

**UNIVERSITE D'ANTANANARIVO**

**ECOLE SUPERIEURE POLYTECHNIQUE**

**DEPARTEMENT TELECOMMUNICATION**

**MEMOIRE DE FIN D'ETUDES**

**en vue de l'obtention**

**du DIPLOME D'INGENIEUR en TELECOMMUNICATION**

*Spécialité : Signaux – Images – Informations*

*Par : ANDRIAMAMPIONONA Hariniombonana*

***LE MULTIMEDIA ET LES RESEAUX :  
DEVELOPPEMENT D'UN SITE DE E-LEARNING***

Soutenu le Mercredi 01 Février 2006 devant la commission d'examen composée de :

Président :

Monsieur RATSIHOARANA Constant

Examinateurs :

Monsieur RAZAKARIVONY Jules

Monsieur RASAMOELINA Jacques Nirina

Monsieur RADONAMANDIMBY Edmond Jean Pierre

Directeur de mémoire :

Monsieur ANDRIAMIASY Zidora



## REMERCIEMENTS

Je rends grâce à Dieu pour sa bonté de m'avoir donné la force et la santé durant toutes mes études et pendant la réalisation de ce mémoire.

J'exprime ma gratitude à Monsieur Le Directeur de l'Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo.

Je suis particulièrement reconnaissant à Monsieur RANDRIAMITANTSOA Paul Auguste, Professeur, Chef du Département Télécommunication.

Je suis très reconnaissant envers Monsieur ANDRIAMASY Zidora, Enseignant au sein du Département Télécommunication, directeur de ce mémoire qui a été pour moi plus qu'un encadrant. Je le remercie pour le temps qu'il m'a accordé et ses précieux conseils.

J'adresse mes sincères remerciements à Monsieur RATSIHOARANA Constant, Enseignant au sein du Département Télécommunication pour l'honneur qu'il me fait de présider mon jury.

Je tiens à témoigner toute ma gratitude à :

- Monsieur RAZAKARIVONY Jules,
- Monsieur RASAMOELINA Jacques Nirina,
- Monsieur RADONAMANDIMBY Edmond Jean Pierre,

enseignants du département Télécommunication, pour l'honneur qu'ils me font de participer à mon jury.

Je remercie tous les enseignants et personnel de l'Ecole Supérieure Polytechnique pour ma formation durant ces cinq années.

J'adresse une pensée spéciale aux personnes qui m'ont accompagné tout au long de ce travail, particulièrement à Tonton Rolland qui aurait voulu être là.

Je termine ici en dédiant ce mémoire à « Dada sy Neny » qui m'ont donné le goût des études et offert un soutien sans faille.

## **Avant propos**

L'intention de cet ouvrage est de nous permettre de mieux comprendre la synergie multimédia – réseaux. Ayons toujours à l'esprit que nous sommes entrés dans une ère nouvelle où la distance et le temps ne devraient plus être des obstacles.

Le rapprochement du secteur informatique et de la télécommunication sera la démarche constructive pour y arriver. Quel que soit le type de réseau et les données à transmettre, le principe reste le même.

Dans ce mémoire, on va suivre le circuit des informations dites multimédia depuis leur acquisition jusqu'à leur restitution chez un destinataire distant.

## TABLE DES MATIERES

ABREVIATIONS .....	iii
Introduction .....	1
Chapitre 1 : GENERALITES .....	2
1.1. <i>Historique</i> .....	2
1.2. <i>Définition</i> .....	3
1.3. <i>Caractérisation du domaine multimédia</i> .....	5
1.3.1. Les images fixes.....	6
1.3.2. Le son.....	6
1.3.3. La vidéo .....	7
1.4. <i>Les applications et services</i> .....	8
1.4.1 La pluridisciplinarité.....	8
1.4.2. Les services.....	9
Chapitre 2 : LA COMPRESSION ET LE CODAGE NUMERIQUE.....	12
2.1. <i>Les standards du multimédia</i> .....	12
2.2. <i>La compression de l'image</i> .....	13
2.2.1. Les normes .....	13
2.2.2. Principes de compression.....	14
2.2.2.1. <i>Codage « INTRA » image</i> .....	14
2.2.2.2. <i>Codage « INTER » image</i> .....	16
2.2.3. Type d'image dans MPEG.....	16
2.3. <i>La compression du son</i> .....	17
2.3.1. Les normes .....	17
2.3.2. Principes de compression.....	18
2.3.3. Présentation du format MP3 .....	20
Chapitre 3 : LE RESEAU.....	22
3.1. <i>Les réseaux d'accès</i> .....	23
3.1.1. Les paires métalliques .....	23
3.1.2 Les accès sans fil .....	23
3.1.3 Les accès par câble .....	24
3.2. <i>Les réseaux de transit</i> .....	25
3.2.1 Ethernet et le multimédia.....	25
3.2.2. La solution offerte par ATM .....	26
3.2.2.1. <i>Architecture d'ATM</i> .....	26
3.2.2.2. <i>Les services</i> .....	27
3.3. <i>Architecture des protocoles</i> .....	28
3.3.1 Le modèle de référence.....	28
3.3.2. Architecture protocolaire de H.323.....	30
3.3.3. Le couple RTP/RTCP.....	31
3.3.4. Le protocole RSVP .....	33
3.3.5. Les CODEC.....	33
3.3.6. Les autres protocoles de signalisation.....	34
3.4. <i>La diffusion sur un réseau IP</i> .....	34
3.4.1. Le principe de base d'un réseau IP .....	34
3.4.2. La diffusion unicast .....	35
3.4.3. La diffusion broadcast.....	36

3.4.4. La diffusion multicast.....	37
Chapitre 4 : OPTIMISATION DU RESEAU.....	39
4.1. <i>Les contraintes de qualité de service</i> .....	39
4.1.1. La qualité de la transmission.....	39
4.1.2. La synchronisation .....	41
4.1.2.1. <i>Concept de flux</i> .....	41
4.1.2.2. <i>Définition</i> .....	42
4.1.2.3. <i>La synchronisation Intra-flux</i> .....	43
4.1.2.4. <i>La synchronisation Inter-flux</i> .....	43
4.2. <i>Gestion des files d'attente</i> .....	44
4.2.1. <i>Algorithmes de placement dans une file</i> .....	44
4.2.1.1. <i>Leaky-bucket</i> .....	44
4.2.1.2. <i>Token-bucket</i> .....	45
4.2.2. <i>Dimensionnement des files</i> .....	46
4.3. <i>Le protocole de contrôle</i> .....	46
4.4. <i>Optimisation de la bande passante</i> .....	47
4.4.1. <i>Gestion équitable de la bande passante</i> .....	48
4.4.2. <i>Stratégie d'allocation</i> .....	49
4.5. <i>La solution du Streaming</i> .....	50
4.5.1. <i>Définition</i> .....	50
4.5.2. <i>Le protocole RTSP</i> .....	51
Chapitre 5 : DEVELOPPEMENT D'UN SITE DE E-LEARNING.....	53
5.1. <i>Définition</i> .....	53
5.1.1. <i>Qu'est-ce que le « E-learning » ?</i> .....	53
5.1.2. <i>Les objectifs du « E-learning »</i> .....	53
5.2. <i>L'élaboration du site</i> .....	54
5.2.1. <i>Architecture du système de production et de diffusion d'objets multimédia</i> .....	55
5.2.2. <i>Choix des logiciels et description de la station de travail</i> .....	57
5.2.2.1. <i>RealProducts</i> .....	57
5.2.2.2. <i>Le serveur Web Apache</i> .....	59
5.2.2.3. <i>Station de travail minimale requise</i> .....	60
5.3. <i>Essais et évaluations</i> .....	61
5.3.1. <i>Configurations matérielles et logicielles</i> .....	61
5.3.1.1. <i>Configuration de RealProducer</i> .....	61
5.3.1.2 <i>Configuration de Helix Server</i> .....	63
5.3.1.3. <i>Configuration matérielle</i> .....	66
5.3.2. <i>Le déroulement de la diffusion</i> .....	66
5.3.2.1 <i>Configuration du serveur de Chat</i> .....	69
5.3.2.2. <i>Restriction des usagers par authentification</i> .....	71
5.3.2.3. <i>Programme de développement du site</i> .....	71
5.3.3. <i>Evaluations et perspectives</i> .....	74
Conclusion.....	79
ANNEXE 1 : Les fichiers d'extension .....	80
ANNEXE 2 : La transformation en Cosinus discrète .....	82
Bibliographie .....	83

## ABREVIATIONS

AAL	ATM Adaptation Layer
ABR	Available Bit Rate
ATM	Asynchronous Transfer Mode
BGP	Border Gateway Protocol
BLR	Boucle locale Radio
CATV	Community Antenna TV
CBR	Constant Bit Rate
CIF	Common Intermediate Format
CNET	Centre National d'Etude des Télécommunications
CODEC	Codeur Décodeur
DARPA	Defense Advanced Research Projects Agency
DCT	Discrete Cosinus Transform
DVB	Digital Video Broadcasting
DVMRP	Distance Vector Multicast Routing Protocol
DWDM	Dense Wavelength Division Multiplexing
FDD	Frequency Division Duplex
FDDI	Fiber Distributed Data Interface
FPS	Frame Par Seconde
FTP	File Transfer Protocol
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Global System for Mobile Communication
HFC	Hybrid Fiber / Coax
HTTP	HyperText Transfer Protocol
IEEE	Institute of Electrical Electronical Engineers
IETF	Internet Engineering Task Force
IGMP	Internet Group Management Protocol
IP	Internet Protocol
ISO	International Standardisation Organisation
JPEG	Join Photographic Experts Group
LAN	Local Array Network

LPC	Linear Predictive Coding
MGCP	Media Gateway Control Protocol
MIT	Massachusetts Institute Technology
MIC	Modulation par impulsion et codage
MOSPF	Multicast Open Shortest Path First
MP3	MPEG Audio Layer 3
MPEG	Moving Pictures Expert Group
MPLS	Multiprotocol Label-Switching
MRT	Max Response Time
MSS	Mobile Service for Satellite
NTP	Network Time Protocole
OSI	Open System Interconnection
OSPF	Open Shortest Path First
PCM	Pulse Code Modulation
PIM - DM	Protocol Independent Multicast Dense Mode
PIM - SM	Protocol Independent Multicast Sparse Mode
PPP	Point to Point Protocol
QoS	Quality of Service
RAS	Registration Admission and Status
RFC	Request For Comment
RIP	Routing Information Protocol
RNIS	Réseau Numérique à Intégration de Service
RSVP	Resource reSerVation Protocol
RTCP	Real-time Transport Control Protocol
RTP	Real-time Transport Protocol
RTSP	Real Time Streaming Protocol
SDH	Synchronous Digital Hierarchy
SIP	Session Initiation Protocol
SLIP	Serial LIne Protocol
SMTP	Simple Mail Transfer Protocol
TCP	Transmission Control Protocol
TDD	Time Division Duplex

UBR	Unspecified Bit Rate
UDP	User Datagramme Protocol
UIT-T	Union Internationale des Télécommunications - standardisation du secteur Télécommunication
UMTS	Universal Mobile Telecommunication System
VBR	Variable Bit Rate
VLC	Variable Length Coding
VoD	Video on Demand
WAN	Wireless Array Network
WDM	Wavelength Division Multiplexing
WLL	Wireless Local Loop
xDSL	X Data Subscriber Line

## Introduction

Si au début, le développement des nouvelles technologies de l'information n'avait pour seul objectif que de pouvoir échanger de l'information textuelle ou de simples fichiers, sa conquête par le grand public en a fait un outil utilisé massivement et quotidiennement. Actuellement, le grand défi du réseau mondial concerne la diffusion non seulement des données traditionnelles mais des données interactives dites multimédia qui comprennent du son, des images et de la vidéo.

Le développement de telles technologies génère pourtant bien des problèmes. La généralisation du transport de flux multimédia sur les réseaux actuels nécessite une mise à niveau de leur capacité de transport. On va essayer de définir les implémentations effectuées sur ces réseaux pour répondre aux objectifs du multimédia : comment intégrer des flux différents dans un même réseau, comment garantir le bon acheminement sans erreur sémantique ou temporelle de chacun de ces flux, comment se passe la diffusion de ces flux.

Ce mémoire se divise en deux grandes parties : la théorie des réseaux multimédias et la simulation du réseau par le E-learning.

Dans la première partie, nous verrons successivement les généralités sur le multimédia, les techniques de compression et de codage ainsi que le réseau et son optimisation. En d'autres termes, ce sont les traitements et le chemin que suivent les informations depuis leur acquisition jusqu'à leur restitution.

A la deuxième partie, nous allons déployer un service multimédia des plus connus dans le monde de l'enseignement : le E-learning. Cas particulier des applications multimédias, son intérêt réside dans la possibilité de fournir aux utilisateurs, étudiants et enseignants, l'exploitation des services à haute valeur ajoutée qui ont fait le succès d'Internet.

## Chapitre 1 : GENERALITES

### 1.1. Historique [1] [2] [3]

La diversification des interactions homme – machine a été une préoccupation quasi-immédiate des chercheurs ayant accès aux ordinateurs. C'est en général un dialogue entre un humain et un programme exécuté par la machine. Cependant, cette communication homme – machine peut parfois apparaître comme une forme de facilitation de dialogue inter humain.

Les réseaux informatiques sont nés du besoin de relier des terminaux distants à un site central ; des ordinateurs, des machines terminales et des stations de travail à des serveurs. La DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) a développé un concept de réseaux interconnectés au milieu des années 70, avec une architecture et des protocoles qui ont acquis leur forme actuelle vers 1977 – 1979.

Le réseau Internet a ainsi démarré en 1980 quand la DARPA commença à convertir les protocoles du réseau de la recherche à TCP/IP. C'est un système intégré de partage de ressources relevant d'un procédé non propriétaire.

Parallèlement à ces divers travaux sur l'hypertexte qui se déroulent dans plusieurs centres de recherche, Ted Nelson décrit sa vision de l'environnement multimédia, véritable préfiguration des « autoroutes de l'information ».

Le CNET (Centre National d'Etude des Télécommunications) a réalisé en France les premières études sur la visioconférence en 1972.

Le concept de travail coopératif a été défini par Irène Greif (MIT Massachussetts Institute Techonology) et Paul Cashman (Digital) en 1984 pour répondre aux besoins croissant de coordination, de collaboration et de partage de l'information apparaissant dans les entreprises et organisations. En cette même année, les premières applications commerciales de visioconférence ont été lancées sur le marché.

En 1993, la constitution du groupe DVB (Digital Video Broadcasting) en Europe a permis la transition vers la télévision numérique. La standardisation mondiale du système de compression numérique MPEG (Moving Pictures Expert Group) est effectuée en 1994.

Actuellement, la communication à travers le réseau possède les 3 caractères suivants :

- Elle est multimodale. On dispose de plusieurs moyens simultanés pour communiquer : clavier, micro casque, Webcam, ....
- Elle est multimédia. Les messages échangés peuvent être une combinaison de textes, images (fixes ou animées) et sons.
- Elle s'effectue en temps réel, avec des procédures de facilitation qui la rendent de plus en plus conviviale.

### ***1.2. Définitions [4] [5]***

Un média est le moyen à travers lequel l'information est perçue, exprimée, stockée ou transmise. On distingue plusieurs types de média :

- Le média de perception : information perçue par l'utilisateur (musique, voix, dessin, vidéo,...)
- Le média de représentation : types de données échangés : ASCII, ...
- Le média de présentation : moyen physique de présentation ou de capture de l'information (écran, clavier, caméra, haut parleur, ...)
- Le média de stockage : moyen physique de stockage de l'information (disque, CD, ...)

Le multimédia est défini comme étant une « Technologie de l'information permettant la manipulation simultanée de sons, d'images et de textes, au moyen d'un seul ensemble informatique et de façon interactive ». La normalisation du terme « multimédia » extraite de la norme ISO2382 conclut les définitions relatives au terme.

<b>Français</b>		<b>Anglais</b>	<b>Définition</b>
Média	Nom masculin	Medium	Moyen physique par lequel les données sont perçues, représentées, stockées ou transmises
Monomédia	Adjectif	Monomedia Single-media	Relatif à l'utilisation d'un seul média
Monomédia	Nom masculin	Monomedia	Domaine des notions, des applications et des techniques monomédias
Multimédia	Adjectif	Multimedia	Relatif à l'utilisation combinée de plusieurs médias (une représentation multimédia peut combiner du son, du texte et des graphiques)
Multimédia	Nom	Multimedia	Domaine des applications et des techniques multimédias
Hypermédia	Adjectif	Hypermedia	Relatif à la représentation de données sous forme de nœuds connectés par des liens
Hypermédia	Nom	Hypermedia	Domaine des applications, des notions et des techniques hypermédias
Hypermultimédia	Adjectif	Hypermultimedia	Relatif à une application capable à la fois de multimédia et d'hypermédia.

*Tableau 1.01: Définitions relatives au terme multimédia*

### 1.3. Caractérisation du domaine multimédia [4] [5] [6] [7] [8]

Deux types de média peuvent être distingués :

- Les médias discrets tels que le texte, les graphiques, les images fixes. Ce type de média n'a aucune contrainte temporelle, l'information contenue est donnée exclusivement par l'ensemble des éléments individuels qui le compose. De volume limité, l'intégrité des données d'un média discret est indépendante du temps.
- Les médias continus comme le son, la musique, la vidéo. Le terme continu se réfère à la perception de l'usager : les informations qu'ils contiennent ne peuvent être comprises que par rapport aux évolutions temporelles des grandeurs physiques

Une caractéristique importante d'un système multimédia est le traitement intégré de médias ayant une dépendance temporelle (médias continus) et de médias discrets.

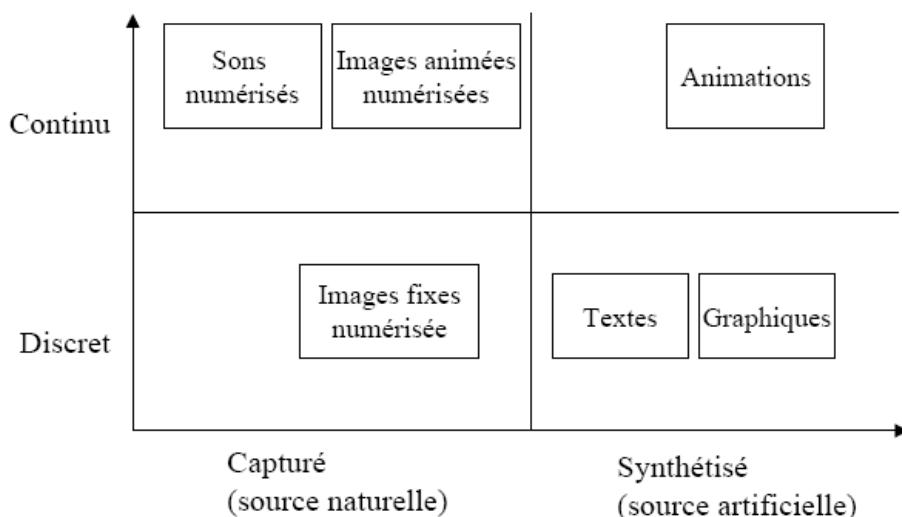


Figure 1.01: Caractéristique du système multimédia

Dans les systèmes multimédia, les signaux audio et vidéo doivent être numérisés. La numérisation des signaux nécessite de les échantillonner, de les quantifier, de les coder :

- l'échantillonnage consiste à prélever des échantillons du signal à intervalle régulier, à l'instar du cinéma qui utilise 24 images par seconde pour traduire le mouvement. L'amplitude des échantillons prélevés peut varier de façon illimitée, mais doit pouvoir être représentée par un nombre fini.

- La quantification fait correspondre une valeur à l'amplitude d'un échantillon par rapport à des valeurs étalons appelées niveaux de quantification.
- Le codage transmet un flux d'informations binaires correspondant à l'échantillon quantifié.

Les traitements seront effectués sur ces signaux numériques :

### 1.3.1. Les images fixes

Une image est une projection 2D d'une scène 3D. Définie comme une fonction  $f(x,y)$ , à chaque  $(x,y)$  correspond  $I(x,y)$  qui représente l'intensité de la lumière en ce point.

L'image numérique est l'image dont la surface est divisée en éléments de taille fixe appelés cellules ou pixels ayant chacun comme caractéristique un niveau de gris ou de couleur prélevée à l'emplacement correspondant dans l'image réelle ou à partir d'une description interne d'une scène représentée. Il existe trois types d'image numériques :

- image binaire  $I(x,y) \in \{0,1\}$
- image à niveau de gris  $I(x,y) \in [0,255]$
- image en couleur  $I(x,y) = I[I_R(x,y), I_G(x,y), I_B(x,y)]$  où  $I_R, I_G, I_B$  représentent respectivement les composants rouge, vert et bleu qui sont les couleurs de base.

Le pixel est le plus petit point de l'image ; il est calculable et peut recevoir une structure et une quantification.

### 1.3.2. Le son

Le son est une vibration de l'air, c'est-à-dire une suite de surpressions et de dépressions de l'air par rapport à une moyenne, qui est la pression atmosphérique. Les ondes sonores sont représentées comme les variations de la pression de l'air ou bien de l'électricité dans un électro-aimant en fonction du temps.

Le son numérique est une suite de valeurs représentant la valeur du signal à chaque intervalle de temps. L'ordinateur travaille avec des bits, il faut donc déterminer le nombre de valeurs que l'échantillon peut prendre, cela revient à fixer le nombre de bits sur lequel on code les valeurs des échantillons.

- Avec un codage sur 8 bits, on a 256 valeurs possibles.
- Avec un codage sur 16 bits, on a 65536 valeurs possibles.

Certainement, plus le nombre de bits de codage est grand, plus la qualité du son sera meilleure mais cela implique un besoin en mémoire beaucoup plus important.

De plus, la stéréophonie nécessite deux canaux sur lesquels on enregistre individuellement un son qui sera fourni au haut parleur de gauche, ainsi qu'un son qui sera diffusé sur celui de droite.

Un son numérique est donc défini par plusieurs paramètres:

- La fréquence d'échantillonnage
- Le nombre de bits d'un échantillon
- Le nombre de voies (un seul correspond à du mono, deux à de la stéréo, et quatre à de la quadriphonie)
- La mémoire requise pour stocker un son

La taille d'une séquence sonore non compressée sur une voie, connaissant le nombre de bits sur lequel est codé un échantillon et le taux d'échantillonnage est donnée par la formule :

**Poids d'une seconde de son = Taux d'échantillonnage x Nombre de bits**

L'espace mémoire que consomme un extrait sonore de plusieurs secondes est de :

**Poids du son complet = Taux d'échantillonnage x Nombre de bits x nombre de secondes**

La taille finale de l'extrait (elle sera alors deux fois plus importante en stéréo qu'en mono...) est ainsi égal à :

**Taux d'échantillonnage x Nombre de bits x nombre de secondes x nombre de voies**

### 1.3.3. La vidéo

Une vidéo est une succession d'images à une certaine cadence. L'oeil humain a comme caractéristique d'être capable de distinguer environ 20 images par seconde. Ainsi, en affichant plus de 20 images par seconde, il est possible de tromper l'oeil et de lui faire croire à une image animée. On caractérise la fluidité d'une vidéo par le nombre d'images

par seconde (en anglais frame rate), exprimé en FPS (Frames per second, en français frames par seconde).

D'autre part la vidéo au sens multimédia du terme est généralement accompagnée de son, c'est-à-dire de données audio.

La vidéo numérique consiste à coder la vidéo en une succession d'images numériques. Puisqu'il s'agit d'images numériques affichées à une certaine cadence, il est possible de connaître le débit nécessaire pour l'affichage d'une vidéo, c'est-à-dire le nombre d'octets affichés (ou transférés) par unité de temps.

