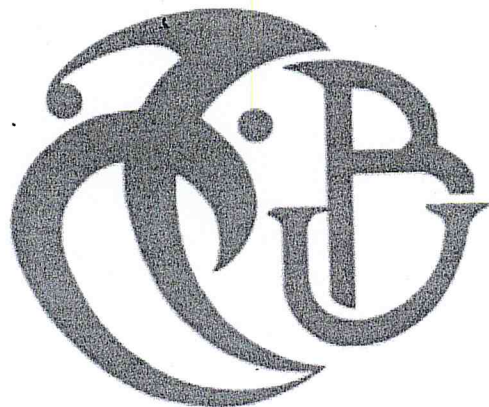


République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Saad Dahlab, Blida  
USDB.

Faculté des Sciences.  
Département Informatique.

**Mémoire pour l'obtention  
Du diplôme de Master en Informatique.  
Option : Ingénierie de Logiciel**

**Présenté par :** M<sup>me</sup> Fatiha LOUIZ  
Ingénieur d'état en Informatique

**Sujet :**

*Mise en œuvre d'une plateforme VOIP*

Soutenu devant le jury composé de :

M. Hadj yahia	Président
M. Bala	Examineur
Mme Ali mazighi	Examinatrice
M <sup>lle</sup> N. Izeboudjen	Promotrice
M <sup>lle</sup> M. Azzouz	Co-promotrice

**Organisme d'accueil : CDTA**

- 2010/2011-

MA-004-65-1

# *Dédicace*

*A mes très chers parents, source d'amour, d'affection et de générosité. Qu'ils trouvent ici ma reconnaissance éternelle.*

*A mon époux Kamel et à mon fils Safouane, qui ont été patient avec moi.*

*A mes sœurs et mes frères.*

*Et à toutes mes amies.*



## *Remerciements*

Je voudrais sincèrement remercier toutes les personnes qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire par leur aide, leurs conseils et leur soutien.

Je remercie Mlle N. Izeboudjen, chargée de recherche et responsable du projet VOIP au CDTA, pour son encadrement, ses conseils toujours pertinents, sa confiance et sa grande capacité d'écoute.

Que Melle M. Azzouz, maître assistant à l'USDB, reçoit ici l'expression de ma gratitude pour son appréciable soutien et aide à la réalisation de ce mémoire.

Je tiens à remercier les membres de jury pour l'honneur qu'ils m'ont fait en acceptant d'examiner mon mémoire.

Enfin, je remercie toutes mes amies Dalila Lazib, Leila Sahli, Samia Ourari, Samia Kaloune, Souhila Kahlouche & Faroudja Abid.

## Résumé

La voix sur IP (VOIP) acquiert de plus en plus d'importance dans le domaine des télécommunications, surtout pour les entreprises, grâce à ses avantages économiques et techniques.

Notre travail consiste à la mise en œuvre d'une plateforme VOIP sous Asterisk. Cette plateforme est basée sur le concept open source. Les open sources sont des logiciels dont le code source est accessible et généralement gratuit. Asterisk est un open source distribué sous la licence GPL, il permet de transformer un simple Pc en un standard téléphonique. IL offre toutes les fonctions d'un autocommutateur PBX et ses services associés comme de la conférence téléphonique, des répondeurs interactifs, de la mise en attente d'appels, des mails vocaux, de la musique d'attente.

La plateforme prend en considération les différents scénarios de la VOIP : PC vers PC, PC vers Téléphone et Téléphone vers téléphone, grâce à l'open source Asterisk sous Linux. Elle comprend deux autres applications importantes qui sont la messagerie vocale et le fax via IP.

La messagerie vocale consiste à laisser un message audio dans la boîte vocale du correspondant absent. Le fax continue d'être un support important pour les communications professionnelles. Les différents tests effectués sur le système VOIP développé ont montré que l'architecture proposée fonctionne correctement sur le réseau IP autant que sur le réseau RTC/IP, ainsi, les différents scénarios ont été réalisés avec succès et la hiérarchie protocolaire est respectée.

## Abstract

Voice over IP (VoIP) acquires more and more importance in the field of telecommunications, especially for firms through its economic and technical advantages. Our job is to implement a VOIP platform as Asterisk. This platform is based on the concept of open source. The open source are softwares, which the source code is available and usually free. Asterisk is an open source distributed under the GPL, which transforms a simple PC into a phone center. It offers all the functions of a PBX switch and its associated services like the call, the interactive responders (IVR), the call waiting, voice mails, music waiting. The platform considers different scenarios of VOIP: PC to PC, PC to Phone and Phone to Phone, with the Asterisk open source Linux. It includes two other important applications that are voice, mail and fax over IP. Voice mail consists to leave an audio message in the mailbox of the absent party (correspondent). The fax continues to be an important vehicle for business communications.

The various tests on the system developed VOIP showed that the proposed architecture works properly on the IP network, as well as on the PSTN / IP (RTC/IP). Thus, the different scenarios were successfully completed and the protocol hierarchy is respected.

## خلاصة

إن الصوت عبر (VoIP) يصبح ذو أهمية بالغة في مجال الاتصالات السلكية واللاسلكية، وخصوصاً بالنسبة للشركات من خلال مزاياها الاقتصادية والتقنية.

مهمتنا هي تنفيذ منصة VOIP وفق نجمة. ويستند هذا البرنامج على مفهوم المصادر المفتوحة. والبرمجيات المفتوحة المصدر، والتي هي رمز ومصدر متاح عادة مجاناً. نظام النجمة هو نظام مفتوح المصدر موزع بموجب ترخيص، الأمر الذي يجعل جهاز كمبيوتر بسيط عبارة عن موزع هاتف. فإنه يوفر كذلك جميع وظائف تبديل PBX وخدماتها المرتبطة بها مثل اقامة مؤتمر هاتفي، والرد الآلي، وانتظار المكالمات والبريد الصوتي، ونجمة الانتظار. تأخذ المنصة بعين الاعتبار مختلف السيناريوهات من VOIP: كمبيوتر إلى كمبيوتر، الكمبيوتر إلى الهاتف، الهاتف إلى الهاتف، وذلك بفضل المصدر المفتوح أستريكس وفق لينكس. انها تضم اثنين من التطبيقات الهامة الأخرى التي هي البريد الصوتي والفاكس عبر الإنترنت.

البريد الصوتي هو ترك رسالة صوتية في صندوق البريد لمراسل غائب. الفاكس لا يزال وسيلة هامة لإتصالات الأعمال. وأظهرت الاختبارات المختلفة على تطوير نظام VOIP أن الهيكل المقترح يعمل بشكل صحيح على شبكة بروتوكول الإنترنت، وكذلك على IP / PSTN وسيناريوهات مختلفة أنجزت بنجاح، مع احترام التسلسل الهرمي للبروتوكول.

## Table des matières

Introduction Générale .....	4
Chapitre 1 : les bases de la VOIP .....	7
I.1. Introduction .....	7
I.2. La théorie de la VOIP .....	7
I.2.1. Définition de la VOIP (Voice Over Internet Protocol) .....	7
I.2.2. Réseau téléphonique classique publique (RTCP) .....	7
I.2.3. Principe de la VOIP .....	10
I.2.4. Les avantages de la voix sur IP .....	12
I.2.5. Les différents scénarios de la VOIP .....	12
I.2.6. Contraintes temporelles de la VOIP .....	14
I.3. Protocoles de signalisation liés à la VOIP .....	15
I.3.1. Définition de la signalisation VOIP .....	16
I.3.2. Protocole H323 : .....	16
I.3.3. Protocole de signalisation SIP .....	20
I.3.4. Comparaison entre H323 et SIP .....	26
I.4. Les protocoles de transport .....	27
I.4.1. Le protocole Real Time Protocol (RTP) .....	27
I.4.2. Real Time Control Protocol (RTCP) .....	29
I.4.3. Le protocole TCP .....	30
I.4.4. Le protocole UDP .....	31
I.4.5. Le protocole IP .....	32
I.5. Conclusion .....	33
Chapitre 2 : Codage de la parole et qualité de service .....	34
II.1. Introduction .....	34
II.2. Codage de la parole .....	34
II.3. Les techniques de codage de la parole .....	34
II.3.1. Techniques temporelles .....	34



II.3.2.	Techniques paramétriques .....	35
II.3.3.	Codage hybride (hybrid coding).....	35
II.4.	Les normes : G711 et G726.....	36
II.4.1.	Le G711 : PCM.....	36
II.4.2.	G726 : ADPCM.....	38
II.5.	Qualité des codeurs .....	38
II.6.	La qualité de service de la voix sur IP (QOS).....	39
II.6.1.	Délai de la transmission « Delay ».....	39
II.6.2.	La gigue « Jitter ».....	40
II.6.3.	Le taux de pertes des paquets « Packet loss » .....	41
II.6.4.	Le phénomène d'écho « Echo ».....	42
II.7.	Conclusion .....	42
Chapitre 3 : Etude Conceptuelle du système VOIP .....		44
III.1.	Introduction .....	44
III.2.	Description de l'environnement de travail.....	44
III.2.1.	Asterisk .....	44
III.2.2.	Architecture proposée du système VOIP .....	47
III.3.	Mise en œuvre du système VOIP .....	48
III.4.	Configuration des fonctionnalités d'Asterisk .....	49
III.4.1.	Configuration d'Asterisk avec le réseau RTC .....	51
III.4.2.	Configuration du fax sous Asterisk.....	54
III.4.3.	Configuration d'Asterisk avec le réseau IP.....	54
III.5.	Analyse du système VOIP .....	57
III.6.	Conclusion.....	57
Chapitre IV : Tests & Résultats.....		59
IV.1.	Introduction .....	59
IV.2.	Test de faisabilité.....	59
IV.2.1.	Tests sur le réseau hétérogène « IP + RTC » .....	59
IV.2.2.	Tests sur le réseau IP .....	62
IV.3.	Analyse avec WireShark .....	63
IV.4.	Tests subjectifs (Qualité de service liée aux codeurs) .....	65



IV.5. Conclusion.....	65
Conclusion Générale.....	67
Références Bibliographiques.....	69
Annexe.....	72

## Liste des figures

Figure I.1 : Le réseau RTC public .....	8
Figure I.2 : Schéma global du RTC .....	9
Figure I.3 : Principe de la VOIP.....	10
Figure I.4 : Mise en paquets de l'information .....	11
Figure I.5 : Téléphonie sur IP de type PC to PC.....	13
Figure I.6 : Téléphonie sur IP de type PC to Phone.....	14
Figure I.7 : Téléphonie sur IP de type Phone to Phone.....	14
Figure I.8 : Les entités d'une architecture H.323.....	18
Figure I.9 : Les couches protocolaires de H323.....	19
Figure I.10 : Ouverture d'un canal de signalisation H323.....	20
Figure I.11 : Fermeture d'un canal de signalisation H323.....	20
Figure I.12 : les entités d'une architecture SIP.....	21
Figure I.13 : Dialogue UAC-UAS.....	22
Figure I.14 : Format générique d'un message SIP.....	24
Figure I.15 : Illustration d'une session SIP.....	26
Figure I.16 : Format de l'en-tête RTP.....	28
Figure I.17: Structure d'un paquet UDP.....	32
Figure II.1 : Chaîne de PCM.....	37
Figure II. 2 : Codage des échantillons.....	39
Figure II.3: Délai de transmission .....	41
Figure II.4 : La gigue.....	42
Figure II.5 : Les principales difficultés de la transmission téléphonique sur IP.....	43
Figure III.1: Asterisk IP PABX.....	46
Figure III.2 : Architecture d'asterisk.....	47
Figure III.3 : Schéma général du système VOIP.....	48
Figure III.4: Connexion d'Asterisk avec le réseau RTC.....	52
Figure III.5: Carte TDM11B.....	53
Figure III.6: le passage IP/RTC grâce à la carte TDM.....	53
Figure III.7: Slot PCI Convenable.....	54
Figure III.8 : connexion d'Asterisk avec le réseau IP.....	54

Figure III.9 : Configuration d'un client SIP sur X-lite.....	56
Figure IV.1 : Etablissement d'appel PC2Phone (fixe).....	61
Figure IV.2 : Etablissement d'appel PC2Phone (portable).....	61
Figure IV.3 : Etablissement d'appel (Phone2Phone).....	62
Figure IV.4: Emission d'un fax à travers IP.....	62
Figure IV.5: Confirmation de réception du fax.....	63
Figure IV.6 : Etablissement d'appel Pc2Pc.....	63
Figure IV.7 : La messagerie vocale.....	64
Figure IV.8 : Echange de requêtes/réponses entre les clients SIP.....	65
Figure IV.9 : la hiérarchie protocolaire.....	66

## Liste des tables

Tableau I.1 : Les différents types de requêtes SIP.....	25
Tableau I.2 : Les classes de réponses SIP.....	25
Tableau II.1 : caractéristiques de différents codeurs .....	37
Tableau II.2 : Classes de qualité UIT-T pour les retards de transmission.....	41



## Liste des acronymes et abréviations

<b>ADPCM</b>	Adaptive Pulse Code Modulation
<b>AVT-WG</b>	Audio Video Transport-Work Group
<b>CELP</b>	Code excited linear prediction
<b>FXO</b>	Foreign eXchange Office
<b>FXS</b>	Foreign eXchange Station
<b>GSM</b>	Global system for Mobile communication
<b>HTTP</b>	Hyper Text Transport Protocol
<b>IAX</b>	Inter-Asterisk eXchange
<b>IETF</b>	Internet Engineering Task Force
<b>IP</b>	Internet Protocol
<b>IPBX</b>	Internet Private
<b>IPv4</b>	Internet Protocol version 4
<b>ISDN</b>	Integrated Service Digital Network
<b>ITU</b>	International Telecommunication Union
<b>ITU-T</b>	International Telecommunication Union-
<b>LAN</b>	Local Area Network
<b>LD-CELP</b>	Low Delay-code Exited Linear Prediction
<b>MCU</b>	Multipoint Control Unit
<b>MGCP</b>	Media Gateway Control Protocol
<b>PABX</b>	Private Automatic Branch eXchange
<b>PABX-IP</b>	Private Automatic Branch eXchange-Internet Protocol
<b>PCM</b>	Pulse Code Modulation
<b>PSTN</b>	Public Switched Telephone Network

## Liste des acronymes et abréviations

---

<b>QOS</b>	Quality Of Service
<b>RAS</b>	Registration, Admission, Status
<b>RNIS</b>	Réseau Numérique à Intégration de Services
<b>RTC</b>	Réseau Téléphonique Classique
<b>RTCP</b>	Real Time Control Protocol
<b>RTP</b>	Real Time Protocol
<b>SIP</b>	Session Internet Protocol
<b>SNR</b>	Signal to Noise Ratio
<b>SS7</b>	Common Channel Signaling System
<b>TCP</b>	Transmission Control Protocol
<b>TCP/IP</b>	Transmission Control Protocol/Internet Protocol
<b>UA</b>	User Agent
<b>UAC</b>	User Agent Client
<b>UAS</b>	User Agent Server
<b>UDP</b>	User Datagram Protocol
<b>URL</b>	Uniform Resource Locator
<b>VOIP</b>	Voice Over Internet Protocol
<b>WAN</b>	Wide Area Network

*Introduction*  
*Générale*

## **Introduction Générale**

La VOIP (en anglais : Voice Over Internet Protocol) est une véritable révolution technologique. Elle constitue une avancée significative dans la convergence entre les réseaux RTC (Réseau téléphonique classique) et les réseaux de données (tel que Internet). Elle rapproche deux mondes, deux infrastructures, gérés jusqu'à maintenant de manière distincte au sein des entreprises.

Par rapport à la téléphonie classique, la VOIP offre non seulement des perspectives intéressantes de simplification d'architecture et d'administration des équipements, mais aussi de nouveaux services enrichis, intégrant nativement les applications informatiques d'entreprise. Le déploiement de cette technologie permet donc de franchir un premier pas dans la convergence des réseaux voix et données, phénomène inéluctable à long terme.

Grâce à la VOIP, des gains substantiels peuvent être réalisés surtout en termes de coût. En effet, plus les interlocuteurs sont éloignés plus la différence de prix est intéressante. De plus, la VOIP utilise jusqu'à dix fois moins de bande passante que la téléphonie traditionnelle.

L'objectif principal de mon projet de master 2, est « la mise en œuvre d'une plateforme VOIP entreprise ». Ce projet fait partie d'un grand projet de recherche « Conception et implémentation d'un système sur puce pour une application VOIP basé sur les concepts Open source et Open Cores » inscrit dans l'équipe circuit reconfigurables et systèmes sur puce « RC&SOC » de la division Microélectronique et Nanotechnologie du CDTA. L'objectif final est de développer une expertise et une méthodologie de conception de Système sur Puce ou SOC à travers la conception d'une plateforme de développement permettant de regrouper l'essentiel des techniques et d'expertises nécessaires pour entreprendre des projets de développement complexe de futures applications. Le projet est réalisé en coopération avec Algérie Télécom dans le cadre d'un projet national de recherche.



Le travail qui m'a été confié, dans le cadre de master 2, est la réalisation d'une application VOIP entreprise basée sur le concept open source.

La désignation open source s'applique aux logiciels dont la licence respecte des critères précisément établis par l'Open Source Initiative, c'est-à-dire la possibilité de libre redistribution, d'accès au code source et aux travaux dérivés. Aujourd'hui, les open sources ont prouvés qu'ils sont les leaders de leurs champs d'applications.

Asterisk est un open source qui permet d'interconnecter en temps réel des réseaux de voix sur IP via plusieurs protocoles (SIP, H323, MGCP) et des réseaux de téléphonie classique via des cartes d'interface téléphoniques et tout ceci à moindre coût.

Notre contribution dans ce projet, consistera à aboutir au fonctionnement d'un système VOIP, basé sur Asterisk, selon les différents scénarios qui existent à savoir Pc vers Pc, Pc vers Téléphone et Téléphone vers Téléphone. Le système VOIP comprend aussi deux autres applications qui sont : la messagerie vocale et le fax à travers Internet. Ce dernier continue à être un support important pour les communications professionnelles. L'une des principales raisons qui justifie la croissance soutenue du fax est sa simplicité. Les télécopieurs sont faciles à utiliser et permettent de recevoir des documents facilement, rapidement et en toute sécurité. Toutefois, à l'heure où les entreprises migrent leur trafic voix vers un environnement IP, on constate également qu'elles ont naturellement tendance à migrer leur trafic fax vers IP, d'où l'intérêt d'un tel système.

Ce mémoire est composé de quatre chapitres :

**Chapitre I** « les bases de la VOIP » : introduit les notions de base de la VOIP (définition de la VOIP, ses principes et ses avantages). Nous présentons les protocoles de signalisation standardisés liés à la VOIP. Enfin, une étude particulière des protocoles SIP et H323 déployés dans notre système est effectuée.

**Chapitre II** « Codage de la parole et qualité de service » : ce chapitre est réservé aux techniques de codage de la parole (tel que G711 et ADPCM) et à la présentation des protocoles de transport du flux multimédia. Les mécanismes liés à la qualité de service sont abordés.

**Chapitre III** « Etude Conceptuelle du système VOIP » : ce chapitre détaille la conception de chaque élément de l'architecture développée. En particulier, l'utilisation de la plateforme Asterisk, et ses services implémentés dans l'application conçue.

**Chapitre IV** « Tests & Résultats » : est destiné à la mise en œuvre de chaque partie du système VOIP. Nous présentons, aussi, les tests effectués pour montrer le bon fonctionnement du système ainsi que les résultats obtenus.

**Enfin**, nous terminons par une conclusion générale et nous présentons quelques perspectives à ces travaux.

*Chapitre 1 :*

*Les bases de la VOIP*

## **I.1. Introduction**

La VOIP (Voice Over OP) est une technologie qui permet le transport des flux voix et donnés sur le réseau IP à moindre coût, avec une qualité de transmission et une fiabilité comparables à celles du réseau téléphonique classique (RTC).

Dans ce chapitre, nous nous intéressons aux notions de base de la VOIP (son principe, son architecture et ses avantages), en passant en revue le système téléphonique traditionnel (RTC) et les protocoles de signalisation liés à la VOIP.

## **I.2. La théorie de la VOIP**

### **I.2.1. Définition de la VOIP (Voice Over Internet Protocol)**

La voix sur IP est définie comme toute technologie permettant le transport de la voix numérisée sur un réseau de transport basé sur la commutation de paquets IP. Le contrôle d'appel (ou de session) repose sur plusieurs familles de protocoles (H.323, SIP ou MGCP).

La VOIP permet des communications audio temps réel entre deux ou plusieurs points d'un réseau qui peut être hétérogène. Le réseau hétérogène est constitué de réseaux basés sur le principe de la transmission par paquet et supportant le protocole IP et de réseaux basés sur le principe de circuits commutés [1].

La voix sur IP fait appel à deux notions : le réseau IP et la voix véhiculée traditionnellement par le RTC. Ce dernier est fort d'une histoire qui date des débuts de l'ère de télécommunications.

### **I.2.2. Réseau téléphonique classique publique (RTCP)**

Le réseau téléphonique commuté publique (ou PSTN : *Public Switshbed Telephone Network*) assure la mise en relation momentanée, grâce à la commutation de circuit, une à une des installations terminales afin de mettre en relation deux abonnés (Figure I.1). Quand une



liaison est établie, le RTC lui alloue une bande passante de 64 Kbps sur un canal fixe pendant toute la durée de la communication [2].

Ce réseau est actuellement le plus utilisé par les particuliers pour se relier entre eux ou à Internet. Le RTC public est très étendu, il atteint tous les pays de la planète et compte plusieurs centaines de millions d'abonnés. Le RTC est composé de nœuds (commutateurs) s'échangeant des informations au moyen des protocoles de communications basées la plupart du temps sur l'émission de fréquences. Dans un réseau téléphonique d'entreprise, le PABX (Private Automatic Branch eXchange) interconnecte les postes téléphoniques de l'entreprise entre eux ou avec ceux du réseau RTCP.

