 31, 2008.

[DOM 03] D. Dhoutant, "Étude du standard IEEE 802.11 dans le cadre des réseaux ad hoc : de la simulation à l'expérimentation", Institut national des sciences appliquées de Lyon.

[ETSI 08] ETSI EN 301 192 V 1.4.2, "Digital Video Broadcasting (DVB); DVB speci_cation for data broadcasting", April 2008.

[FAI 05] G. Fairhurst, and B. Collini-Nocker, "Unidirectional Lighweight Encapsulation (ULE) for Transmission of IP Datagrams over MPEG-2 Transport Stream (TS)" IETF RFC 4326, December 2005.

[GUT 01] E.Guttman, "Autoconguration for IP Networking: Enabling Local Communication", IEEE Internet Computing, pp. 81§86, June 2001.

[HAD 06] Y. Haddad ; "La voix sur IP et le Wifi, dossier du service pour la science & la technologie", http://www.fitscience.org , 2006.

[HER 06] O. Hersent, P. Jacquet, D. Gurle, and J. Petit, "La Voix sur IP", Dunod, 01 Informatique, August 2006.

[JAF 00] E. Jaffrot, "Estimation de canal très sélectif en temps et en fréquence pour les systèmes OFDM ", 15 décembre 2000.

[JIN 12] Jini technology home page. http://www.sun.com/software/jini/

[JOH 07] John R. Smith, "Jingle: Jabber Does Multimedia", IEEE Multimedia Magazine, page 90-94, March 2007

[KES 06] A. Ksentini, M. Naimi, and A. Gueroui, "Toward an improvement of H.264 video transmission over IEEE 802.11e through a cross-layer architecture", *IEEE Communications Magazine*, vol. 44, no. 1, pages 107-114, 2006.

[KOU 05] H. Koumaras, C. Skianis, G. Gardikis and A. Kourtis, "Analysis of H.264 video encoded traffic", in Proceedings of the 5th International Network Conference (INC2005) pp 441-448.

[LAL] D.Lalot, "réseaux Informatiques", http://ciscam.univ-aix.fr/doctech/reseaux.pdf.

[MAO 09] H. Maouchi, "Routage avec qualité de service dans AODV", Université mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, mémoire présenté pour obtenir le titre d'ingénieur 2009.

[MAR 06] Y. Maréchal, "Comment trouver sa Voix sur IP ? ", la Direction de la communication de Completel et l'EBG, 2006.

[MAT 02] A. Matrawy, L. Lambadaris, Changcheng Huang, "MPEG4 Traffic Modeling Using The Transform Expand Sample Methodologys". In Proceedings of the IEEE 4th International Workshop on Network Appliances pages 249-256, 2002.

[MER 05] R. Meraihi, " Gestion de la qualité de service et contrôle de topologie dans les réseaux ad hoc". Thèse de doctorat, Télécom ParisTech, 2005

[MUH 02] P. Muhlethaler "802.11 et les réseaux locaux sans fil", 2002

[NAD 09] Younes Nadine "La qualité de service des services multimédia sur les réseaux ad hoc sans fil à multi-sauts", Montréal, le 7 août 2009.

[NAF 09] Mehdi NAFA "Optimisation des applications de streaming peer to peer pour des réseaux ad hoc mobiles ", 2009.

[OUA 07] L. Ouakil, and G. Pujolle, "Téléphonie Sur IP", Eyrolles, April 2007.

[PAR 06] L. Parziale, D. Britt, C. Davis, J.Forrester, W.Liu, C. Matthews, N Rosselot, "TCP/IP Tutorial and Technical Overview", http://www.redbooks.ibm.com , December 2006
.
[PAU 07] Paul E. Jones, "Overview of H.323", Rapport ITU-T Q2/SG16, October 2007

[PER 94] C. Perkins and P. Bhagwat, "Highly dynamic destination-sequenced distance-vector routing (DSDV) for mobile computers", ACM SIGCOMM, 1994, pages : 234-244, http://citeseer.ist.psu.edu/perkins94highly.html

[PER 97] C. Perkins, "Ad hoc on demand distance vector (aodv) routing", 1997, http://citeseer.ist.psu.edu/article/perkins99ad.html

[RAT 02] O. V. Ratsimor, D. Chakraborty, S. Tolia, D. Khushraj, A. Kunjithapatham, A. Joshi, T. Finin, and Y. Yesha, Allia, "Alliance-based Service Discovery for Ad-Hoc Environments", ACM Mobile Commerce Workshop, September 2002.

[SAI 05] F. Sailhan and V. Issarny, "Scalable service discovery for MANET", PERCOM, Washington, DC, USA, 2005, pages 235-244.

[SCH 03] H. Schulzrinne, S. Casner, R .Frederick, "RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications", 2003.

[SCO 99] Scott Carson et Joseph Macher, "Mobile Ad hoc Networking (MANET) : Routing"

[SEG 05] R. Segrest, "IAX protocol simplies VoIP", Network World, November 2005, http://www.networkworld.com

[SPA 07] R. Sparks, and E. Systems, "SIP Basics and Beyond", ACM Queue, vol. 5, no. 2, pages 24-33, March 2007

[SUN 05] P. Sunna, AVC/H.264 Un système de codage vidéo évolué pour la HD et SD, 2005.

[VEI 97] J. Veizades, E. Guttman, C. Perkins, and S. Kaplan, "Service location protocol", 1997, http://citeseer.ist.psu.edu/veizades97service.html

[VOC 04] G.711, "Pulse Code Modulation (PCM) of Voice Frequencies", VOCAL Technologies, http://www.vocal.com , 2004.

[XUE 07] Su Xueyuan, "Distributed Resource Management in Wireless Ad Hoc Networks : From the Perspective of Cross-Layer Design and Interaction », http://cs.yale.edu/homes/xs45/pdf/su-mphil-thesis.pdf. 2007

[ZEN 02] J.Zenkri, "IP Telephony", Union Internationale Des Télécommunications, 2002, Protocol Performance Issues and Evaluation Considerations.

[WEB 01] http://www.numidit.com/index.php?option=com_content&view=article&id=84&Itemid=122&limitstart=12

[WEB 02] http://www.frameip.com/voip/

[WEB 03] http://fr.wikipedia.org/wiki/Defense_Advanced_Research_Projects_Agency

[WEB 04] http://tavier.free.fr/serveur/infor/reseau/sansfils/sansfils.htm

[WEB 05] http://www.pouf.org/documentation/securite/html/

[WEB 06] http://www.ieee802.org/11/

[WEB 07] http://fr.scribd.com/doc/95125137/Le-Standard-802-11

[WEB 08] http://perso.citi.insa-lyon.fr/jmgorce/cours/TPs_docs_WiFi.pdf

[WEB 09] http://www.axis.com/files/brochure/bc_techguide_33336_fr_0903_lo.pdf

[WEB 10] http://mpeg.chiariglione.org/

[WEB 11] http://www.guill.net/index.php?cat=3&pro=1&tcpip=28

[WEB 12] http://wapiti.telecom-lille1.eu/commun/ens/peda/options/ST/RIO/pub/exposes/exposesrio2007/ Bamouh-Lalaoui/modeles.html