Ainsi le débit nécessaire pour afficher une vidéo (en octets par seconde) est égal à la taille d'une image que multiplie le nombre d'images par seconde. Soit une image « true color » (24 bits) ayant une définition de 640 pixels par 480. Pour afficher correctement une vidéo possédant cette définition il est nécessaire d'afficher au moins 30 images par seconde, c'est-à-dire un débit égal à :  $900 \text{ Ko} * 30 = 27 \text{ Mo/s}$

#### 1.4. *Les applications et services* [4] [9]

##### 1.4.1 La pluridisciplinarité

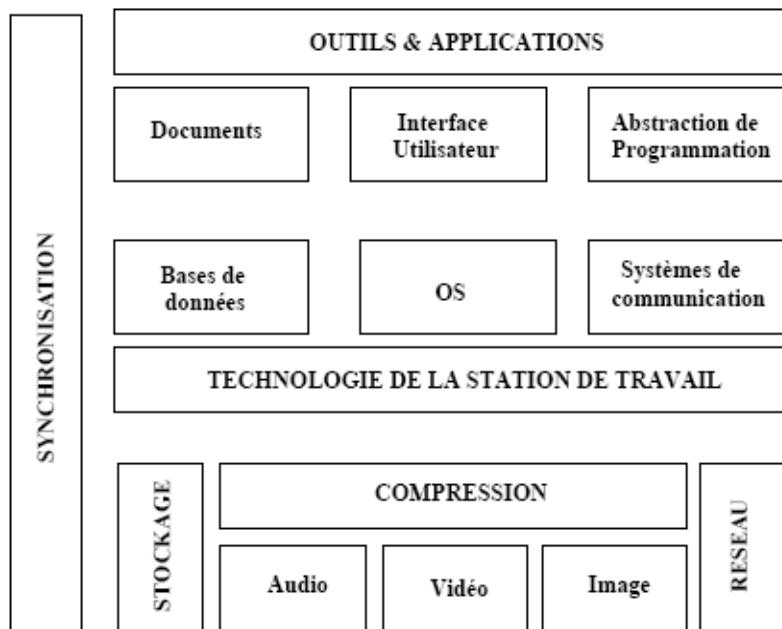


Figure 1.02 : Les disciplines du multimédia

Le multimédia est un domaine pluridisciplinaire si on veut traiter de manière exhaustive ses différents aspects. La figure 1.2 montre de manière structurée les principales composantes d'un système multimédia. On peut y distinguer quatre sous-ensembles principaux qui pour chacun d'entre eux recouvrent des concepts et des techniques très variés :

- systèmes de stockage, de compression et interfaces avec les réseaux. Ceci regroupe des composants matériels et logiciels de plus en plus standardisés et qui sont la concrétisation de recherches de base en optique, optoélectronique, traitement du signal et des images, conception et spécification de protocoles, ...
- systèmes informatiques (systèmes d'exploitation OS, bases de données, systèmes de communication). Les fortes contraintes temps réel des applications multimédias doivent être prises en compte dans la conception des systèmes d'exploitation, en particulier les techniques d'ordonnancement de tâches. Les bases de données multimédias constituent un domaine de recherche aujourd'hui très actif. Enfin le système de communication doit prendre en charge la transmission de données en tenant compte des contraintes temps réel et de fiabilité d'applications multimédias communicantes.
- services et outils génériques pour la conception d'applications multimédias. Les concepts mis en oeuvre sont la conception orientée objets, les abstractions de programmation et la synchronisation spatiale et temporelle dans une architecture de documents multimédias.
- mécanismes de synchronisation. Tous les composants du système décrits ci-dessus concourent à maintenir des relations temporelles entre différents médias. Le respect de celles-ci est la garantie d'une qualité de service offerte aux utilisateurs.

#### 1.4.2. Les services

On distingue deux classes d'applications, selon qu'elles soient locales ou distribuées. Les applications locales sont celles développées en général autour d'un micro-ordinateur avec un lecteur de CD-ROM. Elles sont caractérisées par la présence d'une horloge locale. Les applications distribuées communiquent à travers des réseaux et imposent une maîtrise des problèmes de synchronisation.

Le réseau multimédia offre trois types de services de base :

- Communication interpersonnelle individuelle ou de masse, synchrone ou asynchrone. Les communications synchrones ont des impératifs temps réels en général très stricts (Exemple de la téléphonie sur Internet).
- Recherche d'information : Ceci regroupe les fonctions d'archivage d'information (serveurs), de présentation (terminal, fonction kiosque..), de distribution. Le niveau de stockage varie du bas niveau (information telle qu'elle est stockée actuellement) jusqu'à un niveau de méta information rejoignant ainsi une problématique de base de données multimédia. Les modes de recherche doivent garantir à l'utilisateur des fonctions usuelles telles que playback, navigation, zapping...
- Édition et archivage : Ce troisième et dernier type de service de base est caractérisé par une situation très hétérogène qui pose de multiples problèmes aux auteurs, en particulier pour les fonctions d'enregistrement et d'édition de l'audio et de la vidéo.

Actuellement, les applications les plus en vogue de ces différents services sont :

#### *Courrier électronique multimédia*

Il s'agit d'une évolution du courrier électronique actuel, incluant des fonctionnalités étendues comme l'édition de courrier vocal, et l'utilisation de la vidéo.

#### *Systèmes de travail coopératif*

Des membres distants d'un groupe de travail peuvent discuter un problème et créer un produit ensemble, par le biais d'outils de visiophone/visioconférence et d'édition de documents multimédias partagés.

#### *Conférences multimédias*

Des participants distants échangent de l'information multimédia au travers des stations connectées par un réseau à haut débit. Chacun peut envoyer et recevoir de la vidéo, de l'audio et des données, et peut remplir quelques tâches élémentaires de travail coopératif (éditer/modifier un document de travail commun visible dans une fenêtre accessible à tous).

Ce sont ces différentes applications qui vont être transmises à travers des réseaux de tailles diverses (LAN, WAN, Internet,...). Ils vont traverser des supports matériels variés aux performances et aux caractéristiques différentes. Ces réseaux sont pourtant partagés et donc sujets aux engorgements et l'apparition des congestions entraînent des retards et des pertes de paquets. De même, la ressource en terme de bande passante est limitée. Pour améliorer la qualité de service, des traitements sont effectués sur les informations à transmettre dont principalement, la compression et l'encodage.

## Chapitre 2 : LA COMPRESSION ET LE CODAGE NUMERIQUE

La compression numérique a pour objectif de réduire le flot d'informations transmis par unité de temps, tout en préservant le contenu informationnel du signal. Son but : optimiser le volume des données pour stocker ou véhiculer un maximum d'informations dans le minimum d'espace. Le principe de base de la compression numérique est de rationaliser l'organisation des données en fonction du contenu de l'image. Elle élimine les redondances dans le signal et, selon le cas, utilise des systèmes de codage plus performants et mieux adaptés.

D'une manière générale, on dit qu'une donnée est redondante si elle n'est pas nécessaire à la restitution d'un message, et pertinente si au contraire elle apporte une information supplémentaire interprétable par le récepteur.

### 2.1. *Les standards du multimédia [4]*

Les grandes familles de normes H.32x sont des concepts élaborés par l'UIT (Union Internationale des Télécommunications). H.323 est le premier à permettre l'inter fonctionnement des réseaux d'accès tels RNIS, ATM, réseau IP et réseau téléphonique ainsi donc, fonctionnant dans des réseaux à commutation de paquets sans garantie de bande passante (Ethernet). Ces familles de normes sont des ensembles de recommandations définissant les caractéristiques de traitement d'informations audio et vidéo. A l'intérieur de ces familles, on trouve les caractéristiques des différents composants :

- Pour la transmission de la vidéo, les normes de la série H 26x
- Pour la transmission du son, les normes de la série G 7xx
- Pour le travail coopératif, les normes de la série T12x
- Pour le multiplexage, les normes de la série H 22x
- Pour la signalisation et la gestion des communications, les normes des séries H.23x- H.24x et I et Q

Et actuellement, le groupe ISO/MPEG (International Standardisation Organisation / Moving Pictures Expert Group) cherche à englober ces différents traitements multimédia par une norme universelle MPEG-4 largement supérieure à H.323 pour des faibles débits.

Les codeurs issus de ces groupes de normalisation reposent sur des principes de base commune, mais diffèrent de par leur configuration choisie en fonction de l'application.

## 2.2. *La compression de l'image* [10] [11] [12] [13]

La compression des images permet une utilisation plus économique des données images car plus la taille de celles-ci diminue, plus le coût du stockage se réduit. La transmission sur les canaux existants des données compressées est plus rapide qu'on peut les exploiter dans la transmission temps réel sur les réseaux de télécommunication.

### 2.2.1. Les normes

Norme	Débit	Taille image
H.261	30 images/s et sous multiples (10 ou 7,5)	CIF (352x288)
		QCIF (176x144)
H.263	Pour de faibles débits	SQCIF (128x96)
H.262 – MPEG2	0,01 – 2 Mo/s	720 x 480

*Tableau 2.01 : Les normes de compression d'images*

CIF (Common Intermediate Format) est le format standard d'une image respectant les normes H.26x. Le format FCIF pour full CIF avec 288 lignes de 352 pixels pour la luminance et 144 lignes de 176 pixels pour la chrominance. Pour diminuer les débits (<192 kbit/s), dans le cadre de la visiophonie, on utilise le QCIF ou quart de CIF : 144 lignes de 176 pixels pour la luminance et 72 lignes de 88 pixels pour la chrominance. En fait, la qualité de mouvement est rendue par le nombre d'images transmises par seconde. Elle est maximale à 30 mais ce débit n'est pas toujours acquis et se situe à 15.

### 2.2.2. Principes de compression

On peut différencier le codage « INTRA » de l'image, c'est à dire le codage de l'intérieur de l'image qui permet de réduire la redondance spatiale et le codage « INTER » de l'image qui permet de réduire la redondance temporelle du signal.

#### *2.2.2.1. Codage « INTRA » image*

Ce type de codage s'agit de l'extraction de l'information pertinente au plan spatial qui est utilisé conjointement dans un schéma complet de codage. Il existe différentes méthodes de compression :

- la méthode avec pertes ou irréversible qui modifient plus ou moins la valeur des pixels. Elle exploite le fait que l'œil n'est pas sensible à certaine dégradation et ne peut distinguer les  $(256)^3$  couleurs. On peut alors quantifier l'image.
- la méthode sans perte ou réversible appelée aussi « méthode entropique ».

Elle se base sur la redondance statistique. Les approches V.L.C (Variable Length Coding) attribuent des codes courts aux symboles fréquents et des mots longs aux symboles de probabilité d'apparition plus faible. L'entropie détermine la limite inférieure du nombre moyen de bits nécessaires pour coder les symboles de probabilité donnés. Elle est donnée par la relation :

$$H(S) = -\sum_{i=1}^N p(s_i) \log_2(p(s_i))$$

Où : N désigne le nombre de pixels de l'image

$p(s_i)$  est la probabilité d'apparition de chaque symbole.

Pour obtenir de meilleurs résultats, les deux méthodes sont exploitées conjointement dans les algorithmes de compression. Par exemple, l'algorithme de compression JPEG (Join Photographic Experts Group) comprend les étapes successives suivantes :

- la décomposition en bloc : l'image est décomposée en plusieurs blocs ayant généralement une structure de 8x8 pixels chacun. La matrice de 64 entiers est notée  $f(x,y)$ .
- la transformation DCT (Discrete Cosinus Transform) : c'est une transformation linéaire bidirectionnelle permettant de passer du domaine temporel au domaine fréquentiel.

Elle est appliquée à chaque bloc de 8x8 pixels ayant pour effet de regrouper dans une zone restreinte toutes les valeurs significatives et représentatives de l'image, le reste étant affecté par des valeurs nulles. Le résultat donne lieu à un nouveau bloc de 8x8 coefficients fréquentiels disproportionnés.

- La quantification : elle représente l'étape non conservatrice de la compression. Elle réduit le nombre de bits nécessaires au stockage de l'image. Elle réduit alors chaque valeur de la matrice DCT en la divisant par un nombre appelé quantum fixé par une table de quantification et en arrondissant la valeur obtenue.

- Le balayage en zigzag : il permet de parcourir les éléments en commençant par les basses fréquences. Comme la matrice contient beaucoup de composant hautes fréquences nulles, cela va engendrer de longues suites de '0' consécutives.

- Le codage par plage : il permet de tirer profit des longues suites de coefficients identiques obtenues. Ils sont répertoriés sous forme de couple (nombre, valeur).

- Et le codage entropique : c'est une méthode de compression conservatrice. Il s'accompagne des modèles statistiques qui calculent la probabilité du symbole à coder.

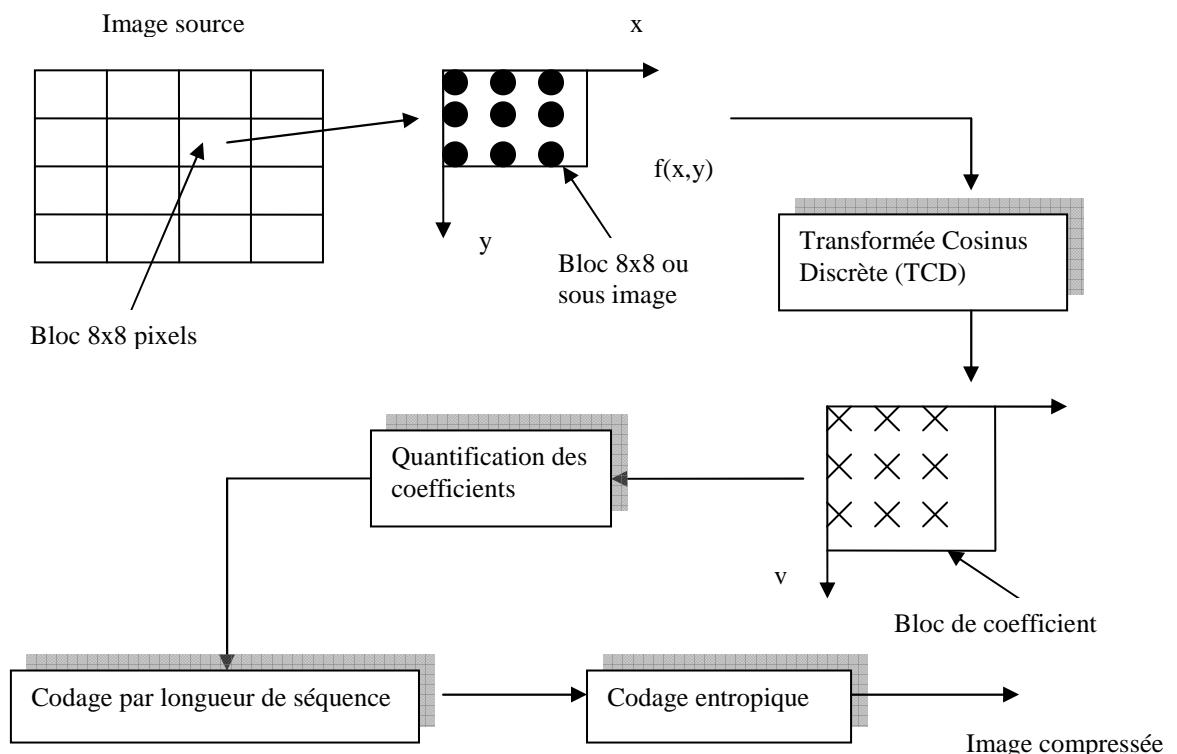


Figure 2.01 : Résumé des différentes opérations de codage « INTRA » d'une image (type JPEG)

#### 2.2.2.2. Codage « INTER » image

Dans une suite d'images, les changements peuvent ne pas être importants, de nombreuses parties de l'image restent inchangées dans la séquence. La séquence d'images est décrite par des données de prédiction et des erreurs de prédiction dans une approche appelée compensation du mouvement : deux images permettent par extrapolation d'estimer la position du bloc dans la troisième.

Cette méthode élimine les redondances temporelles et elle est associée à une méthode de réduction de redondance intra image ou spatiale pour augmenter le taux de compression global.

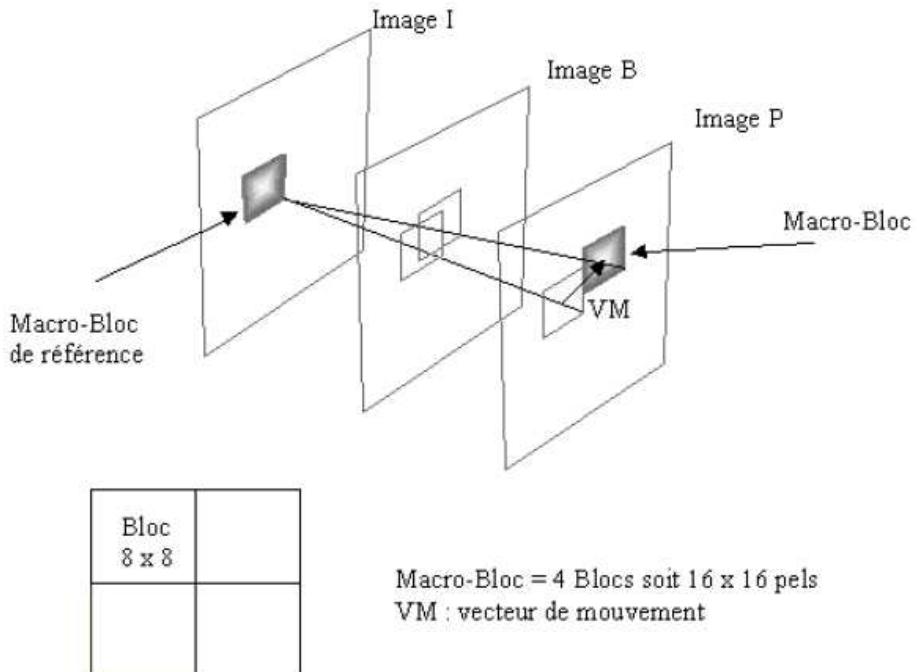


Figure 2.02 : Estimation de mouvement d'un macro-bloc

Plusieurs méthodes permettent de retrouver le macro-bloc recherché par approximation successive dans une zone de recherche plus ou moins grande.

#### 2.2.3. Type d'image dans MPEG

Une séquence vidéo sera constituée de plusieurs images de type différent.

##### · Images “I” (INTRA)

Images codées intégralement sans référence à d'autres images, en exploitant uniquement la redondance spatiale. Elles sont entièrement décrites par elles-mêmes (sans

aucune prédition) et fournissent les points d'accès dans le train binaire. Elle sert au codage des images de type P et B. Son taux de compression est moyen.

- **Images “P”** (Prédites)

Images composées de macro-blocs. Cette image peut être prédictée à partir d'une image “I” ou “P” précédente par estimation de mouvement, transformation en cosinus discrète de l'erreur de prédition, quantification de cette erreur et codage entropique des valeurs quantifiées ainsi que des vecteurs de mouvement trouvés. Elle sert aussi au codage des images de type “B”. Le taux de compression est supérieur à celui de type “I”.

- **Images “B”** (Bidirectionnelle)

Les macro-blocs qui la composent peuvent être prédits soit par simple compensation de mouvement avant ou arrière à partir d'images “P” ou “I” soit par double compensation de mouvement avant et arrière. Elles ont le taux de compression le plus élevé et ne propagent pas d'erreur car elles ne sont jamais utilisées en référence.

### **2.3. La compression du son [14] [15] [16]**

#### 2.3.1. Les normes

Le son est un facteur essentiel de la communication. Sa qualité dépend de deux paramètres qui sont : sa bande passante et son taux de compression. On peut résumer cela au tableau suivant :

Norme	Fréquences	Débit	Appréciation de la qualité
G 711	300Hz – 3,4kHz	64 kbit/s	Moyenne (téléphone)
G 722	50Hz – 7kHz	64 – 56 ou 48 kbit/s	Bonne
G 728	300Hz – 3,4kHz	16kbit/s	Moyenne
G 723.1	300Hz – 3,4kHz	5,3 kbit/s – 6,3 kbit/s	Utilisée par H.323 (visioconférence sur réseau commuté)
G 729	300Hz – 3,4kHz	8 kbit/s	

*Tableau 2.02 : Les normes de compression du son*

### 2.3.2. Principes de compression

Les données audionumériques sont codées sans compression au format PCM (Pulse Code Modulation) ou MIC (Modulation par impulsion et codage). Ce type de codage est utilisé pour la numérisation du son à raison d'une bande passante de 4 kHz à 44 kHz, d'une quantification linéaire sur 8 bits ou sur 16 bits. La compression constitue la seconde étape du codage du son.

L'oreille fonctionne dans le domaine des fréquences comme un analyseur de spectre. Dans la plupart des techniques de compression du son, un passage dans le domaine des fréquences permettra de tenir compte du modèle psycho acoustique de l'oreille.

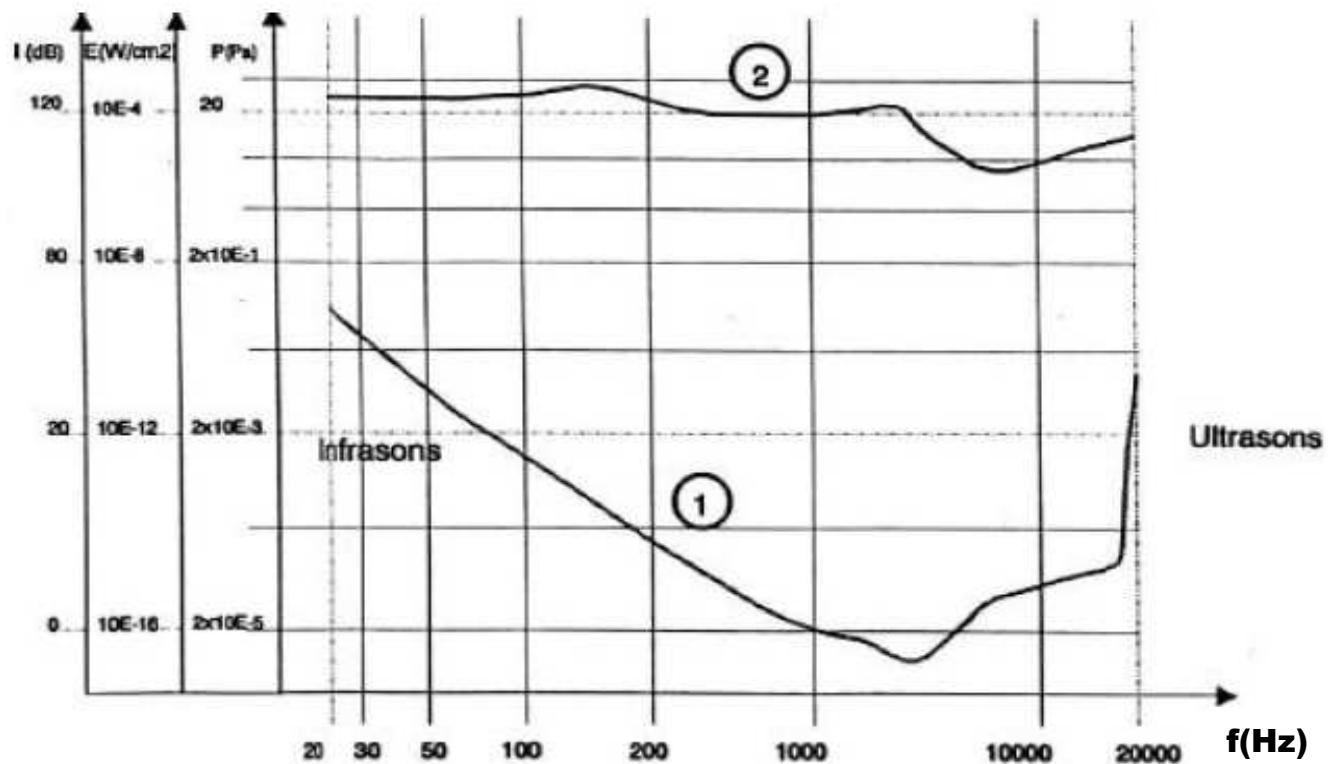


Figure 2.03 : Le champ moyen d'audition de l'oreille humaine

En ordonnée, trois échelles peuvent être utilisées :

- **E** pour l'Energie en Watts par centimètre carré ( $W/cm^2$ )
- **P** pour la Pression en Pascals (Pa)
- **I** pour l'Intensité en décibels (dB)

La figure 2.03 correspond à une excitation mono-ton : (1) seuil en dessous duquel la pression acoustique ne provoque plus de sensation sonore, (2) limite approximative à partir de laquelle l'énergie sonore peut provoquer des destructions.