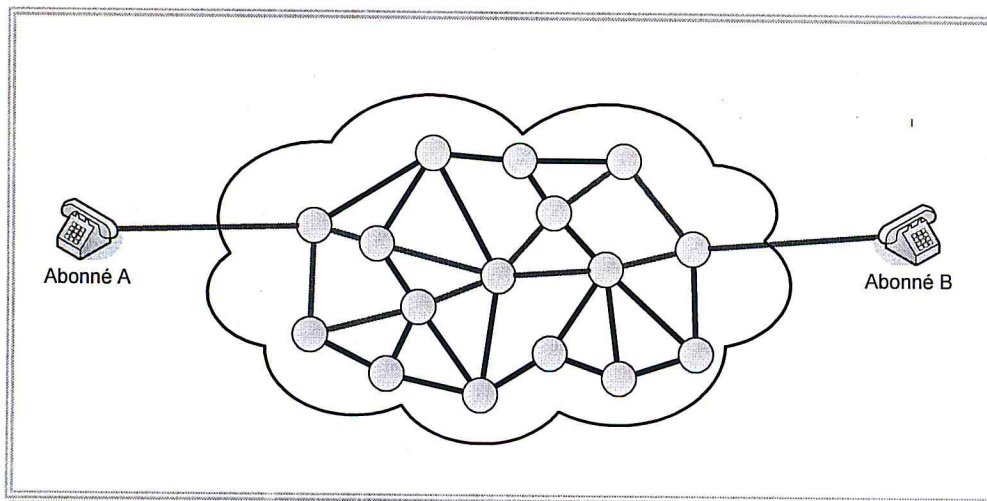


Figure I.1 : Le réseau RTC public

### I.2.2.1 Principe du réseau RTC

Le réseau classique est organisé en trois sous parties [3][4] :

- **La distribution** : celle-ci comprend essentiellement la liaison d'abonné qui relie l'installation de l'abonné au commutateur le plus proche (le commutateur de rattachement) avec une paire de fils de cuivre.
- **La commutation** : c'est la fonction primordiale du réseau, elle consiste à mettre en relation deux abonnés, maintenir la liaison pendant tout l'échange et libérer les

ressources à la fin de celui-ci. C'est le réseau qui détermine les paramètres de taxation et impute le coût de la communication à l'appelant.

- **La transmission** : représente l'ensemble des techniques mises en œuvre pour relier les commutateurs entre eux. L'ensemble des commutateurs et des supports de transmission entre commutateurs est appelé réseau de transmission ou réseau de transport. Cette fonction est remplie soit par un système filaire cuivre (en voie de disparition), de la fibre optique ou des faisceaux hertziens. Aujourd'hui, le réseau est pratiquement intégralement numérisé, seule la liaison d'abonné reste analogique.

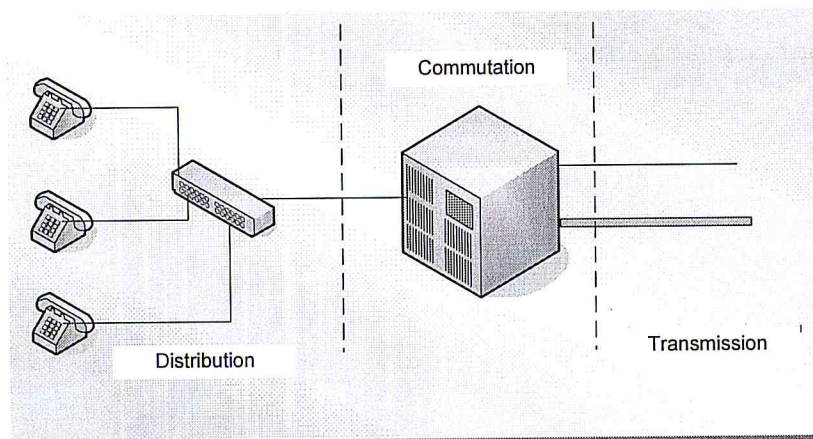


Figure I. 2 : Schéma global du RTC

### I.2.2.2 Signalisation RTC (SS7)

SS7 ou « Common Channel Signaling System » est un standard global de télécommunication défini par l'UITU (International Telecommunication Union). Ce standard définit les procédures et les protocoles par lesquels les éléments du réseau à commutations de circuits, s'échangent des informations de contrôle et de routage sur un réseau digital de signalisation [1].

SS7 est utilisé pour :

- \* L'établissement et la gestion des appels.
- \* La portabilité des numéros.
- \* Les services de transfert.



### I.2.3. Principe de la VOIP

Le principe de la voix sur IP consiste à faire transiter tous les échanges téléphoniques sur un réseau IP. Le transfert d'un flux de parole téléphonique passe par plusieurs étapes : Le codec audio de l'émetteur numérise et compresse la voix. Ces données numériques, après la suppression du silence et l'ajout des entêtes, sont acheminées jusqu'au destinataire dans des paquets IP [5]. Ce processus représenté par la figure (I.5) suivante, et est décrit dans ce qui suit :

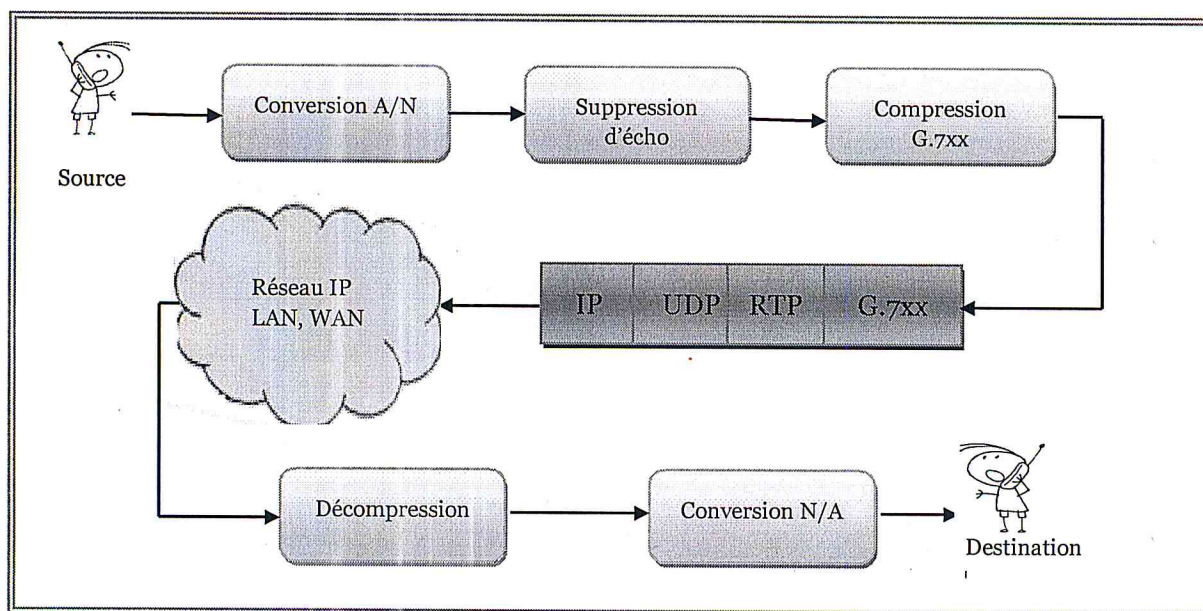


Figure I. 3 : Principe de la VOIP

- **Numérisation de voix** : la voix humaine génère un signal électrique analogique. Ce dernier est converti en une série de bits (trames) par un convertisseur Analogique/Numérique (A/N). Les trames de bits sont ensuite soumises à de multiples processus de compression. Il existe plusieurs techniques pour réaliser la compression, les plus utilisées sont celles standardisées dans l'ITU-T G-series. Les codecs les plus utilisés dans les systèmes VOIP sont : G.711 PCM, G.726 ADPCM, G.728 LD-CELP et G.729.

ensuite grâce aux protocoles TCP ou UDP pour être acheminés vers le réseau du destinataire, via IP (figure I.4).

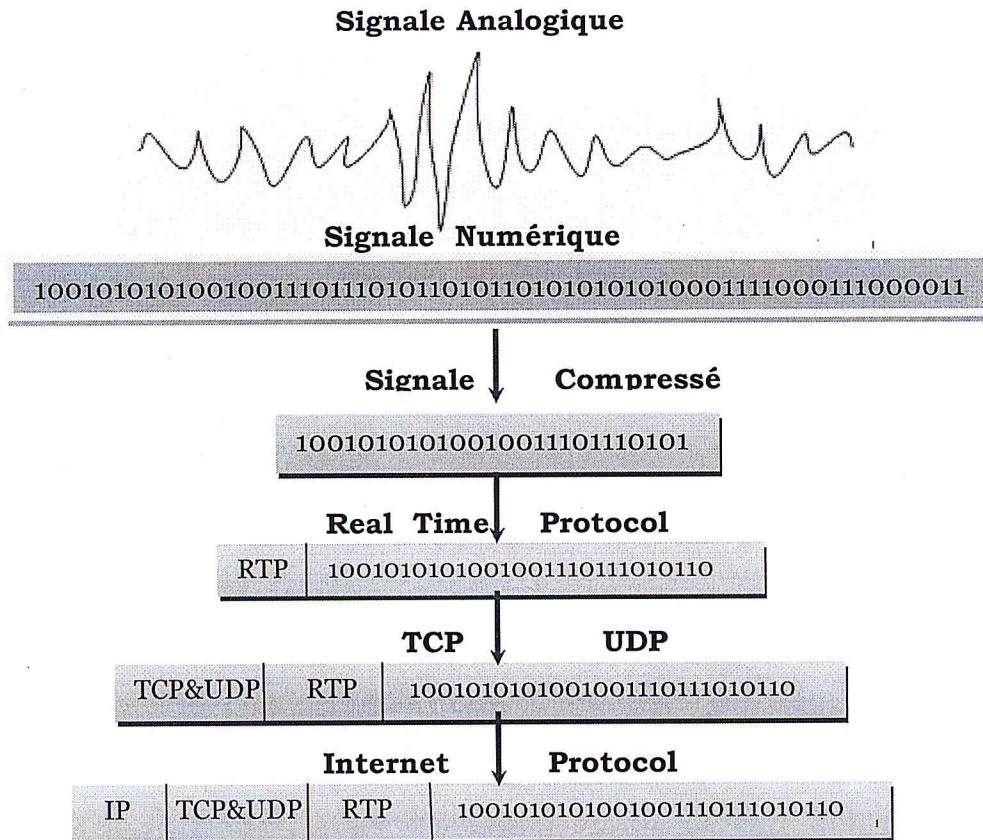


Figure I.4 : Mise en paquets de l'information

- **Décompression :** Après l'arrivée des trames compressées, elles sont d'abord synchronisées, ensuite décompressées pour restituer les trames d'origine.
- **Conversion N/A :** Un convertisseur N/A est utilisé pour rendre les trames de bits sous forme analogique afin de restituer le signal émis par l'utilisateur pour être écouté par le destinataire.



#### I.2.4. Les avantages de la voix sur IP

La VOIP assure de nombreux avantages aux opérateurs et utilisateurs qui bénéficient d'un réseau basé sur IP [6] [7], entre autres :

- **Réduction des coûts** : les services VOIP sont beaucoup moins chers que les services traditionnels(RTC), dont la diminution des coûts est perçue non seulement sur les frais de communication, mais également sur les dépenses opérationnelles (un seul réseau à gérer
- **Convergence** : les flux de voix, de vidéo, de textes et d'applicatifs transitent sur le même réseau et ce grâce à la VOIP. Les utilisateurs peuvent, par exemple, envoyer un compte rendu d'activité en même temps qu'ils téléphonent à leur correspondant. Pour les utilisateurs, la convivialité est accrue. En entreprise, la productivité est meilleure.
- **Optimisation des ressources** : Dans le réseau RTC, qui est à commutation de circuits, des ressources sont dédiées pour toute la durée de la communication, qu'elles soient utilisées ou non, alors que, dans le réseau IP employant un transfert de paquets, l'utilisation des ressources sont optimisées.
- **Services exclusifs** : Certains services sont propres aux réseaux IP. Par exemple, le service de présence, consistant à détecter si un utilisateur est connecté au réseau ou non, ne nécessite aucune réservation de ressources dans un réseau IP, à la différence du réseau RTC.
- **La flexibilité et la mobilité des postes/utilisateurs** : La VOIP offre également une grande liberté de déplacement, étant donné qu'elle fonctionne sur Internet. Les utilisateurs ne sont pas soumis aux contraintes géographiques et peuvent accéder à de nombreux services partout dans le monde.

#### I.2.5. Les différents scénarios de la VOIP

Trois scénarios se présentent pour la transmission de la voix sur IP:

**Scénario 1** : Ordinateur à Ordinateur (Pc to Pc)



Dans ce type de communication, les deux correspondants utilisent leurs PC, avec les haut parleurs et en y adjoignant des microphones (voir Figure. I.5).

L'établissement de la communication vocale entre les deux correspondants nécessite une entente préalable entre eux. En effet, il faut que les deux usagers soient connectés à l'Internet en même temps (en fixant un rendez-vous préalable pour la communication via Internet, à moins qu'ils ne soient connectés en permanence) et utilisent des logiciels de voix sur IP compatibles [8].

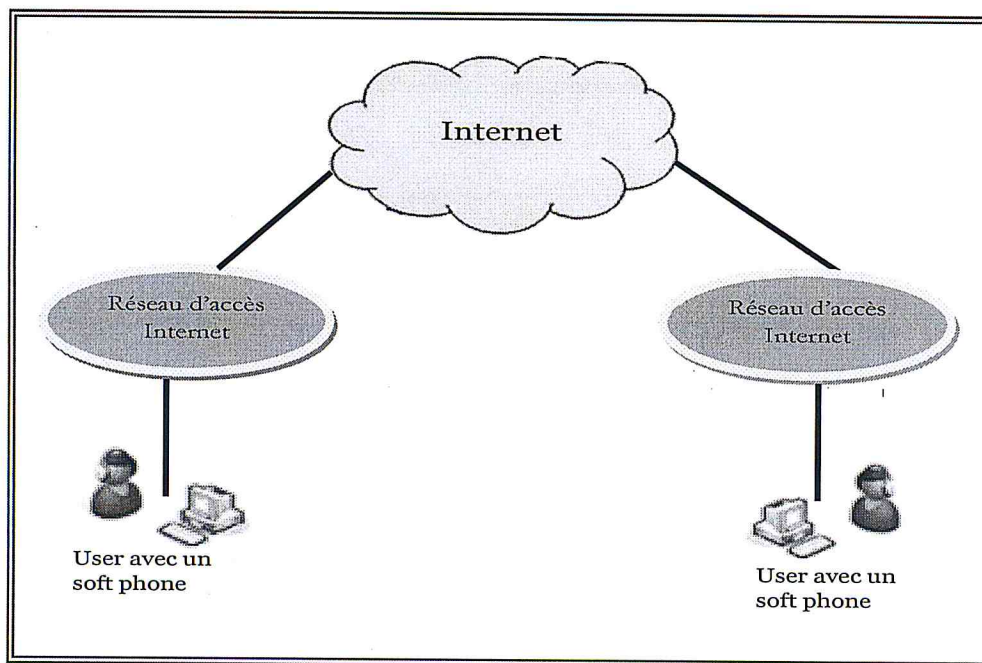


Figure I.5 : Téléphonie sur IP de type PC to PC

### Scénario 2 : Ordinateur à Téléphone (Pc to phone)

L'un des usagers dispose d'un ordinateur lui permettant de se connecter à Internet via un réseau d'accès et un fournisseur d'accès à Internet (de manière similaire au scénario 1), tandis que l'autre usager est un abonné « normal » d'un réseau téléphonique fixe ou mobile. Lorsque l'utilisateur disposant de l'ordinateur souhaite appeler un correspondant sur un poste téléphonique, il doit d'abord se connecter à Internet de manière classique. Une fois connecté, il utilise le service d'un fournisseur de téléphonie sur Internet, qui opère une "passerelle" (*Gateway*) permettant d'accéder au plus près du central téléphonique de l'abonné demandé. C'est cette passerelle qui se chargera de l'appel du correspondant et de

l'ensemble de la signalisation relative à la communication téléphonique du côté du correspondant demandé (Figure I.6).

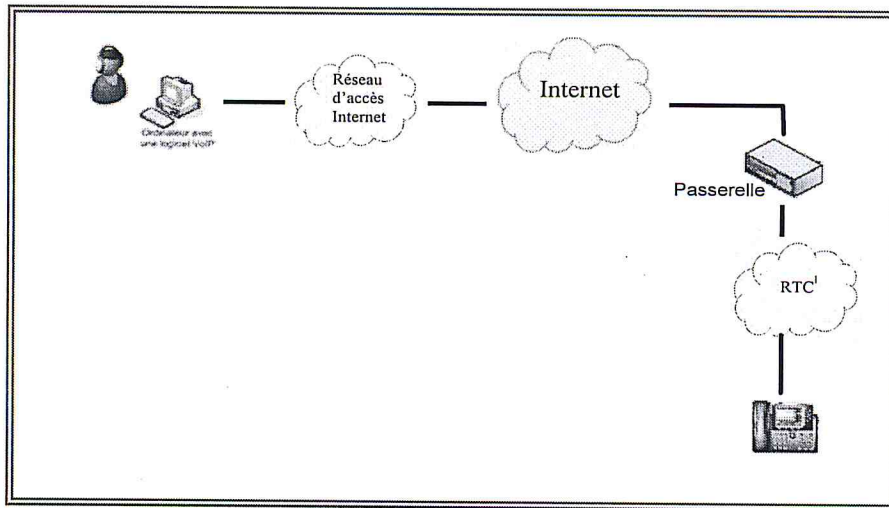


Figure I.6 : Téléphonie sur IP de type PC to Phone

### Scénario 3 : Téléphone à Téléphone (Phone to Phone)

Dans ce cas, l'appelant et l'appelé sont tous les deux des abonnés (clients) du réseau téléphonique commuté public (RTPC) et utilisent de manière classique leur appareil téléphonique pour la communication vocale. Les deux téléphones doivent être raccordés à une passerelle pour leur permettre de communiquer sur un réseau IP [9] (Figure I.7).

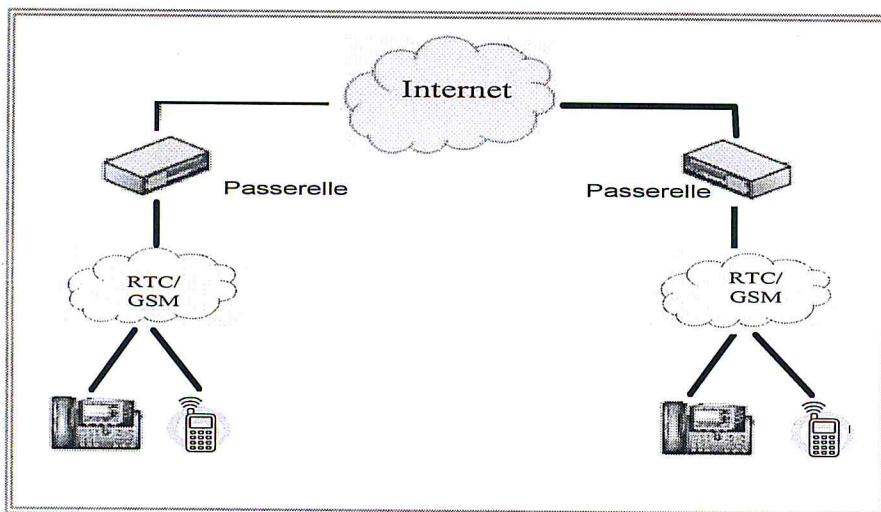


Figure I.7 : Téléphonie sur IP de type Phone to Phone

### I.2.6. Contraintes temporelles de la VOIP

La principale difficulté pour réaliser de la téléphonie par paquet provient de la contrainte temporelle très forte due à l'interaction entre individus.

Le temps de transfert d'un flux de parole téléphonique est constitué de la somme des cinq temps suivants [6]:

#### 1. Temps de numérisation de la voix :

Le temps de numérisation est généralement négligeable, mais le codec va déterminer la vitesse à laquelle les données seront émises.

#### 2. Temps de remplissage des paquets :

Le temps de remplissage est défini comme le temps mis par le codec pour remplir un paquet de taille fixée.

#### 3. Temps de propagation :

Le temps de propagation peut donc être défini comme le rapport de la distance à parcourir entre l'émetteur et le récepteur sur la vitesse de propagation du signal. On prend généralement une vitesse de propagation d'un signal de 200 000 km/s.

#### 4. Temps de transmission

Le temps de transmission est le rapport de la quantité de données à envoyer sur le débit du lien considéré.

#### 5. Temps de traitement par les nœuds intermédiaires

Pour aller de l'émetteur au récepteur, les flux de données parcourent un ensemble de routeurs intermédiaires qui les aiguillent jusqu'à leur source. Chacun de ces nœuds ajoute un délai supplémentaire, qui constitue le temps de traitement des nœuds intermédiaires.

Ce temps est généralement de l'ordre de la milliseconde pour chaque nœud.

Le temps de transfert vaut ainsi :

$$T_{\text{transfert}} = T_{\text{numérisation}} + T_{\text{remplissage}} + T_{\text{propagation}} + T_{\text{transmission}} + T_{\text{traitement\_nœud}}$$

### I.3. Protocoles de signalisation liés à la VOIP

Avec l'apparition de nouvelles technologies sur le réseau Internet ainsi que le nombre important d'organismes de développement du multimédia sur Internet, il est devenu nécessaire de créer des protocoles qui répondent à ces nouvelles fonctionnalités, telle que



la visioconférence et la messagerie instantanée. Ceci ne peut se faire sans l'adoption de protocoles standards, afin de pallier à tous problèmes de compatibilité.

Dans cette section, nous allons présenter les standards de signalisation dédiés à la VOIP en commençant par la définition de la signalisation.

### **I.3.1. Définition de la signalisation VOIP**

La signalisation désigne la transmission d'un ensemble de signaux et d'informations de contrôle échangés entre les intervenants d'une communication. Ces intervenants peuvent être des entités en bout de liaison (terminaux) ou des entités intermédiaires de contrôle et de gestion des communications. Leurs échanges permettent l'initiation, la négociation, l'établissement, le maintien et la fermeture de la connexion [6][10].

### **I.3.2 Protocole H323 :**

Son nom complet est *Packet-based Multimedia Communications Systems*, ou " Systèmes de communication multimédia fonctionnant en mode paquet". Le standard H.323 fournit depuis son approbation en 1996, un cadre pour les communications audio, vidéo et de données sur les réseaux IP. Il a été développé par l'ITU et adopté par Cisco, IBM, Intel, Microsoft, Netscape, et déjà présent dans plus de 30 produits. Il concerne le contrôle des appels, la gestion du multimédia, la gestion de la bande passante pour les conférences point à point et multipoints. H.323 traite également de l'interfaçage entre le réseau local LAN et les autres réseaux.

H.323 fait partie de la série H.32x qui traite de la vidéoconférence à travers différents réseaux. Elle inclue H.320 et H.324 liés aux réseaux ISDN (Integrated Service Data Network) et PSTN (public switched telephone network) [7][11].

