



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO
ECOLE SUPERIEURE POLYTECHNIQUE D'ANTANANARIVO
DEPARTEMENT ELECTRONIQUE



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES
EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR

Spécialité : ELECTRONIQUE

Option : INFORMATIQUE APPLIQUEE

Réalisation d'une communication vocale VoIP via l'IPBX Asterisk

Présenté par : ANDRINIARIVO Nantenaina Sandiharivelo

N° d'ordre : 10/EN/IA/2010

Soutenu, le 16 juin 2011



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO
ECOLE SUPERIEURE POLYTECHNIQUE D'ANTANANARIVO
DEPARTEMENT ELECTRONIQUE
MEMOIRE DE FIN D'ETUDES
EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR



Spécialité : ELECTRONIQUE

Option : INFORMATIQUE APPLIQUEE

Réalisation d'une communication vocale VoIP via L'IPBX Asterisk

Soutenu, le 16 juin 2011 par **ANDRINIARIVO Nantenaina Sandiharivelo** devant le jury :

Président :

Monsieur **RASTEFANO** Elisée

Examineurs :

Monsieur **RAKOTONDRA**SOA Justin

Monsieur **RABESANDRATANA ANDRIAMIHAJA** Mamisoa

Monsieur **RANDRIAMAROSON** Rivo Mahandrisoa

Encadreur:

Madame **RABEHERIMANANA** Lyliane Irène

N° d'ordre : 10/EN/IA/2010

Année Universitaire 2009-2010



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO
ECOLE SUPERIEURE POLYTECHNIQUE D'ANTANANARIVO
DEPARTEMENT ELECTRONIQUE
MEMOIRE DE FIN D'ETUDES
EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR



Spécialité : ELECTRONIQUE

Option : INFORMATIQUE APPLIQUEE

Réalisation d'une communication vocale VoIP *via* L'IPBX Asterisk

Soutenu, le **16 juin 2011** par **ANDRINIARIVO Nantenaina Sandiharivelo** devant le jury :

Président :

Monsieur **RASTEFANO** Elisée

Examineurs :

Monsieur **RAKOTONDRA SOA** Justin

Monsieur **RABESANDRATANA ANDRIAMIHAJA** Mamisoa

Monsieur **RANDRIAMAROSON** Rivo Mahandrisoa

Encadreur:

Madame **RABEHERIMANANA** Lyliane Irène

N° d'ordre : 10/EN/IA/2010

Année Universitaire 2009-2010

- REMERCIEMENTS -

Gloire à Dieu pour la vie, la santé et le savoir, et sans qui, rien en ce monde n'aurait pu être et ne serait.

Au terme de ces cinq années d'études, il m'est particulièrement agréable de remercier les nombreuses personnes qui ont, à des titres divers, participé à l'élaboration du présent travail.

Je tiens tout d'abord à remercier Monsieur RATSIMBA MAMY Nirina, Chef du Département Electronique, qui n'a ménagé aucun effort pour la poursuite et l'intégralité de notre enseignement et faire de cette formation un gage de réussite.

Je remercie également Monsieur RASTEFANO Elisée, ancien Chef du Département Electronique, pour m'avoir guidé par ses conseils et ses suggestions durant les quatre années d'études et qui me fait l'honneur de présider le jury de soutenance.

Mes remerciements vont indubitablement à Messieurs les membres du jury pour avoir accepté d'examiner et pris le soin d'évaluer ce travail malgré leurs multiples obligations :

Monsieur RAKOTONDRA SOA Justin

Monsieur RABESANDRATANA ANDRIAMIHAJA Mamisoa

Monsieur RANDRIAMAROSON Rivo Mahandrisoa

Toutes mes reconnaissances envers Madame RABEHERIMANANA Lyliane Irène, rapporteur de ce mémoire, qui en dépit de ses multiples responsabilités m'a dirigé avec patience et qui a su trouver le temps pour être un guide éclairé durant les travaux de recherches.

Les connaissances dans les domaines de la technologie électronique, de l'informatique et de la gestion, ainsi que les convictions morales et éthiques sociales attendues de l'ingénieur ne nous sont jamais acquises sans les professeurs de l'Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo que je tiens à remercier sincèrement.

Que mes parents, famille et amis trouvent ici le témoignage de ma reconnaissance pour le soutien et l'attention qu'ils m'ont continuellement apportés dans les moments difficiles.

À toutes ces personnes, de bonne volonté, qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail que je réitère mes sincères et profondes gratitudees.

Sandy

- RESUME -

Ce travail est consacré à la traitement de la voix par la réalisation d'une communication vocale VoIP via l'IPBX asterisk afin de travailler dans un réseau unique qui est la fusion du réseau Téléphonique Commuté et du réseau informatique.