Le son non compressé, contient intrinsèquement des échéances temporelles. Ce n'est plus le cas si les silences sont supprimés.

Lorsque finalement toutes les composantes inaudibles ont été supprimées, la représentation spectrale est nettement moins complexe que l'originale. Le message sonore final est physiquement différent mais donne la même sensation auditive que le signal d'origine.

Si l'oreille est excitée par plusieurs tons, on observe un phénomène de masquage.

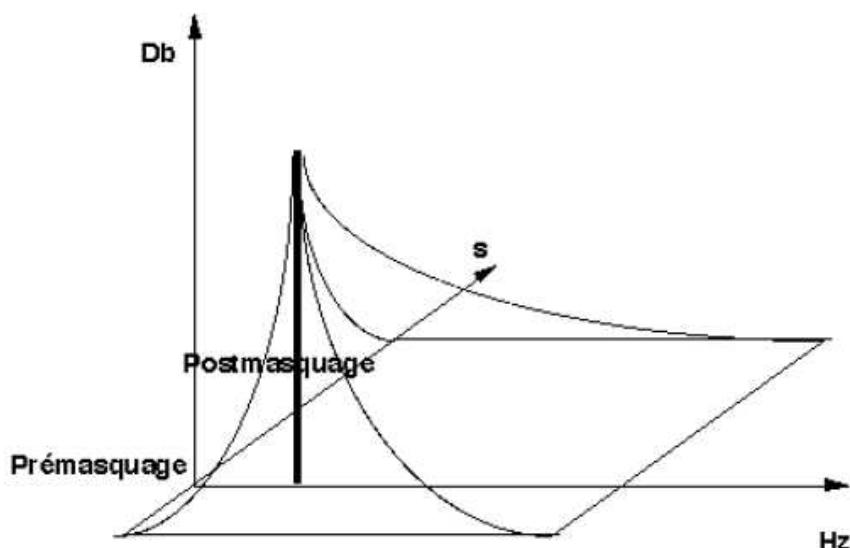


Figure 2.04 : utilisation des phénomènes de masquage

La compression basée sur le masquage est une technique non conservative :

- dans un intervalle de fréquence autour d'une fréquence centrale, l'oreille ne distingue pas nettement deux sons ;
- si un son possède une intensité forte, il masque pendant une courte période les sons d'intensité plus faible dans sa bande critique.

Pour les traitements en temps réel de la voix sur un canal à faible débit, comme c'est le cas de GSM (Global System for Mobile communication) et de RealAudio, une

autre méthode de compression est utilisée : le LPC (Linear Predictive Coding). C'est une compression dynamique basée sur le modèle acoustique de la gorge. Le modèle permet de caractériser le son initial et l'effet de résonance (formants). En première approximation, il est possible de décomposer un son audible sur une vingtaine de bandes de fréquence qui sont les formants.

Les formants sont prédits par un filtre linéaire adaptatif qui induit le formant courant par rapport aux précédents. Une fois le formant calculé, il est soustrait du signal initial ce qui donne le résidu qui doit en théorie contenir le son direct. En pratique il faut transmettre une partie du formant ou une référence à un formant voisin

### 2.3.3. Présentation du format MP3

Un format de compression de données audio est le MP3 "MPEG Audio layer 3". Il a été développé par l'organisation de standardisation internationale (ISO). Ce format permet de compresser à un taux de 1:12 les formats audio habituels (WAV ou CD audio). La compression mp3 exploite la destruction de données audio n'altérant que faiblement le son pour l'oreille humaine.

En fait la compression MPEG layer 3 consiste à retirer des données audio les fréquences inaudibles pour l'auditeur moyen dans des conditions habituelles d'écoute. La compression vise donc à analyser les composantes spectrométriques d'un signal audio, et de leur appliquer un modèle psychoacoustique pour ne conserver que les sons "audibles". L'oreille humaine est capable de discerner, en moyenne, des sons entre 0.02kHz et 20kHz, sachant que sa sensibilité est maximale pour des fréquences entre 2 et 5kHz (la voix humaine est entre 0.5 et 2kHz), suivant une courbe donnée par la loi de Fletcher et Munson.

La compression consiste à déterminer les sons que nous n'entendons pas et à les supprimer, il s'agit donc d'une compression destructive, c'est-à-dire avec une perte d'information. Pourtant, certains passages d'une musique ne peuvent pas être encodés sans altérer la qualité. Le mp3 utilise donc un petit réservoir de bytes qui agit en utilisant des passages qui peuvent être encodés à un taux inférieur au reste des données. Pour l'effet stéréo, mp3 utilise la méthode du joint stéréo : certaines fréquences sont enregistrées en

mono mais elles sont accompagnées d'informations complémentaires afin de restituer un minimum d'effet spatial. Ainsi, une minute d'un CD-audio (à une fréquence de 44.1 kHz, 16 bits, stéréo) ne prendra qu'un seul Mo, une chanson fait donc en moyenne 3 ou 4 Mo.

Une fois l'opération de compression et de codage effectuée, on peut alors commencer la transmission de l'information à travers le réseau. On est amené à penser que ce sera pareil au réseau traditionnel pourtant, les communications multimédias sont assez exigeantes. Les débits requis sont hétérogènes (une application peut ouvrir trois connexions simultanées : l'une pour la vidéo, l'autre pour le son et la troisième pour la signalisation) ainsi que les contraintes temporelles des informations échangées. Garantir un bon acheminement sans erreur sémantique ou temporelle des informations dépend de plusieurs facteurs dont principalement du réseau.

## Chapitre 3 : LE RESEAU

Le réseau a pour rôle d'acheminer les informations numériques d'un point source vers un (unicast) ou plusieurs destinataires (multicast).

Un réseau universel doit satisfaire à un faisceau d'exigences, souvent contradictoires. Le principal dilemme est la priorisation des applications en temps réel par rapport au transfert de données. De telles applications fonctionnent généralement avec un débit constant (par exemple 64 kbit/s pour la parole codée selon G.711). Elles tolèrent sans difficulté un temps d'établissement de la communication de plusieurs centaines de ms.

Le réseau peut être subdivisé en deux parties distinctes : le réseau de transit et le réseau d'accès. En fait, les exigences posées par les applications ont une incidence directe sur les technologies qui seront mises en œuvre au niveau de l'épine dorsale que sur l'accès d'usager mais IP reste le transit le plus utilisé.

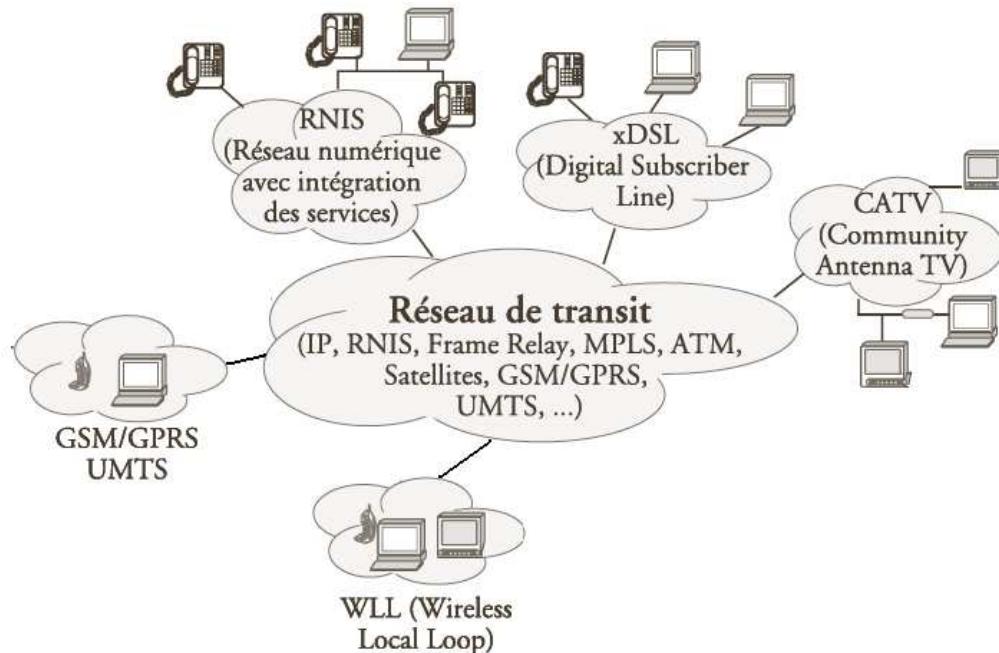


Figure 3.01 : Architecture du réseau

### 3.1. Les réseaux d'accès [17]

Surnommés « les derniers kilomètres du réseau », les réseaux d'accès forment la partie qui relie l'équipement terminal de l'utilisateur et le premier commutateur de l'opérateur. Divers technologies sont offertes dont on va citer quelques exemples courants

#### 3.1.1. Les paires métalliques

Elles représentent le support physique le plus ancien et restent encore plus utilisé sur la boucle locale, principalement pour l'accès au réseau téléphonique. Par la suite, elles ont exploitées pour permettre l'accès à Internet en utilisant un modem. La vitesse peut atteindre plusieurs dizaines de kbit/s.

Historiquement utilisé pour fournir des services de voix analogique, le réseau téléphonique commuté a intégré les technologies numériques autorisant de nouveaux services. Le RNIS (Réseau Numérique à Intégration de Services) est une évolution du réseau téléphonique actuel. Il propose l'intégration des supports et des services en se fondant sur la numérisation de bout en bout. L'accès de base à 144 kbit/s comporte deux voies à 64 kbit/s et une voie à 16 kbit/s (2B+D16) dont les canaux B permettent la transmission des voix et données, le canal D transporte la signalisation et le contrôle.

Les technologies xDSL (Data Subscriber Line) ont aussi dopé les paires téléphoniques existantes en mixant le trafic de données, de voix et de vidéo en point à point sur le réseau téléphonique traditionnel. Elles offrent une boucle locale à haut débit mais ce débit dépend fortement de la qualité du câble utilisé et de la distance à parcourir. Les modems ADSL (Asymmetric DSL) sont les plus répandus. En général, le sens montant est quatre fois moins rapide que le sens descendant. Les vitesses sur le sens descendant peuvent atteindre 2 Mbit/s pour une distance de l'ordre de 5 kilomètres et dépasser la dizaine de Mbit/s lorsqu'on est à moins de un kilomètre de l'équipement de l'opérateur

#### 3.1.2 Les accès sans fil

L'évolution technique permet aujourd'hui d'envisager les technologies hertziennes comme alternatives au réseau filaire traditionnel.

La BLR Boucle locale Radio est, par sa structure et son déploiement dans les fréquences de la gamme des micro-ondes, plus adaptée aux services à haut débit. Cette solution est appelée WLL (Wireless Local Loop). On retrouve la topologie des réseaux cellulaires, avec une station de base qui relie les terminaux au commutateur de l'opérateur. Le lien radio ne peut couvrir qu'une distance maximale de 5 ou 6 km dans la bande des 26 GHz et d'une dizaine de kilomètres dans la bande des 3 GHz.

Actuellement, les systèmes de communication de la troisième génération sont destinés à fournir une mobilité globale avec toute la gamme de services incluant la téléphonie, la messagerie et principalement l'Internet et le multimédia. Les services multimédias peuvent être utilisés de façon fluide et ouvrent la voie à de nombreuses applications telles que la visiophonie, le streaming de séquences vidéo ou de clips musicaux. Les bandes allouées pour l'usage de l'UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) sont : 1885 – 2025 et 2110 – 2200 MHz partagés entre les utilisations en mode FDD<sup>1</sup> (Frequency Division Duplex), en mode TDD<sup>2</sup> (Time Division Duplex) et le MSS Mobile Service for Satellite pour les liaisons par satellites.

### 3.1.3 Les accès par câble

Une autre solution pour obtenir un réseau à haut débit est d'utiliser CATV (Community Antenna TV) dont la bande passante dépasse facilement les 800 MHz. Cette technologie est basée sur la technique de multiplexage en fréquence : sur la bande passante globale, une division en sous canaux indépendants les uns des autres est réalisée. Cette solution présente l'avantage de pouvoir optimiser ce qui est transmis sur chaque canal puisqu'ils sont tous indépendants et donc l'accessibilité facile au multimédia. Mais sa faiblesse réside dans le multiplexage en fréquence qui n'utilise pas au mieux la bande passante et qui ne permet pas la réelle intégration des différents services qui transitent dans le CATV. Les médias sont transportés sur des bandes passantes parallèles et non sur une bande unique.

La liaison par fibre optique a été développée pour permettre un transport de trafic à très haut débit. Si au début elle a été surtout utilisée pour les réseaux à longue distance, plus récemment on peut l'utiliser pour l'interconnexion des sites d'entreprise aux réseaux

---

<sup>1</sup>FDD : Allocation de deux chemins différents pour la communication

<sup>2</sup>TDD : un canal est utilisé mais à un instant particulier, seule une transmission dans un sens est effectuée

des opérateurs. Cette liaison utilise la technique de multiplexage en longueur d'onde WDM (Wavelength Division Multiplexing). Son débit peut atteindre jusqu'à 200 Gbit/s sur des dizaines de kilomètres sans répéteur.

Cette dernière s'est plutôt avérée onéreuse, alors un système hybride a été conçu : le HFC (Hybrid Fiber / Coax). Il associe une partie en fibre optique entre les têtes de réseau et le début de la desserte par le CATV. Cela permet d'atteindre des débits de l'ordre de 5 Gbit/s.

### **3.2. *Les réseaux de transit* [5] [18] [19]**

Ils sont surtout caractérisés par les systèmes de commutation utilisés, les systèmes de transmission qui sont mis en œuvre (terminaux aux extrémités, modulateurs,...) et la topologie.

#### **3.2.1 Ethernet et le multimédia**

Les réseaux de données se composent traditionnellement d'un réseau local LAN sur lequel sont rattachés les équipements terminaux ou postes clients, de commutateurs ou routeurs et d'un réseau distant WAN composé de liaison de données qui interconnecte les différents sites. Le protocole de transport de données actuellement le plus largement utilisé est IP.

Ethernet est la technologie LAN la plus commune qui utilise historiquement des câbles coaxiaux ou des paires torsadées pour des débits de transmission de 10 Mbit/s ou 100 Mbit/s (Fast Ethernet) et plus récemment 1 Gbit/s (Gigabit Ethernet).

Bien qu'Ethernet n'a pas été conçu pour les applications multimédias, pour se mettre à niveau et entrer dans le domaine du multimédia il a dû se transformer. Cette mutation concerne essentiellement l'Ethernet commuté. Pour réaliser les applications multimédias, l'IEEE (Institute of Electrical Electronical Engineers) a introduit une priorité de traitement des trames dans les commutateurs. Les trames sont placées en tête des files d'attente de telle sorte que les applications isochrones, comme la parole téléphonique, soient réalisables sur une grande distance. On choisit de préférence des trames de la plus petite taille possible : 64 octets, contenant 46 octets de données.

Avec une technique de contrôle de flux particulier permettant de ne pas perdre des trames en utilisant d'une façon efficace les priorités, le transport de la parole ainsi que la vidéo temps réel devient réalisable sur les réseaux Ethernet.

### 3.2.2. La solution offerte par ATM

ATM Asynchronous Transfert Mode est défini par les opérateurs pour être le réseau à intégration de service du futur pour le transport de la téléphonie, de la télévision et des données informatiques. Il est utilisé dans les cœurs de réseaux IP et les points d'interconnexion, les cœurs des réseaux voix (GSM) et le transport sur les lignes ADSL

En effet, cette technologie a été étudiée dans le cadre du développement du RNIS large bande. Elle voit ses caractéristiques fortement conditionnées par le transfert de flux continu tel que la voix ou la vidéo. Ce dernier point a été déterminant dans le choix de la taille des unités de données. En traitant des unités de données de taille réduite et fixe, les temps de traitement sont considérablement réduits. Leur commutation est alors assurée non plus logiciels ce qui autorise des débits de plusieurs centaines de Mbit.

#### 3.2.2.1. Architecture d'ATM

ATM est le système de commutation la plus simple et la plus rapide. Les paquets utilisés sont de taille fixe de 53 octets dont 48 d'informations et 5 d'en-tête. L'utilisation de petites cellules de taille fixe permet un routage matériel efficace, il est alors plus facile de garantir une meilleure qualité de service. La taille fixe facilite l'allocation de la bande passante et une petite cellule ne bloque pas longtemps une ligne.

La couche AAL (ATM Adaptation Layer) est divisée en 4 adaptations spécifiques dépendant de l'application

- AAL1 : transfert isochrone (voix)
- AAL2 : transfert isochrone à débit variable contrôlé
- AAL3/4 : transfert de données sans contrainte temporelle
- AAL5 : simplification de AAL3/4

Couche ATM	Fonctions
AAL	Interfaçage standard Segmentation et réassemblage
ATM	Contrôle de flux Génération et extraction des en-têtes de cellules Gestion des circuits/chemins virtuels Multiplexage des cellules
Physique	Découplage débit cellule Génération/vérification totale de contrôle d'en-tête Génération des cellules Empaquetage et dépaquetage des cellules Génération des trames Synchronisation des bits Accès physique au réseau

*Figure 3.02 : Couches ATM*

### 3.2.2.2. Les services

A la connexion, l'application spécifie une certaine QoS (débit, perte de cellules, gigue) et aucune nouvelle connexion n'est acceptée que si la QoS demandée peut être servie sans nuire aux autres connexions actives. Ce contrôle d'amission dépend alors de la classe de service demandée :

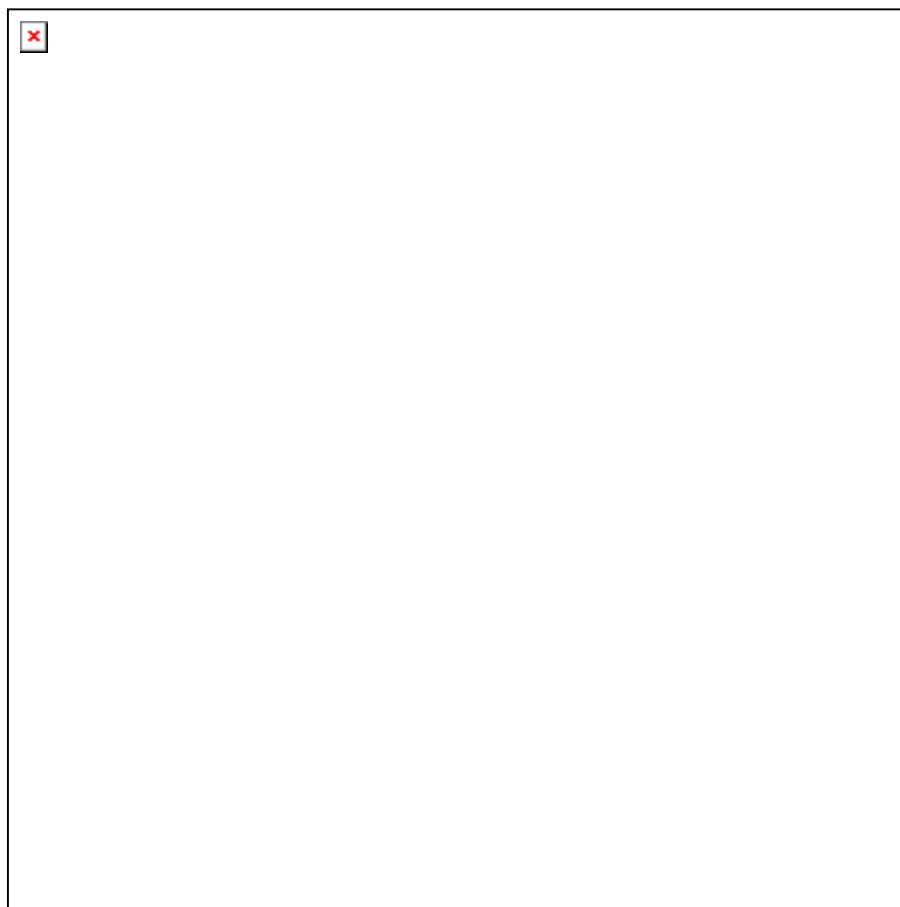
- CBR Constant Bit Rate service définit les applications nécessitant une bande passante fixe, mode circuit. Elle est idéale pour la voix, la vidéo non compressée et l'émission de circuit.
- VBR Variable Bit Rate service fournit un débit variable mais prévisible car il est adapté au flux par rafale. Les rafales ne doivent pas dépasser le maximum spécifié et sa durée.
- UBR Unspecified Bit Rate service est l'équivalent du service « Best-Effort » du réseau IP. La bande passante est variable selon la disponibilité du réseau et il n'y a pas de contrôle de trafic. Les cellules sont éliminées en cas de congestion.

- ABR Available Bit Rate service fournit aussi une bande passante variable selon la disponibilité du réseau mais un débit maximal est soumis par la source, le débit minimal est garanti par le réseau

### **3.3. Architecture des protocoles [18] [20] [21]**

#### **3.3.1 Le modèle de référence**

Le modèle OSI (Open System Interconnection) de l'ISO est le modèle standard dans le développement de système ouvert basé sur l'architecture TCP/IP. Le but du protocole TCP/IP est d'établir un dialogue entre deux machines du réseau comme si elles étaient directement connectées l'une à l'autre. Les protocoles sont organisés en 7 couches constituant une pile logicielle.



*Figure 3.03 : Modèle OSI*

La couche physique est la couche la plus basse qui s'interface avec la ligne de transmission en bas et avec la couche liaison de donnée en haut. Sa fonction principale est le transfert d'informations binaires, elle émet et reçoit les données du support de transmission. C'est à ce niveau que l'on choisit le type de transmission, le débit du canal de transmission, le mode de transmission, le type de codage et le type point à point ou point à multipoint avec les autres nœuds du réseau.

La couche liaison de données prend les bits de données de la couche physique et les regroupent en unités logiques appelés trame. Elle est la première couche à gérer les erreurs de transmission. Dans les réseaux TCP/IP, les implémentations de cette couche comprennent les technologies suivantes : Token ring, FDDI (Fiber Distributed Data Interface), Frame relay, X25, SLIP (Serial Line Protocol), PPP (Point to Point Protocol), ATM et Ethernet.

La couche réseau gère les connexions entre les nœuds du réseau. Un service complémentaire fourni par la couche réseau concerne la façon de router les paquets entre les nœuds d'un réseau.

La couche transport garantit l'intégrité des données reçues. Dans les réseaux TCP/IP, son travail est assuré par le protocole TCP (Transmission Control Protocol) et par le protocole UDP (User Datagram Protocol). Par ailleurs, elle implémente le multiplexage ‘adresse dans lequel plusieurs éléments logiciels partagent la même adresse de la couche réseau.

La couche session gère les connexions entre les applications coopérantes. Avec cette couche, un utilisateur peut se connecter à un hôte à travers un réseau où une session est établie pour transférer des fichiers. Elle gère l'activité dans le réseau et contrôle le dialogue : elle permet la communication full-duplex.

La couche présentation gère comme son nom l'indique la présentation des données. Pour que deux systèmes puissent se comprendre, ils doivent utiliser le même système de présentation de données. Pour ce faire, la couche présentation utilise un langage commun compréhensible par tous les nœuds du réseau.

La couche application fournit les protocoles et les applications nécessaires aux applications utilisateurs qui doivent accomplir des tâches de communication : les protocoles pour les services de fichier distants tels que l'ouverture et la fermeture, les services de transfert et d'accès aux bases de données distantes, les services des répertoires pour localiser les ressources d'un réseau, ....

### 3.3.2. Architecture protocolaire de H.323

Avec H.323, l'UIT a spécifié un environnement complet de protocoles de communication multimédias pour les réseaux IP. L'interfonctionnement avec les autres réseaux est garanti car des standards apparentés ont été conçus : H.320 pour le RNIS et H.324 pour le réseau téléphonique analogique. H.323 est supporté par la quasi-totalité des constructeurs et c'est pour cette raison qu'il est très largement utilisé comme protocole d'interfonctionnement même si d'autres standards comme le SIP (Session Initiation Protocol) ou le MGCP (Media Gateway Control Protocol) ont été élaborés.