#### **I.3.2.1 Fonctionnement du H323**

Le protocole H323 est utilisé pour l'interactivité en temps réel, notamment la vidéoconférence (signalisation, enregistrement, contrôle d'admission transport et encodage). H.323 rassemble d'avantage une association de plusieurs protocoles différents

et qui peuvent être regroupés en trois catégories : la signalisation, la négociation de codec, et le transport de l'information.

En H.323, la signalisation s'appuie sur le protocole RAS (Registration, Admission, Status) pour l'enregistrement et l'authentification, et le protocole Q.931 pour l'initialisation et le contrôle d'appel.

### I.3.2.2 Entités d'une architecture H323

H.323 décrit entièrement un système de visiotéléphonie sur LAN, y compris des fonctions avancées comme la conférence et le contrôle d'accès. H.323 décrit toutes les unités qui interagissent lors du fonctionnement d'un tel système (Figure I.8) [12][13] :

- **Les terminaux H.323** : sont les équipements de traitement destinés aux utilisateurs, leurs permettant d'émettre et de recevoir des appels. Deux terminaux doivent au minimum être présents pour qu'une communication ait lieu.
- **Les passerelles ou Gateway** : C'est l'équipement permettant à des utilisateurs du réseau IP de joindre les utilisateurs qui sont actifs sur d'autres types de réseaux téléphoniques, RTC ou RNIS. On peut avoir autant de passerelles différentes que nécessaire, suivant la nature des réseaux non-IP à interconnecter.
- **Gatekeepers "les gardes-barrière"** : est un équipement optionnel dans une solution H323. Ils permettent la localisation des utilisateurs. Ces derniers peuvent s'identifier entre eux par des noms, auxquels il faut attribuer l'adresse IP correspondante dans le réseau.
- **MCU (Multipoint Control Unit)** : ou unité de contrôle multipoint. C'est elle qui permet la gestion des conférences, c'est-à-dire les communications multimédias mettant en jeu plus de deux interlocuteurs. Ces derniers doivent préalablement se connecter à la MCU, sur laquelle s'établissent les demandes et négociations des paramètres à utiliser lors de la conférence.



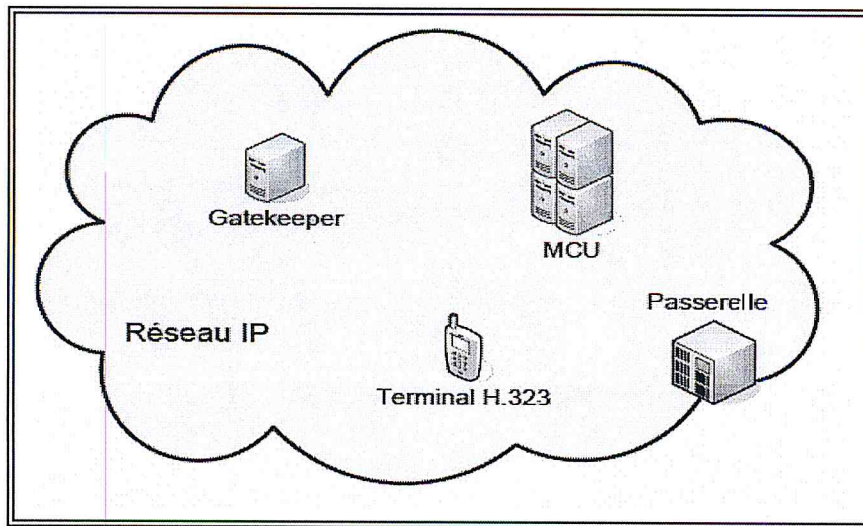


Figure I.8. Les entités d'une architecture H.323

### I.3.2.3 Architecture protocolaire H.323

Le H.323 utilise d'autres protocoles qui forment son ossature, la figure I.9 montre les différentes couches protocolaires liées à H.323. Les plus importants d'entre eux sont les standards fondamentaux H.225.0, qui exploite les protocoles RAS (Registration Admission Status) et Q.931, hérités du RNIS, et H.245.

- **H.225 - RAS** (Registration, Admission, Status): RAS est utilisé pour l'enregistrement, le contrôle d'admission et la gestion de la bande passante. RAS est le premier canal de signalisation qui est ouvert entre la passerelle ou terminal et la garde-barrière. Ce protocole se base sur le protocole UDP [14].
- **H.225 - Q.931** pour l'initialisation des appels. Il est utilisé pour connecter entre deux points de terminaison H.323. Le canal est ouvert soit entre deux terminaux ou entre un terminal et un garde-barrière.
- **H.245** : est un protocole défini pour négocier les profils des canaux audio, vidéo et données, et pour l'ouverture et la fermeture des canaux de transmissions. Il se base sur le protocole TCP pour la transmission des paquets [15].
- **RTP** : Assure l'horodatage des paquets au niveau de l'émetteur pour permettre la synchronisation au niveau du récepteur.

- **RTCP**: Retourne des informations statistiques sur la qualité de la connexion du récepteur vers l'émetteur, afin que ce dernier puisse adapter ses envois en conséquence.

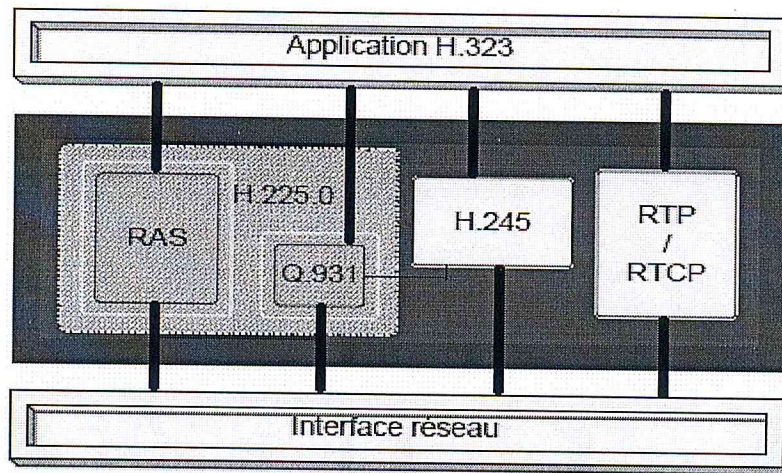


Figure I.9. Les couches protocolaires de H323

### I.3.2.5. Communication dans un environnement H323

Une communication H.323 se déroule en cinq phases :

1. Établissement d'appel.
2. Échange de capacité et réservation éventuelle de la bande passante à travers le protocole RSVP (Ressource reSerVation Protocol).
3. Établissement de la communication audio-visuelle.
4. Invocation éventuelle de services en phase d'appel (par exemple, transfert d'appel, changement de bande passante, etc.).
5. Libération de l'appel.

Nous présentons, dans ce qui suit, un exemple de communication "point à point".

#### Cas : communication " point à point" de deux clients simples [6]:

Les principales étapes d'une communication point à point sont l'ouverture d'un canal de signalisation et sa fermeture.

1. Ouverture du canal de signalisation d'appel

L'ouverture d'un canal de signalisation d'appel se fait généralement en trois étapes :

- a. Message **SETUP** : l'appelant contacte son correspondant.
- b. Message **ALERTING** : la sonnerie du terminal appelé retentit, et le terminal se met en attente de la réponse du correspondant.
- c. Message **CONNECT** : dès que l'appelé a décroché, ce message prévient l'appelant de la disponibilité de son interlocuteur (Figure I.10).

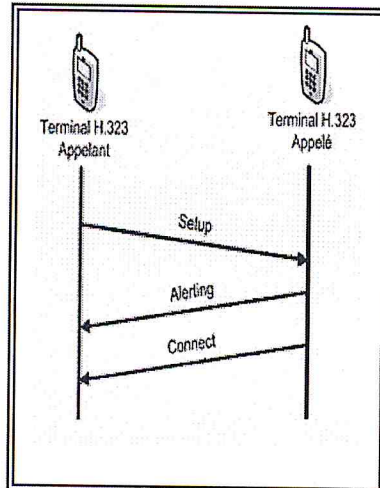


Figure I.10 : Ouverture d'un canal de signalisation H323

2. Fermeture du canal de signalisation d'appel

La fermeture d'un canal de signalisation d'appel se fait à l'initiative de l'interlocuteur qui a raccroché son combiné, mettant fin à la conversation.

Un message **RELEASE COMPLETE** est envoyé pour fermer le canal de signalisation d'appel (Figure I.11).

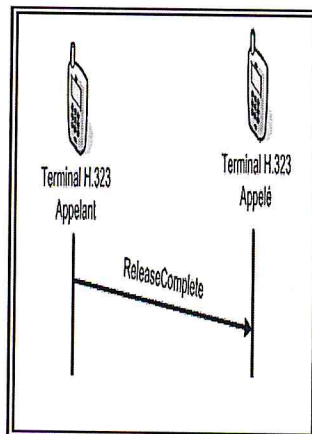


Figure I.11 : Fermeture d'un canal de signalisation H323



### I.3.3. Protocole de signalisation SIP

Le protocole **SIP** (Session Initiation Protocol), normalisé par l'IETF sous RFC 2543 est un protocole de signalisation appartenant à la couche application du modèle OSI. Son rôle est d'ouvrir, modifier et libérer les sessions.

L'ouverture de ces sessions permet de réaliser de l'audio, de la vidéoconférence, de l'enseignement à distance, de la voix (téléphonie) et de la diffusion multimédia sur IP essentiellement [16].

Un utilisateur peut se connecter avec les utilisateurs d'une session déjà ouverte. Pour ouvrir une session, un utilisateur émet une invitation transportant un descripteur de session permettant aux utilisateurs souhaitant communiquer de s'accorder sur la compatibilité de leur média. SIP permet donc de relier des stations mobiles en transmettant ou redirigeant les requêtes vers la position courante de la station appelée.

Enfin, SIP possède l'avantage de ne pas être attaché à un médium particulier et est sensé être indépendant du protocole de transport des couches basses.

#### I.3.3.1 Architecture de SIP

Contrairement à H.323, largement fondé sur une architecture physique, le protocole SIP s'appuie sur une architecture purement logicielle [6].

L'architecture de SIP s'articule principalement autour des cinq entités suivantes (Figure I.12):

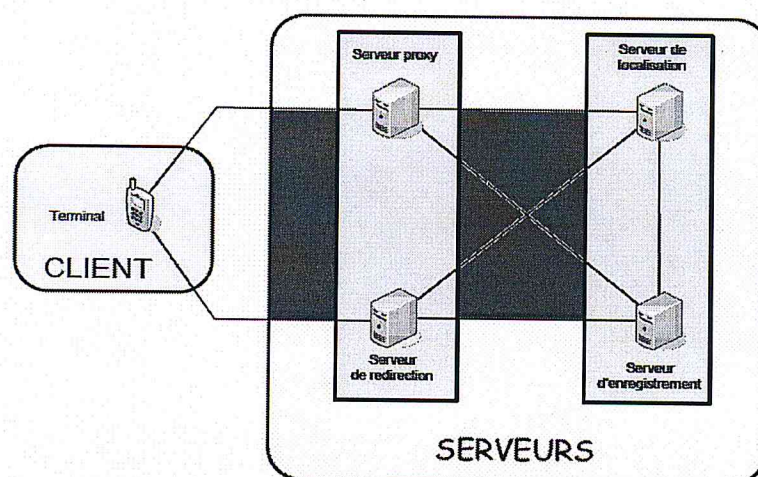


Figure I.12 : les entités d'une architecture SIP



1. **Terminal utilisateur** : Le terminal est appelé UA (User Agent). Il est constitué de deux sous entités, comme le montre la figure I.13:

- Une partie cliente, appelée **UAC** (User Agent Client), chargée d'émettre les requêtes. C'est l'UAC qui initie un appel.
- Une partie serveur, appelée **UAS** (User Agent Server), qui est en écoute, reçoit et traite les requêtes. C'est l'UAS qui répond à un appel.

L'association des requêtes et des réponses entre deux entités de type UA constitue un dialogue.

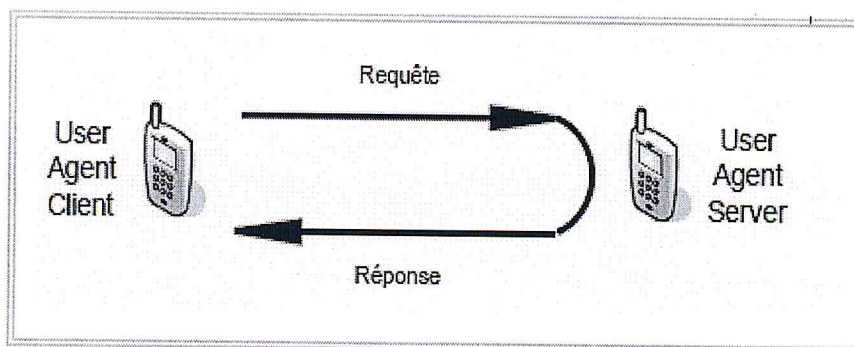


Figure I.13 : Dialogue UAC-UAS

2. **Serveur d'enregistrement (Registrar Server)** : offre un moyen de localiser un correspondant avec souplesse, tout en gérant la mobilité de l'utilisateur. Il peut en outre supporter l'authentification des abonnés.

3. **Serveur de localisation (Location Server)** : joue un rôle complémentaire par rapport au serveur d'enregistrement en permettant la localisation de l'abonné.

Ce serveur contient la base de données de l'ensemble des abonnés qu'il gère. Cette base est renseignée par le serveur d'enregistrement. Chaque fois qu'un utilisateur s'enregistre auprès du serveur d'enregistrement, ce dernier en informe le serveur de localisation.

4. **Serveur de redirection (Redirect Server)** : agit comme un intermédiaire entre le terminal client et le serveur de localisation. Il est sollicité par le terminal client pour contacter le serveur de localisation afin de déterminer la position courante d'un utilisateur.

## 5. Serveur proxy (Proxy server) :

Le serveur proxy (parfois appelé serveur mandataire) permet d'initier une communication à la place de l'appelant. Il joue le rôle d'intermédiaire entre les terminaux des interlocuteurs et agit pour le compte de ces derniers.

Le serveur proxy remplit les différentes fonctions suivantes :

- localiser un correspondant ;
- réaliser éventuellement certains traitements sur les requêtes ;
- initier, maintenir et terminer une session vers un correspondant.

Lorsqu'un utilisateur demande à un serveur proxy de localiser un correspondant, ce dernier effectue la recherche, mais, au lieu de retourner le résultat au demandeur (comme le ferait un serveur de redirection), il utilise cette réponse pour effectuer lui-même l'initialisation de la communication en invitant le correspondant à ouvrir une session.

### I.3.3.2 Fonctionnement du protocole SIP

Le protocole SIP repose sur un modèle Requête/Réponse. Les requêtes émises par les UAC sont retransmises périodiquement jusqu'à réception d'une réponse de l'UAS. Plus spécifiquement pour les requêtes de type INVITE, l'UAC réémet la requête au bout d'une durée initiale de T1 secondes qui double à chaque réémission. L'UAC cesse de réémettre s'il reçoit une réponse de l'UAS ou s'il a réémit le paquet 7 fois. Un mécanisme similaire est utilisé par l'UAS.

Pour initier une session SIP, l'UAC doit simplement connaître l'adresse URL de l'UAS qu'il désire contacter. Un message INVITE est envoyé en direction de cette URL et sera relié par un ou plusieurs proxys en direction de l'UA correspondant à l'URL du destinataire [13].

Nous distinguons 3 modes d'ouverture de sessions avec SIP :

- Mode Point à point : on parle dans ce cas là « d'unicast » qui correspond à la communication entre deux machines.
- Mode diffusif : on parle dans ce cas là de « multicast » (plusieurs utilisateurs via une unité de contrôle MCU (Multipoint Control Unit)).

- Combinatoire : combine les deux modes précédents. Plusieurs utilisateurs interconnectés en multicast via un réseau à maillage complet de connexion.

### I.3.3.3 Les messages SIP

Les messages SIP sont décrits dans la RFC 822, qui définit la syntaxe à la fois des requêtes et des réponses. Le format des requêtes et réponses est en effet similaire à celui utilisé dans le protocole HTTP, et les en-têtes s'apparentent à celles utilisées dans le protocole SMTP. On y retrouve par ailleurs le concept d'URL [6].

- Requêtes: utilisées pour commencer des actions ou informer un destinataire de la requête.
- Réponses: utilisées pour confirmer qu'une requête a été reçue et traitée, ou pour indiquer le statut du traitement.

Le format générique d'un message SIP est le suivant :

<b>Ligne de requête ou d'état</b>
<b>En-tête</b>
<b>Corps du message</b>

*Figure I.14 : Format générique d'un message SIP*

La première partie est soit une ligne de requête, s'il s'agit d'une requête, soit une ligne d'état, s'il s'agit d'une réponse. La seconde partie rassemble les en-têtes du message, cette partie sera détaillée ci-après. Enfin, vient le corps du message, optionnel, celui-ci est précédé d'une balise de retour chariot et saut de ligne CR-LF (Carriage Return-Line Feed) afin d'indiquer le début du corps du message. Cette balise permet d'optimiser le temps de traitement des messages.

### En-têtes d'un message SIP

Les en-têtes les plus couramment utilisés dans les messages SIP sont les suivants :



- En-têtes généraux, qui peuvent être utilisés indifféremment pour des messages de requête ou des messages de réponse.
- En-têtes de requête, exclusivement employés pour les messages de requête.
- En-têtes de réponse, exclusivement employés pour les messages de réponse.
- En-têtes d'entité, qui donnent des informations descriptives sur le corps du message.

### Les requêtes [17]

Le Tableau I.1 décrit les différents types de requêtes SIP.

Tableau I.1 – Les différents types de requêtes SIP

Requête	Description
INVITE	invitation de l'appelé dans une session
OPTIONS	requête afin de découvrir les capacités du récepteur (i.e : les options qu'il supporte)
BYE	termination d'un appel
CANCEL	requête d'abandon d'une requête d'invitation incomplète
ACK	acquiescement d'une réponse
REGISTER	enregistre la localisation courante d'un utilisateur

### Les réponses [17]

En réponse à une requête, un UAS renvoie un code d'état afin de signaler de quelle façon la requête a été traitée. Ces codes sont découpés en 6 catégories qui sont décrites dans le Tableau 4.2.

Tableau I.2 – Les classes de réponses SIP

Code d'état	Description	Exemple
1xx	information concernant le statut de l'appel	180 RINGING
2xx	réussite	200 OK
3xx	redirection vers un autre serveur	301 MOVED TEMPORARILY
4xx	erreur côté client	401 UNAUTHORISED
5xx	erreur côté serveur	500 INTERNAL SERVER ERROR
6xx	échec global	606 NOT ACCEPTABLE

#### I.3.3.4. Communication dans un environnement SIP

La Figure I.15 illustre l'initialisation et la fermeture d'une session SIP entre deux UA.



1. L'UA identifié par l'URL sip:user1@exemple.fr souhaite contacter l'UA d'URL sip:user2@exemple.fr. Pour cela il envoie une requête de type INVITE à destination de cette URL.
2. Le proxy du domaine exemple.fr fait suivre la requête INVITE et le signale à l'UA de l'appelant en lui retournant le code d'état 100 TRYING.
3. L'UA de l'appelé a reçu le message mais la communication n'est pas encore acceptée (dans le contexte d'une application téléphonique on se retrouve dans la situation où le téléphone sonne et où l'on attend que la personne décroche). L'UA de l'appelé signale cela en renvoyant le code d'état 180 RINGING au proxy qui va l'envoyer à l'UA de l'appelant.
4. L'UA de l'appelé accepte la communication et retourne le code d'état 200 OK au proxy qui le relaye à l'UA de l'appelant.

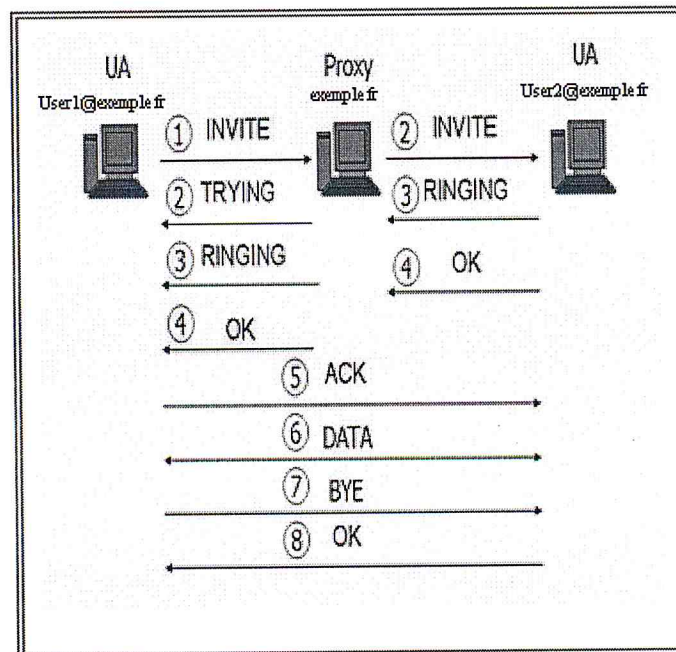


Figure I.15 : Illustration d'une session SIP

5. L'UA de l'appelant envoie un message d'acquittement. A partir de ce moment, la connexion entre les deux UA est initialisée et plus aucun message ne passe par le proxy.

6. Les deux UA peuvent s'envoyer des données via la connexion qui a été décrite dans le message INVITE. Cette connexion utilisée pour l'échange de données est totalement indépendante de la connexion utilisée pour la signalisation SIP.

7. Si un des UA souhaite clore la connexion, il envoie donc un message BYE.

8. Le message BYE est acquitté via un code d'état 200 OK. La connexion entre les deux UA est rompue.

### **I.3.4. Comparaison entre H323 et SIP**

Le protocole H.323 possède une avancée historique par rapport au protocole SIP. Son interaction avec les réseaux téléphoniques RTC est parfaitement maîtrisée, alors qu'elle n'est pas totalement spécifiée avec le protocole SIP. Globalement, H.323 est plus riche en termes de fonctionnalités que SIP. Les deux protocoles de signalisation disposent de mécanismes d'extensibilité.

La compatibilité avec H.323 est complète, quoique souvent laborieuse, puisqu'elle impose de respecter des fonctionnalités lourdes qui ont été améliorées mais doivent toujours être supportées. Au contraire, la compatibilité avec SIP n'est pas explicitement requise, ce qui allège les implémentations du protocole tout en restreignant son cadre d'application.

Mais SIP possède des arguments solides qui plaident en sa faveur : plus souple, rapide et modulaire que ne l'est H.323, le protocole SIP bénéficie d'un héritage protocolaire issu du monde Internet. Il s'intègre simplement dans un réseau IP et profite d'une architecture distribuée pour s'adapter facilement à la montée en charge d'utilisateurs au sein d'un réseau [6].