Le système est composé d'un IPBX nommé Asterisk installé sur Debian5 et de deux clients X-Lite, softphone installé sur des ordinateurs Windows. Nous avons mis l'ensemble dans un réseau wifi.

Enfin, nous avons configuré l'Asterisk pour bénéficier des fonctions téléphoniques telles les appels entre terminaux, double appel, la messagerie vocale, conférence audio, transfert d'appels.

- SOMMAIRE -

REMERCIEMENTS	i
RESUME	ii
SOMMAIRE.....	iii
LISTE DES ABREVIATIONS	v
LISTE DES TABLEAUX	viii
LISTE DES FIGURES	ix
INTRODUCTION GENERALE	1
<i>Chapitre 1 : RESEAUX ET TRAITEMENT DE LA VOIX</i>	2
1.1 - RESEAU TELEPHONIQUE	2
1.1.1 Autocommutateur public	2
1.1.2 Commutateur privé PABX.....	3
1.2 - RESEAU INFORMATIQUE	3
1.2.1 Architecture TCP/IP	4
1.2.2 Réseau sans fil	11
1.2.3 IPBX.....	12
1.3 - TRAITEMENT DE LA VOIX	14
2.1.1 Aperçu	14
2.1.2 Codages	16
<i>Chapitre 2 : MISE EN PLACE DE LA VOIX SUR IP</i>	19
2.2 - NORMES ET PROTOCOLES	19
2.2.1 Protocole SIP	19
2.2.2 Autres protocoles	23
2.3 - DIFFERENTES ARCHITECTURES	26
2.3.1 De PC à PC.....	26
2.3.2 De Téléphone à Téléphone.....	27
2.3.3 De PC à Téléphone.....	29

2.4 - PARAMETRES	29
2.4.1 Latence	30
2.4.2 Gigue.....	33
2.4.3 Perte et déséquence ment de paquets	33
2.4.4 Phénomène d'écho.....	34
2.5 - PROBLEMATIQUES	35
<i>Chapitre 3 : REALISATION ET PARAMETRAGE</i>	36
3.1 - ARCHITECTURE ADOPTEE	36
3.2 - SOFTPHONE X-Lite	37
3.2.1 Description	37
3.2.2 Configuration.....	38
3.2.3 Observation	39
3.3 - ASTERISK	40
3.3.1 Fonctionnalités	41
3.3.2 Configuration.....	41
3.3.3 Résultats	43
3.4 - APPLICATIONS	44
3.4.1 Communication point à multipoint.....	44
3.4.2 Communication point à point.....	45
CONCLUSION GENERALE	48
ANNEXES	49
ANNEXE 1 : Catégories et normes de réseau sans fil	50
ANNEXE 2 : Architecture ISO et TCP/IP	55
ANNEXE 3: Installation de Asterisk sur Debian	59
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	61

- LISTE DES ABREVIATIONS -

3GPP	Third Generation Partnership Project
ACELP	Algebraic Codebook Excited Linear Prediction
ACK	ACKnowledged
ADPCM	Adaptive Differential Pulse Code Modulation
ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line
ARP	Address Resolution Protocol
CLI	Command Line Interface
CODEC	Codeur Décodeur
CS-ACELP	Conjugate Structure Algebraic Code Excited Linear Prediction
DECT	Digital European Cordless Telephone
DOD	Department Of Defense
DOS	Deny Of Service
DSSS	Direct Sequence Spread Spectrum
DSP	Digital Signal Processor
EDGE	Enhanced Data GSM Environment
Email	Electronic Mail
ETSI	European Telecommunications Standard Institute
FHSS	Frequency Hopping Spread Spectrum
GK	Gatekeeper
GNU	GNU is Not Unix
GPL	General Public License
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Global System for Mobile communications
GW	Gateway
HiperLAN2	High Performance Radio LAN
HTTP	HyperText Transfer Protocol
HomeRF	Home Radio Frequency
IANA	Internet Assigned Numbers Authority ou Internet Address Naming Authority
IAX	Inter-Asterisk eXchange
ICMP	Internet Control Message Protocol
IEEE	Institute of Electrical and Electronic Engineer
IETF	Internet Engineering Task Force
IHL	IP Header Length