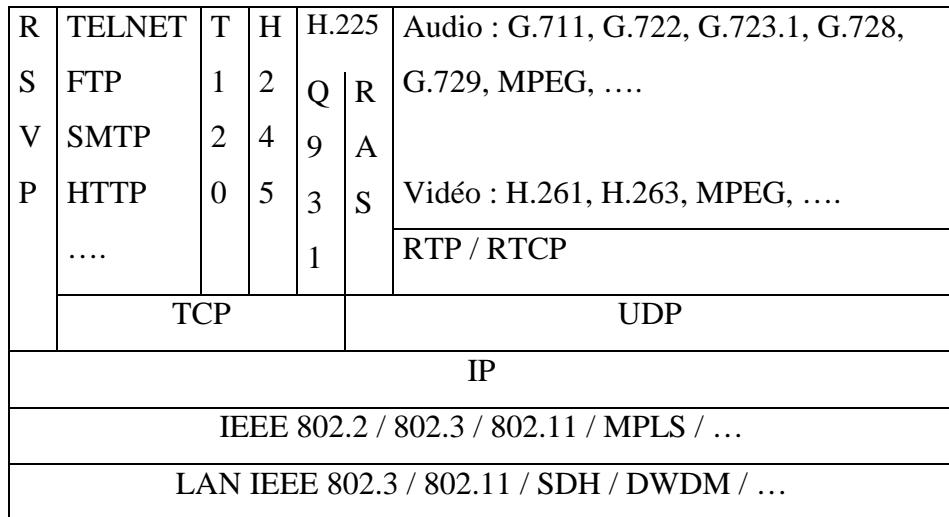


Figure 3.04 : architecture des protocoles selon H.323

Même si H.323 est basé sur l'architecture OSI, il a pourtant implémenté des protocoles spécifiques. Pour les trois premières couches basses, aucune différence n'est notée mais à partir de la couche transport, des changements doivent paraître.

En effet, les protocoles traditionnels tels que TCP et UDP proposent une vision très restrictive de la notion de qualité de service. Les caractéristiques à temps réel des applications multimédia nécessite l'allègement des tâches et des traitements effectués dans les nœuds du réseau.

### 3.3.3. Le couple RTP/RTCP

RTP ou Real-time Transport Protocol a été conçu pour résoudre les problèmes de prises en charge des applications temps réel à Internet. Les services fournis par RTP consistent dans la reconstruction temporelle, la détection de pertes, la sécurité et l'identification du contenu. Si, à l'origine, il a été conçu pour des données temps réel multicast, actuellement il est aussi utilisé pour faire de l'unicast. Il peut également être utilisé pour le transport dans une seule direction comme la VoD (Video on Demand) mais aussi pour des applications interactives telles que la téléphonie à travers Internet :

- RTP fournit des services de bout en bout pour des applications qui nécessitent un temps réel comme l'audio et la vidéo interactive. Cependant, RTP ne fournit aucun mécanisme pour assurer la délivrance à temps. RTP nécessite le support des couches plus basses qui ont le contrôle sur les ressources dans les « switchs » et les « routeurs ». RTP dépend de RSVP (Resource reSerVation Protocol) pour la réservation des ressources et pour fournir la QoS demandée.
- RTP n'assume rien en ce qui concerne les couches inférieures, excepté qu'il fournit le tramage. RTP tourne typiquement au-dessus de UDP qui permet le multiplexage et le checksum. Des efforts ont été réalisés pour rendre RTP compatible avec d'autres protocoles de transport comme AAL-5/ATM et IPv6.
- Contrairement aux transmissions de données classiques, RTP n'offre pas de contrôle de flux ou de congestion et est un service non fiable. Il offre une horloge de temps, un séquencement comme moyen pour permettre aux applications de faire du contrôle de flux et de congestion.

RTP est un protocole qui est délibérément incomplet. Il est ouvert à de nouveaux formats de charge utile et de nouveaux logiciels multimédia. En ajoutant des spécifications

pour des nouveaux profils et formats de payload, on peut adapter RTP aux nouveaux formats de données et aux nouvelles applications.

RTCP (Real-time Transport Control Protocol) est le second protocole qui, ajouté à RTP permet le transport en temps réel. Si les paquets RTP ne transportent que les données des utilisateurs, RTCP renferme les informations de supervision. Il autorise cinq types de paquets :

- o 200 Sender report (rapport de l'émetteur) ;
- o 201 Receiver report (rapport du récepteur) ;
- o 202 Description source (description de la source) ;
- o 203 Bye (au revoir) ;
- o 204 Application Specific (application spécifique).

A partir de ces informations de signalisation, l'émetteur peut ajuster sa transmission en se basant sur le rapport du récepteur, le récepteur signale à son interlocuteur les cas de congestion du réseau.

En plus de la génération de ces 5 types de paquets, RTCP offre les services suivants :

- Le contrôle de la congestion et monitoring de la QoS qui est sa fonction primordiale. RTCP fournit un feed back à l'application de la qualité de distribution des données.
- L'identification de la source : dans les paquets de données RTP, les sources sont identifiées par des identificateurs 32 bits générés de manière aléatoire. Ces identificateurs n'étant pas conviviaux pour des utilisateurs humains, les paquets Source DEscription contiennent des informations textuelles appelés "canonical names". Ce sont des identificateurs uniques pour les participants de la session.
- La synchronisation Inter-média car les rapports des émetteurs contiennent une indication de temps réel et l'estampille de temps.
- Et les informations de contrôle : les paquets RTCP sont envoyés périodiquement parmi les participants. Ils sont limités à 5% du trafic total de la session pour éviter que le trafic de contrôle ne vienne saturer les ressources.

### 3.3.4. Le protocole RSVP

RSVP Resource reSerVation Protocol est le protocole qui semble le plus intéressant dans la nouvelle génération. Il s'agit d'un protocole de signalisation qui a pour rôle d'avertir les nœuds intermédiaires de l'arrivée d'un flot correspondant à des qualités de service bien déterminées. Il introduit un mécanisme de signalisation s'effectuant sur un flot qui est envoyé vers un ou plusieurs récepteurs. Ce flot est identifié par une adresse IP ou un port de destination, ou encore une token bucket<sup>3</sup>. Du point de vue de l'opérateur, le protocole RSVP est lié à une réservation de bande passante, laquelle doit être effectuée dans les nœuds du réseau sur une route particulière ou sur les routes déterminées par un multipoint. La réservation est effectuée à partir du ou des récepteurs car cette solution s'adapte à beaucoup de cas de figures. En particulier lorsqu'un nouveau point s'ajoute au multipoint, il réalise une adjonction de réservation d'une façon plus simple.

Remarquons cependant que RSVP n'est pas un protocole de réservation mais un protocole de signalisation, qui permet aux nœuds de faire de leur mieux par rapport à la connaissance qu'ils ont des flots qui vont les traverser. Les flots sont ensuite gérés comme tout paquet traversant un nœud mais à cause des spécifications, celui-ci va fournir son « best-effort », un « control load » identique à un Internet peu chargé et la garantie du temps de traversée pour un débit réservé.

### 3.3.5. Les CODEC

Alors que l'audio et la vidéo disposent de plusieurs types de codecs qu'on a déjà vu dans le paragraphe concernant la compression et le codage, les applications de données se servent de T.120.

T.120 définit les spécifications pour les applications de travail coopératif. Elle est composée des recommandations suivantes :

- T.122 définition d'un service de communication multipoint
- T.123 piles de protocoles définissant transport et services par type de réseau
- T.124 définition de la gestion et contrôle des conférences
- T.125 protocole pour le service de communication multipoint

---

<sup>3</sup> Etiquette de flot

- T.126 partage d'application tableau blanc
- T.127 mécanismes de transfert de fichiers binaires en multipoint
- T.128 gestion de trafic et des flux avec commande à distance

### 3.3.6. Les autres protocoles de signalisation

Dans cet environnement, l'établissement de la communication est effectué au moyen du protocole Q.931, la même que dans RNIS. Le protocole RAS (Registration Admission and Status) sert à l'enregistrement des équipements terminaux et au contrôle d'admission à la communication. H.245 permet de commander les applications de bout en bout, H.225 gère la mise en paquets et la synchronisation pour les systèmes en mode paquet.

## 3.4. *La diffusion sur un réseau IP* [22] [23]

### 3.4.1. Le principe de base d'un réseau IP

IP est un réseau de transport de paquets en mode non fiable et non connecté, c'est-à-dire que les paquets peuvent être perdus dans le réseau, arriver dans le désordre voire en double. La fiabilité n'est assurée que par les couches de transport qui sont dans les ordinateurs d'extrémité. Les éléments intermédiaires du réseau sont les routeurs qui vont servir d'aiguillage. On appelle datagramme le paquet élémentaire. Il contient une adresse de destination et une adresse de départ.

L'adresse IP est constituée de 32 bits, soit notés de façon décimale de 0 à 255. Elle est affectée non pas à une machine mais à une interface machine (carte réseau). Celle-ci peut donc avoir plusieurs adresses. L'adresse se décompose en deux parties : un partie réseau et un partie machine.

Pour certaines raisons et particulièrement à cause du routage, on regroupe les adresses IP sous forme de classes. La partie machine est réservée à l'usage du gestionnaire du réseau qui peut redécouper cette partie (subnet).



### Classe A

L'adresse du réseau de classe A est codé sur 7 bits variant de 0 à 127

0	Réseau	Machine	Machine	Machine
---	--------	---------	---------	---------



### Classe B

L'adresse du réseau de classe B est sur 14 bits

10	Réseau	Réseau	Machine	Machine
----	--------	--------	---------	---------



### Classe C

La classe C est la plus utilisée actuellement, dû à la disparition des classes B devenues indisponibles par suite de manque d'adresses. Elle démarre à l'adresse 192.

110	Réseau	Réseau	Réseau	Machine
-----	--------	--------	--------	---------



### Classe D

La classe D est utilisée pour des groupes de multicast, commence à 224

1110	Réseau	Réseau	Réseau	Machine
------	--------	--------	--------	---------



### Classe E

La classe E est réservée pour usage futur, commence à 240

1111	Réseau	Réseau	Réseau	Machine
------	--------	--------	--------	---------

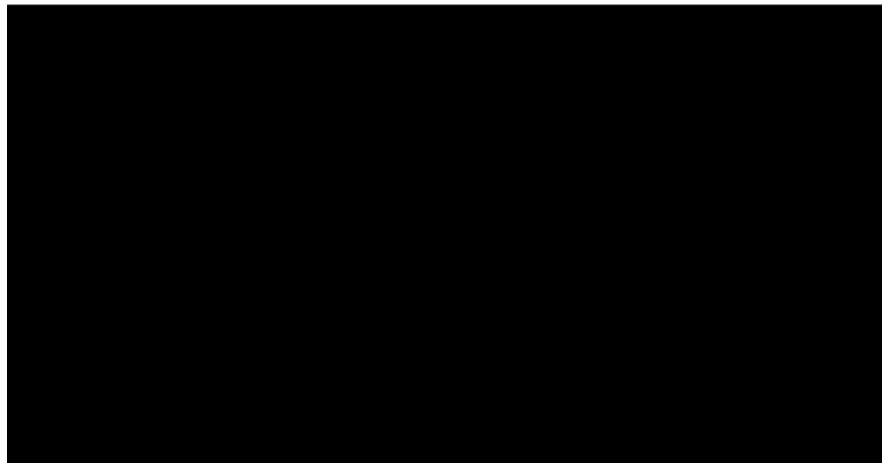
Il existe dans les réseaux trois types d'adresses : les adresses locales, les adresses de broadcast et les adresses multicast.

#### 3.4.2. La diffusion unicast

L'unicast est l'application habituelle entre une source et un destinataire. C'est une liaison point à point entre une source unique et un destinataire unique.

Etant donné que chaque machine est identifiée par une adresse IP, les interlocuteurs spécifient l'adresse IP de l'ordinateur à qui il voudrait communiquer. Seule la machine à

laquelle appartient l'adresse indiquée dans la requête peut recevoir l'information. La diffusion unicast utilise les classes d'adresse : classe A, B et C.



*Figure 3.05 : diffusion unicast*

Les éléments du réseau aiguillent les paquets dans la bonne direction par le routage IP. Les protocoles de routage définissent la manière dont les routeurs s'échangent des informations afin de déterminer le meilleur chemin à suivre. Ils peuvent s'exécuter directement au dessus de :

- IP comme le fait OSPF (Open Shortest Path First)
- UDP avec RIP (Routing Information Protocol)
- TCP comme le fait BGP (Border Gateway Protocol)

#### 3.4.3. La diffusion broadcast

Pour TCP/IP, l'adresse de broadcast consiste à mettre les bits de l'adresse machine à 1. C'est une diffusion vers tous les équipements du LAN mais qui ne franchit pas la frontière du routeur.

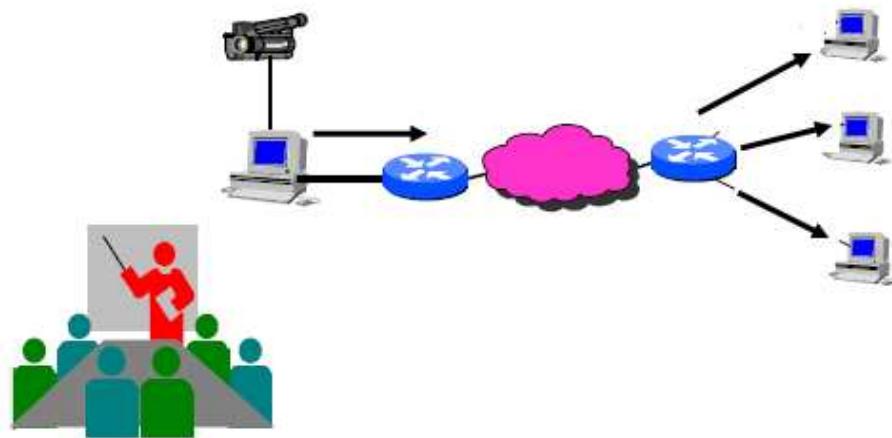


Figure 3.06 : broadcasting

#### 3.4.4. La diffusion multicast

On définit une session multicast comme la diffusion effective d'un flux émis par un nœud source vers un ensemble de nœuds destinataires appartenant à un groupe de nombre restreint.

Typiquement, le multicast est utilisé pour transmettre des conférences sur Internet. Pour IP, le groupe multicast utilise une adresse multicast de classe D de 224.0.0.0 à 239.255.255.255 dont certaines adresses ont déjà été allouées :

224.0.0.0 signifie tous les systèmes de ce sous réseau

224.0.0.2 tous les routeurs de ce sous réseau

224.0.1.0 est réservée à NTP (Network Time Protocole)

224.0.0.9 RIP-2 (Routing Information Protocol v.2)

.....

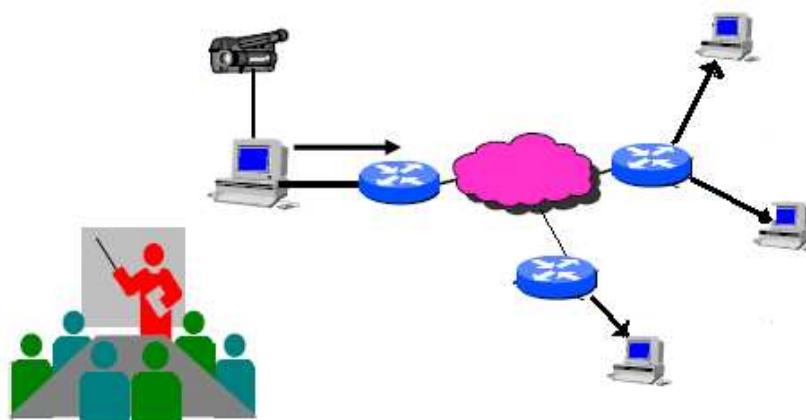


Figure 3.07 : multicasting

Lorsqu'une application utilise une adresse multicast, IP va générer l'adresse Ethernet en remplaçant les 23 derniers bits de l'adresse IP. Le routeur local devient routeur de multicast IGMP. Les stations s'abonnent à un réseau multicast IP particulier auprès du routeur. Ce routeur aura été ajouté dans les membres de la conférence. Par conséquent, le groupe multicast n'est pas limité au réseau local.

Le mécanisme de routage par défaut ne s'applique pas. Une adresse multicast ne peut être que destinataire, les sources ont toujours une adresse unicast. IGMP permet la distribution des datagrammes multicast sur le LAN, d'autres protocoles de routage interviennent pour acheminer les paquets hors du LAN. On distingue deux familles de protocoles en fonction du mode de diffusion utilisé :

- mode dense : DVMRP (Distance Vector Multicast Routing Protocol), PIM-DM (Protocol Independent Multicast Dense Mode) et MOSPF (Multicast Open Shortest Path First) lorsque les abonnés au groupe sont nombreux
- mode épars (clairsemé) : PIM-SM (Protocol Independent Multicast Sparse Mode) dans le cas où les réseaux ont de faibles débits et où les membres de groupes sont très dispersés.

L'exploitation du réseau n'est pas uniquement se contenter d'utiliser les ressources offertes mais de les utiliser efficacement. Son optimisation va permettre de profiter au maximum de toutes les possibilités qu'il peut offrir.

## Chapitre 4 : OPTIMISATION DU RESEAU

L'optimisation d'un réseau passe par le partage de ses ressources. L'idée est de pallier aux insuffisances technologiques en termes de disponibilité et de bande passante des réseaux. En effet, les contenus multimédia, en particulier les contenus vidéos, ont effectivement une propriété particulière : ils consistent en de gros volumes de données qui n'ont de sens que dans leur intégralité et les données les codant n'ont pas pour vocation à être modifiables dans le temps. En conséquence, des phénomènes de congestion peuvent apparaître si plusieurs utilisateurs requièrent les mêmes ressources au même moment. Il faut donc contrôler le réseau et les flux qui y circulent.

La congestion est définie comme un état du réseau dans lequel le réseau n'est plus capable de répondre aux objectifs de performance fixés. Les mécanismes de base de gestion de la congestion sont :

- la gestion de file d'attente
- l'ordonnancement de paquets
- le lissage de trafic
- et la gestion de trafic

Le contrôle de congestion a pour objet d'éviter la congestion dans les nœuds et de résoudre les problèmes d'embouteillage lorsqu'ils sont effectifs. Il représente l'ensemble des actions entreprises afin d'éviter et d'éliminer les congestions causées par manque de ressources.

Le contrôle de flux est plutôt préventif puisqu'il limite les flots d'information à la capacité de transport du support physique. C'est un accord entre deux entités, la source et la destination, pour limiter le débit de transmission du service en considérant les ressources disponibles dans le réseau.

### **4.1. Les contraintes de qualité de service [1] [24] [25]**

#### **4.1.1. La qualité de la transmission**

La téléphonie et les applications multimédias de communication synchrone requièrent des caractéristiques temps réel. Le temps total de transfert de l'information entre

deux interfaces d'usagers ne devrait pas dépasser 200 ms sur une liaison intercontinentale, codage de l'information compris. Cette exigence ne peut pas être satisfaite par les réseaux IP conventionnels, sans mécanisme de contrôle de la qualité de service.

Le transfert de données et les applications Internet traditionnelles sont beaucoup plus tolérantes eu égard à la transparence temporelle. Elles génèrent des débits variables, de quelques bits/s à plusieurs Mbits/s mais sont, par contre, très sensibles au temps d'établissement de la communication. Les applications multimédia au contraire, fonctionnent généralement avec un débit constant mais tolèrent sans difficulté un temps d'établissement de la communication de plusieurs centaines de ms.

Des paramètres ont été établis pour définir la qualité de la transmission. :

- Délai moyen (average delay) : temps moyen séparant l'entrée d'un paquet dans le réseau et de sa sortie.
- Délai maximum (maximum delay) : temps maximum séparant l'entrée d'un paquet dans le réseau de sa sortie.
- Gigue ou glissement de fréquence (jitter) : quantifie concrètement l'incertitude dans le temps d'arrivée du paquet autour de la valeur moyenne.
- Taux d'erreur binaire (bit error rate) : rapport entre le nombre de bit reçus erronés et le nombre de bits émis.
- Taux d'erreur paquet (packet error rate) : rapport entre le nombre de paquets reçus erronés et le nombre de paquets émis.

Le délai de transit sur le réseau, encore appelé « latency », est la somme des délais induits par tous les équipements traversés : câbles, routeurs, commutateurs, ... Il est donc la somme :

- du délai de sérialisation déterminé par la vitesse de la ligne et la taille du paquet. Plus le débit de la liaison est élevé, plus le temps de sérialisation est court ;
- des délais de traitement propre au CODEC ;
- du délai de transit dans un nœud qui est le temps de traitement dus aux protocoles réseau (interprétation des en-têtes, routage, ...)

Les variations des délais de transit ou gigue sont essentiellement dues à la charge du réseau devant traiter différents types de flux simultanément. Elles peuvent engendrer des interruptions inattendues qui rendent inintelligibles les applications temps réel.

Par exemple pour la visiophonie et la vidéo transmission :

	Visiophonie	Transmission vidéo
Délai moyen	0,25 s	0,2 s
Gigue maximale	10 ms	5 ms
Taux d'erreur binaire max	0,01	0,1
Taux d'erreur paquet max	0,001	0,01

*Tableau 4.01 : Critère de qualité de la visiophonie et de la vidéotransmission*

Ces valeurs sont considérées comme seuil définissant la qualité de transmission. On remarque que, à la différence des données applicatives, la voix et la vidéo acceptent l'altération des données. Il en résulte que la dégradation de la qualité du son, de l'image ou de la page peut toutefois être tolérée par les personnes qui les reçoivent. En plus du délai de transit et de sa variation, des paquets peuvent être erronés, mais bien sûr dans une certaine limite.

#### 4.1.2. La synchronisation

Une autre approche de la qualité de service est la synchronisation. Sa description met en œuvre la notion de flux dans les réseaux.

##### 4.1.2.1. *Concept de flux*

Le flux (stream ou flow) est une séquence de paquets de données individuels transmis de manière indépendante dans le temps. La transmission d'information transportant différents médias conduit à des flux de nature très différente dont les attributs peuvent être synchrone, asynchrone ou isochrone.

Un flux est caractérisé par :

- l'intervalle entre chaque transmission (fortement périodique, faiblement périodique, apériodique)
- la variation de la taille des paquets consécutifs (régulier, faiblement régulier, irrégulier)
- et les paquets contigus : les communications multimédia nécessitent un flux sporadique dans le réseau

#### *4.1.2.2. Définition*

Les systèmes multimédias associent divers médias discrets et continus pour créer des documents multimédias composites. Parmi les divers modes de composition, on distingue :

- la composition spatiale qui permet de lier divers objets multimédias discrets en une seule entité via des règles de placement et de déformation ;
- la composition temporelle qui permet de créer une présentation multimédia par arrangement d'objets multimédias selon des relations temporelles.

Cette dernière technique de composition est appelée synchronisation. Le rôle de la synchronisation, qu'elle soit mise en œuvre au niveau du réseau ou du récepteur est d'éliminer tous les retards introduits lors de la transmission des flux de données correspondant aux différents médias et de les remettre en synchronisme. Pour la synchronisation, on peut définir une QoS (Quality of Service) particulière, notamment pour travailler sur plusieurs flux.

La synchronisation se décompose en :

- synchronisation continue qui traite la mise en synchronisme de médias continus. Un exemple est la visiophonie, où les signaux audio et vidéo sont créés en un site distant, transmis sur un réseau et synchronisés en permanence sur le site de réception ;
- synchronisation ponctuelle, qui s'adresse à la synchronisation médias discrets et continus. Par exemple, lors d'une projection de diapositives, les commentaires audio doivent être synchronisés avec la projection ;

- synchronisation séquentielle, qui détermine le débit auquel les événements doivent arriver à l'intérieur d'un même flot de données, c'est la synchronisation intramédia.
- synchronisation parallèle qui détermine le séquencement relatif de deux flots de synchronisation séparés dite synchronisation intermédia.