## **I.4. Les protocoles de transport**

### **I.4.1. Le protocole Real Time Protocol (RTP)**

RTP a été standardisé par le groupe de travail AVT-WG (Audio Video Transport-Work Group) de l'IETF. Décrit en janvier 1996 dans la RFC 1889, rendue obsolète par la RFC



3550 en juillet 2003, il a été fortement soutenu par de nombreux constructeurs et éditeurs de logiciels, parmi lesquels Intel et Microsoft.

RTP a pour but de fournir un moyen uniforme de transmettre sur IP des données soumises à des contraintes de temps réel, par exemple des flux audio ou vidéo. RTP permet d'identifier le type de l'information transportée, d'y ajouter des marqueurs temporels, des numéros de séquence et de contrôler l'arrivée des paquets à destination. RTP n'a pas été conçu pour effectuer des réservations de ressources ou contrôler la qualité de service [12][6].

### I.4.1.1 Fonctionnement de RTP

RTP permet l'acheminement de bout en bout de données avec des caractéristiques temps réel. Le rôle principal de RTP consiste à mettre en œuvre des numéros de séquence de paquets IP pour reconstituer les informations de voix ou vidéo même si le réseau sous-jacent change l'ordre des paquets, ce qui est susceptible de se produire dans la mesure où le fonctionnement d'Internet ne garantit pas que deux paquets successifs empruntent la même route. Cela permet, par exemple pour des applications vidéo, de décoder et placer au bon endroit sur l'écran chaque paquet sans attendre ses prédécesseurs et pour des applications de voix de reconstituer les échantillons de parole [12][6].

### L'en-tête RTP

L'en-tête RTP est composé de 32 bits :

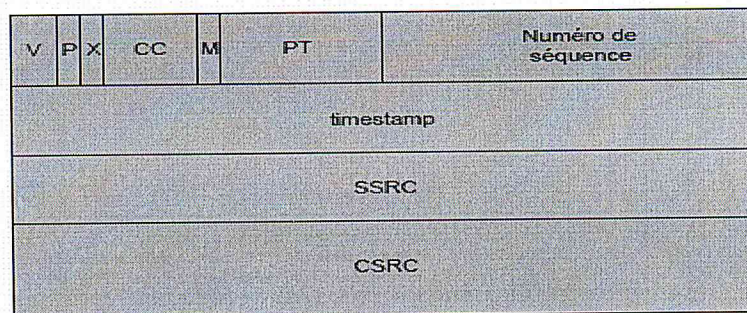


Figure I.16 : Format de l'en-tête RTP

Les différents champs de l'en-tête RTP sont les suivants :

- **V** pour version (sur 2 bits) : indique la version du protocole RTP utilisée.



- **P** pour padding (sur 1 bit) : bit indiquant si un bourrage est effectué dans les champs de données du flux multimédia.
- **X** pour extension (sur 1 bit) : indique si l'en-tête possède une extension d'en-tête à sa suite.
- **CC** pour CSRC Count (sur 4 bits) : nombre de sources ayant contribué à la génération du paquet.
- **M** pour marker (sur 1 bit) : indique si des descriptifs sont associés.
- **PT** (sur 7 bits) : décrit le format de données.
- **Numéro de séquence** (sur 16 bits) : compteur incrémenté d'une unité entre chaque paquet.
- **Timestamp** (sur 32 bits) : estampille temporelle permettant la synchronisation des flux.
- **SSRC** pour synchronisation source (sur 32 bits) : identifie la source de la synchronisation.
- **CSRC** pour *contributing source* (optionnel, sur  $n$  fois 32 bits) : identifie les contributeurs à la génération du paquet.

Mais le rôle du protocole RTP est limité car il ne garantit pas que le paquet aille arriver à temps et il n'assure pas que chaque paquet va arriver en séquence. Pour remédier à cette contrainte, le protocole RTCP a été créé.

#### I.4.2. Real Time Control Protocol (RTCP)

C'est un protocole de contrôle des flux RTP, permettant de véhiculer des informations basiques sur les participants d'une session, et sur la qualité de service [12].

Son objectif est d'offrir aux participants d'une session une vision sur l'état du réseau et de s'y adapter de façon dynamique. Il fournit pour cela un rapport sur la qualité de distribution, incluant le délai de bout en bout, la gigue et le taux de pertes. Ce rapport est envoyé de façon périodique de façon que les intervenants disposent d'une mise à jour fréquente de l'état du réseau [18].

Le protocole RTCP est basé sur des transmissions périodiques de paquets de contrôle par tous les participants dans la session.

Les paquets RTPC sont classés en cinq catégories :

- **SR (Sender Report)** : Ce type de paquet véhicule un rapport de l'émetteur, sous forme d'un ensemble de statistiques relatives à la qualité de service concernant l'émetteur. On trouve parmi ces informations le nombre de paquets perdus et la gigue mesurée par l'émetteur. On repère ces paquets SR par la valeur du champ PT (Payload Type), qui est mis à la valeur 201.
- **RR (Receiver Report)** : Ce type de paquet véhicule un rapport de récepteur, semblable aux paquets SR mais concernant le récepteur. La valeur du champ PT est 202.
- **SDES (Source Description)** : Ce type de paquet décrit une source, avec un ensemble de paramètres spécifiques parmi lesquels le nom permanent de la source, (CNAME ou Canonical Name), le nom du participant (NAME), son adresse e-mail (EMAIL), son numéro de téléphone (PHONE), sa localisation (LOC), le nom de l'application qu'il utilise, avec si possible sa version (TOOL), et d'autres paramètres spéciaux (PRIV et NOTE pour ajouter des informations complémentaires). Ce type de paquet porte la valeur 203 dans le champ PT.
- **BYE** : Ce type de paquet est envoyé pour indiquer que l'émetteur quitte une session multimédia. Le champ PT prend la valeur 204.
- **APP (Application)** : Ce type de paquet est réservé pour transporter des paramètres spécifiques d'une application. Ce type de paquet est indiqué par la valeur 205 du champ PT.

### I.4.3. Le protocole TCP

Le protocole de Contrôle de Transmission TCP (Transmission Control Protocol) est un des principaux protocoles de la couche transport du modèle TCP/IP. Il permet, au niveau des applications, de gérer les données en provenance (ou à destination) de la couche inférieure du modèle (c'est-à-dire le protocole IP). TCP assure un service fiable, cependant il ne convient pas à des services temps réel à cause des longs délais engendrés



par les procédures de contrôle qui le rendent peu adapté au transport des données multimédias.

Les mécanismes de contrôle implémentés par le protocole TCP sont [6] :

- **Contrôle de séquence** : les trames sont numérotées au niveau de l'émetteur. Cela permet de reconstituer l'ordre des trames au niveau du récepteur, grâce à l'estampille séquentielle.
- **Contrôle de flux** : Le mécanisme de fenêtrage restreint le nombre de paquets qu'il est possible d'émettre.
- **Contrôle d'erreur** : Le récepteur envoie un message d'acquiescement pour toutes les trames reçues. Si une erreur est détectée lors du contrôle de redondance, il ne les acquitte pas. Si certaines trames de l'émetteur ne reçoivent pas d'acquiescement passé un certain délai, appelé temporisateur de réémission, l'émetteur considère que ces trames sont perdues dans le réseau (un routeur saturé détruit les paquets qui arrivent en surplus) ou que le récepteur ne les a pas reçues de façon correcte. Il entreprend alors de retransmettre toutes les trames qui n'ont pas été acquittées. De cette façon, l'intégralité des trames est nécessairement reçue, et la fiabilité des échanges comme l'intégrité des données est garantie.
- **Contrôle de congestion** : Des mécanismes appelés "Slow Start" et "Congestion Avoidance" sont utilisés pour augmenter progressivement le débit d'envoi des données au niveau de l'émetteur.

Le protocole TCP est donc bien inadapté au temps réel, puisque tous les contrôles qu'il met en place pour le transport des paquets pénalisent ses délais de transmission. La contrainte de fiabilité n'étant pas compatible avec la contrainte de délai imposée par la VOIP, TCP n'est donc pas un bon candidat pour les transferts de type temps réel.

#### **I.4.4. Le protocole UDP**

Le protocole UDP (User Datagram Protocol) ne comporte que des fonctionnalités de transport pur, sans aucun mécanisme de contrôle. L'adressage des données avec les ports de communication utilisés est sa seule fonction fondamentale. C'est un atout par rapport



aux éléments contraignants mentionnés pour le protocole TCP. UDP est ainsi notablement plus rapide que ne l'est TCP.

Mais la simplicité de ce modèle devient rapidement limitative. En particulier, UDP ne dispose d'aucun mécanisme lui permettant de reconstituer l'ordre des flux auprès du récepteur. Les datagrammes UDP sont totalement épurés, et aucune estampille d'horodatage, ni de numérotation n'y est insérée. Or, dans un réseau IP, les paquets peuvent emprunter des chemins différents.

Cependant, UDP fournit un service supplémentaire par rapport à IP, il permet de distinguer plusieurs applications destinataires sur la même machine par l'intermédiaire des *ports*.

Un port est une destination abstraite sur une machine identifié par un numéro qui sert d'interface à l'application pour recevoir et émettre des données. Chaque paquet UDP contient le port de machine émettrice, ainsi de la machine réceptrice, comme illustré dans la figure suivante [16]:

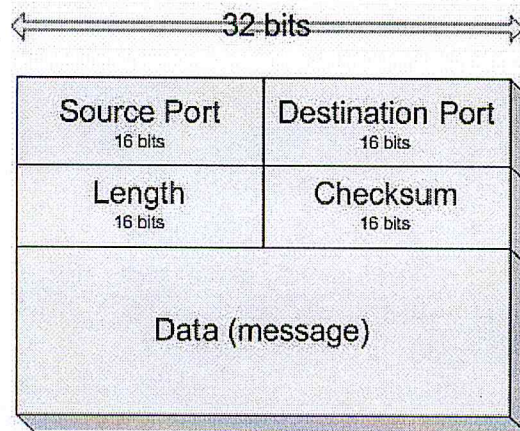


Figure I.17: Structure d'un paquet UDP

### I.4.5. Le protocole IP

IP (Internet Protocol) est un protocole de niveau réseau assurant le transport des paquets entre une station source et une station destinataire soit directement sur un réseau local soit en passant par des routeurs reliant des réseaux hétérogènes. IP fonctionne en mode

sans connexion (Datagramme). Chaque paquet IP, envoyé sur le réseau, se voit attribuer une adresse IP. Cette dernière est un en-tête accolé à chaque paquet et contenant certaines informations comme :

- L'adresse de la station destinataire : qui est utilisée pour le routage et l'adresse de la station émettrice pour que le destinataire sache quelle est la station qui lui envoie le paquet.
- Un champ "Temps de vie d'un datagramme" : pour prévenir les congestions. Ce champ contient un nombre initialisé à une valeur correspondant au nombre de hops (routeurs - nœuds) qu'un paquet traversera. A chaque passage dans un routeur, ce nombre est décrémenté. Quand il est égal à zéro, le paquet est détruit.
- Le type de service désiré.

Le protocole IP offre un service "Best Effort", c'est à dire sans garantie de délai de transmission ou de fiabilité de la communication. Aujourd'hui, IP version 4 est la version la plus utilisée, même si la version 6 (IPv6 ou IP Next Generation) a été définie.

## **I.5. Conclusion**

La VOIP est une technologie qui utilise les réseaux informatiques comme support de communication. Les solutions VOIP sont de plus en plus basées sur des standards ouverts.

Le protocole H.323 symbole de l'unification des fonctionnalités de signalisation pour la téléphonie dans un réseau IP, a été le premier standard proposé et adopté massivement par les industriels. Il a ensuite conquis des marchés considérables qui ont rendu toute concurrence difficile à soutenir.

Mais s'il propose une réponse à la signalisation, le protocole souffre d'inconvénients contraignants pour supporter le passage à l'échelle au niveau mondial. Son exploitation dans le cadre du réseau Internet se heurte à la superposition d'une architecture centralisée dans un modèle totalement distribué.

Le protocole SIP constitue un solide concurrent de H.323 : il repose sur des bases saines et solides. SIP possède des arguments solides qui plaident en sa faveur : plus souple, rapide et modulaire que ne l'est H.323, le protocole SIP bénéficie d'un héritage

protocolaire issu du monde Internet. Il s'intègre simplement dans un réseau IP et profite d'une architecture distribuée pour s'adapter facilement à la montée en charge d'utilisateurs au sein d'un réseau.

Des deux protocoles candidats au transport des données multimédias, l'un (TCP) est trop complet et l'autre(UDP) trop limité.

Le protocole RTP a été proposé pour reconstituer de l'ordre du flux d'origine. Pour sa part, RTCP a été conçu pour offrir une vision de l'état du réseau et permettre à une application d'adapter les flux en conséquence.



*Chapitre 2 :*

*Codage de la parole & T*

*QOS*

## II.1. Introduction

L'objectif de codage de la parole est de présenter la voix avec un nombre minimal de bits tout en préservant sa qualité. Les dispositifs qui codent et compresse la parole sont appelés vocoders (voice coder). Les vocoders ont été à l'origine développés dans les années 30 pour être des moyens potentiellement efficaces de transmettre des signaux de la parole par l'intermédiaire des lignes téléphoniques.

Ce chapitre décrit les différentes techniques de codage de la parole et les mécanismes liés à la qualité de service (QOS).

## II.2. Codage de la parole

Le codage consiste à transformer un signal vocal (analogique) en un signal numérique ayant un débit minimal et une bonne qualité. La première opération du codage est l'échantillonnage du signal analogique à une certaine fréquence et une certaine précision. Cette précision est caractérisée par le nombre de bits utilisés pour coder l'amplitude de chaque échantillon. Le choix de la fréquence et du nombre de bits utilisés répond à un compromis débit/qualité du signal codé. Plus grande est la qualité souhaitée, plus important est le débit obtenu après échantillonnage.

## II.3. Les techniques de codage de la parole

On distingue trois techniques de codage de la parole [12]:

- Techniques temporelles (débits compris entre 16 et 64 kbit/s),
- Techniques paramétriques (débits entre 2.4 et 4.8 kbit/s),
- Techniques par analyse et synthèse (débits entre 5 et 16 kbit/s).

### II.3.1. Techniques temporelles

L'idée principale de cette technique consiste à préserver la forme d'onde du signal et ce en essayant de reconstruire la forme du signal de manière aussi proche que le signal d'origine tout en se basant sur des échantillons du signal d'origine.

Différents types de codage entrent dans cette catégorie. La modulation par impulsion et codage (PCM : Pulse Code Modulation) où le signal est échantillonné puis l'amplitude quantifiée suivant des standards de compression non linéaire (loi A ou  $\mu$ ) : c'est le codage PCM à 64 kbits/s selon la recommandation G.711 de l'ITU. Les codeurs de type ADPCM (Adaptive Differential Pulse Code Modulation) où l'on tire parti des propriétés de corrélation de la voix en codant les échantillons de manière différentielle avec une composante estimée par extrapolation des valeurs intervenues précédemment. Des codeurs de parole à plus bas débit comme l'ADPCM à 32 kbit/s (Ref. G.726 ou G.721), à 16, 24 et 40 kbit/s existent mais la qualité de parole se dégrade très vite quand le débit chute à 16 kbit/s [8].

### II.3.2. Techniques paramétriques

Consiste à modéliser sous forme simplifiée à l'aide de paramètres pertinents le signal de parole à la source, et de les transmettre sous forme numérique au récepteur qui se charge de reconstituer un signal proche du signal initial. Cette technique ne conserve pas la forme temporelle du signal mais préserve le spectre à court terme reproduit à l'arrivée grâce à un circuit d'excitation et un filtre prenant en compte les paramètres en question [8]. Ces codeurs ne sont pas utilisés dans des applications commerciales, leurs utilisation principale est faite dans le domaine militaire, ou les débits faibles sont privilégiés, avec un encryptage pour des raisons de sécurité.

### II.3.3. Codage hybride (hybrid coding)

Appelé aussi codage par analyse et synthèse. Ils utilisent de façon complémentaire les avantages des techniques temporelles et des techniques paramétriques pour obtenir des faibles débits tout en préservant la qualité de restitution. Les codeurs CELP (Code Excited Linear Predictive Coder) sont les plus nombreux aujourd'hui dans cette classe.

Le tableau II.1 résume les différents codeurs de la parole :



Tableau II.1 : Caractéristiques de différents codeurs

Codeur	Temporel PCM	Temporel MICDA	Analyse/Synthèse RPE-LTP	Analyse/Synthèse CELP	Paramétrique LPC
Standard/norme	G.711	G.726	ETSI GSM 06-10	DOD FS1016	DOD LPC10 FS1015
Débit	64 kbit/s	32 kbit/s	13 kbit/s	4.8 kbit/s	2.4 kbit/s
Qualité de parole (MOS)	4.2	4.0	3.6	3.5	2.3
Retard codeur+décodeur	125 $\mu$ s	300 $\mu$ s	50 ms	50 ms	50 ms

## II.4. Les normes : G711 et G726

### II.4.1. Le G711 : PCM

PCM est le sigle désignant le Pulse Code Modulation, un standard (ou plutôt une famille de standards) adopté de façon assez universelle. Le système PCM est connu pour offrir des performances assez moyennes en termes de compression, mais aussi pour sa grande robustesse (notamment par rapport aux erreurs de transmission) et sa faible complexité (algorithme peu gourmand en mémoire et CPU).

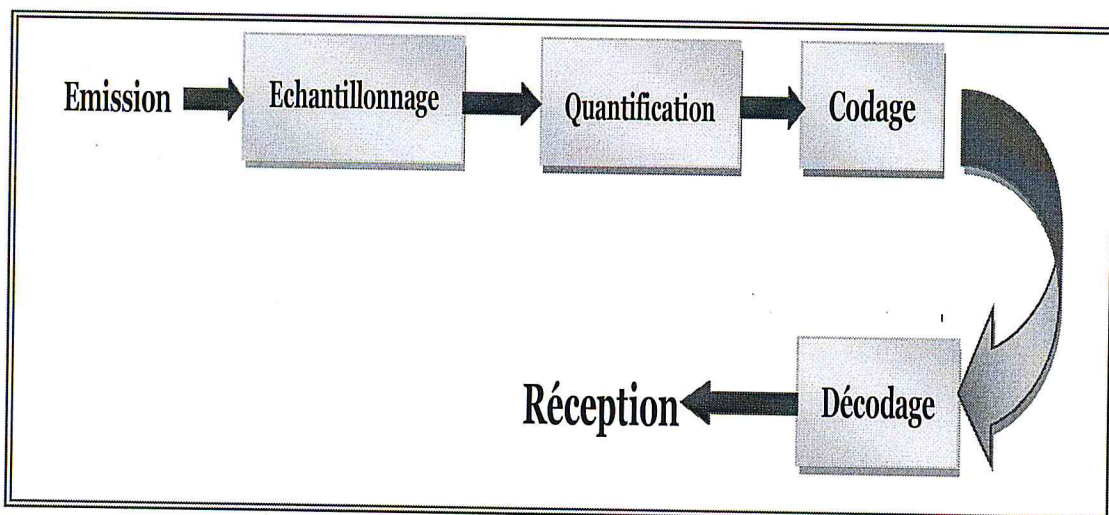


Figure II.1 : Chaîne de PCM

Le PCM consiste à échantillonner un signal analogique à une fréquence d'échantillonnage fixe à 8 kHz et à quantifier les échantillons par une valeur de 8 bits représentant l'amplitude du signal à l'instant précis suivant des standards de compression non linéaire. Ce système de codage correspond à la norme G.711 de l'UIT-T et il a un débit binaire de 64 Kbit/s. Deux variantes (incluses dans la norme CCITT G.721) se sont répandues dans la téléphonie: La norme américaine ( $\mu$ -Law), utilisé aux États-Unis et au Japon et la norme européenne (A-Law) utilisée dans le reste du monde et dans les communications internationales.

**Loi A:**

- $y_1 = (1 + \ln Ax) / (1 + \ln A)$  pour  $1/A < x < 1$
- $y_2 = Ax / (1 + \ln A)$  pour  $0 < x < 1/A$
- $A = 87,6$

**Loi  $\mu$**

- $y = \ln(1 + \mu x) / \ln(1 + \mu)$
- $\mu = 225$

**Codage :**

Le codage se fait sur un mot binaire après avoir fait la quantification. Avec N éléments binaire, on peut former  $2^n$  mots différents. Ainsi il est possible de coder  $2^n$  plages. La méthode retenue est celle qui associe à chaque numéro de plage, le mot binaire représentant ce nombre dans le système binaire.

Cette loi (loi logarithmique) possède 12 segments de droite contenant chacun 16 plages et 1 segment central contenant 64 plages, ce qui représente un total de 256 plages. 8 éléments binaires sont nécessaires pour coder 28 plages.

Bit **S** : le bit de signe de la tension d'entrée.

Bits **A, B, C** : indiquent le numéro du segment de droite dans lequel se trouve la plage.

Bits **W, X, Y, Z** : indiquent la plage parmi les 16 possibles sur le segment de droite.



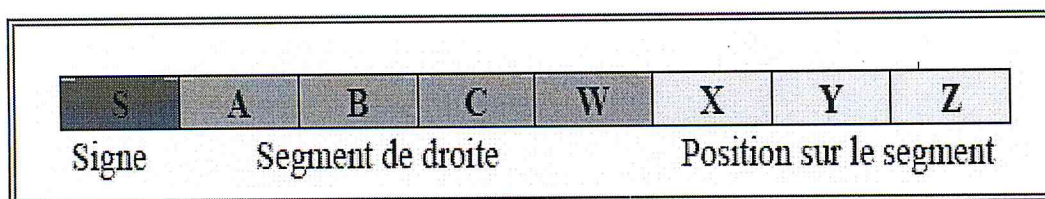


Figure II. 2 : Codage des échantillons

#### II.4.2. G726 : ADPCM

Le codage ADPCM (Adaptatif Differential Pulse Code Modulation) est le plus utilisé pour la compression de la parole, il offre un débit allant jusqu'au 16kbps. Il a été standardisé par l'ITU dans un ensemble de recommandations : G721 qui couvre l'ADPCM au débit de 32 kbps, G723 pour les débits de 16, 24, 40 kbps. Les deux recommandations (G721& G723) ont été combinées et remplacées par G726 qui recouvre tous les débits.

Le codage différentiel est basé sur l'observation que des échantillons successifs d'une source audio sont fortement corrélés. Par conséquent, il est plus rentable d'encoder non pas les échantillons eux même mais la différence entre des échantillons successifs. Les codeurs de type ADPCM codent les échantillons de manière différentielle avec une composante estimée par extrapolation des valeurs intervenues précédemment.