ILS	Internet Locator Server
INTERNET	Interconnected Network
IP	Internet Protocol
IPBX (IP-PBX)	IP Private Branch eXchange
ISDN	Integrated Services Digital Networks
ISO	International Standard Organization
ITU	International Telecommunication Union
LAN	Local Area Network
LLC	Logical Link Control
LPAS	Linear Prediction Analysis by Synthesis
LS	Location Server
MAC	Media Access Control
MAN	Metropolitan Area Network
MEGACO	Media Gateway Controller
MGCP	Media Gateway Control Protocol
MMUSIC	Multiparty Multimedia Session Control
MOS	Mean Opinion Score
MP-MLQ	Multi Pulse - Maximum Linklihood Quantization
NAT	Network Address Translation
NIC	Network Information Center
OSI	Open System Interconnexion
PAN	Personal Area Network
PBX (PABX)	Private (Automatic) Branch eXchange
PC	Personal Computer
PCM(MIC)	Pulse Code Modulation ou Modulation par Impulsion et Codage
PDA	Personal Digital Assistant
POTS	Plan Old Telephon Service
PS	Proxy Server
PSTN	Public Switched Telephone Network
QoS	Quality of Service
RAN	Regional Area Network
RARP	Reverse Address Resolution Protocol
RAS	Registration, Admission and Status
RFC	Request For Comments
RG	Registrar

RNIS	Réseau Numérique à Intégration de Service
RS	Redirect Server
RSVP	Resource reSerVation Protocol
RTC	Réseau Téléphonique Commuté
RTCP	Real-time Transport Control Protocol
RTP	Real-time Transport Protocol
RTPC	Réseau Téléphonique Publique Commuté
RPE-LTP	Regular Pulse Excited-Long Term Predictor
SGBDR	Systeme de Gestion de Base de Données Relationnel
SIP	Session Initiation Protocol
SMS	Short Message Service
SPIT	SPam over IP Telephony
TCP	Transport Control Protocol
TCP/IP	Transport Control Protocol/Internet Protocol
ToIP	Telephony over Internet Protocol
TTL	Time To Live
UA	User Agent
UAC	User Agent Client
UAS	User Agent Server
UDP	User Datagram Protocol
UMTS	Universal Mobile Telecommunication System
UIT-T	Union Internationale des Télécommunications – Télécommunications
UWB	Ultra-Wide Bande
VLAN	Virtual Local Area Network
VoIP	Voice over Internet Protocol
WAN	Wide Area Network
WiFi	Wireless Fidelity
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access
WLAN	Wireless Local Area Network
WMAN	Wireless Metropolitan Area Network
WRAN	Wireless Regional Area Network
WWAN	Wireless Wide Area Network

- LISTE DES TABLEAUX -

<u>Tableau I</u> : Comparaison entre les différentes classes d'adresse IP	8
<u>Tableau II</u> : Comparaison de TCP et UDP	11
<u>Tableau III</u> : Codecs de la VoIP	17
<u>Tableau IV</u> : Echelle utilisée pour l'évaluation de la qualité de la voix	18
<u>Tableau V</u> : Score MOS des différents codecs	19
<u>Tableau VI</u> : Normes de H.323	25
<u>Tableau VII</u> : Paramètres de la VoIP	30
<u>Tableau VIII</u> : Classe de qualité en fonction du temps de latence	31
<u>Tableau IX</u> : Qualité vocale en fonction du délai	32
<u>Tableau X</u> : Seuil de valeur pour les paramètres critiques	34
<u>Tableau XI</u> : Fonctions de base des boutons et zone de X-Lite	38
<u>Tableau XII</u> : Contenu du fichier sip.conf	41
<u>Tableau XIII</u> : Contenu du fichier extensions.conf	42
<u>Tableau XIV</u> : Contenu du fichier voicemail.conf	43
<u>Tableau XV</u> : Caractéristiques de réseaux sans fil Bluetooth	51
<u>Tableau XVI</u> : Présentation des deux couches wifi	51
<u>Tableau XVII</u> : Valeurs Caractéristiques de 802.11	52
<u>Tableau XVIII</u> : Débit théorique de 802.11a	52
<u>Tableau XIX</u> : Débit théorique de 802.11b	52
<u>Tableau XX</u> : Débit théorique de 802.11g	53
<u>Tableau XXI</u> : Valeur caractéristique de WiMAX	53

- LISTE DES FIGURES -

Figure 1.1 : Principe du RTC	2
Figure 1.2 : Modèle de référence OSI	4
Figure 1.3 : Modèle TCP/IP	5
Figure 1.4 : Hiérarchie d'implémentation de TCP/IP.....	5
Figure 1.5 : Encapsulation des données	6
Figure 1.6 : Classes d'adresses IP	7
Figure 1.7 : Champs d'un datagramme IP	8
Figure 1.8 : Catégories de réseau sans fil	12
Figure 1.9 : IPBX dans un réseau	13
Figure 2.1 : Synoptique de transmission de la voix analogique en mode paquet	15
Figure 2.2 : Architecture SIP	22
Figure 2.3 : Exemple d'architecture SIP avec serveur proxy	22
Figure 2.4 : Exemple d'établissement de session SIP	22
Figure 2.5 : H.323 dans OSI	24
Figure 2.6 : Fonctionnement de MGCP	25
Figure 2.7 : Solution Tout-IP	27
Figure 2.8 : Téléphone à téléphone via réseau de données+RTC	28
Figure 2.9 : Téléphone à téléphone via PABX+RTC	28
Figure 2.10 : Connexion téléphone à PC	29
Figure 2.11 : Contraintes de la VoIP	30
Figure 2.12 : Délais pouvant intervenir en VoIP	32