Ces deux dernières affectant directement les paramètres de la qualité de service du réseau, on va les étudier de plus près.

#### *4.1.2.3. La synchronisation Intra-flux*

Comme on l'a défini précédemment, ce type de synchronisation est nécessaire dès que l'on transmet des informations sous forme de médias continus à travers un réseau. La restitution de médias continus nécessite de respecter des temps entre les données comme par exemple le délai entre l'affichage de deux images successives, .... Internet fournit le service « best-effort » pour l'acheminement de paquet depuis sa source vers sa destination, mais il n'y a aucune garantie quant au temps de transmission des paquets d'un même flux. Ce qui introduit le phénomène de gigue.

Le buffering des données solutionne ce problème car il permet une diffusion continue des données en évitant les fluctuations du débit de restitution dues à la gigue introduite par la transmission réseau. Mais, remarquons que cette solution dépend uniquement de la technologie ou logiciel de restitution donc des récepteurs.

#### *4.1.2.4. La synchronisation Inter-flux*

Certains flux sont en retard par rapport aux autres pourtant les échantillons issus des différents flux synchrones doivent, dans certains cas, respecter des contraintes temporelles. La perte des liens temporels inter-flux implique alors la perte de la sémantique lors de la restitution des flux au terminal client.

La synchronisation est alors nécessaire dès que l'on transmet des informations de type média continu à travers un réseau (Internet) mais également lorsque l'on applique des opérations sur un flux synchrone avec d'autres.

Ce traitement est pourtant complexe si chaque flux est traité indépendamment et est quasi-impossible si le format est propriétaire. La solution est donc d'utiliser un format de

codage spécifique ou les flux synchrones sont multiplexés pour la transmission sur le réseau comme c'est le cas de MPEG,...

## **4.2. Gestion des files d'attente [5] [20]**

La liaison entre les processus d'entrée, d'acheminement et de sortie se fait via des files d'attente : file d'attente en entrée, file d'attente en sortie. Le but du contrôle de trafic est de permettre de réaliser un bon compromis entre utilisation des ressources et qualité de service. Des mécanismes de contrôle de trafic doivent prévenir la congestion comme par exemple le contrôle de flux par fenêtre dans les réseaux à commutation de paquets ou le contrôle d'admission de connexion d'ATM.

Ces mécanismes s'appuient sur une base « hop by hop » au-delà du point d'entrée :

- actions préventives sur le trafic d'usager par la vérification de l'état d'engorgement du commutateur avant d'accepter toute nouvelle demande de connexion et régulation du trafic de l'usager.
- actions palliatives sur les trafics existants afin d'éviter une situation de congestion ou pour optimiser le réseau.

### **4.2.1. Algorithmes de placement dans une file**

Une file d'attente se forme lorsque le flux entrant est plus important que le rythme de sortie des paquets comme par exemple depuis une interface Ethernet à 10 Mbit/s vers une liaison série à 512 kbit/s.

Le « traffic mapping » est un mécanisme qui permet de réguler les flux de données. Il lisse le trafic et fixe un débit à chaque type de flux. Il a implementé deux variantes :

#### **4.2.1.1. Leaky-bucket**

Littéralement signifiant seau percé, cette méthode est utilisée par ATM et consiste à offrir un débit stable en sortie. La taille de la file d'attente et le taux de transmission sont configurables par l'utilisateur. Le mécanisme est bien adapté pour envoyer des débits fixes. Mais même si le réseau est peu chargé, on ne peut jouir des ressources inutilisées.

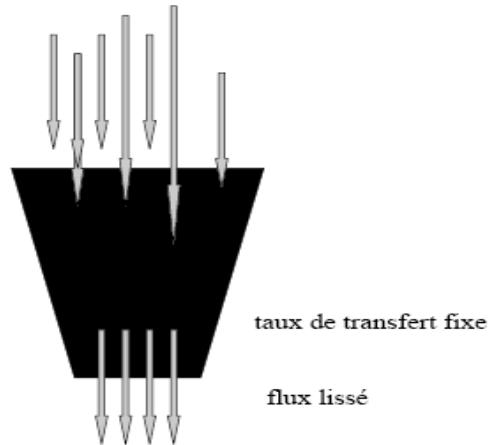


Figure 4.01 : Principe du seau percé

#### 4.2.1.2. Token-bucket

Cette seconde variante ne fluidifie pas le trafic tant qu'il n'atteint pas un certain seuil, c'est-à-dire tant qu'il ne dépasse pas le nombre de jetons, un jeton équivalant à un certain nombre d'octets. Les jetons sont accumulés lorsque le réseau est peu chargé. Tant qu'il y a des jetons dans la file d'attente, les paquets en rafale sont transmis.

Soient :

- $r$  (Token rate) : le besoin en débit continu soutenu requis pour le flux (en octets/seconde). Il reflète le taux moyen de données dans la file et le taux lissé cible en sortie.
- $b$  (profondeur du Token-bucket) : la borne supérieure jusqu'à laquelle le débit peut être en excès.
- $p$  (Peak Rate) : initialisé au taux maximum de données envoyées (si connu et contrôlé).
- $m$  (Minimum policed size) : la taille du plus petit paquet (en octets) généré par l'application émettrice.
- $M$  (Maximum packet size) : la taille du plus gros paquet (en octets).

Pour toute période  $T$  donnée, la quantité de données envoyée ne peut excéder :

$$rT + b = M + pT$$

Au-delà de ce seuil, tous les trafics sont fluidifiés : les caractéristiques du trafic entrant dans le réseau est contrôlé et modifié pour réaliser un trafic efficace.

#### 4.2.2. Dimensionnement des files

- Soit :
- Q : la capacité des files
  - T : la vitesse de transmission
  - A : la vitesse d'arrivée des paquets

En supposant que le processus d'arrivée est Poissonien, une perte de paquet survient au bout de :

$$t = \frac{Q}{(A - T)}$$

Dans cet état, chaque paquet subit alors un délai de :

$$d = \frac{Q}{T}$$

Si on augmente Q, alors la probabilité de perte de paquets diminue mais son délai de transmission augmente. Le canal de communication entre émetteur et récepteur est un tuyau élastique : le délai augmente et le débit baisse si on étire le tuyau ; le tuyau devient plus long et plus fin.

#### 4.3. *Le protocole de contrôle [18] [20]*

Plusieurs protocoles ont été normalisés pour transporter des paquets de contrôle notamment pour la gestion et le contrôle des ressources. Parmi eux, IGMP (Internet Group Management Protocol) est le plus sollicité surtout pour les applications de travail coopératif.

Internet définit des groupes de diffusion, formés d'ensemble de machines participant à un même travail de telle sorte qu'un message émis par un participant parvienne à l'ensemble des autres participants. Le rôle du protocole IGMP est d'effectuer le contrôle de ces groupes de diffusion. Défini dans RFC 1112, IGMP gère les adresses multicast et la distribution des datagrammes.

Il existe trois types de paquets IGMP : demande de rapport, sortie d'un groupe et rapport d'activité.

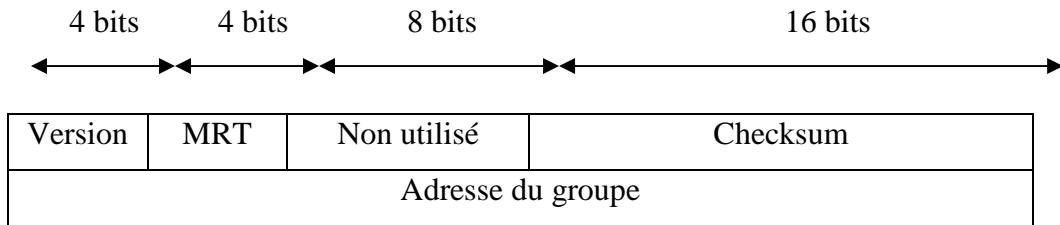


Figure 4.02 : format d'un paquet IGMP

Le champ MRT (Max Response Time) est utilisé dans les paquets de demande de rapport pour indiquer, en dixième de secondes, le délai maximal autorisé pour envoyer un rapport d'activité. Au-delà de ce délai, le destinataire est considéré comme n'étant pas actif dans le groupe.

La station qui désire recevoir le flux s'enregistre, en ayant recours à IGMP, dynamiquement auprès du routeur qui assure l'acheminement des datagrammes. Une machine peut se rattacher ou quitter un groupe à tout moment. Les passerelles propagent les informations d'appartenance à un groupe et gèrent le routage de façon à ce que chaque machine reçoive une copie de chaque datagramme envoyé au groupe. C'est par le protocole IGMP que les machines communiquent avec ces passerelles. Son utilisation optimise l'utilisation des ressources du réseau car le trafic IGMP consiste en un message périodique envoyé par la passerelle gérant le multipoint et en une seule réponse pour chaque groupe de machines d'un sous réseau.

#### 4.4. Optimisation de la bande passante [5] [18]

Dans le cadre de la transmission vidéo, la qualité de données transmises peut elle-même être adaptée aux contraintes de la transmission. Au détriment de la qualité finale de la vidéo, selon le taux, la compression permet déjà de diminuer la taille des données à transmettre. Pourtant, c'est en modifiant ces paramètres de compression des signaux qu'on

peut influer sur la gestion de la bande passante totale. La contrainte de ressources a amené a optimisé leur utilisation.

#### 4.4.1. Gestion équitable de la bande passante

Les applications qui échangent des contenus hypermédia essaient d'adapter leurs flux au comportement du réseau. Malgré tout, la bande passante sur les réseaux actuels a un caractère très irrégulier.

L'adaptation de l'application aux conditions du réseau se fait par l'utilisation d'un contenu multi-niveau. Cette approche est basée sur l'idée que quelques couches peuvent être abandonnées pour réduire la taille du flux, ce qui permettra de diminuer le débit et donc de s'accommorder d'une diminution de la bande passante.

Une séquence vidéo consomme d'habitude la largeur de bande à un taux déterminé par le compresseur employé. Une partie fixée de la largeur de bande d'une vidéo va d'abord vers le son. La piste vidéo est alors serrée dans la bande restante. Pour les modems de 56 kbps, par exemple, on propose un débit de 34 kbps laissant 22 kbps de la largeur de bande au modem pour transmettre des informations supplémentaires et pour protéger à l'avance face aux variations du réseau. La partie allouée à la piste vidéo dépend ainsi de la façon dont le son est codé. Avec un débit du son à 8 kbps, la piste vidéo obtient ainsi 26 kbps.

Pour les liens bas débit, la façon d'encoder la bande sonore affecte d'une manière significative la qualité de la piste vidéo. Une vidéo accompagnée par la voix pourrait avoir une meilleure qualité visuelle que celle accompagnée par de la musique. Pour les liens haut débit, l'utilisation de la bande passante par la piste audio est proportionnellement plus petite que celle de la piste vidéo. Ainsi, les différences de codage de la bande audio affectent moins la qualité visuelle. Pour les débits au dessus de 100 kbps, on obtient un son de haute qualité qui n'emploie pas plus d'un quart de la bande utilisée par le flux total.

#### 4.4.2. Stratégie d’allocation

Pour que les médias soient regardés à leur vitesse normale de présentation, les flux doivent être dimensionnés correctement par rapport à la bande passante des clients. Plusieurs techniques sont proposées pour être implémentées dans les clients médias :

- Buffering : pour chaque média, le client maintient un tampon de données afin de cacher à l'utilisateur les éventuelles latences causées par le réseau. Les données sont écrites dans ce tampon pendant que d'autres sont visualisées et sont supprimées dès qu'elles sont présentées. La présence des données dans le tampon assure que les changements de la largeur de bande disponible n'affectent pas la continuité de la présentation. Si la congestion de réseau cause l'arrêt des flux de données pendant quelques secondes, le client continue à jouer la présentation avec les données déjà cachées. Le but est de réduire au minimum le buffering initial et d'éliminer le rebuffing.
- Initial Buffering (Preroll) : le client charge pendant quelques secondes les données avant de commencer à jouer la présentation. Appelé « preroll » en anglais, le buffering initial est exigé pour chaque vidéo. Développer des médias qui emploient une quantité appropriée de largeur de bande passante garde le preroll à un niveau acceptable. L'idéal serait que le preroll soit plus petit que possible et maximum 15 secondes pour chaque média.
- Rebuffing : quand les flux de données d'une vidéo n'arrivent plus et l'amorce est vide, le client doit arrêter temporairement la présentation pour stocker d'autres données, autrement dit, faire de « rebuffing ». Parfois c'est inévitable parce que la largeur de la bande disponible diminue temporairement. En développant une présentation multiclip, il est nécessaire de considérer les contraintes de temps de sorte qu'ils ne causent pas le rebuffing, qui peut se produire dans le cas où trop des médias luttent pour trop peu de largeur de bande.

L'objectif de la bufferisation dans le réseau est avant tout d'absorber des courtes pointes de trafics. Pour ces raisons, des mécanismes supplémentaires complètent la simple gestion de file d'attente de sortie. La gestion appropriée des files d'attente est nécessaire pour équilibrer le trafic. Elle évite la monopolisation des files par un seul flux. De cette façon,

on diminue le nombre de datagrammes éliminés et le délai de bout en bout qui permet d'éviter le remplissage permanent des files d'attente, tout en gardant une bonne utilisation du réseau.

#### **4.5. La solution du Streaming [26] [27]**

##### **4.5.1. Définition**

Le Streaming est une technique de transfert de données sous forme d'un flux (stream) régulier et continu qui permet de diffuser des contenus multimédias sur Internet, à la demande et en temps réel sans solliciter le disque dur.

C'est un ensemble de techniques utilisant des formats de compression adaptés et permettant de distribuer et de diffuser en temps réel, via Internet, des contenus multimédias volumineux.

Le concept du streaming est apparu lorsque la technologie multimédia a été elle-même établie. Le contenu (son, vidéo ou animation) numérisé forme un fichier impossible à transférer sur Internet car il a un volume trop important. Il a donc fallu inventer ou adapter des concepts pour réaliser la diffusion de ce contenu. Actuellement, le streaming a lieu ainsi :

- La compression du fichier dans un format adapté pour le web
- L'échange de données selon un modèle client/serveur.

Ses principaux avantages résident dans son accès quasi-instantané, une transmission de durée illimitée, la possibilité de retransmission en direct, son adaptabilité à l'état du réseau et l'indexation des séquences.

Il existe aujourd'hui trois grands acteurs qui se partagent le marché du vidéo-Streaming:

- Real Networks dont les plateformes supportées par le Player sont : Windows, Linux, Solaris, Symbian, Unix, MacOS, et également le projet Helix lequel travaille sur un Helix Player, multi-plateformes et open-source. Il utilise plusieurs formats open-source. Une autre version, RealPlayer, utilise les formats de RealNetworks.
- Apple dont le Player supporte les plateformes: Mac OS, Windows

- Microsoft qui supporte les plateformes Windows, Mac OS. Il existe des clients Linux susceptibles de recevoir des flux au format Windows Media.

Le streaming est aussi la solution du « rich content » et de la synchronisation des applications multimédia du web. Il permet la synchronisation de la vidéo et les slides d'un exposé ou l'apparition de pages html illustrant le propos contenant un formulaire à remplir, et pardessus tout, de réagir ou poser une question à l'orateur distant en cas de direct.

Pour cela, il utilise un protocole particulier : le RTSP

#### 4.5.2. Le protocole RTSP

RTSP est l'abréviation de l'expression anglaise Real Time Streaming Protocol. C'est un projet de protocole présenté pour la première fois à l'IETF (Internet Engineering Task Force) en Octobre 1996 par Real Networks et Netscape Communications Corporation avec le soutien de plus de 40 entreprises actives dans les médias, dont Intel. Le standard fut finalement publié en avril 1998 par l'IETF. RTSP est un protocole de présentation multimédia client/serveur, destiné à satisfaire les critères d'efficacité d'acheminement des données des médias streamés sur des réseaux IP.

Il s'agit en fait d'un protocole du niveau 7 (applications) dont la particularité est de pouvoir afficher un flot de données sans devoir attendre la fin de l'envoi. De ce fait, il est fortement prédisposé à la transmission des fichiers multimédias tel que des sons et des extraits de vidéo enregistrés ou des images filmées en temps réel. Il se sert pour cela, des protocoles RTP, RTCP et RSVP. Si H23 a été conçu pour la vidéoconférence (pour un nombre modéré de personnes), RTSP lui est conçu pour diffuser efficacement des données audiovisuelles à un grand nombre de personnes.

RTSP a pour cible principale les objets média distants continus (un film par exemple) dont le transfert et le traitement des données doivent être effectués en temps réel, à l'opposé d'une image, dont les données sont constantes. Ainsi RTSP a été développé en tant que protocole « temps réel » et conçu pour transférer et contrôler différents flux simultanés et synchronisés d'objets médias continus, par exemple un film et sa bande son.

Le protocole RTSP se base sur un modèle « client – serveur », c'est à dire qu'il permet de contrôler à distance le déroulement des opérations. Ainsi, il est possible, lors de

la visualisation d'un film préenregistré, d'envoyer des ordres tel que « Démarrer ; Stop ; etc. ». Ces commandes sont envoyées par le client via le protocole RTSP sous forme de requêtes d'accès et sont exécutées par le serveur. Pour cette raison, le protocole RTSP peut également être considéré comme un protocole « avec état ». En effet, le serveur change d'état lorsqu'il reçoit une requête de la part du client, parallèlement ce dernier change à son tour d'état lorsqu'il reçoit les informations du serveur, toutes ces opérations s'effectuant dans une session unique.

Cette notion de session est importante lorsqu'il s'agit de transmettre des données relativement au temps. En effet, le protocole RTSP ne se contente pas de transmettre les données du serveur et les requêtes du client, mais il est capable de reconnaître à quel instant un paquet de données doit être transmis au client, ceci au moyen d'une « signature » temporelle inscrite sur chaque paquet.

Ainsi, si le serveur se rend compte qu'un paquet est en retard, il ne l'envoie pas au client, ce qui garantit à ce dernier une fluidité accrue puisqu'il n'est pas obligé de traiter inutilement ces données. Un exemple d'application de ce système serait d'imaginer qu'un fichier son enregistré avec un taux d'échantillonnage de 44,1 kHz n'est transmis qu'à 32 kHz si la bande passante de la transmission devait être réduite. Ainsi la qualité du son serait légèrement modifiée mais la lecture ne serait pas saccadée.

Une dernière caractéristique du protocole RTSP est que le client émet régulièrement un feedback au travers du RTCP au serveur, sous la forme d'un rapport qualitatif et quantitatif de la transmission. Ainsi le serveur peut adapter son flux de données destinées au client.

Ces solutions proposées pour l'optimisation du réseau s'appliquent tant au niveau des utilisateurs qu'au niveau des nœuds actifs des opérateurs. Elles sont choisies en fonction des applications et de l'architecture que l'on veut obtenir. Le E-learning illustre l'utilisation de certaines d'entre elles.

## Chapitre 5 : DEVELOPPEMENT D'UN SITE DE E-LEARNING

### 5.1. *Définition*

#### 5.1.1. Qu'est-ce que le « E-learning » ?

Les technologies Internet intéressent depuis longtemps les acteurs de la formation à distance. Qu'elles soient utilisées en visioconférence, en classe virtuelle ou intégrées à un module d'autoformation, ces technologies permettent de développer de nouvelles méthodes pour assurer l'apprentissage.

Le E-learning est un processus d'apprentissage à distance qui repose sur la mise à disposition de contenus pédagogiques via un réseau type Internet ou Intranet, permettant ainsi à une ou plusieurs personnes de se former à partir d'un ordinateur.

Les supports multimédias utilisés peuvent combiner du texte, des graphismes, du son, de l'image de synthèse, de l'animation et même de la vidéo. Ces supports permettent une nouvelle approche pédagogique, avec l'emploi de méthodes plus attrayantes où l'interactivité joue un grand rôle et avec la possibilité de s'adapter davantage au processus d'apprentissage de l'apprenant.

#### 5.1.2. Les objectifs du « E-learning »

« E-learning » est une nouvelle technologie de formation, et d'éducation. L'enseignement ouvert et à distance recouvre les modalités nouvelles d'enseigner que rendent possibles les technologies actuelles, ainsi que la disposition des réseaux de communication. L'enseignement multimédia va permettre non seulement d'illustrer l'enseignement magistral avec des vignettes informatisées (des « diapositives numériques ») ou animées (clips vidéo), son principal attrait est la Webconférence qui va permettre de surpasser l'obstacle de l'espace.

Le terme « Rich Media » est souvent employé pour qualifier le recours à plusieurs technologies interactives utilisées de manière synchronisée. La Webconférence en fait partie, au même titre que les différentes formules de travail collaboratif comme les chats, les forums, ...

On va privilégier la Webconférence qui correspond à la diffusion d'une séquence vidéo par le Web via la mise en place d'un serveur particulier qui se chargera de le diffuser à tous les participants. De coût moindre, par rapport au système de visioconférence qui nécessite des matériels spécifiques, l'équipement se réduit à un ordinateur muni d'une Webcam et se connectant à Internet ou à un simple réseau local. Il n'y donc pas de frais de maintenance supplémentaires.

La multidiffusion sur IP permet aux utilisateurs de partager une même ressource, mêlant image, son et autres données (document ou application). Deux solutions s'offrent alors :

- ou bien la Webconférence est « hébergée » et l'utilisateur accède à un site dédié suite à son identification ; le fournisseur est alors appelé FAH Fournisseur d'Applications Hébergées
- ou bien elle est développée en interne au sein de l'Intranet de la structure.

Par la suite, on va le déployer en interne au sein de l'Intranet du Département.

## **5.2. L'élaboration du site**

Il n'existe pas de règle générale pour concevoir l'application, elle sera déployée et améliorée selon les besoins des personnes concernées. On propose le modèle contenant les rubriques suivantes :

- une page d'accueil
- un lien descriptif de l'organisation générale du département
- une rubrique des cours en ligne divisée en trois catégories : les cours en live ou en direct, les cours préenregistrés qui peuvent être des séquences vidéos ou des animations et les supports de cours où l'on peut trouver différents documents téléchargeables.
- Et une rubrique « nouvelles » sur laquelle les informations et les programmes seront déposés.

### 5.2.1. Architecture du système de production et de diffusion d'objets multimédia.

Elle possède l'architecture informatique client serveur présentant les caractéristiques suivantes :

- elle intègre une interface utilisateur graphique
- elle fonctionne grâce à certaines applications
- ces applications manipulent des données

Outre le serveur web et le serveur de données habituels, un nouveau serveur entre en jeu : le serveur de streaming. L'organisation est présentée à la figure 5.1.

Lorsque l'utilisateur visite un site web et clique sur l'hyperlien concernant une séquence multimédia, le navigateur adresse une requête au serveur Web relative au « méta fichier » correspondant. Ce fichier contient les adresses et les informations nécessaires à l'établissement de la connexion entre le serveur et le plug-in de lecture. Le serveur Web envoie le fichier au navigateur qui va lancer l'exécution du lecteur. Ce dernier va lire l'URL et enverra une requête au serveur d'objets multimédia. Une interrogation de la base de donnée d'authentification valide ou non cette requête. Lorsqu'elle est accordée, le serveur diffusera l'information vers la machine cliente.

Si les échanges entre navigateur et serveur Web ont lieu classiquement selon le protocole HTTP (HyperText Transfer Protocol), celles réalisées entre le serveur de séquences et le lecteur utilisent le protocole RTSP.

Les sources peuvent être des fichiers préenregistrés ou du « live » provenant des périphériques audio et vidéo.