#### II.5. Qualité des codeurs

La qualité subjective d'un codeur, c'est à dire la qualité auditive perçue par un utilisateur, est très difficile à évaluer et il n'existe pas de mesure objective fiable de la qualité subjective. On utilise donc une mesure grossière, mais pratique, qui est le rapport signal/bruit ou SNR (*Signal to Noise Ratio*).

Le SNR exprimé en décibels (dB) est défini ci dessous, où  $S_k$  est le échantillon du signal d'entrée, et  $\hat{S}_k$  est le échantillon du signal reconstruit.



$$SNR = 10 \log_{10} \left( \frac{\sum_{k=0}^{N-1} s_k^2(n)}{\sum_{k=0}^{N-1} (s_k(n) - \tilde{s}_k(n))^2} \right)$$

## II.6. La qualité de service de la voix sur IP (QOS)

Une des difficultés essentielles de la voix sur IP concerne la réalisation d'une qualité de service similaire à celle que les usagers ont l'habitude de constater sur les réseaux téléphoniques.

Cette difficulté est liée, d'une part, aux aspects techniques spécifiques au mode de transport des données sur les réseaux IP et, d'autre part, à ceux liés à l'organisation et au mode de fourniture de service sur les réseaux de données de manière générale, et IP en particulier [12].

Plusieurs paramètres influencent sur la qualité de la voix lors de la transmission sur IP :

- Délai de la transmission « Delay »
- La gigue « Jitter »
- Le taux de pertes des paquets « Packet loss »
- Le phénomène d'écho « Echo »

### II.6.1. Délai de la transmission « Delay »

Le délai est le temps écoulé entre l'émission de la parole par l'appelant et sa restitution à l'appelé à l'arrivée. Il s'agit du délai global de la transmission, incluant le temps nécessaire pour reconstituer l'ordre de paquets à l'arrivée. Le délai est très important pour bénéficier d'un véritable mode conversationnel et minimiser la perception d'écho.

Or la durée de traversée d'un réseau IP est dépendante du nombre de routeurs traversés, le temps de traversée d'un routeur étant lui-même fonction de la charge de ce dernier qui fonctionne par file d'attente [12].

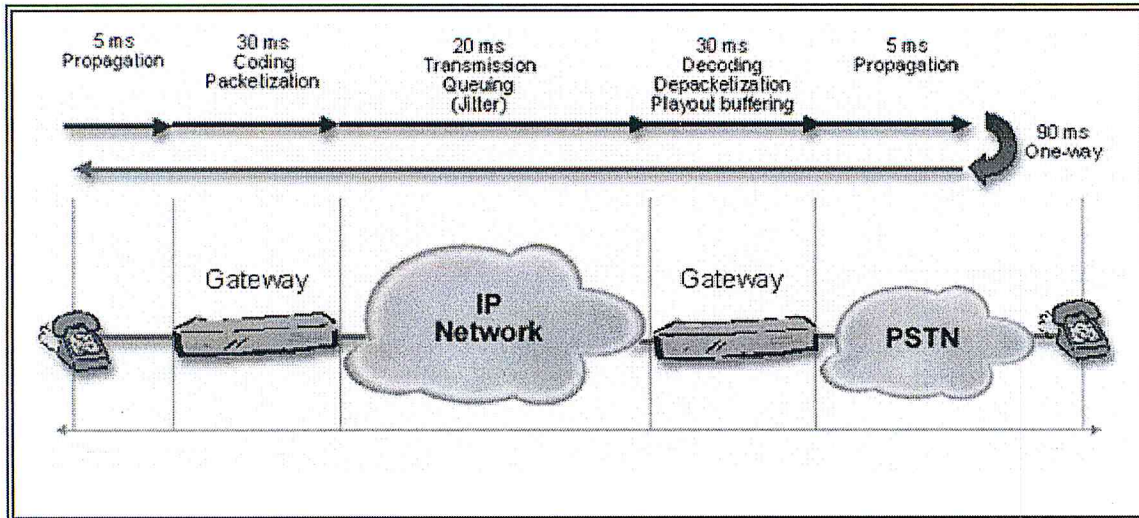


Figure II.2: Délai de transmission

Les chiffres suivants sont donnés par l'UIT-T pour préciser les classes de qualité et d'interactivité en fonction du délai de transmission dans une conversation téléphonique.

Tableau II.2 : Classes de qualité UIT-T pour les retards de transmission

Classe N°	Retard par sens	Commentaires
1	<b>0 à 150 ms</b>	Acceptable pour la plupart des conversations ; seules quelques tâches hautement interactives peuvent souffrir.
2	<b>150 à 300 ms</b>	Acceptable pour des communications faiblement interactives
3	<b>300 à 700 ms duplex</b>	Devient pratiquement une communication half duplex
4	<b>Au-delà de 700 ms</b>	Inutilisable sans une bonne pratique de la conversation half duplex (militaire)

### II.6.2. La gigue « Jitter »

La gigue correspond à une variation du délai de transmission entre les paquets. Elle est due au mode de mise en paquets par les codeurs, à la congestion des routeurs et à la variation de routes dans le réseau [19].



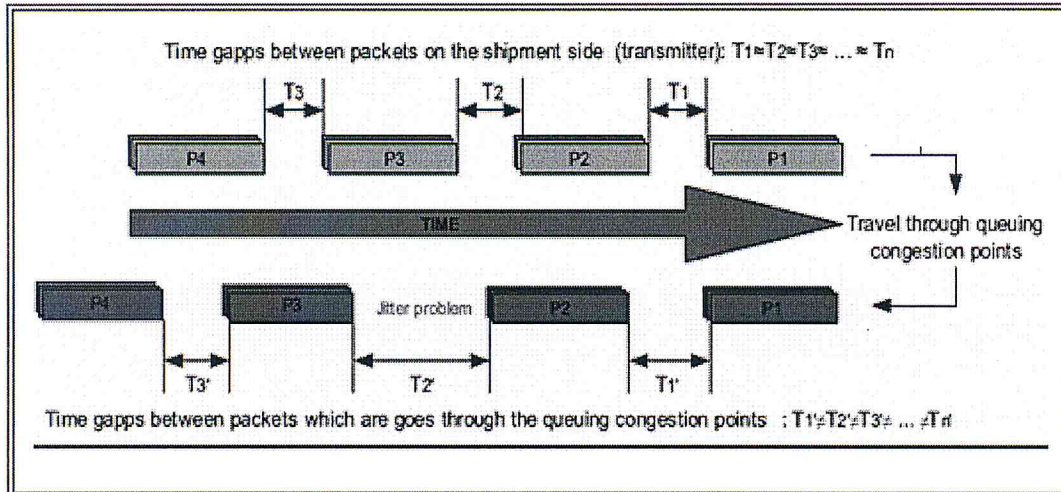


Figure II.3: La gigue ne doit pas dépasser 20ms-50ms

### II.6.3. Le taux de pertes des paquets « Packet loss »

La perte d'un paquet provoque un manque d'information lors de la réception du signal audio. Suivant le nombre de paquets perdus, la qualité sonore en bout de ligne peut s'en ressentir. Dans l'approche IP, cette perte de paquet fait partie intégrante du concept. En effet les routeurs sont obligés (avec l'algorithme *Random Early Detection*) de détruire des paquets afin d'anticiper d'éventuelles congestions [12].

Il existe principalement quatre causes de perte de paquet :

- Durée de vie épuisée.
- Retard, à la réception, supérieur au tampon de gigue.
- Destruction par un module congestionné.
- Invalidité du paquet due à des défauts de transmission.

D'autre part, le protocole UDP ne garantit pas de bout en bout l'arrivée des paquets à destination. Une erreur dans l'en-tête d'un paquet pouvant entraîner sa perte ou l'envoi vers une mauvaise destination. Le taux de perte des paquets dépendra de la qualité des lignes empruntées et du dimensionnement du réseau. Pour avoir une qualité de parole acceptable, le taux de perte de paquet doit rester inférieur à 20%.



Une des solutions envisageables pour atténuer la perte de paquets consiste à mettre en œuvre des systèmes de correction d'erreurs par codage redondant et adaptatif, c'est-à-dire variable en fonction des pertes de paquets statistiquement constatées sur le réseau à un moment donné.

De tels systèmes permettent d'obtenir de très bonnes qualités de son, même sur le réseau Internet. Cette solution engendre toutefois une difficulté supplémentaire liée au délai total de la transmission qu'il faudrait maîtriser pour l'application de la téléphonie.

#### II.6.4. Le phénomène d'écho « Echo »

L'écho est le délai de transmission d'un signal et la réception de ce même signal réverbéré. Il est causé par les composants électroniques des parties analogiques du système, qui renvoient une partie du signal traité.

Un écho inférieur à 50 ms n'est pas perceptible. Au-delà, l'interlocuteur s'entend parler avec un retard. Pour pouvoir offrir un service de téléphonie sur IP, les passerelles doivent traiter l'écho électrique généré par le passage de 2 fils à 4 fils. Si aucun traitement n'est pas effectué, le service ne sera pas utilisable avec des postes analogiques classiques.

La figure ci-dessous résume les difficultés évoquées ci-dessus.

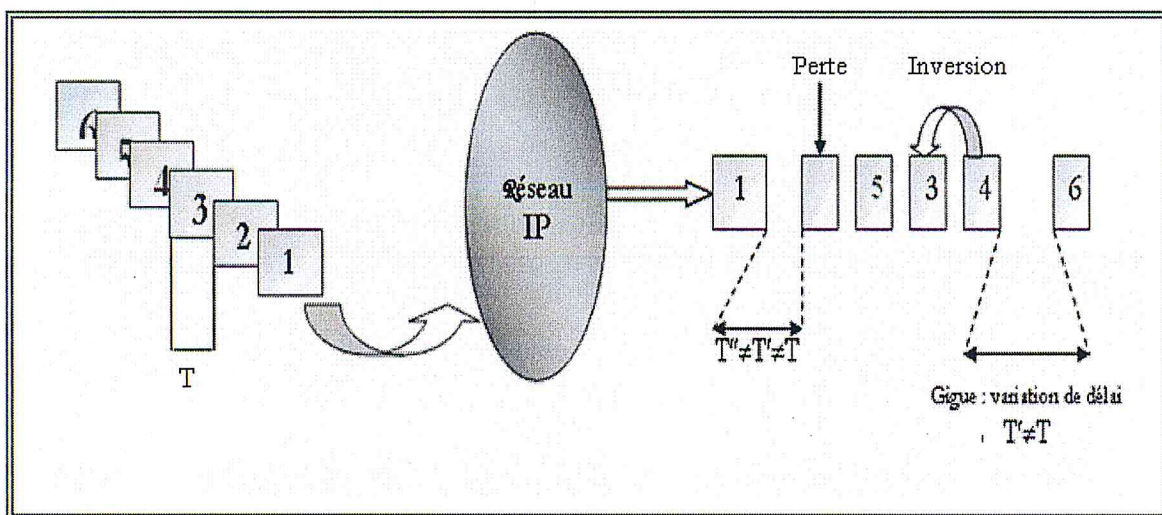


Figure II.4 : Les principales difficultés de la transmission téléphonique sur IP

## II.7. Conclusion

Les standards qui concernent la voix sur IP se restreignent au codage et à la compression de la voix. Les principaux standards de Codec utilisés en VOIP sont le G711 (PCM) et le G726 (ADPCM) de la norme ITU-T.

Le PCM consiste à compresser la voix, après l'avoir numérisée, selon la loi non uniforme A ou  $\mu$ . Le codage se fait sur 8 bits. L'ADPCM qui est une variété de codage temporelle permet de coder la voix avec un débit allant jusqu'à 16 bits/s.

Pour transporter de la parole téléphonique, il faut que le temps de transport de bout en bout soit limité puisque nous avons affaire à une application avec interaction humaine. Cette limitation est d'une centaine de millisecondes pour obtenir une très bonne qualité et jusqu'à 300 ms pour une conversation passant par un satellite géostationnaire.

Pour obtenir ces temps de réponse, il faut que le réseau offre une qualité de service. Plusieurs solutions peuvent être mises en œuvre pour cela deux grandes directions : un contrôle effectué au niveau applicatif et un contrôle effectué au niveau réseau.

*Chapitre 3 :*  
*Etude conceptuelle*  
*du système VOIP*



### III.1. Introduction

Dans les deux premiers chapitres, nous avons présenté les notions fondamentales de la VOIP, les protocoles de signalisation ainsi que les techniques de codage de la parole. Ce chapitre est destiné à la conception de la plateforme pour une application VOIP. Cette application prend en considération les différents scénarios de la VOIP : Pc vers Pc, Pc vers Téléphone, Téléphone vers Téléphone. De plus, nous avons développé deux autres applications qui sont : fax à travers IP (FOIP) et la messagerie vocale (Voice Mail). Nous procéderons de manière progressive :

- La description de l'environnement de travail : étant donné que l'application est basée sur l'open source Asterisk, une présentation détaillée qui comporte sa définition, ses fonctionnalités ainsi que son architecture est effectuée. Nous présentons, aussi, l'architecture proposée pour la plateforme VOIP.
- Configuration des fonctionnalités : nous commençons par la configuration d'Asterisk avec le réseau RTC puis Asterisk et le réseau IP.
- La configuration du Fax via IP et la messagerie vocale.

### III.2. Description de l'environnement de travail

#### III.2.1. Asterisk

Un des développements prometteurs d'Internet est ce qu'on appelle la Voix sur IP. Et même plus que simplement prometteur puisque ça fonctionne déjà très bien dans une solution open source [20] libre : Asterisk.

Asterisk est une émulation logicielle d'un PABX IP ou IPBX, c'est à dire en langage clair, un central téléphonique de style autocommutateur qui utilise Internet et qui peut se commuter avec les différents réseaux de téléphonie existants (analogique, Numérique etc.).

Asterisk est un PBX applicatif open source permettant d'interconnecter en temps réel des réseaux de voix sur IP via plusieurs protocoles (SIP, H323, MGCP) et des réseaux de téléphonies classiques via des cartes d'interface téléphonique et tout ceci à moindre coût.

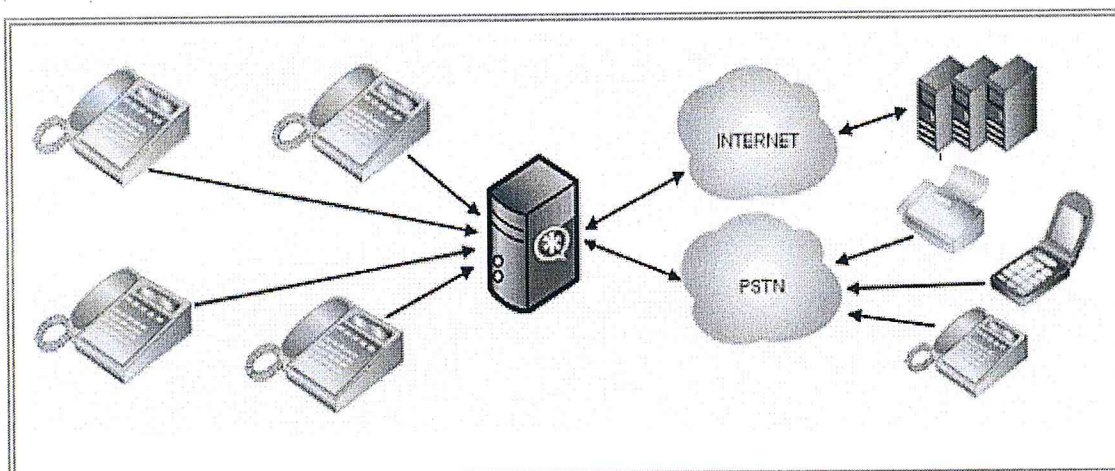


Figure III.1: Asterisk IP PABX

Asterisk offre toutes les fonctions d'un PBX et ses services associés comme de la conférence téléphonique, des répondeurs interactifs, de la mise en attente d'appels, des mails vocaux, de la musique d'attente, de la génération d'enregistrement d'appels pour l'intégration avec des systèmes de facturation, etc...

De plus, Asterisk est extensible par des scripts ou des modules en langage Perl ou en langage C.

### III.2.1.1 Architecture d'Asterisk

Asterisk est un système flexible grâce à sa structure interne constitué de quatre APIs (Application Programming Interface) spécifiques autour du « central core system ». Celui-ci manie les connexions internes du PBX en faisant abstraction des protocoles, des codecs, des interfaces téléphoniques et des applications. La figure III.2 montre l'architecture d'Asterisk.

Les principaux modules d'Asterisk sont :

#### a. Les modules "Channel" [21], [22]

- Zaptel : Pour se connecter à un téléphone ordinaire existant, il est nécessaire d'insérer une carte comme interface physique et alors le module zaptel sera utilisé. Les interfaces FXO et FXS sont utilisées si on emploie des téléphones analogiques.



- SIP: C'est le protocole de signalisation principal pour effectuer le traitement des appels dans Asterisk. Les protocoles RTP/RTCP sont utilisés pour transmettre les données utilisateur (la voix).

-IAX : IAX (Inter-Asterisk eXchange) est un protocole de voix sur IP issu du projet de PABX open source Asterisk. IAX permet la communication entre client et serveur ainsi qu'entre serveurs.

b. **Les modules d'applications:** en plus de la téléphonie, Asterisk offre une série d'applications parmi elles :

**Voice Conference** : appelé aussi « MeetMe ». L'utilisateur peut joindre la conférence en entrant le numéro du destinataire.

**VoiceMail** : quand l'appelant est absent, un message voix peut être laissé dans sa boîte vocale.

**IVRH** : Interactive Voice Response.

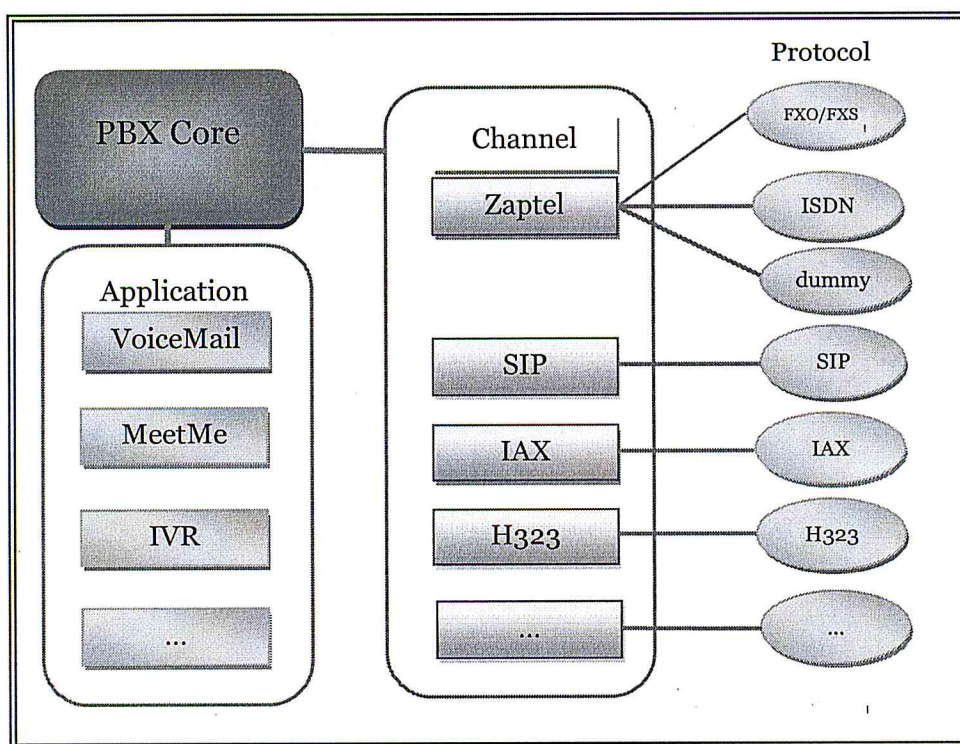


Figure III.2 : Architecture d'Asterisk



### III.2.2. Architecture proposée du système VOIP

La figure III.3 présente le schéma général de l'architecture proposée. Dans ce qui suit, nous allons présenter la composition de la plateforme.

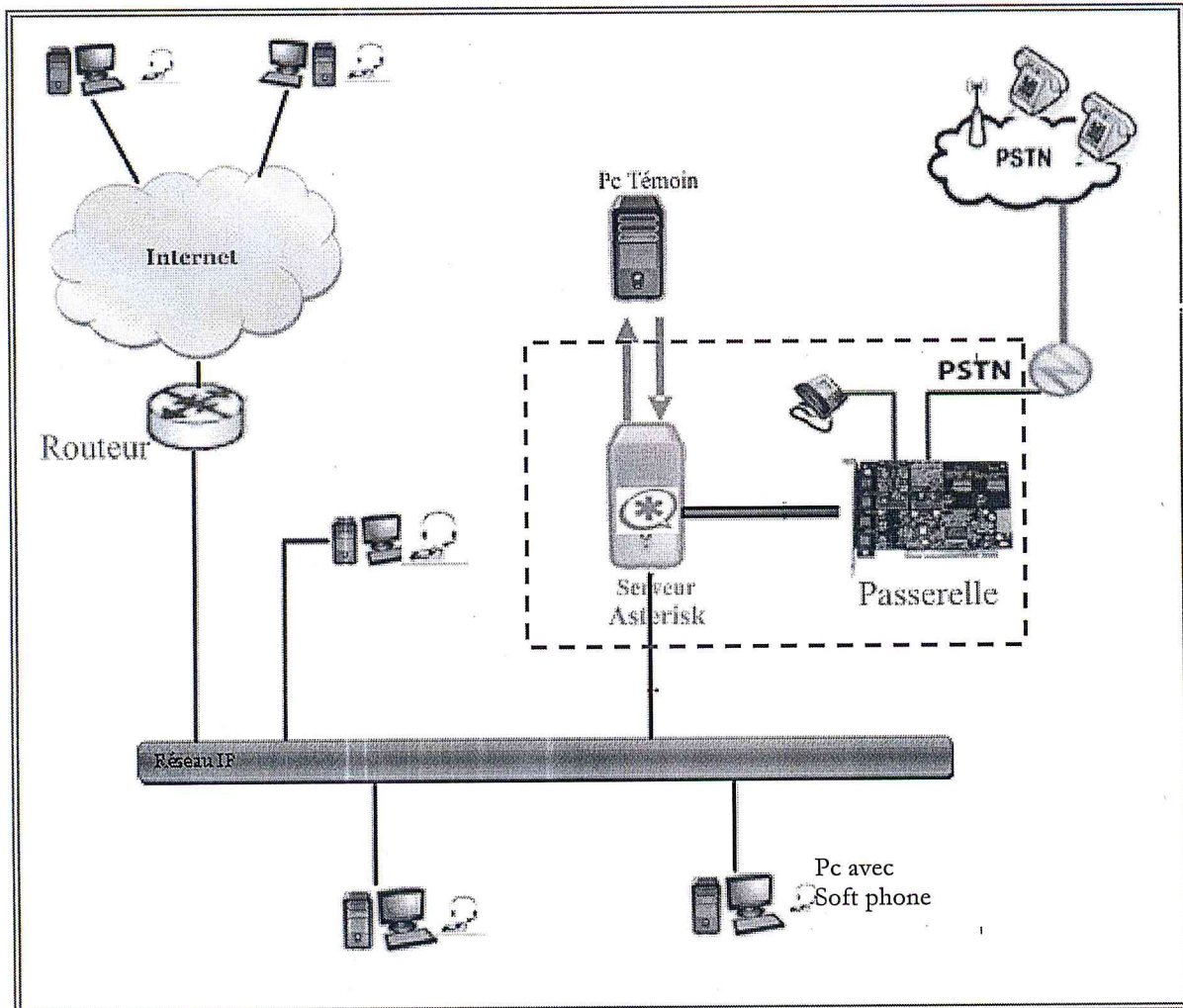


Figure III.3 : Schéma général du système VOIP

#### La composition du système VOIP :

Le système est composé de :

- Serveur Asterisk sous linux (Centos 5.4) : Un Pc de type HP Compaq, avec un disque dur de 40 Go et 1 Mo de RAM, est dédié.
- Pc Témoin sous Windows sur lequel l'outil WireShark est installé.
- Plusieurs Pc(s) clients avec des soft phones (x-lite).