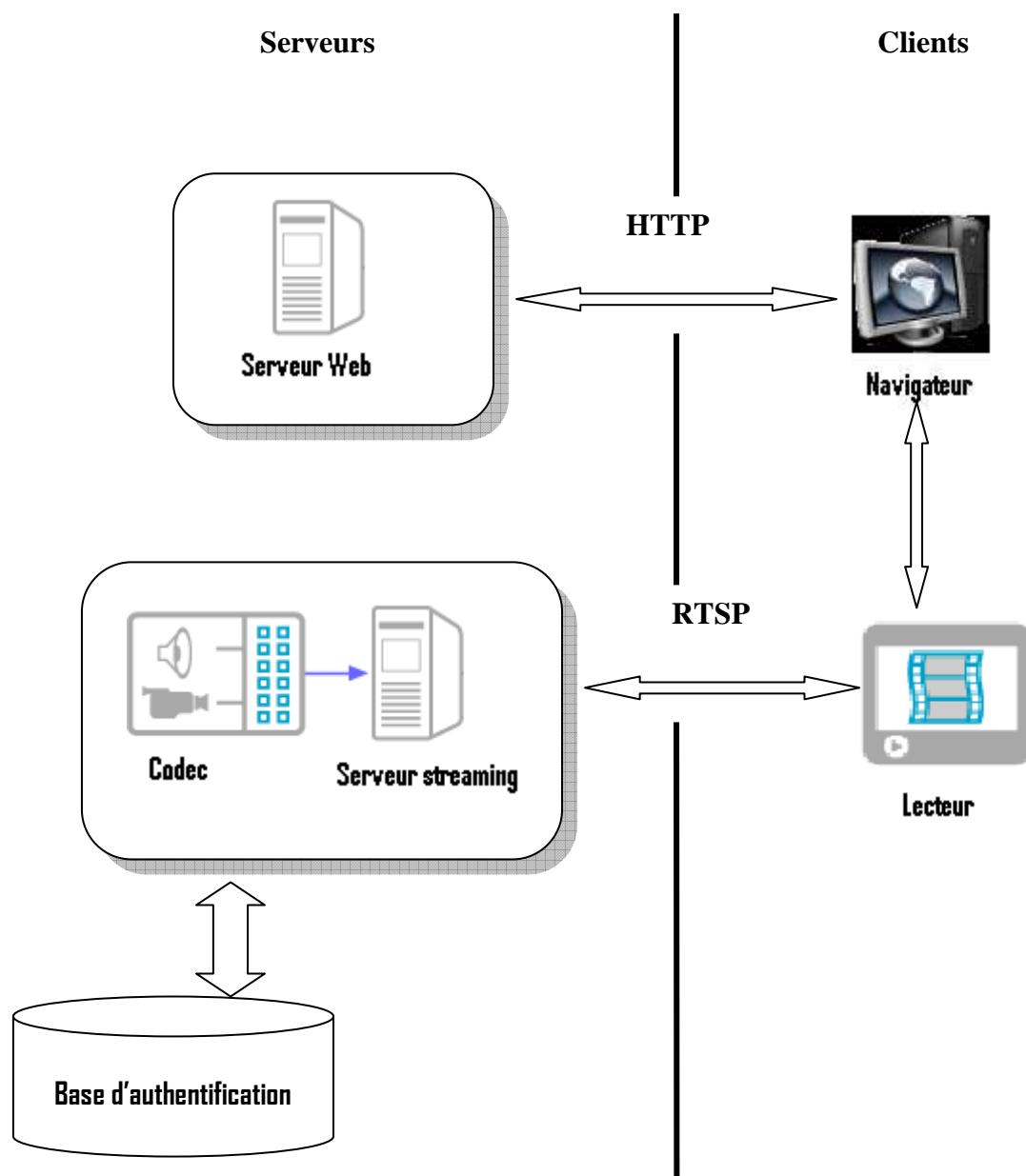


Figure 5.01 : Echange d'informations entre une machine cliente et les serveurs d'objets multimédias

## 5.2.2. Choix des logiciels et description de la station de travail

### 5.2.2.1. *RealProducts*

On va s'intéresser aux produits de RealNetwork qui comporte un lecteur gratuit extrêmement répandu. RealProducts comportent trois ensembles de logiciels :

- RealPlayer 10 permet l'audition et la visualisation des fichiers audio et vidéo
- RealProducer Basic 10 est composé de nombreux outils de production de séquences multimédias
- Helix Server 9, une version plus récente de RealServer qui implémente les fonctions de contrôle d'accès, de paramétrage des flux de diffusion,...

#### *RealPlayer*

RealPlayer est une application qui permet d'écouter et de visionner des fichiers multimédia sur un serveur local ou distant et dans ce dernier cas sans devoir les télécharger sur le disque dur. Elle comporte un module externe qui s'installe en « *plug-in* » dans le navigateur. Il existe plusieurs possibilités de "jouer" une séquence, ce qui donne une très grande souplesse d'utilisation :

- cliquer sur un lien RealAudio ou RealVideo dans une page Web, RealPlayer s'ouvre automatiquement et diffuse le fichier sélectionné après temporisation (mise en mémoire tampon des données) de quelques secondes.
- accéder à un site Web ou ouvrir une page HTML (HyperText Markup Language) qui diffuse automatiquement une séquence
- ouvrir RealPlayer et cliquer sur l'option *Ouvrir un fichier* pour lire un fichier enregistré localement

On peut également démarrer, interrompre et arrêter la diffusion, et avancer ou reculer dans le fichier d'un simple clic de souris. Un bouton *Enregistrement* permet la sauvegarde de la séquence; une icône indique si le diffuseur autorise cette opération. Enfin diverses icônes de la barre d'état fournissent des informations relatives à la diffusion et à la qualité de la transmission.

La taille de la fenêtre est au format QCIF, elle peut être agrandie si le débit de la connexion est suffisant.

### *RealProducer*

Les différents aspects de l'encodage et de la délivrance du flux multimédia sont réalisés par le RealProducer. On y contrôle directement les facteurs de qualité de la vidéo :

- la dimension du vidéo : on peut modifier la largeur et la hauteur de la vidéo. On peut choisir la plus grande taille, mais elle est limitée par les ressources et la capacité du support.

- le codec vidéo qui est donc RealVideo Codec
- l'encodage CBR Constant Bit Rate ou VBR Variable Bit Rate. CBR fournit un débit constant à la diffusion quel que soit la bande passante et par conséquent, convient très bien au streaming. VBR produit un résultat de haute qualité mais uniquement sur une large bande passante ; dans d'autre cas, il est surtout utilisé pour le téléchargement.

### *Helix Server*

Helix est un serveur d'objets multimédias principalement au format Real, que ce soit de l'audio ou de la vidéo. Il est multi plateforme et peut être installé sur une machine Windows ou sur une station Unix. Son administration est réalisée à l'aide de diverses interfaces graphiques : *Administration Page*, chargée dans un navigateur, ou moniteur comme *Java Performance Monitor*.

Son principal attrait vient du fait qu'il possède de nombreux logiciels de compression, de bufferisation et de contrôle des flux de transmission qui permettent une diffusion en temps réel de séquences audio/vidéo. L'utilisateur à la possibilité d'interagir, à tous moments, sur le déroulement de la lecture du fichier.

On peut ainsi :

- configurer le serveur : répertoire racine, adresses des ports utilisés, gestion de la mémoire et des processus.
- gérer la base de données relative à l'authentification des utilisateurs.
- visualiser la charge du serveur sur des graphes.
- connaître les fichiers les plus fréquemment diffusés et le nombre de fois où ils ont été demandés.
- obtenir le nombre de clients connectés simultanément et l'adresse des machines clientes.

Des fichiers de *log* stockent toutes ces données à partir de ces éléments, l'administrateur de la base de données multimédia peut alors ajuster sa politique d'archivage, de diffusion et de création de séquences.

Si d'habitude, le protocole entre le client et le serveur est http, Helix communique avec le lecteur par le protocole RTSP.

#### *5.2.2.2. Le serveur Web Apache*

Un serveur Web est un logiciel permettant de rendre accessible à des ordinateurs connectés au réseau, des pages Web stockées sur le disque.

Une requête arrivant au serveur est traitée de la manière suivante :

- Transformation du chemin en nom de fichier
- Authentification si nécessaire
- Résolution du type MIME (Multipurpose Independent Mail Extension) requis
- Envoi de la réponse au client
- Ecriture dans les fichiers de rapport

Si Apache est aujourd'hui le serveur le plus utilisé au monde, c'est surtout parce qu'il est un logiciel libre (exécution, redistribution, modification). Son point fort réside aussi dans sa faculté d'être utilisé comme simple serveur Web ou comme serveur d'application et interface de base de données avec les logiciels PHP et MySQL. Il tourne aussi bien sous Linux que sous Windows.

Pour pouvoir bénéficier des principes de connectivité d'Apache avec MySQL et PHP, et pour ne pas avoir à installer ces composants un à un, on a choisi d'installer EasyPHP 1.8.

Le serveur Apache utilise le protocole HTTP. C'est un protocole dit « stateless » ou sans état : il permet d'effectuer des liens d'une collection de documents d'un site à une autre mais nécessite une connexion à chaque requête. Apache est capable de se comporter en proxy http donc d'effectuer des requêtes http sortantes. Il peut aussi utiliser des langages de script pour communiquer avec des processus externes.

Apache est organisé sous deux racines :

- DocumentRoot : répertoire sous lequel une partie des documents publiés via http sont disponibles. Certains documents (les scripts CGI par exemple) sont placés à une autre position de la distribution
- ServerRoot : répertoire sous lequel sont placés les fichiers de configuration, les fichiers journaux (fichiers d'erreur par exemple) ainsi que d'autres informations.

#### *5.2.2.3. Station de travail minimale requise*

La machine où sera installée RealProducer ainsi que le serveur streaming nécessite une configuration de base résumée par le tableau 5.01. Sa puissance affectera le temps de traitement des données.

CPU	400 MHz
RAM	128 MB
Système d'exploitation	Windows XP Windows 2000 Windows NT4, SP6 Windows ME Windows 98 SE Mandrake 7.2 Redhat 6.0 Slackware 7.0 SUSE 6.2 Debian 2.2r3
Disque dur (logiciel)	30 MB
Disque dur (données)	500 MB
Qualité couleur	16 bits
Carte son	16 bits ou plus

*Tableau 5.01 : Configuration de base des stations de travail*

## 5.3. Essais et évaluations

### 5.3.1. Configurations matérielles et logicielles

#### 5.3.1.1. Configuration de RealProducer

RealProducer effectue l'encodage du flux de diffusion vers le serveur. Il communique avec ce dernier par le port http 80. A son lancement une fenêtre principale apparaît

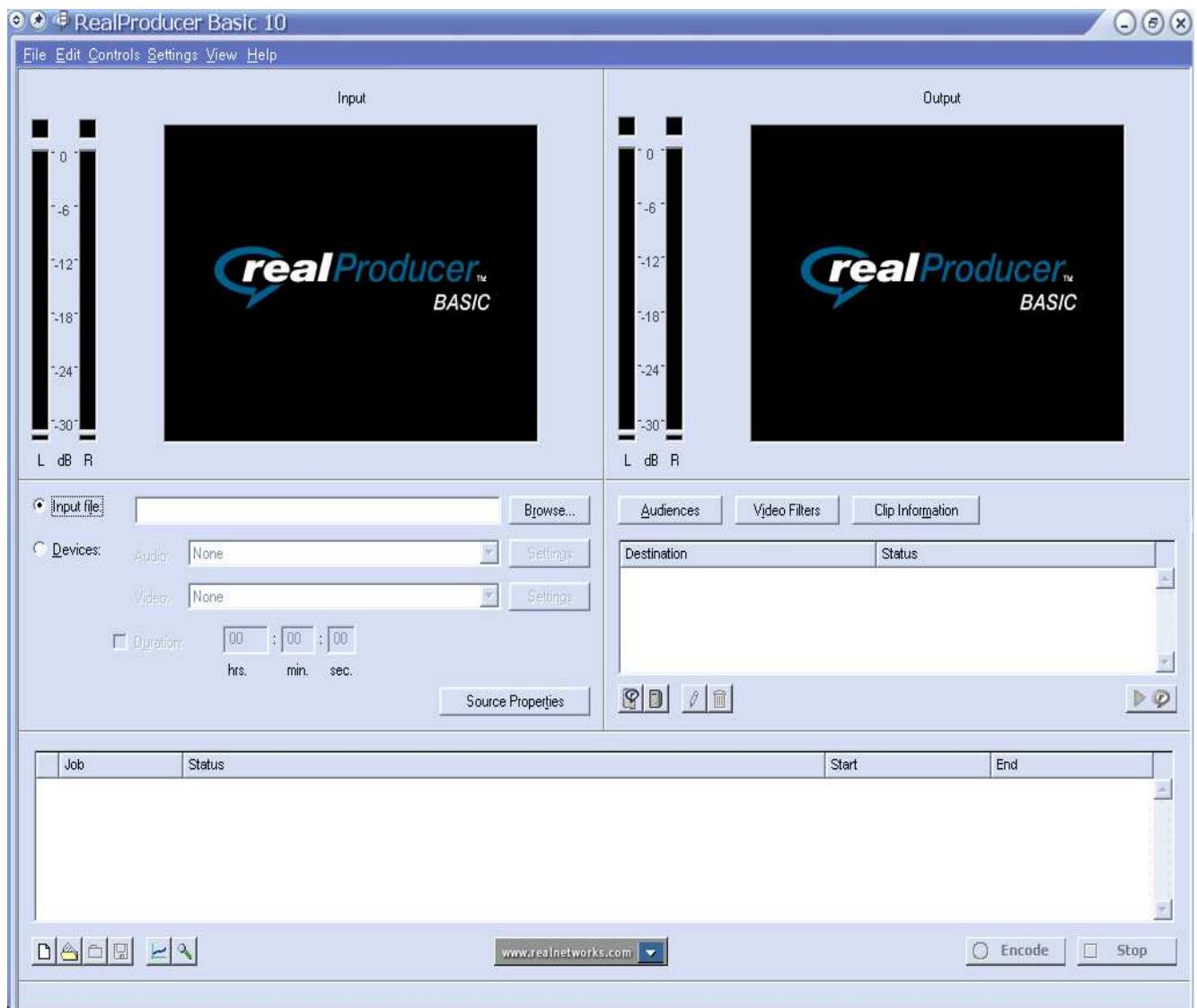


Figure 5.02 : Fenêtre d'accueil de RealProducer Basic 10

Pour diffuser un événement en direct, on lance une nouvelle session de travail. Les étapes suivantes sont indispensables :

1. Choisir *File* dans la barre de menus, puis *New Job*
2. Cocher *Devices*, définir la carte son comme carte d'acquisition audio et le Webcam pour l'acquisition de la vidéo
3. S'il n'est pas nécessaire d'enregistrer l'événement en direct, on peut supprimer le fichier .rm de destination.
4. On insère alors par l'icône serveur, le serveur de destination. Une boîte de dialogue apparaît alors qui va permettre sa configuration

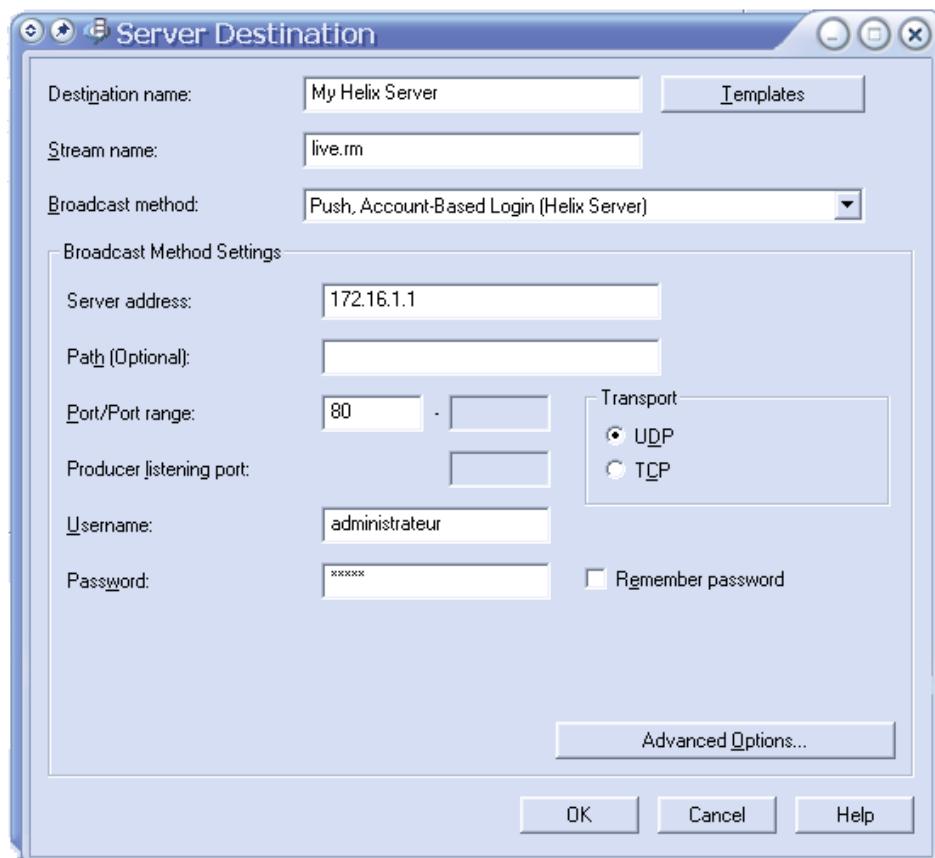


Figure 5.03: identification du serveur de destination

5. Le bouton *Audiences* paramètre le codage et adapte le flux à délivrer entre le serveur et l'encodeur.

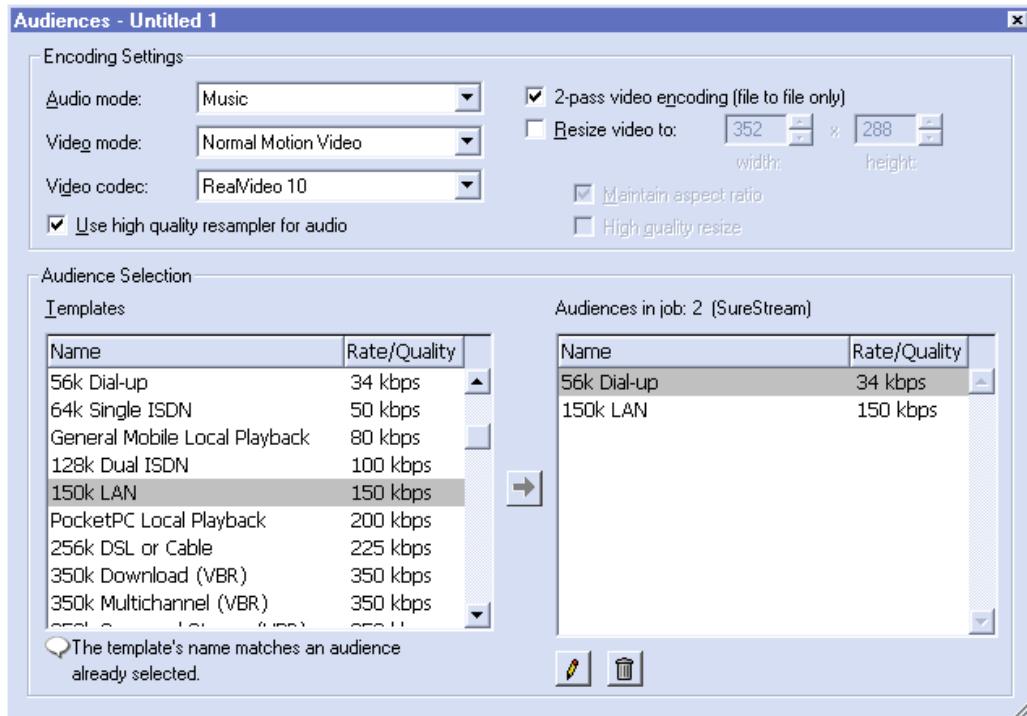


Figure 5.04: Options d'encodage et de débit

- Il n'y a plus alors que de lancer le codage par le bouton Encode.

On peut aussi encoder uniquement et remettre la diffusion à plus tard. Il suffit d'indiquer le chemin où l'on désire stocker le fichier au format Real.

L'option « Push , Accounted-Based login » permet de maintenir un monitoring de la connexion permanente entre l'encodeur et le serveur. Une chaîne de « feedback » retourne le contrôle de l'accomplissement des requêtes comme par exemple la validité ou non de l'authentification, le débit auquel l'encodeur transmet son flux au serveur, ...La communication se sert du protocole UDP ou TCP.

#### 5.3.1.2 Configuration de Helix Server

Helix Server peut être configuré à son installation comme un service de Windows, par conséquent il est automatiquement lancé à chaque démarrage de Windows. Sa configuration peut se faire à travers une interface graphique utilisant le navigateur Web.

On s'y connecte en tant qu'administrateur par un port particulier, nécessitant une authentification. La configuration minimale pour effectuer une diffusion se résume à :

- la gestion des ports qui sont définis à l'installation, mais peuvent quand même être modifiés. Ce changement n'est pourtant pas nécessaire sauf dans le cas où le serveur Web et le serveur d'objet multimédia cohabitent dans une seule machine.

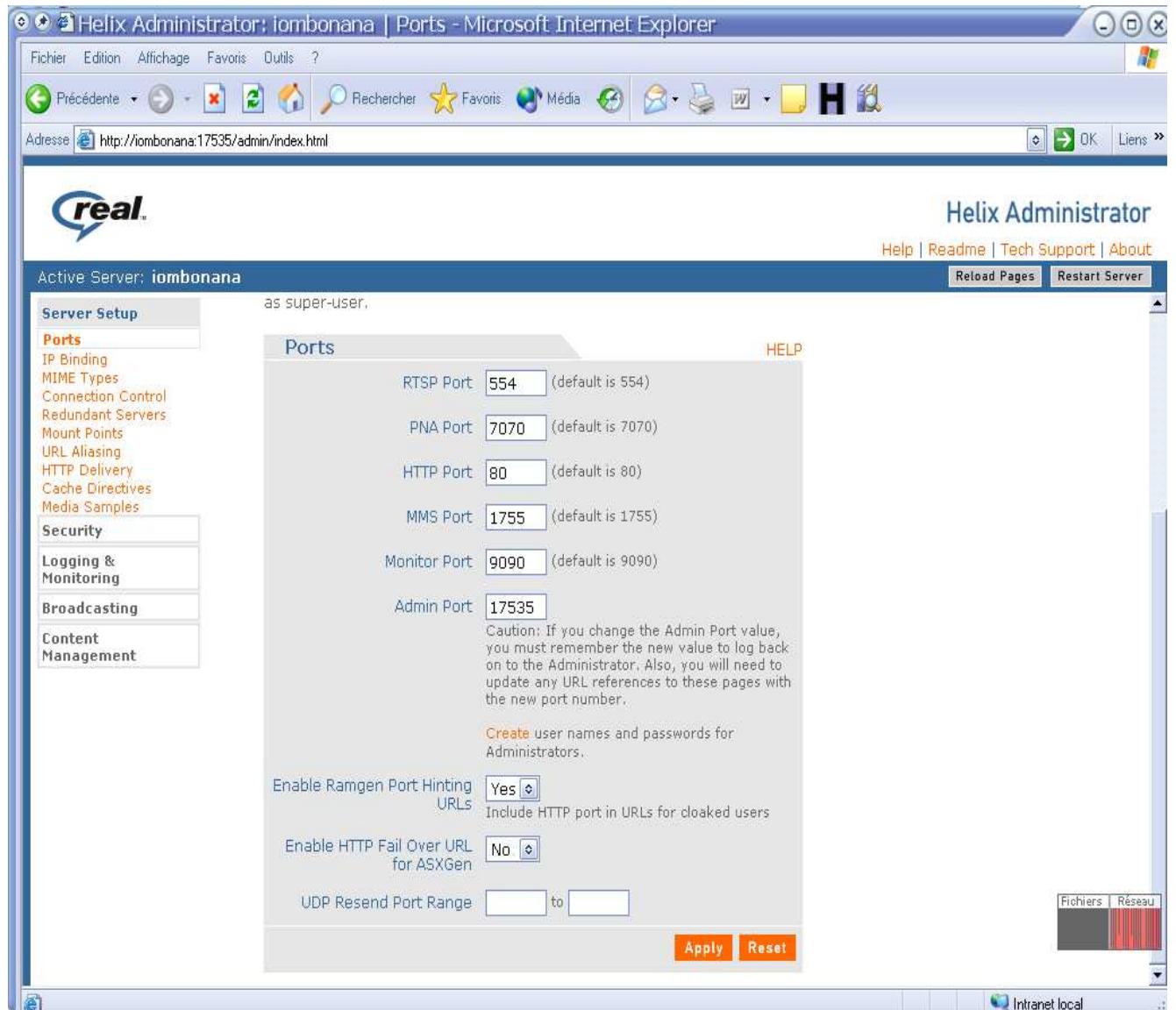


Figure 5.05: Administration des ports

- Le contrôle de connexion qui permet de restreindre le nombre de clients connectés et le débit maximal délivré par le serveur à ses clients.