- Passerelle RTC/IP est une carte Digium TDM 11B installé sur le pc HP Compaq.

### III.3. Mise en œuvre du système VOIP

La mise en œuvre du système VOIP nécessite la présence d'un ensemble de packages afin d'installer Asterisk. Ces packages sont téléchargeables à partir de leurs site officiel '[www.asterisk.org](http://www.asterisk.org)'.

#### Systeme d'exploitation :

Les packages suivants sont nécessaires pour installer Asterisk :

- ◆ Linux 2.4 kernel sources ou kernel 2.6 header files.
- ◆ Bison et bison-devel packages
- ◆ Ncurces et ncurces-devel packages
- ◆ Zlib and zlib-devel packages
- ◆ Openssl et openssl-devel packages.

#### Téléchargement d'asterisk

- Asterisk est téléchargeable à partir du site : <http://www.asterisk.org> soit en utilisant cvs ou svn.
- Les packages libpri et zaptel sont nécessaires.
- Le package Asterisk : contient le code source des fichiers du PBX.
- Le package Libpri : Primary Paste Isdn (PRI) Library, est une bibliothèque qui encapsule tous les protocoles utilisés pour communiquer à travers ISDN.
- La package Zaptel : noyau des drivers d'interfaces pour les cartes digitaux et analogues.

#### Compilation & Installation d'Asterisk

Les packages sont compilés et installés comme suit :



### 1. Installation et Compilation de libpri:

```
#cd /usr/src/asterisk/libpri
#make clean
#make
#make install
```

### 2. Installation et Compilation de zaptel:

```
#cd /usr/src/asterisk/zaptel
#make clean
#make
#make install
#make config
```

### 3. Installation et Compilation d'asterisk:

```
#cd /usr/src/asterisk/asterisk
#make clean
#make
#./configure
#make
#make install
#make samples
```

### 4. Lancement et validation

Une fois l'installation est terminée, il est possible de prendre la main sur le mode console via les deux commandes suivantes asterisk et asterisk -r.

## III.4. Configuration des fonctionnalités d'Asterisk

La configuration nécessite la compréhension du principe de routage. Chaque extension est manipulée depuis sa source (une ligne analogique ou numérique, un téléphone IP ou un soft phone) vers une destination via des règles de routage qui s'enchaînent. On regroupe les règles dans des contextes permettant de séparer les utilisateurs ou les sources.



La configuration de différentes fonctionnalités d'Asterisk se fait à travers le plan de numérotation (fichier : extensions.conf) qui est la base de toute configuration.

### Le plan de numérotation (dial Plan) :

Le plan de numérotation, ou dial plan, est l'élément central de la configuration du serveur Asterisk. Il définit le comportement du serveur PBX et régit les actions à entreprendre que ce soit pour un utilisateur donné ou bien pour l'ensemble d'utilisateurs [21].

Le plan de numérotation est défini dans un fichier unique dont le nom est 'extensions.conf.' Sous Linux ce fichier se trouve généralement dans le répertoire /etc/asterisk/.

Le plan de numérotation répond à la question : que doit faire le serveur Asterisk lorsqu'il reçoit le flux téléphonique d'un utilisateur? La réponse est fournie sous forme de règles qui sont structurées et dont la syntaxe est définie comme suit :

```
[context1]
```

```
exten=> Extension1, Priorité1, Application1  
exten=> Extension2, Priorité2, Application3  
exten=> Extension3, Priorité3, Application3
```

```
[context2]
```

```
exten=> Extension4, Priorité4, Application4
```

Où :

**Extension** : correspond à un numéro (ou à un nom) d'appel.

**Priorité** : définit l'ordre dans lequel la règle doit s'appliquer.

**Application** : L'application définit l'action à entreprendre pour appliquer le service sollicité par l'utilisateur appelant. Parmi les applications de dialplan :

- ◆ Answer() : pour répondre à un appel donné.

- ◆ Dial () : pour établir un appel.
- ◆ Wait(i) : exécute une attente de durée i.
- ◆ Hangup() : pour mettre fin à un appel.

### III.4.1. Configuration d'Asterisk avec le réseau RTC

Pour effectuer la conversion des signaux d'un flux IP en un flux RTC et réciproquement, il est nécessaire de s'équiper d'une interface. Ces interfaces sont disponibles et sont généralement sous forme de cartes PCI, à installer sur le PC, ou de boîtiers, à connecter en USB. La carte TDM11B est notre interface IP/RTC.

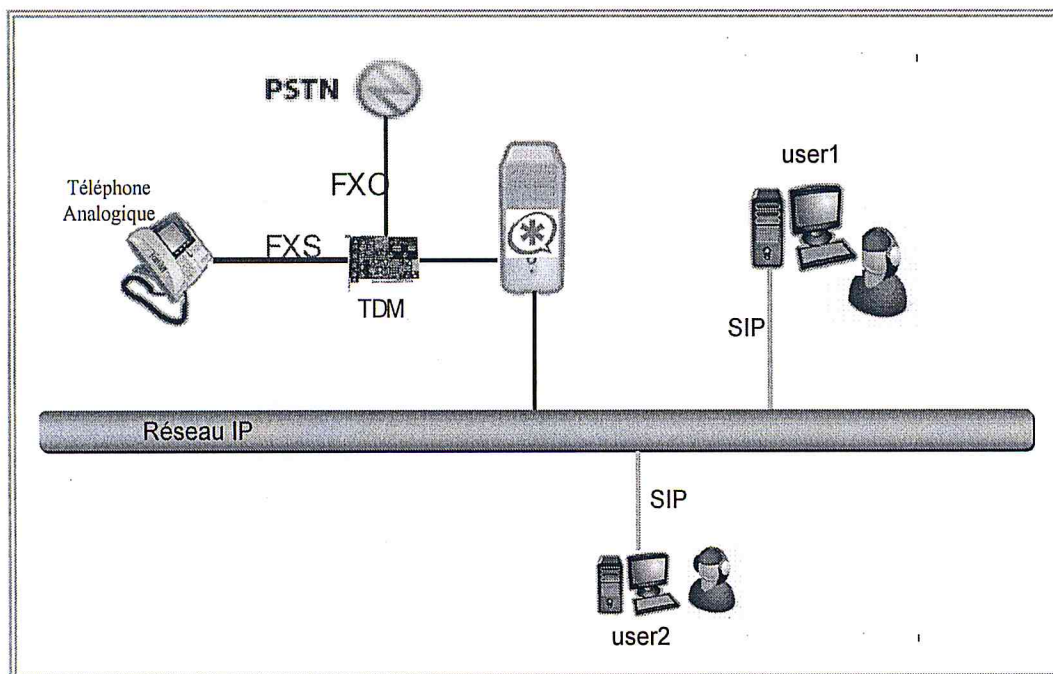


Figure III.4: Connexion d'Asterisk avec le réseau RTC

#### La carte TDM 11B :

La carte Wildcard TDM11B est une carte demi-longueur de PCI qui soutient des interfaces FXS (Foreign eXchange Station) et FXO (Foreign eXchange Office) pour relier des téléphones analogues via un ordinateur. La carte TDM11B est de la famille TDM400P. Cette carte peut être prolongée avec les modules additionnels de type FXO ou FXS (4 modules au maximum) [23][24].



La convention d'appellation pour les paquets de TDM est comme suit :

**TDM X Y B** : où "TDM" dénote que la carte est TDM,

- "X" dénote le nombre de **FXS** modules,
- "Y" dénote le nombre de **FXO** modules, et
- "B" indique que ce produit est une carte.

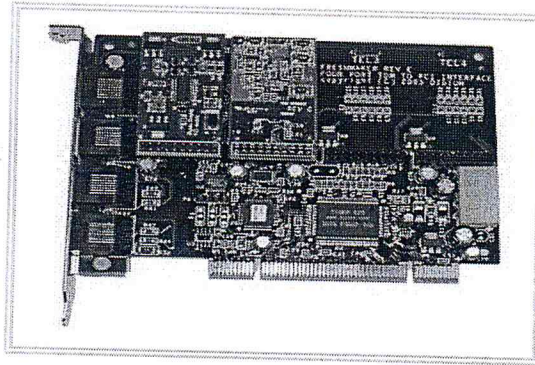


Figure III.5: carte TDM11B

Nous distinguons les deux formats d'interfaces suivants :

- **FXS (Foreign eXchange Station)** : Le module FXS (module en rouge sur la carte TDM) permet à la carte analogique d'initier et d'envoyer un signal de sonnerie au module FXO. Il permet aussi, à la carte TDM400P de terminer les téléphones analogues.
- **FXO (Foreign eXchange Office)** : Le module FXO (module en vert sur la carte TDM) permet le branchement du serveur Asterisk sur une ligne téléphonique classique. Pour interagir avec le monde RTC et dépasser le cadre du réseau purement IP, cette carte assure la jonction avec la téléphonie RTC. Elle joue le rôle de passerelle en faisant communiquer tout utilisateur connecté à Asterisk avec des utilisateurs connectés au réseau RTC.

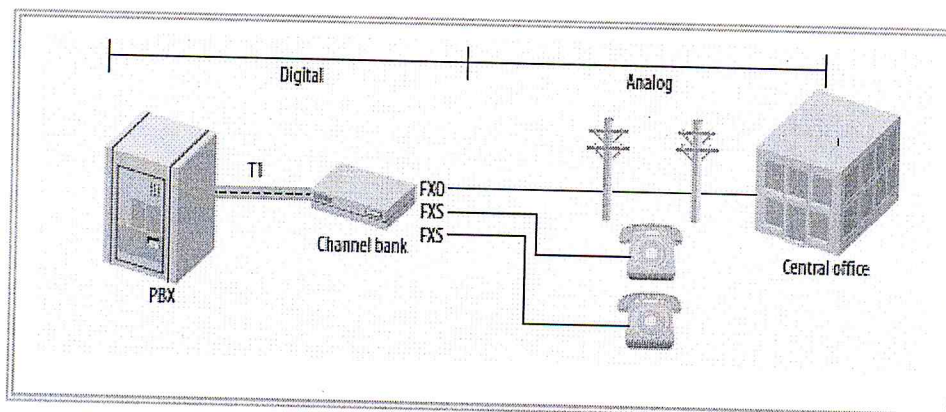


Figure III.6: le passage IP/RTC grâce à la carte TDM



### Slot PCI convenable pour la carte TDM :

Pour installer la carte TDM sur le Pc, il est nécessaire d'avoir un slot PCI correspondant à un slot de 32-bit et 5.0 volt. Sur la figure III.7, le slot n° 2 est le slot convenable à la carte TDM11B.

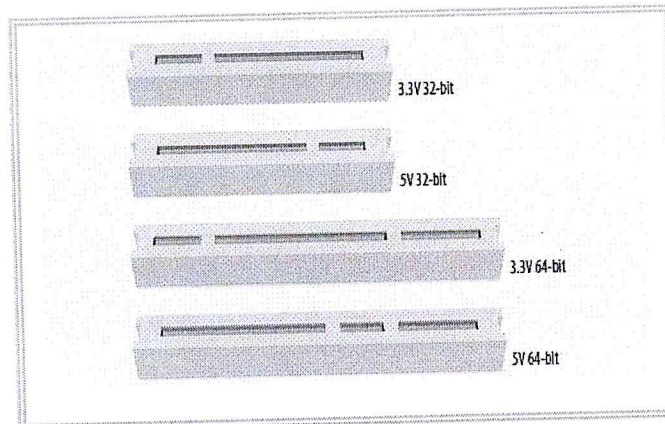


Figure III.7: Slot PCI Convenable

### Branchement des câbles :

Pour relier la carte au réseau : relier le port de FXO aux lignes extérieures et le téléphone-fax local de PSTN au port de FXS. Ce dernier initialise et envoie des signaux au module FXO.

### Configuration de la carte TDM :

La configuration de la carte TDM est faite dans le fichier `zaptel.conf` d'Asterisk. Ce fichier permet de définir lequel des ports de la carte sera relié à la ligne téléphonique externe (RTC) et lequel sera connecté au poste téléphonique analogique. La partie définition des ports est la suivante :

Fichier `zaptel.conf` :

`fxoks = 1` ; le premier port de la carte recevra le signal 80v de la ligne téléphonique externe.  
`fxsks = 4` ; le 4ème port, va alimenter le poste téléphonique analogique

### III.4.2. Configuration du fax sous Asterisk

Toutefois, à l'heure où les entreprises migrent leur trafic voix vers un environnement IP, on constate également qu'elles ont naturellement tendance à migrer leur trafic fax vers IP. Parmi les raisons qui expliquent la popularité du fax à commutation de circuit en temps réel, citons la réception d'un fax en temps réel, la notification immédiate de l'envoi effectif du fax et le fait que le destinataire connaît le numéro de téléphone de l'expéditeur, ainsi que l'heure de réception du fax. Ces fonctionnalités sont devenues essentielles sur tous les télécopieurs et ont défini des attentes qui continueront de valoir pour les nouveautés en matière de communication par fax, notamment le fax sur IP.

La configuration du fax sous asterisk se fait dans les fichiers 'zapata.conf' et 'extensions.conf' (dial plan). Les fichiers de configuration sont donnés en annexe.

### III.4.3. Configuration d'Asterisk avec le réseau IP

La configuration d'asterisk avec le réseau IP, pour permettre les appels de type Pc vers Pc, comporte les fichiers 'sip.conf' et 'extensions.conf.'

La figure ci-dessous illustre le cas d'Asterisk avec IP (Pc2Pc).

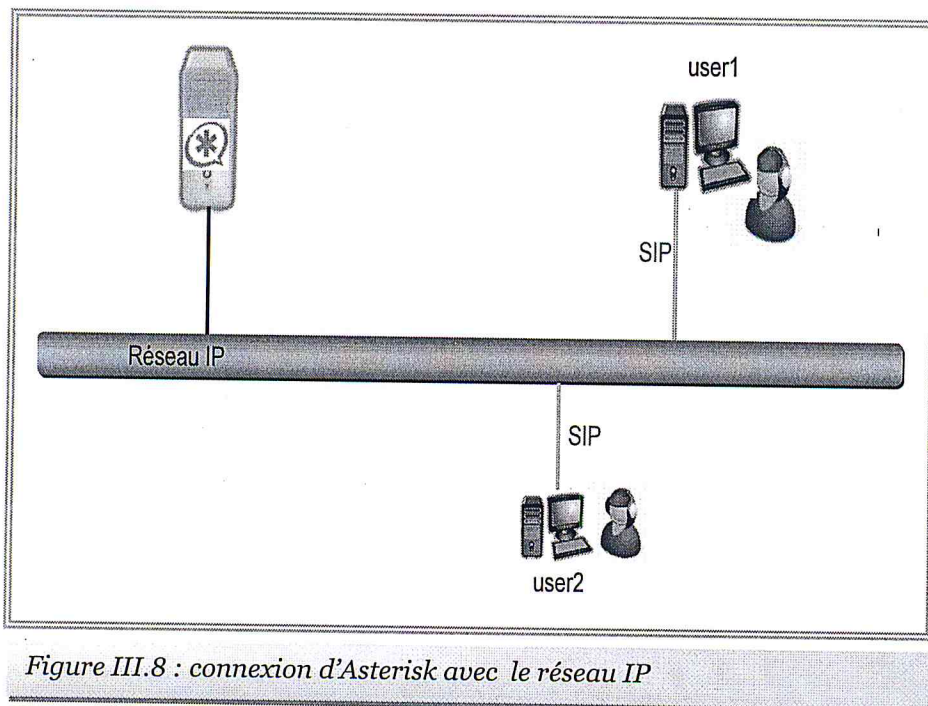


Figure III.8 : connexion d'Asterisk avec le réseau IP



Les fichiers de configuration dans ce cas sont :

- **Extensions.conf** : chaque utilisateur a une extension bien définie dans ce fichier.
- **Sip.conf** : Contient les paramètres relatifs au protocole SIP pour l'accès au serveur Asterisk, les clients doivent y figurer afin de pouvoir recevoir ou effectuer un appel via le serveur.

La 1ère partie sert pour les options générales de SIP comme l'adresse IP et le port correspondant. Les sections suivantes définissent les paramètres clients tels que le nom d'utilisateur, son mot de passe, l'adresse IP par défaut pour les utilisateurs non enregistrés.

- **username** : nom de l'utilisateur,
- **secret** : mot de passe du compte,
- **context** : contexte dans lequel est associé le compte dans le fichier extension.conf,
- **type** : type de compte. Il en existe 3
  - **Peer** : pour les appels sortants,
  - **User** : pour simplement être appelé comme dans les centres d'appels
  - **Friend** : pour appeler et être appelé.
- **Host** : l'adresse IP du client

**Les clients utilisant des soft phones** : pour établir des appels de type Pc2Pc ou Pc2Phone, nous avons utilisé le soft phone x-lite [25][26]. Le soft phone est un programme qui utilise les haut-parleurs et les microphones ou un casque pour permettre de passer et de recevoir des appels.

Les paramètres de configuration des clients sont les mêmes sur Asterisk. Nous trouvons le nom de l'utilisateur, son mot de passe et l'adresse IP du serveur Asterisk. La figure III.9 montre ces détails.





Figure III.9 : Configuration d'un client SIP sur X-lite

#### III.4.4. Configuration de la messagerie vocale (Voice Mail)

La messagerie vocale ou "Voice Mail" consiste à laisser un message audio dans la boîte vocale du correspondant. Le principe du service de messagerie audio consiste à définir un numéro de boîte vocale associé à un utilisateur. Les messages laissés sont ensuite accessibles sur l'interface principale. Une icône disposée au bas de l'interface indique le nombre messages reçus.

Le service de messagerie audio se met en place via la configuration de seulement trois fichiers : le premier permet de définir les paramètres du compte de messagerie vocale, le deuxième d'accéder à la boîte vocale, et le troisième de signaler à un utilisateur tout nouveau message vocal reçu.

##### Les étapes suivies sont:

1. Création des comptes de messagerie audio dans le fichier "VoiceMail.conf". Ce fichier permet de définir les paramètres du compte de messagerie vocale. Le format est le suivant :

mailbox\_number => password, name, email



Où

Mailbox\_number est le N° de la boîte vocale,

Password est le mot de passe pour accéder à la boîte vocale.

2. Enregistrement de message : l'enregistrement du message se fait après quelques secondes d'attentes (dans notre cas 20 secondes). La configuration de l'enregistrement se fait dans le fichier 'extensions.conf'.
3. Signaler la présence d'un nouveau message audio.

### III.5. Analyse du système VOIP

Pour analyser le système, nous avons utilisé un Pc témoin sur lequel l'outil WireShark est installé.

**L'outil WireShark** : WireShark est un open source qui permet de capturer les trames échangées entre les terminaux de la plateforme décrite [27]. Il nous permet de suivre les différentes étapes d'établissement d'appels afin de s'assurer du bon fonctionnement de notre système d'appel, en ce qui concerne :

- L'enchaînement des étapes : Signalisation, puis codage jusqu'au l'échange du flux RTP entre les correspondants.
- Les caractéristiques du protocole SIP : Rapidité d'établissement d'appels, nombre de paquets échangé, etc.

### III.6. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté le système VOIP développé. Le système est composé d'un serveur asterisk, d'un Pc témoin, des clients (PC, Téléphone analogique/Fax) et une passerelle (RTC/IP).

Asterisk est un logiciel open source, qui offre toutes les fonctionnalités d'un PBX et même plus. Flexible et interopérable avec beaucoup de protocoles de communications en particulier SIP. Aussi, il supporte plusieurs codecs de la norme ISO tels que G711, ADPCM et GSM.

L'outil WireShark installé sur le Pc témoin nous a permis d'analyser le trafic du réseau et de s'assurer du bon fonctionnement du système.

Nous avons utilisé deux types de clients : les PC dotés de soft phone (x-lite) qui leur permettent d'établir leurs appels et de les recevoir, et un téléphone/fax.

Le chapitre suivant est destiné à la présentation des tests effectués sur la plateforme VOIP et les résultats obtenus.



*Chapitre 4 :*  
*Tests & Résultats*

## IV.1. Introduction

Après la conception et l'implémentation du système VOIP, nous procédons, dans ce chapitre, aux différents tests du système VOIP pour s'assurer du bon fonctionnement de celui-ci et de présenter les résultats obtenus sur Asterisk. Nous terminons le chapitre par l'analyse du trafic du réseau grâce à l'outil WireShark.

## IV.2. Test de faisabilité

L'objectif de ce test est de montrer que l'architecture proposée fonctionne correctement sur le réseau IP autant que sur le réseau hétérogène (IP/RTC).

### Plateforme de test

Le système VOIP est composé de :

- Un serveur Asterisk : une machine Compaq équipé d'une carte TDM11B (la passerelle RTC/IP) sous la distribution Centos 1.4.
- Un Pc témoin : pour analyser les performances du système sur le réseau grâce à l'outil WireShark 1.6.1 sous Windows XP.
- Deux clients : deux Pc(s) HP/Compaq sous Windows sur lesquels nous avons installé le soft phone x-lite.
- Un téléphone analogique/Fax : identifié sous le numéro 1000.