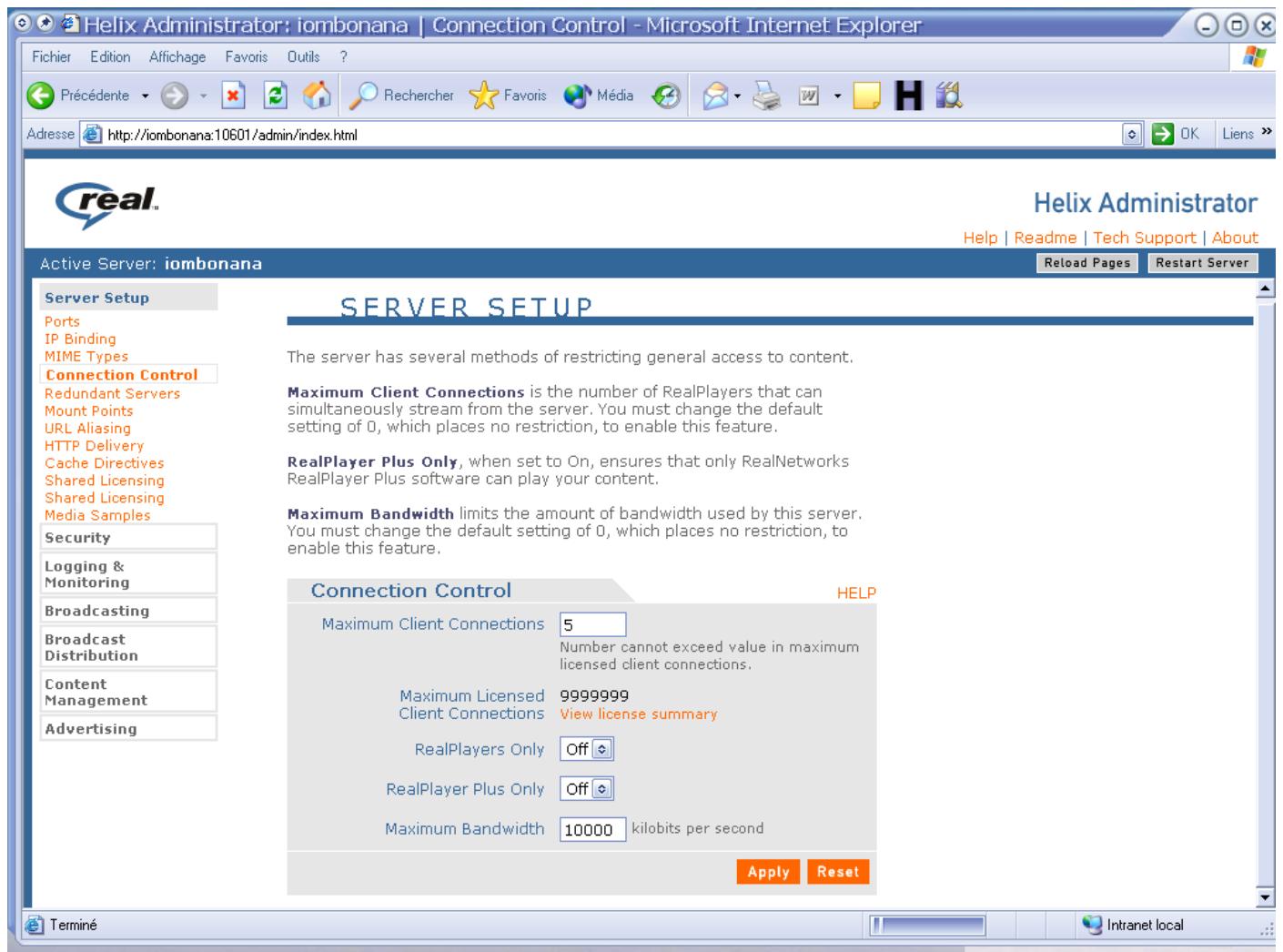


Figure 5.06 : contrôle des connexions

Pour les services à la demande, Helix sert non seulement de serveur de streaming mais également de serveur de stockage des médias. Il s'agit d'une application de vidéothèque. Une base de donnée est stockée dans le répertoire **/content/** de Helix. Les spectateurs consultent les vidéothèques et visualisent les vidéos à leur demande.

### 5.3.1.3. Configuration matérielle

La simulation va s'effectuer entre trois machines suivant l'architecture suivante :

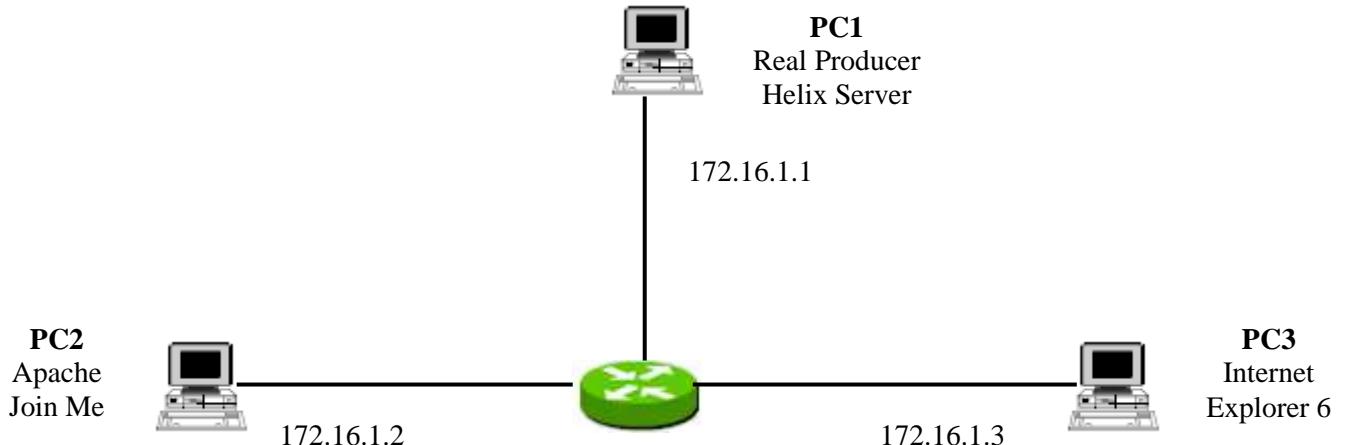


Figure 5.07 : architecture du réseau local

Pour relier les trois machines, on va utiliser un commutateur (switch) 10/100 Mbit/s

	Processeur	RAM	HDD	Carte graphique	Mode d'affichage
<b>PC1</b>	Intel Celeron 2,6 GHz	256 Mo	40 Go	32 Mo	1024 x 768
<b>PC2</b>	VIA Samuel 798 MHz	128 Mo	40 Go	32 Mo	1024 x 768
<b>PC3</b>	VIA Samuel 798 MHz	128 Mo	40 Go	32 Mo	1024 x 768

Tableau 5.02 : Description des matériels utilisés

### 5.3.2. Le déroulement de la diffusion

1. RealProducer établit une connexion avec Helix Server. Utilisant cette connexion, RealProducer envoie le login et le mot de passe qui lui permettra d'accéder au serveur.
2. Helix Server authentifie l'utilisateur demandant l'autorisation de diffuser. Si la demande est accordée, il informe RealProducer que la ligne a été établie et lui indique le port à utiliser.
3. RealProducer commence alors l'encodage des paquets et envoie le flux au serveur qu'il y ait déjà ou non de client envoyant une requête au serveur.

4. Un client accède à la diffusion en cliquant un lien hypertexte contenu dans une page web. Pour visualiser ou écouter, il fait appel à un plug-in : RealPlayer.

Du côté client, en tapant l'URL du site sur la plage d'adresse de son navigateur, il accède à la page d'accueil.

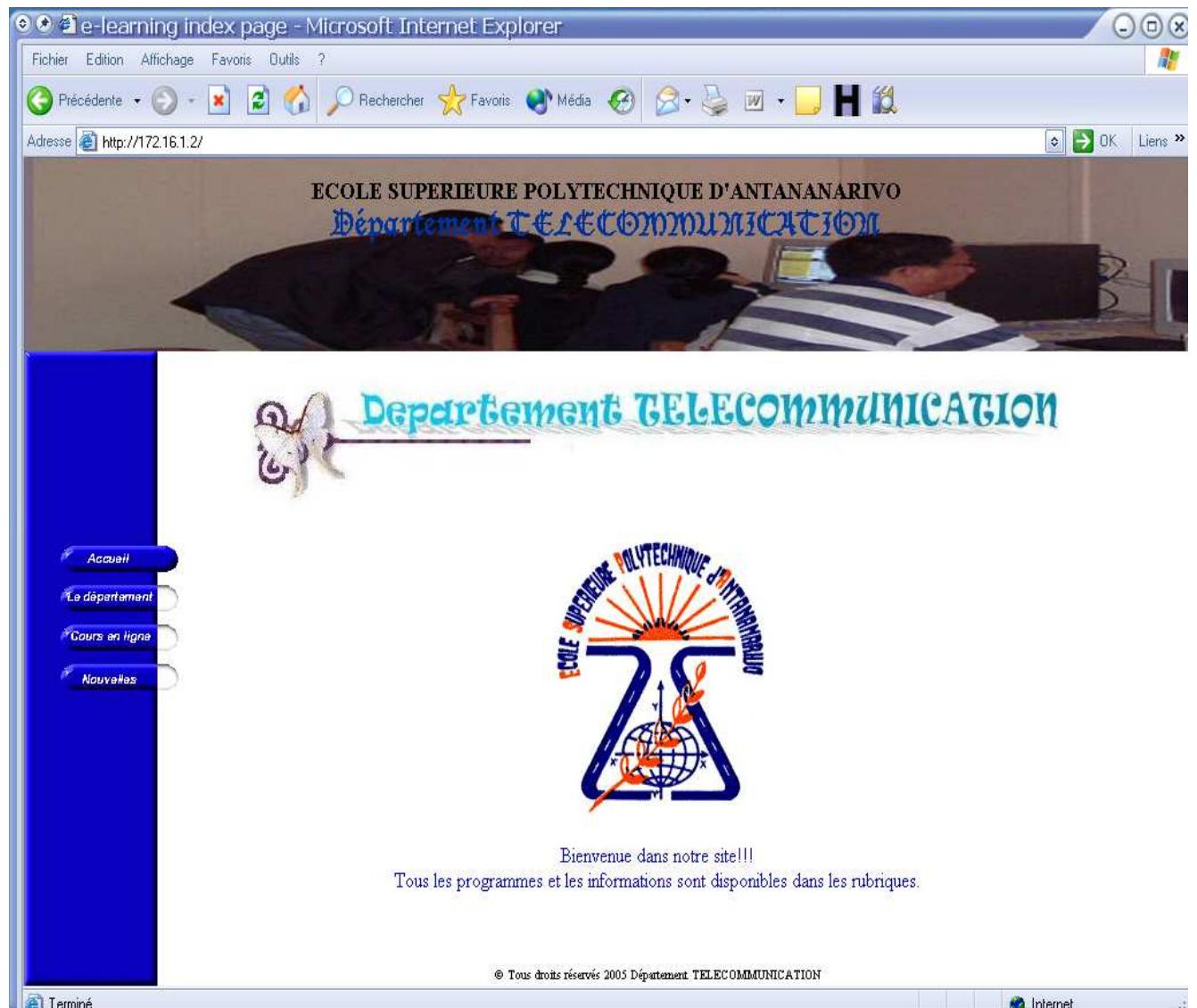


Figure 5.08: Page d'accueil du site

Ensuite dans l'onglet *cours en ligne*, choisir « *cours en live* ». Avant d'entrer directement dans la page où le cours est diffusé ; chaque prestataire doit s'identifier.

Le cours étant une diffusion en direct, la liaison au serveur Helix sera automatiquement établie. Quelques fonctionnalités ont été rajoutées pour pouvoir plus affiner le développement du site.

Les étudiants peuvent poser des questions par l'intervalle d'un espace de discussion. La possession d'un webcam et d'un micro casque n'est pas obligatoirement indispensable pour tous les clients. De plus, si cette possibilité est réalisable, il s'agira d'une diffusion unicast. Seule la Webconférence est source de broadcast, il n'y pas d'interaction entre les récepteurs.

Par contre sur cet espace de discussion, chaque client est source de diffusion multicast. La connexion et la déconnexion des visiteurs sont visualisables par tous les autres membres du groupe. Il s'agit alors d'une diffusion de plusieurs vers plusieurs. Ce système est très utilisé pour des programmes interactifs. Pour le réaliser on a utilisé un serveur de chat **JoinMe version 1.41**

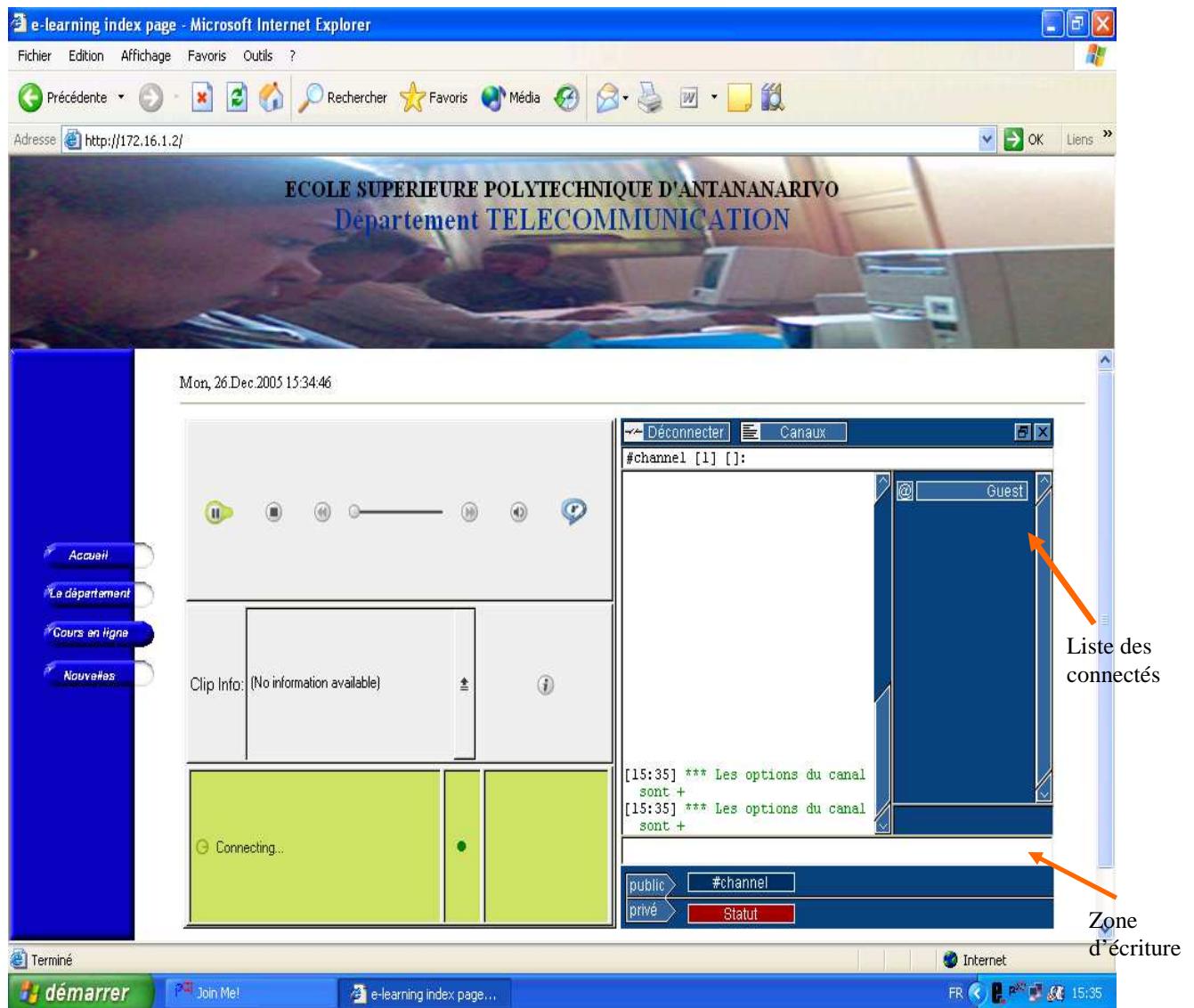


Figure 5.09 : Connexion au serveur de cours et espace de discussion

### 5.3.2.1 Configuration du serveur de Chat

JoinMe est un IRC Internet Relay Chat. C'est un logiciel libre possédant la licence GNU General Public License. Sa gestion est assez aisée d'autant plus que le programme n'est pas à installer, il suffit de le lancer. Au démarrage, la fenêtre suivant apparaît :



Figure 5.10 : fenêtre principale de Join Me !

Avant de le démarrer, quelques paramètres doivent être pris en compte dans la configuration : dans le menu Server, cliquer sur « *settings* » :

- le port d'écoute : 6667
- la restriction sur les usagers : le nombre maximal de clients hébergés, le nombre maximal de canaux de discussion et le nombre maximal de clients connectés à un hôte
- MOTD Message Of The Day est le message du jour

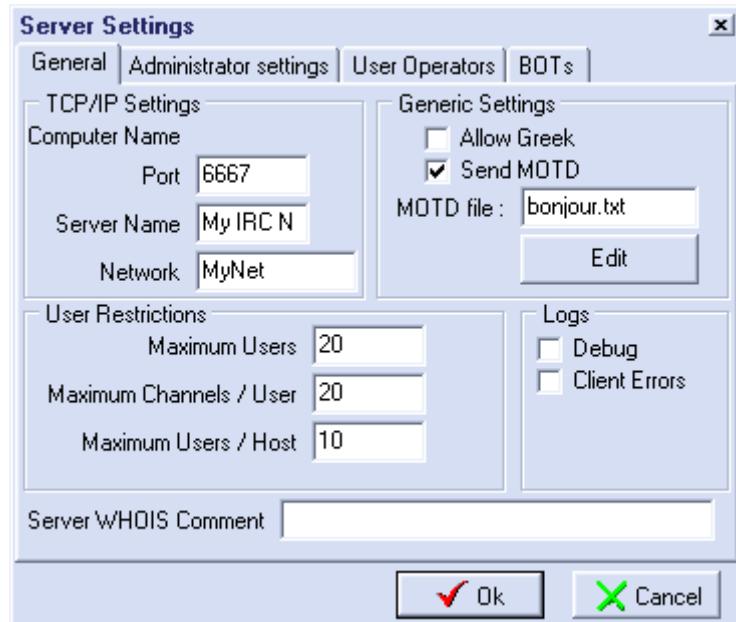


Figure 5.11 : administration générale de l'IRC

Dès qu'un client se connecte, il accède au salon principal. Le serveur affiche le nombre de clients présents dans le site et les nombres de canaux actifs.



Figure 5.12 : état du serveur

Certaines extensions doivent être rajoutées pour assurer le bon fonctionnement de toutes les applications du site :

- machine virtuelle Java
- et shockwave player

#### 5.3.2.2. *Restriction des usagers par authentification*

Pour restreindre les usagers ayant accès à la page, on va se servir d'une base de données MySQL gérée par l'administrateur du site. Cette table va définir les priviléges du site : seuls les visiteurs authentifiés peuvent accéder à l'application.

Par exemple, on va créer une base ETUDIANTS comprenant la table TCO5. Chaque étudiant de la table TCO5 possède son identifiant et un code d'accès. Seuls les étudiants inscrits dans cette table aura l'autorisation de visualiser la page.

#### 5.3.2.3. *Programme de développement du site*

```
<!DOCTYPE HTML PUBLIC "-//W3C//DTD HTML 3.2//EN">
<html>
<HEAD>
<TITLE>Connexion à Helix et IRCApplet</TITLE>
<META NAME="Author" CONTENT="Hariniombonana ANDRIAMAMPIONONA">
```

```

<META    NAME="Description"    CONTENT="Ce     site     est     destiné     à
l'application de l'e-learning">
<META    NAME="Keywords"    CONTENT="télécommunication,     e-learning,
polytechnique">

<?
$hostname_bd1 = "172.16.1.2";
$database_bd1 = "Etudiants";
$username_bd1 = "iombonana";
$password_bd1 = "matrice";

$bd1 = mysql_pconnect($hostname_bd1, $username_bd1, $password_bd1)
or die(mysql_error());
mysql_select_db($database_bd1,$bd1);

$result = mysql_query ("SELECT Identifiant FROM tco5 WHERE Code=
$_POST[passer]", $bd1);
$myrow = mysql_fetch_row($result);

if ("$myrow[0]" != "$_POST[chatnick]" )

    echo "<meta http-equiv='refresh' content='0;url=page3.php'>";
?>
</HEAD>
<body>
<FONT size=2>
<? echo (date("D, j.M.Y H:i:s"));?
</FONT>
<hr>
<table>
<tr>
<td>
<embed src="rtsp://172.16.1.1:554/broadcast/live.rm"
        autostart="true"
        width=400 height=390>

```

```

</embed>
</td>
<td>
<applet code=IRCApplet.class archive="irc.jar" width=400
height=390>
<param name="CABINETS" value="irc.cab,securedirc.cab">
<param name="command1" value="/join #channel">
<param name="nick" value=<?php echo $_POST['chatnick']; ?>>
<param name="name" value="Java User">
<param name="host" value="172.16.1.2">
<param name="port" value="6667">
<param name="language" value="french">
<param name="showabout" value="false">
<param name="showhelp" value="false">
<param name="timestamp" value="true">
<param name="smileys" value="true">
<param name="highlight" value="true">
<param name="highlightnick" value="true">
<param name="asl" value="true">
<param name="bitmapsmileys" value="true">
<param name="floatingasl" value="true">
</applet>
</td></tr>
<tr>
<td colspan="2">
<CENTER>
<FONT size=1>
&copy; Tous droits r  ;serv  ;s
2005 Département TELECOMMUNICATION
</FONT>
</CENTER>
</td></tr>
</table>
<hr></body>
</html>

```

### 5.3.3. Evaluations et perspectives

Helix offre un moniteur qui permet de visualiser le trafic des flux délivrés : le nombre de clients connectés, la bande passante utilisée, l'adresse IP des clients et de l'encodeur, ...