### IV.2.1. Tests sur le réseau hétérogène « IP + RTC »

#### a). Scénario "Pc vers un téléphone analogique ou portable ":

Dans ce cas, un utilisateur, ayant un soft phone sur son ordinateur, appelle un utilisateur du réseau RTC ou réseau GSM. Nous remarquons sur l'interface de x-lite que le téléphone du destinataire sonne « Ringing », ce qui est indiqué aussi sur l'interface d'Asterisk (la ligne Zap 1/1 Ringing).

Par conséquent, l'établissement d'appel d'un Pc vers le réseau RTC ou vers le réseau GSM (portable) est réalisé avec succès.



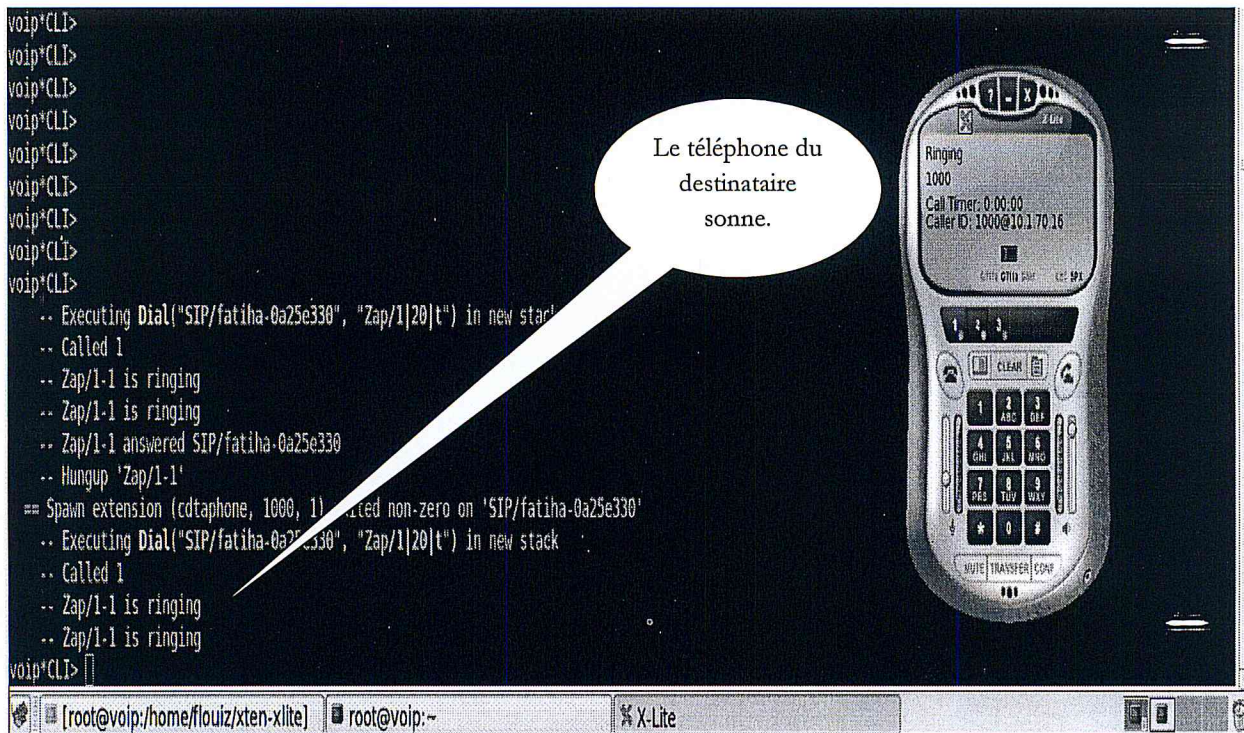


Figure IV.1 : Etablissement d'appel PC2Phone (fixe)

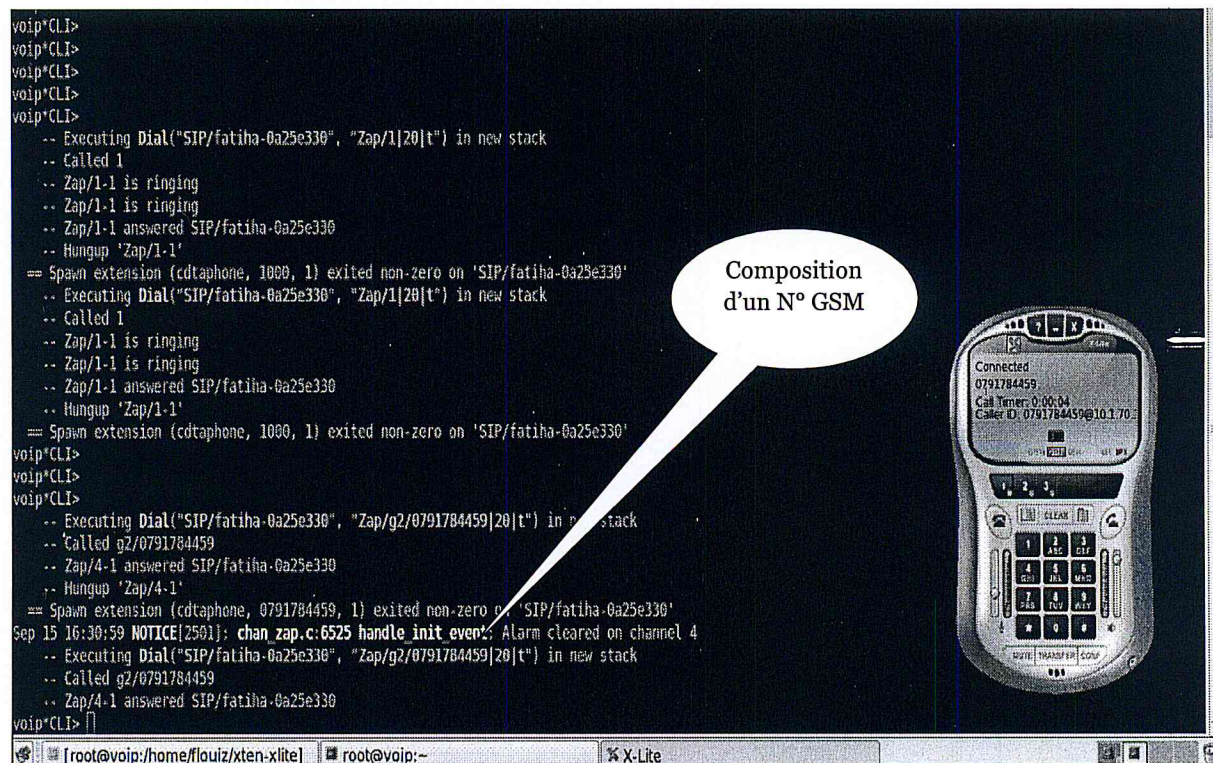


Figure IV.2 : Etablissement d'appel PC2Phone (portable)



**b). Scénario 2 " téléphone vers téléphone (Phone2Phone) " :**

L'émission d'appel se fait partir du téléphone connecté au serveur Asterisk dont le numéro est 021 35 05 52 vers un autre téléphone qu'il soit un téléphone fixe ou un téléphone portable.

```

root@voip:~
Fichier Édition Affichage Terminal Onglets Aide
[root@voip ~]# asterisk
Asterisk already running on /var/run/asterisk.ctl. Use 'asterisk -r' to connect
.
[root@voip ~]# asterisk -r
Asterisk 1.2.40, Copyright (C) 1999 - 2007 Digium, Inc. and others.
Created by Mark Spencer <markster@digium.com>
Asterisk comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY; type 'show warranty' for details.
This is free software, with components licensed under the GNU General Public
License version 2 and other licenses; you are welcome to redistribute it under
certain conditions. Type 'show license' for details.
=====
Connected to Asterisk 1.2.40 currently running on voip (pid = 2392)
Verbosity is at least 3
-- Remote UNIX connection
-- Starting simple switch on 'Zap/1-1'
-- Hungup 'Zap/1-1'
-- Starting simple switch on 'Zap/1-1'
-- Executing Dial("Zap/1-1", "Zap/g2/021245580|20|t") in new stack
-- Called g2/021245580
-- Zap/4-1 answered Zap/1-1
-- Hungup 'Zap/4-1'
== Spawn extension (internal, 021245580, 1) exited non-zero on 'Zap/1-1'
-- Hungup 'Zap/1-1'
voip*CLI>
    
```

Etablissement d'appel

Fin de la communication

Figure IV.3 : Etablissement d'appel (Téléphone vers Téléphone)

Une fois la communication est terminée un message "Hungup" est affiché.

**c). Fax à travers Internet**

L'émission du fax à été fait à partir de l'appareil branché au serveur Asterisk vers un autre fax à travers l'Internet. La figure ci-dessous montre bien que l'émission du fax à travers Internet est réalisée avec succès.

```

SENDING REPORT
Sep. 06 2011 01:47PM
YOUR LOGO : CDTA
YOUR FAX NO. : 021350552
-----
NO. OTHER FACSIMILE START TIME USAGE TIME MODE PAGES RESULT
01 021351039 Sep.06 01:47PM 00'45 SND 01 OK
-----
TO TURN OFF REPORT, PRESS *MENU* #04.
THEN SELECT OFF BY USING *+* OR *-*.
    
```

Figure IV.4: Emission d'un fax à travers IP



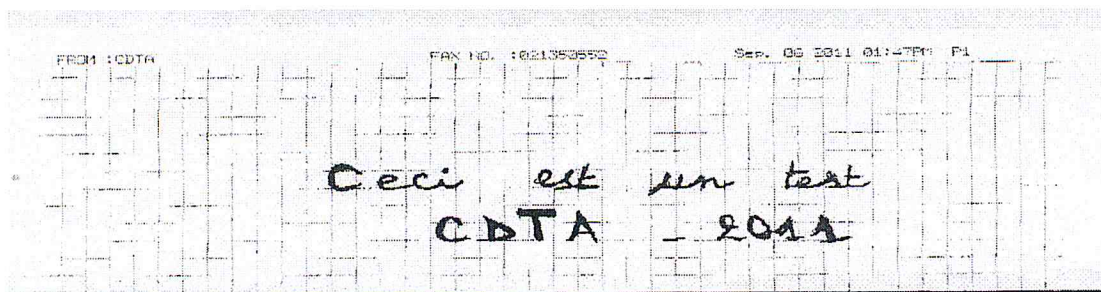


Figure IV.5: Confirmation de réception du fax.

## IV.2.2. Tests sur le réseau IP

a). Scénario "Ordinateur vers Ordinateur (Pc2Pc) " : appel d'un Pc vers un autre Pc, dans ce cas les deux utilisateurs sont enregistrés dans le fichier sip.conf et identifiés dans le fichier extensions.conf (dial plan).

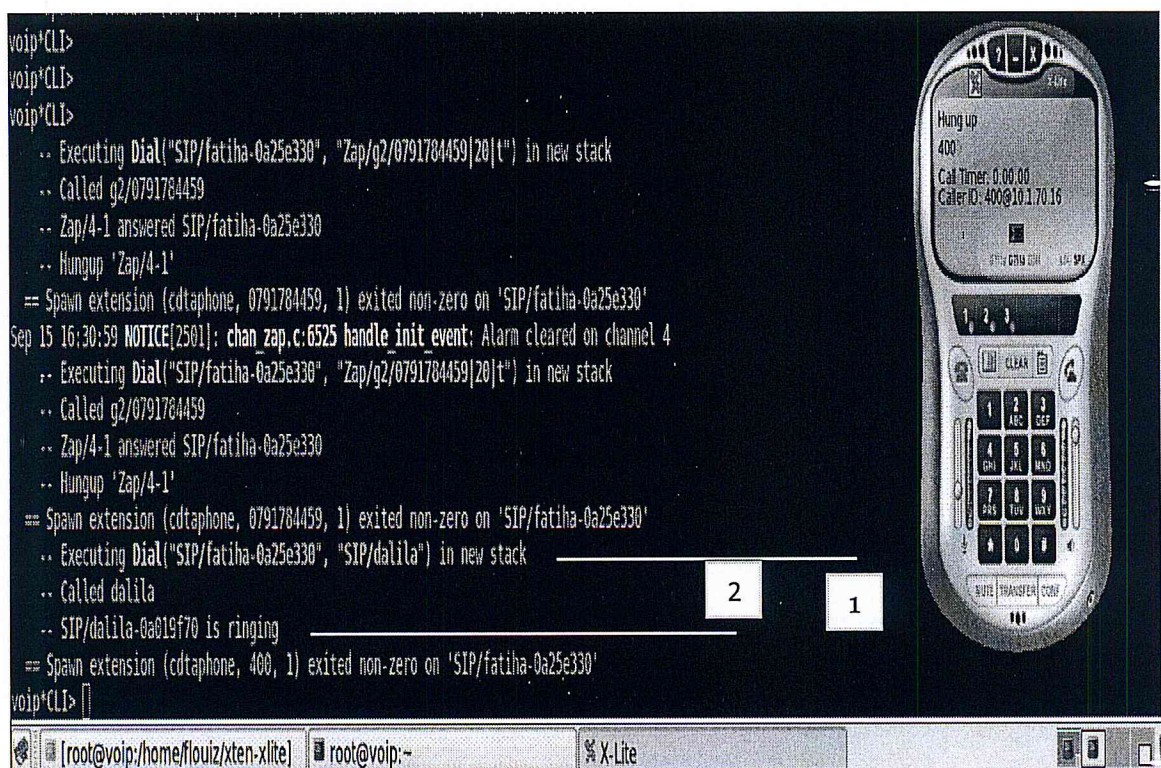


Figure IV.6 : Etablissement d'appel Pc2Pc



La ligne numérotée '1' indique que l'utilisateur 'fatiha' appelle l'utilisateur 'Dalila'. La ligne '2' montre bien que le téléphone du correspondant sonne, donc l'établissement d'appel est réussi.

b). La messagerie vocale (Voice Mail) :



Nbre de messages vocaux reçus

Figure IV.7 : La messagerie vocale

La figure IV.7 montre le nombre de messages laissés, dans notre cas 2 messages, dans la boîte vocale du correspondant.

### IV.3. Analyse avec WireShark

Nous avons deux types d'analyses du trafic sur le réseau :

1. Signalisation et établissement de l'appel pour tous les cas.
2. Vérification de la hiérarchie protocolaire.



## 1. Signalisation :

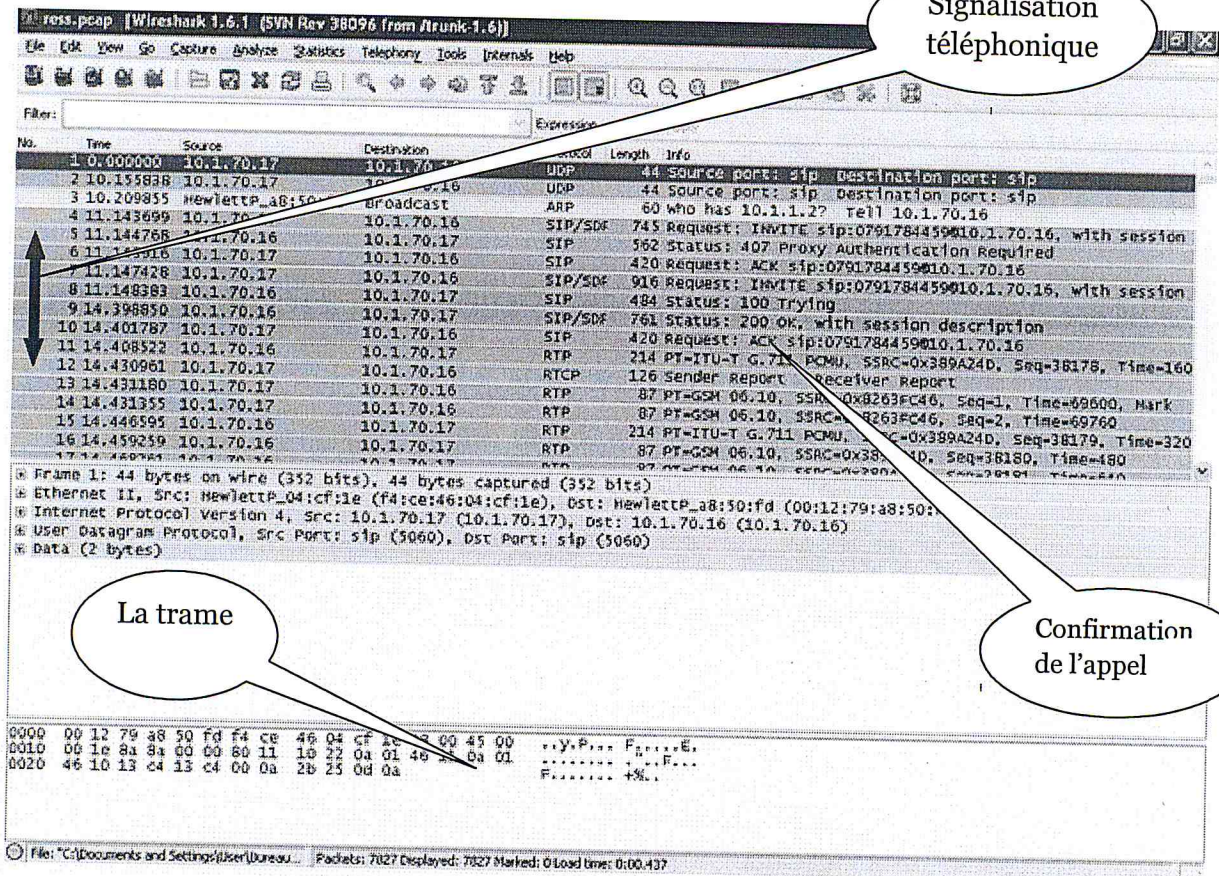


Figure IV.8 : Echange de requêtes/réponses entre les clients SIP

La figure IV.8 montre l'échange de requêtes et réponses entre les utilisateurs jusqu'à ce que le correspondant accepte l'appel. Ces échanges sont de type 'INVITE' et '100 Trying'. Une fois le récepteur décroche son téléphone un message '200 OK' est envoyé à l'émetteur et celui-ci envoie un accusé de réception 'ACK' afin que la session commence. Dès que l'un des utilisateurs raccroche son téléphone un message 'BYE' est envoyé indiquant fin de session.

## 2. Hiérarchie protocolaire :

Dans la figure IV.9, nous observons les différents protocoles intervenant dans une communication VOIP. Le premier protocole intervenant est le protocole de signalisation



SIP (Session Initialisation Protocol). Après, c'est l'encapsulation RTP/UDP/IP jusqu'à arriver à la couche Ethernet. Donc, la hiérarchie protocolaire est respectée.

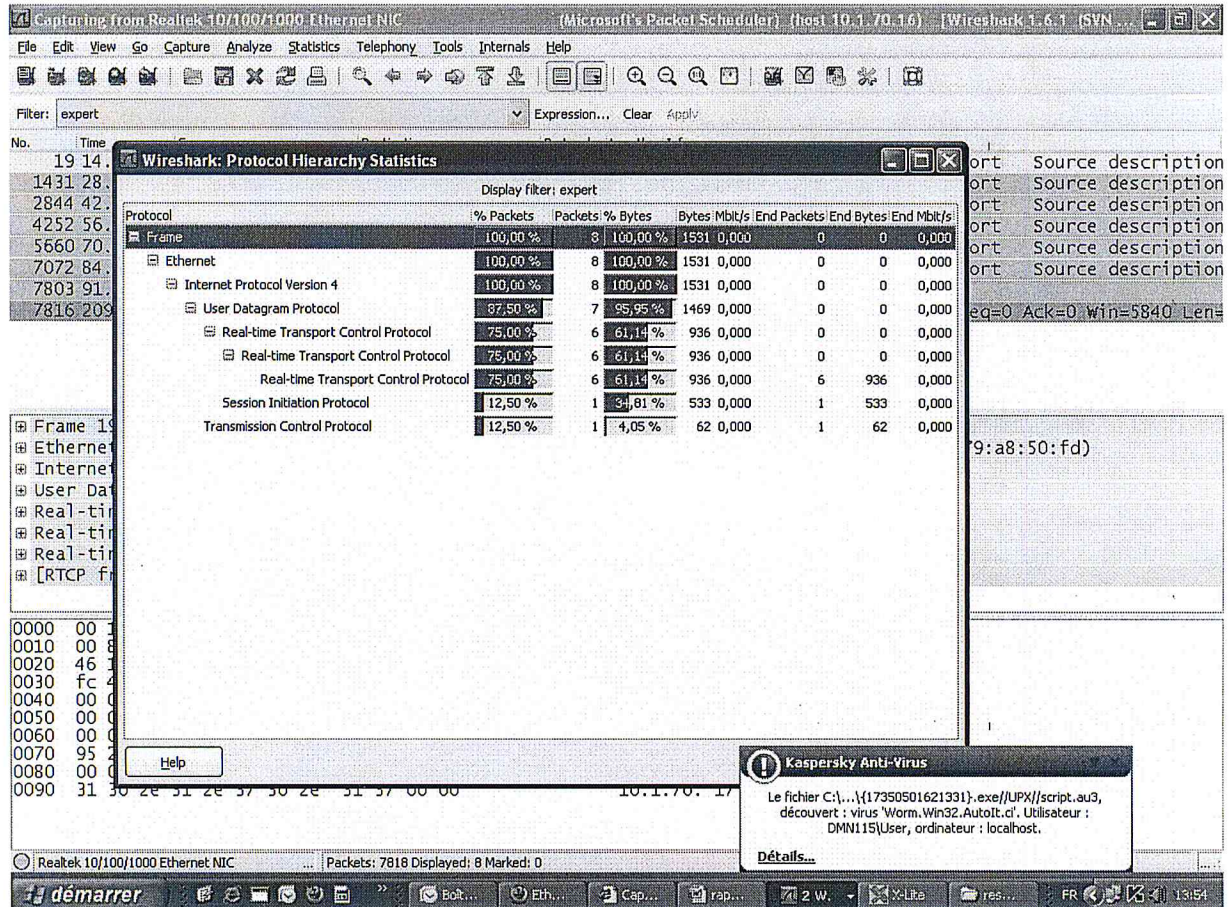


Figure IV.9 : la hiérarchie protocolaire dans une communication VOIP

#### IV.4. Tests subjectifs (Qualité de service liée aux codeurs)

Notre application a été testée par plusieurs personnes. Pour le scénario téléphone vers téléphone, la qualité des communications a été jugée bonne, elle est similaire à celle du réseau RTC. Pour les deux autres scénarios « Pc vers Pc » et « Pc vers téléphone », ils ont jugé acceptable mais il y avait le phénomène d'écho.