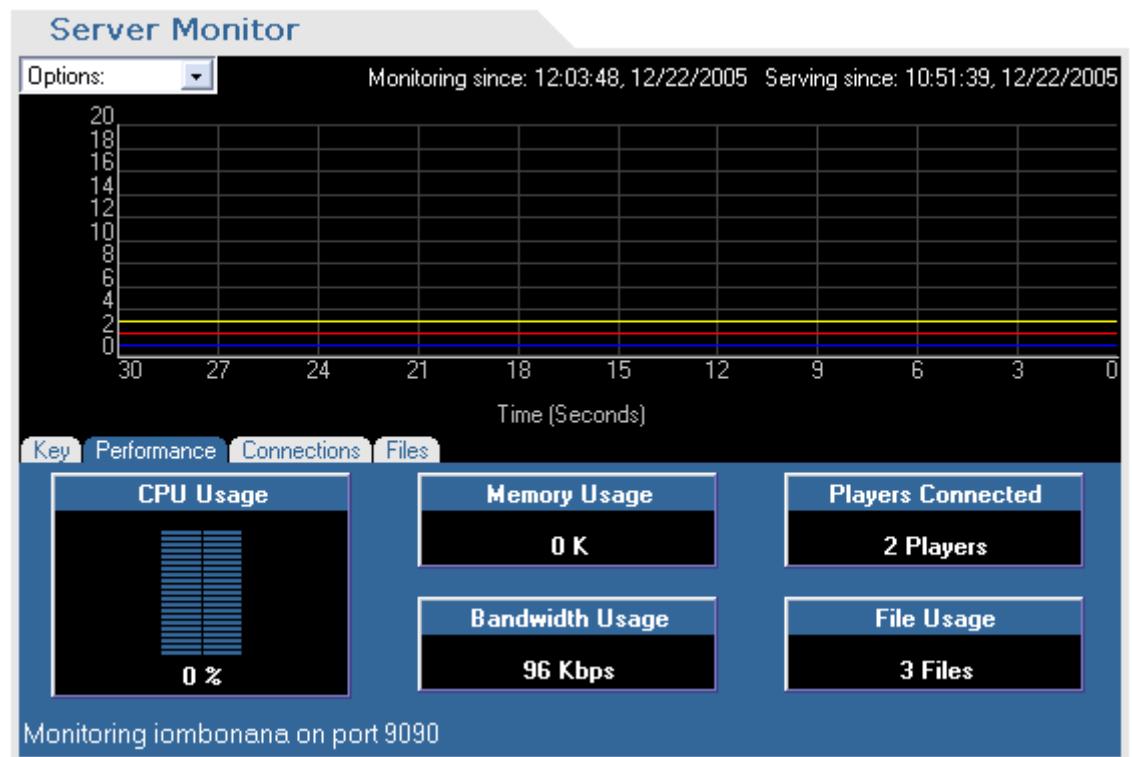


Figure 5.13: moniteur des charges du serveur

La compensation des délais du réseau est effectuée à la réception par le lecteur RealPlayer qui va aussi effectuer la décompression du signal reçu. Elle se caractérise par un délai d'attente avant la lecture et la mise en mémoire tampon :

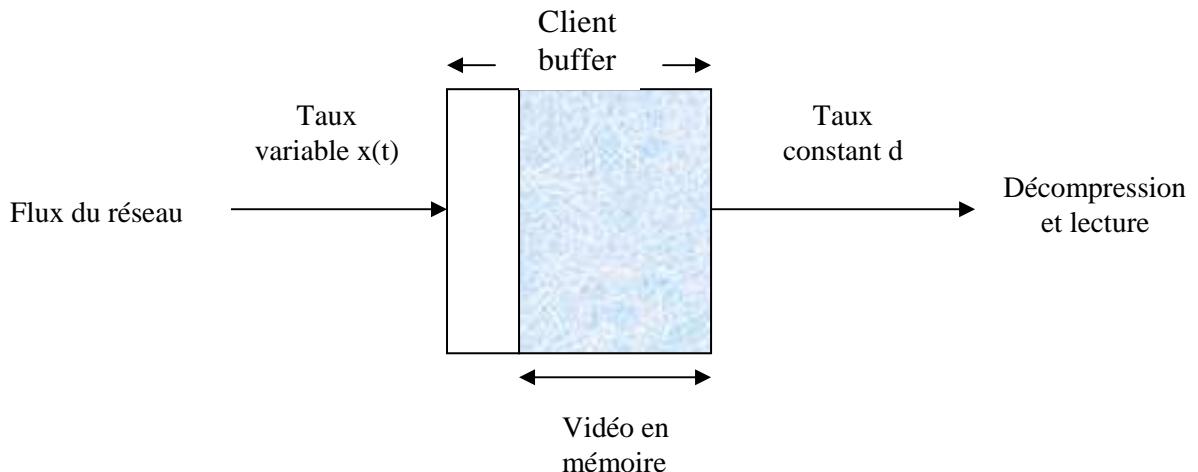


Figure 5.14 : Chaîne de lecture d'une diffusion

Une fois connecté, un temps de garde marqué par le chargement du fichier dans le buffer du lecteur est maintenu. Cela va permettre au client de voir un flux vidéo continu avec le minimum de saccades.

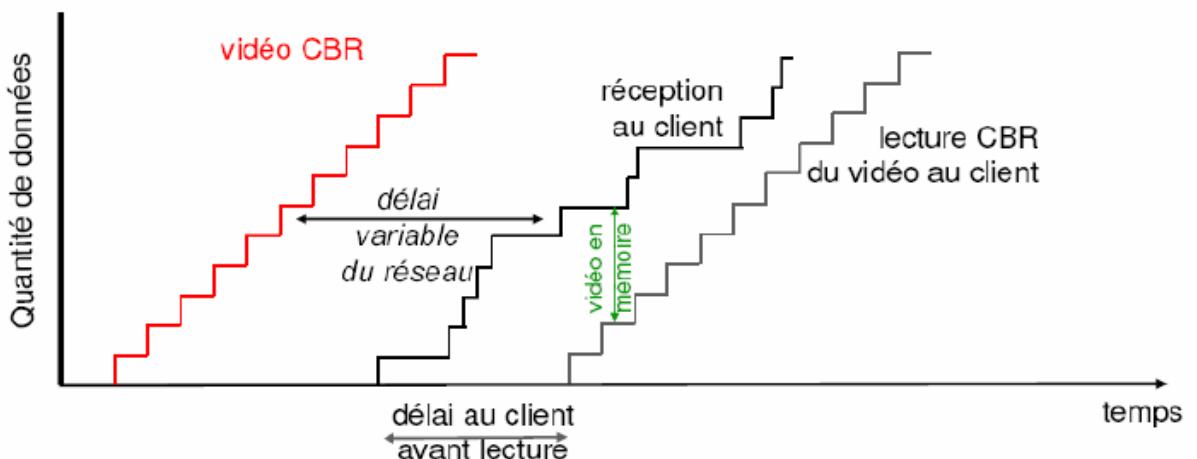


Figure 5.15 : graphe des délais de transmission

Et comme le format Real effectue la compression des images et du son en même temps, la reconstitution se passe de la même façon. Cela évite la désynchronisation Intra-flux.

Remarquons que Helix Server donne uniquement la limite maximale du débit offert, chaque client configure le débit avec lequel il veut recevoir le flux par

l’intermédiaire de son lecteur. Ce choix va dépendre, bien sûr du mode d’accès du client : Modem, LAN, DSL ou câble.

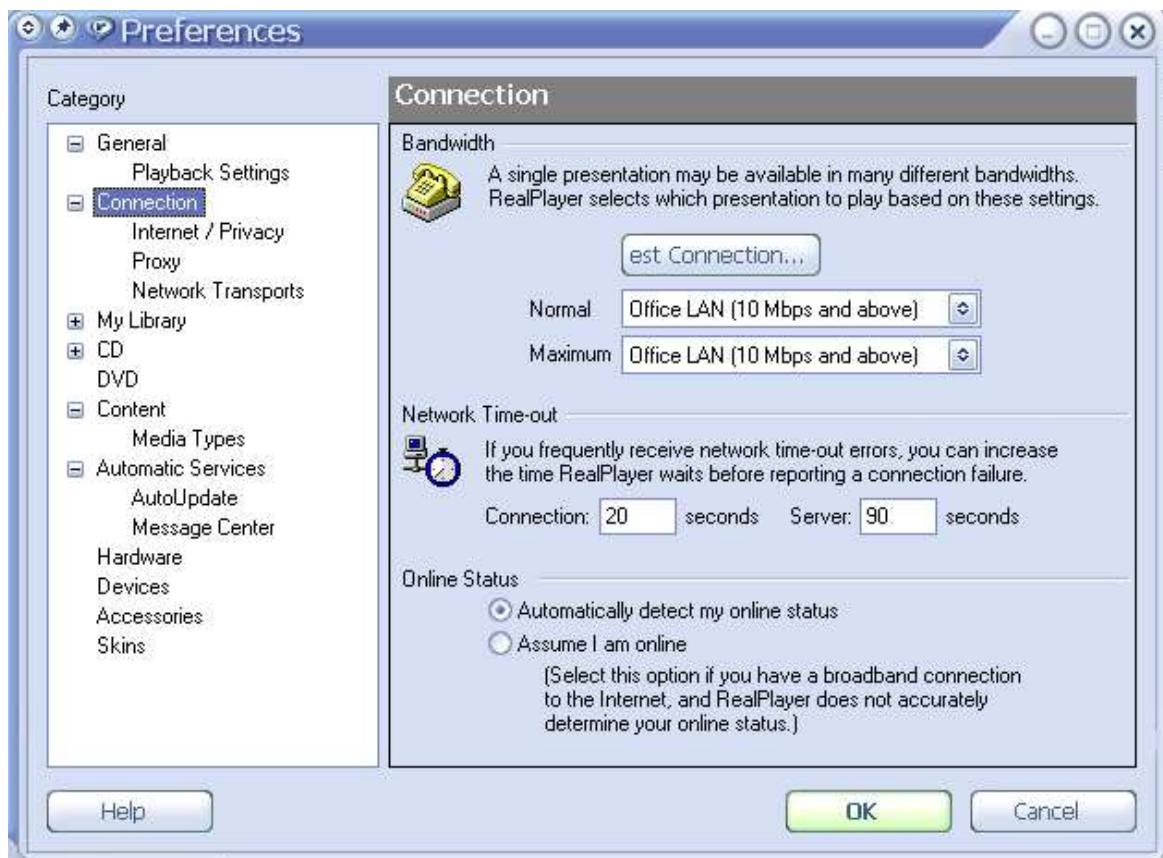


Figure 5.16: Option de connexion du client

Sur un LAN, la bande passante utilisée par une connexion pour une diffusion vidéo est de 225 kbit/s, tandis que pour un modem de 56kbit/s on utilise 34 kbit/s.

La bufferisation des données (délai au client avant lecture) est effectuée automatiquement par le lecteur et est configurable. Sa valeur doit pourtant être judicieusement choisie pour recevoir un flux bien adapté : continu sans pour autant causer la perte des données par la surcharge du mémoire tampon.

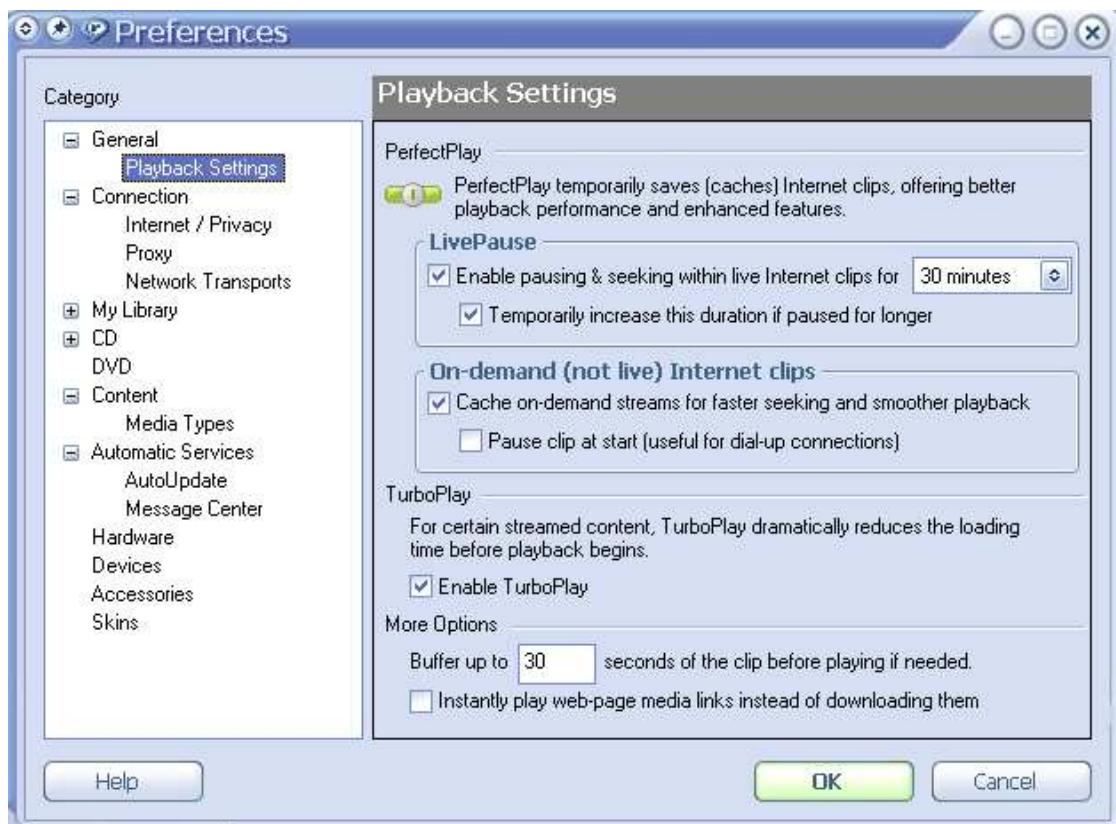


Figure 5.17 : Règlage du temps de bufferisation de RealPlayer

Le son reste toujours très clair en cas d'échéance, c'est l'affichage de l'image qui est le plus affecté par les variations du réseau et par le débit auquel le client accède à la vidéo.

Une séquence vidéo consomme la largeur de bande à un taux déterminé par le compresseur employé. Ainsi, un clip compressé à 20 Kbps consomme en moyenne 20 Kbps de largeur de bande pendant son transport. Le tableau 5.3 présente les débits binaires standards pour des séquences audio créées avec la plateforme Real.

Une partie fixée de la largeur de bande d'une vidéo va d'abord vers le son. La piste vidéo est alors serrée dans la bande restante.

Bandé disponible envisagé	Taux de streaming maximal
14.4 Kbps modem	10 Kbps
28.8 Kbps modem	20 Kbps
56 Kbps modem	34 Kbps
64 Kbps ISDN	45 Kbps
112 Kbps dual ISDN	80 Kbps
Corporate LAN	150 Kbps
256 Kbps DSL/cable modem	225 Kbps
384 Kbps DSL/cable modem	350 Kbps
512 Kbps DSL/cable modem	450 Kbps
786 Kbps DSL/cable modem	700 Kbps

*Tableau 5.03 : Cadences de streaming recommandées par RealNetworks*

Pour les liens haut débit, l'utilisation de la bande passante par la piste audio est proportionnellement plus petite que celle de la piste vidéo, ainsi les différences dans le codage de la bande audio affectent moins la qualité visuelle. Ce n'est que pour les débits au-dessus de 100 Kbps que nous obtenons le son de haute qualité qui n'emploie pas plus qu'un quart de la largeur de bande utilisée par le flux total.

Si la cadence n'est pas respectée, on peut s'attendre à une saturation du réseau qui se manifeste par la latence des autres ressources y transitant. Les présentations streamables ne devraient jamais consommer toute la largeur de bande d'un lien. Elles doivent toujours laisser la largeur de bande pour les messages supplémentaires de réseau : correction d'erreurs, retransmission des données perdues.

## Conclusion

La mise en place d'une plateforme pour la diffusion de contenus multimédia s'inscrit dans le cadre de l'utilisation des réseaux comme support de nouveaux services. Hier encore inimaginable, c'est aujourd'hui possible grâce aux progrès effectués dans le domaine des réseaux à haut débit tant au niveau des infrastructures d'interconnexion qu'au niveau de la boucle locale.

La convergence de l'Internet et de l'audiovisuel a entraîné l'essor des techniques numériques : le rapprochement des secteurs de l'informatique et des télécommunications mais aussi la cohabitation et progressivement la coopération de tous les types d'informations des documents hypermédia riches. Cette cohésion entre différents réseaux permettra de construire un système d'information adaptable aux multiples espace-temps des utilisateurs

L'expérience a été tentée pour pouvoir expérimenter de nouveaux types de services : Webconférence, vidéo à la demande, services interactifs et pour démontrer que la diffusion de vidéo sur IP est techniquement faisable. Mais, elle n'est certainement pas viable économiquement si elle n'apporte pas de services plus évolués qu'un simple téléviseur et magnétoscope. Par conséquent, différentes applications peuvent y être ajoutées pour en faire un contenu riche.

Le développement d'un projet multimédia nécessite la maîtrise d'une grande série de disciplines. Notre expérience s'est basée sur l'utilisation d'IP mais le principe reste le même dans les autres types de réseau comme par exemple la troisième génération des mobiles, ...

## ANNEXE 1 : Les fichiers d'extension

Un navigateur seul n'est pas capable d'explorer toutes les possibilités du Web. L'exécution sur l'ordinateur de fichiers multimédia en provenance de l'Internet fait intervenir trois types de composants :

- ▶ Les types MIME
- ▶ Les plug-ins
- ▶ Les contrôles ActiveX

### Les types MIME

MIME est l'acronyme pour Multipurpose Independent Mail Extension. Il s'agit d'un standard qui a été conçu il y a plusieurs années déjà pour gérer les fichiers attachés au courrier électronique. Par la suite, ce standard a été exploité par les navigateurs pour déterminer l'opération à exécuter lorsqu'ils téléchargent certaines pages sur Internet. Un type MIME est défini par :

- un nom
- une description
- l'extension du fichier qu'il gère
- l'application qui exécute ce type de fichier

On notera que les noms de type MIME sont standardisés. Les principaux noms MIME sont : application, audio, image, text, video.

### Les plug-in

Les plug-in (ou module externes) sont de petits programmes qui s'additionnent comme des extensions au programme original pour en élargir les capacités. De nombreux programmes disposent de plug-in (dont par exemple RealPlayer). Les plug-in sont généralement très utilisés par les navigateurs.

Lorsque le navigateur rencontre un fichier sur Internet, il sait automatiquement qu'il doit utiliser un plug-in soit parce que la page web contient une balise spécifique (<embed>), soit parce que le plug-in a été associé à un type MIME lors de son installation.

Les plug-in ne sont pas de génération spontanée et doivent donc être téléchargés par les internautes puis installés sur la machine cliente.

### Les contrôles ActiveX

Les contrôles ActiveX, comme les plug-in, augmentent les possibilités du navigateur. Au départ, les fichiers ActiveX sont exclusivement conçus pour Internet Explorer mais peuvent également être utilisés pour Netscape à condition d'installer un plug-in spécifique (Script Active).

Lorsque Internet Explorer a besoin d'un ActiveX qui n'est pas encore chargé sur l'ordinateur, il propose de le télécharger. Le plus souvent, on ignore absolument ce qui a été téléchargé et aucune procédure ne permet de désinstaller les fichiers ActiveX. Ce sont les fichiers ayant l'extension « .ocx ».

## ANNEXE 2 : La transformation en Cosinus discrète

C'est une transformation bidirectionnelle permettant de passer du domaine temporel au domaine fréquentiel. Les variations spatiales de l'image sont converties en des coefficients d'amplitude à des valeurs fréquentielles prédéfinies.

La transformée en cosinus discrète d'une fonction  $f(x)$  est définie par :

$$TCD[f(x)] = G(u) = C(u) \sum_{x=0}^{N-1} f(x) \cos \left[ \frac{(2x+1)\pi}{2N} \right]$$

Tel que  $C(0) = \sqrt{\frac{1}{N}}$  pour  $u=0$

$$C(u) = \sqrt{\frac{2}{N}} \quad \text{pour } u \in [1, N-1]$$

A deux dimensions, on a :

$$G(u, v) = \frac{1}{N\sqrt{2}} C(u) C(v) \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) \cos \left[ \frac{(2x+1)\pi}{2N} u \right] \cos \left[ \frac{(2y+1)\pi}{2N} v \right]$$

avec  $C(k) = \frac{1}{\sqrt{2}}$  pour  $k=0$

$$C(k) = 1 \quad \text{pour } k \in [1, N-1]$$

La plupart des coefficients obtenus par la TCD sont de faibles valeurs, la grande partie de l'énergie véhiculée par les données est concentrée sur un faible nombre de coefficients. La TCD permet ainsi de regrouper dans une zone restreinte toutes les valeurs significatives et représentatives de l'image, les restes étant affectées par des valeurs nulles.

## Bibliographie

- [1] G. Weidenfeld, M.Caillet, G.M. Cochard, C. Fluhr, J.L. Guerin, D.Leclet, D. Richard, *Techniques de base pour le multimédia*, Collection Enseignement de l'informatique, MASSON Editeur : 1991.
- [2] H. Randrianarivony, *Technologie de l'information et de la communication*, Cours 4<sup>ème</sup> Année, Département Télécommunication – ESPA, A.U. : 2003-2004.
- [3] O. Bellin, *Le multimédia*.
- [4] G. Mercier, C. Roux, G. Martineau, *Technologies du Multimédia*, ENST Bretagne, 2003.
- [5] [http://perso.ens\\_lyon/pascale.primet/page\\_web\\_UCB.html](http://perso.ens_lyon/pascale.primet/page_web_UCB.html)
- [6] J. Bresson, *Les fichiers audio et le web*, IUFM Reims :2005
- [7] <http://www.europschool.net/>
- [8] M.A. Rakotomalala, *Traitemet numérique des images*, Cours 4<sup>ème</sup> Année, Département Télécommunication – ESPA, A.U. : 2003-2004.
- [9] Virga, J.P. Lovinfosse, *Le Web multimédia*, Marabout : 2001.
- [10] P. Bellaiche, *Les secrets de l'image vidéo*, Eyrolles et Sonovision : 1995
- [11] <http://drogo.cselt.stet.it/mpeg/>
- [12] <http://www.nta.no/brukere/DVC/MPEG4>
- [13] M.A. Rakotomalala, *Techniques de compression de l'information et traitement d'images couleurs*, Cours 5<sup>ème</sup> Année, Département Télécommunication – ESPA, A.U. : 2004-2005.
- [14] <http://www.commentcamarche.net/>
- [15] S. Natkin, *Transformation et codage du son numérique*, 2003.
- [16] S. Natkin, *Enregistrement et transformation du son*, 2001.
- [17] M. A. Rakotomalala, *Réseau de télécommunication*, cours 5<sup>ème</sup> Année, Département Télécommunication – ESPA, A.U. : 2003-2004.
- [18] G. Pujolle, *Les Réseaux*, Eyrolles : 2003.
- [19] L.E. Randriarijaona, *Les réseaux IP, ATM, HD&I*, Cours 5<sup>ème</sup> Année, Département Télécommunication – ESPA, A.U. : 2004-2005.
- [20] J-L Montagnier, *Pratique des réseaux d'entreprise*, Eyrolles : 1999.
- [21] L. Toutain, *Le multimédia et les réseaux*, ENST Rennes, 1999.

- [22] [http://ciscam.univ\\_aix.fr/doctech/reseaux/](http://ciscam.univ_aix.fr/doctech/reseaux/)
- [23] <http://picolibre.enst-bretagne.fr/projects/reactive/>
- [24] <http://www.infonet.fundp.ac.be>
- [25] [http://clm.eu.bayonne.univ\\_pau.fr](http://clm.eu.bayonne.univ_pau.fr)
- [26] <http://ditwww.epfl.ch/SIC/SA/MultiMediaTpsReel/Stream/Stream.html>
- [27] C. Plesca, *Optimisation du streaming vidéo*, ENSEEIHT France, 2003.

## **FICHE DE RENSEIGNEMENTS**

Nom : ANDRIAMAMPIONONA  
Prénom : Hariniombonana  
Adresse de l'auteur : Cité E.C.A.R Ambatomena  
Fianarantsoa 301  
Madagascar  
Tel : +261 33 12 802 32  
e-mail : andriamampionona\_hariniombonana@yahoo.fr

Titre : **Le multimédia et les réseaux**

Rubrique :  
Nombre de pages : 86  
Nombre de tableaux : 07  
Nombre de figures : 31

Mots clés : Multimédia, compression, diffusion,  
Streaming, vidéo, son, webconférence

Directeur de mémoire : Monsieur ANDRIAMASY Zidora

## **Résumé**

Cet ouvrage traite les problèmes de l'utilisation du multimédia dans un réseau à commutation de paquet. Il décrit les traitements effectués et propose différentes solutions, dans le but de respecter les fortes contraintes du multimédia là où les conditions ne sont pas favorables.

Enfin, la création d'un site de E-learning va permettre d'exploiter le multimédia dans l'environnement des nouvelles technologies de formation et d'éducation.

## **Abstract**

This work treats the problems of the use of the multimedia in a commutation packet network. It describes the performed treatments and proposes different solutions, in the goal to respect the strong constraints of the multimedia where the conditions are not favourable.

Finally, the creation of a site of E-learning will permit to exploit the multimedia in the environment of the new technologies of formation and education.