#### IV.5. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les différents tests effectués sur le système VOIP développé. Le premier test était le test de faisabilité où nous avons montré que

L'architecture proposée fonctionne correctement sur le réseau IP autant que sur le réseau RTC/IP. Les résultats obtenus montrent bien que les appels sont établis avec succès pour les différents scénarios de la VOIP. Le second test est le test subjectif, selon les utilisateurs du système, la qualité des communications est acceptable sauf pour quelques appels (cas de Pc vers Téléphone) où on entend le phénomène d'écho.

Pour analyser le trafic du réseau, nous avons utilisé l'outil WireShark, les résultats obtenus avec WireShark prouvent que la hiérarchie protocolaire (RTP/UDP/IP) est respectée.



# *Conclusion Générale*

## Conclusion Générale

Avec l'avènement de l'internet à haut débit, du multimédia, l'outil informatique est devenu, aujourd'hui, beaucoup plus qu'une simple machine de calcul, de bureautique, ou de recherche. Avec le développement croissant des technologies de communication numérique est né l'intérêt d'utiliser le réseau Internet pour envoyer de l'audio et de la vidéo.

Le principe de la voix sur IP consiste à faire circuler sur le réseau IP des paquets de données correspondant à des échantillons de voix numérisée tout en respectant des règles de codage et de transport.

Dans le cadre de notre étude, l'objectif de notre travail est de développer une plateforme Voix sur IP basée sur l'open source Asterisk.

En effet, Asterisk est open source ouvert, gratuit, puissant et performant. Il permet de transformer un simple Pc en un standard téléphonique.

Nous avons réussi à développer un système VOIP qui prend en considération les différents scénarios à savoir : Pc2Pc, Pc2Phone, Phone2Phone. et Fax via IP. Aussi, nous avons réalisé deux autres applications qui sont le fax à travers l'Internet et la messagerie vocale. Cette dernière consiste à laisser un message vocal à l'appelant quand il est absent.

Le rapport est composé de deux parties :

**Partie 1 :** Afin de mieux cerner cette nouvelle technologie, nous avons commencé par une étude sur les généralités de la VOIP. Au cours de cette partie, nous avons présenté les différentes architectures de la VOIP, les techniques de codage de la parole ainsi que les différents paramètres et protocoles qui gèrent le transport de la voix. Aussi, nous avons étudié les mécanismes qui garantissent la qualité de service de la VOIP.

**Partie 2 :** est consacrée à la conception du système VOIP et les résultats obtenus. Le système est composé d'un serveur Asterisk sous linux, des clients soft

phones, et un appareil téléphone/fax. Nous avons utilisé l'outil WireShark pour analyser le trafic du réseau.

Les résultats obtenus montrent clairement que l'établissement d'appels selon les différents scénarios (Pc vers Pc, Pc vers Téléphone et Téléphone vers téléphone) sont réalisés avec succès et la qualité des communications est acceptable sauf pour quelques appels (cas de Pc vers Téléphone) où on entend le phénomène d'écho. Aussi, nous avons développé deux autres applications importantes qui sont la messagerie vocale et le fax à travers Internet.

En perspective, il serait judicieux de :

1. Intégrer d'autres services tels que la vidéo et la conférence téléphonique.
2. Faire une étude approfondie sur la qualité du service ainsi, que les tests qui lui sont associées.

Une autre solution innovante serait d'embarquer le logiciel Asterisk sur une carte FPGA afin de réaliser un système VOIP portable.



# *Bibliographie*

## Références Bibliographiques

- [1] DONFACK Cédric Pérez, "Etude des spécifications de protocoles de signalisation relatifs à la téléphonie sur Internet", Mémoire de Fin d'Etudes d'Ingénieur de Conception en Informatique, ENSP, JUIN 2008.
- [2] A. Benabbas, "Etude software et implémentation hardware du codeur audio PCM G711", mémoire d'ingénieur, USTHB, 2005.
- [3] Patrice KADIONIK, "Réseau téléphonique : du RTC au RNIS Large Bande", support de cours, 18/04/2005.
- [4] SebF, "Voix sur IP", <http://www.frameip.com/voip/>, 14 décembre 2004.
- [5] N. Izeboudjen, f.Louiz, "An open Hardware Architecture based System On Chip for Voice Over Internet", JFAAA05 Dijon France pp 127-131, 18-21 janvier 2005.
- [6] Laurent Ouakil et Guy Pujolle, livre, "Téléphonie sur IP", 2<sup>ème</sup> édition, ISBN : 978-2-212-12359-3.
- [7] E. Ben Hassine et F.Morjen, "Evaluation des performances VOIP sur le Backbone de Tunisie Telecom", Mémoire de fin d'études, ISSAT Sousse, Juin 2009.
- [8] F. Louiz, "Etude et Implémentation des codeurs de la parole de la norme ITU en vue d'une application VOIP", Rapport de recherche, 2006.
- [9] OFCOM, "Notice d'information VOIP", Office Fédéral de la communication, 09 septembre 2002.

- [10] Jean Chiappini, "Performance de la VOIP sur les réseaux wireless", travail en télécommunication réseaux et services, 2002.
- [11] DANG Quang Vu, "Comparaison de la technologie de la norme H.323 et la technologie de SIP pour l'application au service de la voix sur IP(VOIP)", Rapport, (TIPE), Juillet 2005.
- [12] Groupe d'experts, "Téléphonie sur IP", Rapport technique, ITU, octobre 2001.
- [13] Tristan Debeauvais] : Tristan Debeauvais, " La téléphonie sur IP", 2 septembre 1997.
- [14] Guillaume Madre, "Application de la transformé en nombres entiers à l'étude et au développement d'un codeur de la parole pour transmission sur réseaux IP", these de doctorat de l'université de Bretagne occidentale, 2004.
- [15] "Wikipédia L'encyclopédie libre", <http://fr.wikipedia.org/wiki/H.245>, 2011.
- [16] Knut Ole Høge & Svein Birger Skogly, "Analysis of audio coding algorithms for networked embedded systems", These de Master en 'Information and communication Technology', the university Queensland, Australia, mai 2004.
- [17] Mathieu Sengelé, "Le protocole SIP et la gestion des sources dynamiques dans une session de groupe", DEA informatique.
- [18] "RTP et RTCP", Rapport technique, <http://www.efort.com>, 2008
- [19] Sasa Klampfer, "Influences of Classical and Hybrid Queuing Mechanisms on VoIP's QoS Properties" publié dans "VOIP TECHNOLOGIES" Edited by Shigeru Kashihara, ISBN 978-953-307-549-5; First published February, 2011



[20] "Pourquoi choisir les projets Open source", document eForce France, mars 2003.

[21] Jim Van Meggelen, Leif Madsen & Jared Smith, "Asterisk, The future of telephony", livre, Edition O'REILLY, 978-0-596-51048-0, 2<sup>ème</sup> edition 2007.

[22] Moo Wan Kim and Fumikazu Iseki, "VoIP System for Enterprise Network", publié dans le livre "VOIP TECHNOLOGIES" Edited by Shigeru Kashihara, ISBN 978-953-307-549-5; First published February, 2011

[23] Site digium, <http://www.digium.com>.

[24] "Analog 410 series TDM 410", manual, Release 1.0, 2008.

[25] <http://www.counterpath.com/x-lite.html>.

[26] <http://www.asteriskguru.com/>

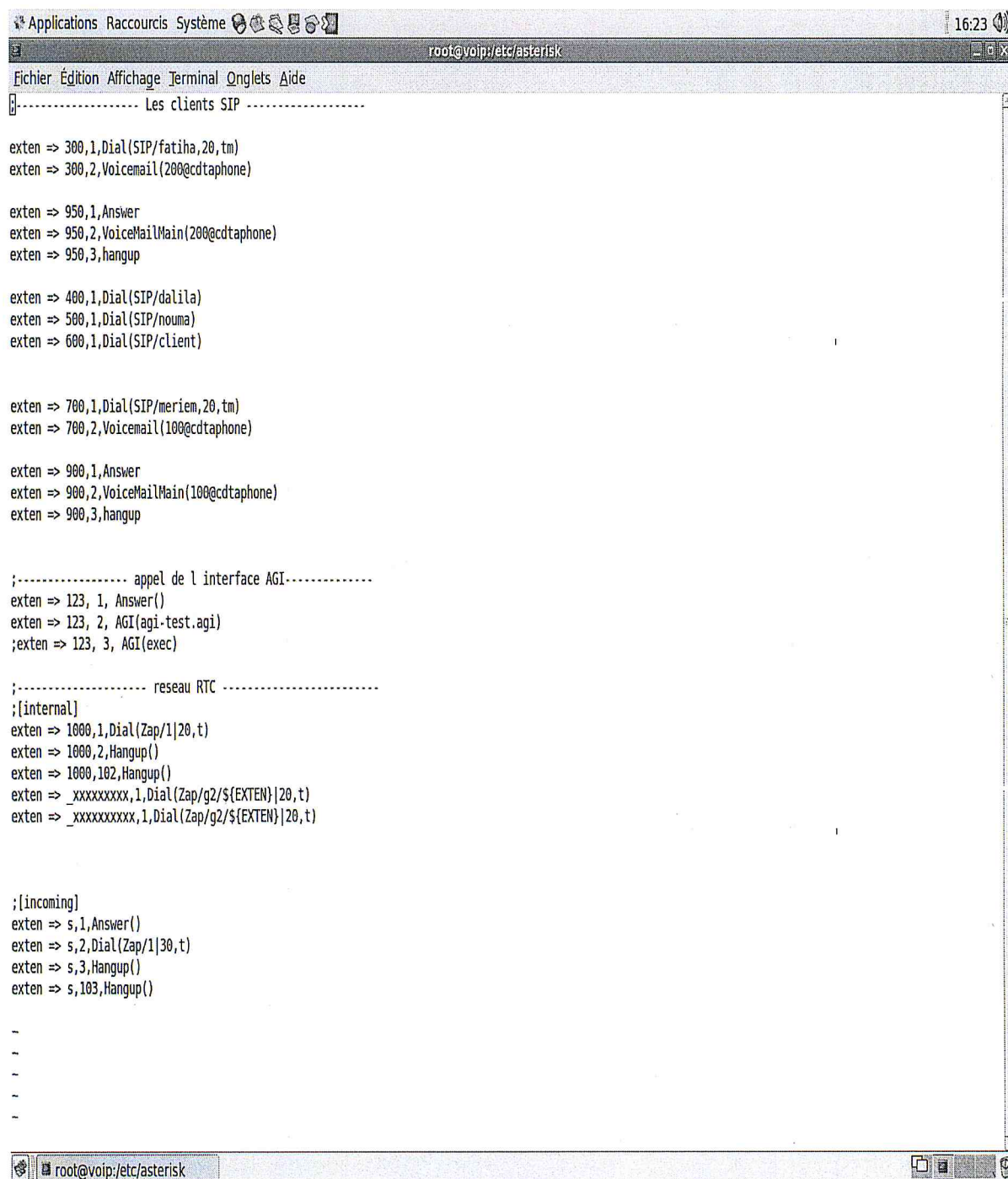
[27] <http://www.wireshark.org/>.

# *Annexe*

## Annexe

Dans cette partie, nous présentons tous les fichiers de configuration du système VOIP.

### Fichier extensions.conf (dial plan):



```
Applications Raccourcis Système 16:23
root@voip/etc/asterisk
Fichier Édition Affichage Terminal Onglets Aide
|----- Les clients SIP -----

exten => 300,1,Dial(SIP/fatiha,20,tm)
exten => 300,2,Voicemail(200@cdtaphone)

exten => 950,1,Answer
exten => 950,2,VoiceMailMain(200@cdtaphone)
exten => 950,3,hangup

exten => 400,1,Dial(SIP/dalila)
exten => 500,1,Dial(SIP/nouma)
exten => 600,1,Dial(SIP/client)

exten => 700,1,Dial(SIP/meriem,20,tm)
exten => 700,2,Voicemail(100@cdtaphone)

exten => 900,1,Answer
exten => 900,2,VoiceMailMain(100@cdtaphone)
exten => 900,3,hangup

;----- appel de l interface AGI-----
exten => 123, 1, Answer()
exten => 123, 2, AGI(agi-test.agi)
;exten => 123, 3, AGI(exec)

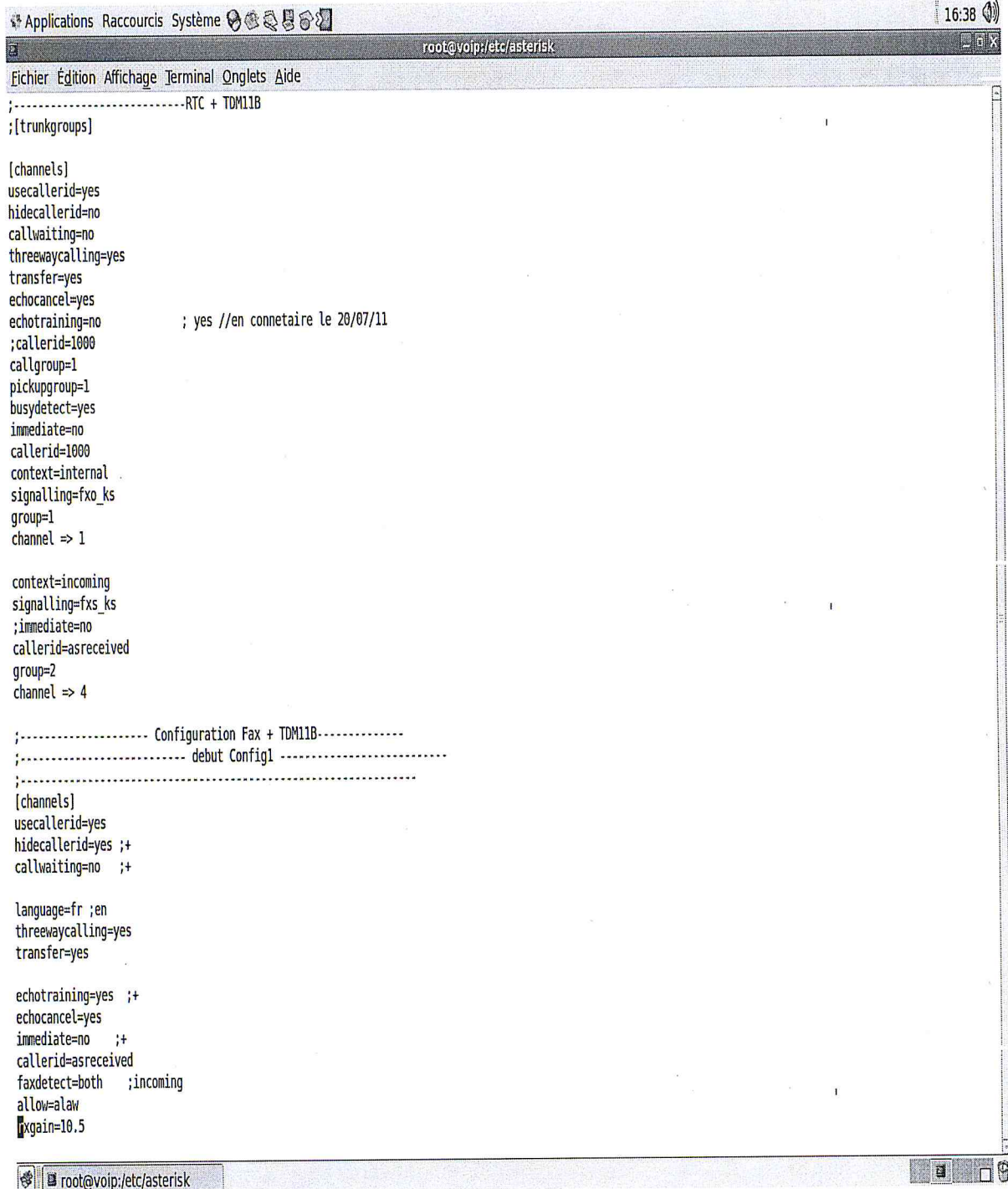
;----- reseau RTC -----
;[internal]
exten => 1000,1,Dial(Zap/1|20,t)
exten => 1000,2,Hangup()
exten => 1000,102,Hangup()
exten => _xxxxxxxx,1,Dial(Zap/g2/${EXTEN}|20,t)
exten => _xxxxxxxx,1,Dial(Zap/g2/${EXTEN}|20,t)

;[incoming]
exten => s,1,Answer()
exten => s,2,Dial(Zap/1|30,t)
exten => s,3,Hangup()
exten => s,103,Hangup()

-
-
-
-
```



## Fichier Zapata.conf



```
Applications Raccourcis Système 16:38
root@voip:/etc/asterisk
Fichier Édition Affichage Terminal Onglets Aide
;-----RTC + TDM11B
;[trunkgroups]

[channels]
usecallerid=yes
hidecallerid=no
callwaiting=no
threewaycalling=yes
transfer=yes
echocancel=yes
echotraining=no ; yes //en connetaire le 20/07/11
;callerid=1000
callgroup=1
pickupgroup=1
busydetect=yes
immediate=no
callerid=1000
context=internal
signalling=fxo_ks
group=1
channel => 1

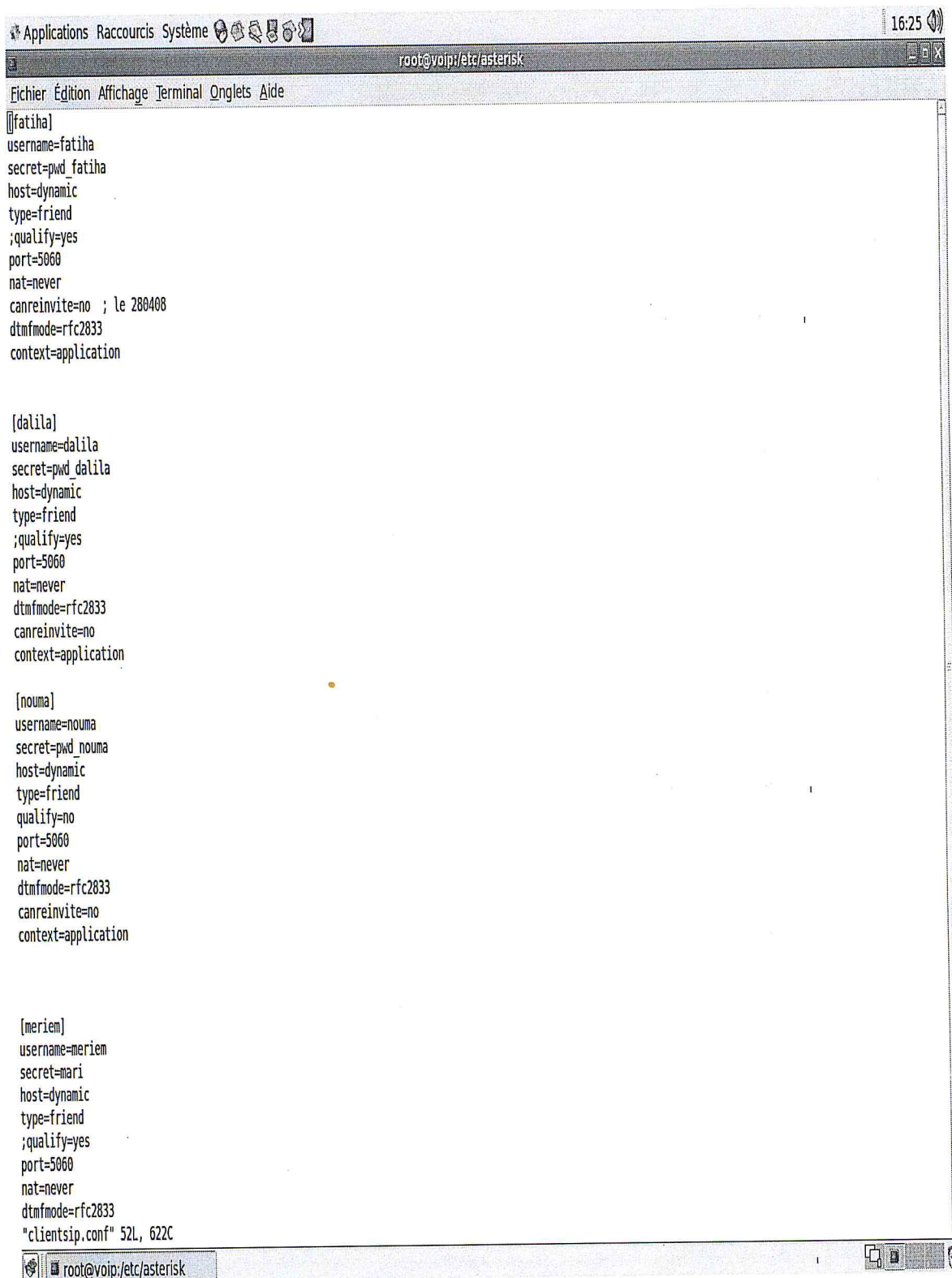
context=incoming
signalling=fxs_ks
;immediate=no
callerid=asreceived
group=2
channel => 4

;----- Configuration Fax + TDM11B-----
;----- debut Config1 -----
;-----
[channels]
usecallerid=yes
hidecallerid=yes ;+
callwaiting=no ;+

language=fr ;en
threewaycalling=yes
transfer=yes

echotraining=yes ;+
echocancel=yes
immediate=no ;+
callerid=asreceived
faxdetect=both ;incoming
allow=alaw
|xgain=10.5
```

## Fichier sip.conf :



```
Applications Raccourcis Système 16:25
root@voip:/etc/asterisk
Fichier Édition Affichage Terminal Onglets Aide
[[fatiha]
username=fatiha
secret=pwd_fatiha
host=dynamic
type=friend
;qualify=yes
port=5060
nat=never
canreinvite=no ; le 280408
dtmfmode=rfc2833
context=application

[dalila]
username=dalila
secret=pwd_dalila
host=dynamic
type=friend
;qualify=yes
port=5060
nat=never
dtmfmode=rfc2833
canreinvite=no
context=application

[nouma]
username=nouma
secret=pwd_nouma
host=dynamic
type=friend
qualify=no
port=5060
nat=never
dtmfmode=rfc2833
canreinvite=no
context=application

[meriem]
username=meriem
secret=mari
host=dynamic
type=friend
;qualify=yes
port=5060
nat=never
dtmfmode=rfc2833
"clientsip.conf" 52L, 622C
root@voip:/etc/asterisk
```

Fichier Voicemail.conf :

```
root@voip:/etc/asterisk
Fichier Édition Affichage Terminal Onglets Aide
|directoryintro=dir-company2
1234 => 5678,Company2 User,root@localhost

;/// ***** configuration de voicemail *****

[general]
format=gsm
attach=yes
fronstring=Ma messagerie vocale
[cdtaphone]
100=>200,meriem,mari.meriem@hotmail.com
200=>333,fatiha,flouiz@yahoo.fr
```