<u>Figure 2.13</u> : Conséquences du delai	32
<u>Figure 3.1</u> : Architecture du réseau à mettre en place	36
<u>Figure 3.2</u> : Description générale de X-Lite	38
<u>Figure 3.3</u> : Configuration d'un compte dans X-Lite	39
<u>Figure 3.4a</u> : Appel entrant	40
<u>Figure 3.4b</u> : Appel sortant	40
<u>Figure 3.4</u> : Différents observation lors de la communication	40
<u>Figure 3.5</u> : Interface de la ligne de commande de Asterisk	43
<u>Figure 3.6</u> : Organigramme pour un simple appel	45
<u>Figure 3.7</u> : Organigramme pour la messagerie vocale	46
<u>Figure 3.8</u> : Organigramme pour un transfert d'appel	47
<u>Figure A.1</u> : Champ type of service IP.....	57
<u>Figure A.2</u> : Champ flag ou indicateur.....	57

INTRODUCTION GENERALE

Dorénavant, le monde entier est relié au moyen de routes virtuelles qui constituent la toile mondiale. Presque tout le monde utilise des PC (*Personal Computer*) et *Internet* au travail et pendant son temps libre pour communiquer avec les autres, pour échanger des données (images, sons, documents) et, parfois, pour se parler à l'aide des applications existantes.

Jusque vers le milieu des années 90, les organismes de normalisation ont tenté de transmettre les données de manière toujours plus efficace sur des réseaux conçus pour la téléphonie. Ainsi est née une nouvelle technologie qui consiste à faire basculer une partie du trafic issu des lignes téléphoniques conventionnelles sur le réseau *Internet* et d'éviter ainsi des tarifications parfois élevées, c'est la *Voice Over IP (VoIP)* ou la voix sur IP. Pour la VoIP, la protocole utilisé est le SIP (*Session Initiation Protocol*). [1]

La VoIP est une technologie qui 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, supportant le protocole IP et de réseaux basés sur le principe de circuits commutés. Ainsi, la voix a pu circuler dans les réseaux de données.

Faire basculer différents types de données sur un même réseau permet en plus, de simplifier son administration. En effet, la convergence du triple play (voix, données et vidéo) fait partie des enjeux principaux des acteurs de la télécommunication aujourd'hui. Au lieu de disposer à la fois d'un réseau informatique et d'un *Réseau Téléphonique Commuté(RTC)*, l'entreprise peut donc, grâce à la VoIP, tout fusionner sur un même réseau. [2]

Ce travail de mémoire est axé sur ce thème. Il s'intitule « **Réalisation d'une communication vocale VoIP via l'IPBX Asterisk** ».

Pour ce faire, ce travail est décomposé en trois chapitres. Dans *le premier*, les notions de bases sur les réseaux seront présentées ainsi que le traitement de la voix.

Le *second chapitre* sera consacré à la technologie de la voix sur IP, les différentes normes et protocoles utilisés. Ensuite, les paramètres et les problèmes de la VoIP seront évoqués.

Le *dernier chapitre* de cet ouvrage traitera la partie implémentation proprement dite, le but étant d'établir une communication entre des clients, après la mise en place d'Asterisk sur Debian (serveur IP-PBX ou *IP Private eXchange Branch*).

Chapitre 1 : RESEAUX ET TRAITEMENT DE LA VOIX

1.1 - RESEAU TELEPHONIQUE

Les commutateurs téléphoniques sont les installations qui permettent une communication téléphonique entre deux abonnés. Les commutateurs publics sont les centraux téléphoniques locaux auxquels sont raccordés tous les abonnés, tandis que les commutateurs privés sont ceux qu'on appelle familièrement les « standards » d'entreprise ou d'organisme qui permettent l'établissement de communication interne et la gestion de la communication avec l'extérieur.

1.1.1 Autocommutateur public

L'autocommutateur est l'évolution automatisée des commutateurs téléphoniques, il a marqué la fin des opératrices chargées d'établir manuellement la liaison.

a) RTC

Le RTC (*Réseau Téléphonique Commuté*) ou POTS (*Plan Old Telephon Service*) est un réseau téléphonique ayant pour objet de transporter la voix, et au moyen d'un modem, des données d'une manière analogique. [3]

Utilisant le principe de la commutation de circuits comme indique la figure 1.1, il met en relation deux abonnés à travers une liaison dédiée pendant tout l'échange. [4]

Dans le cas d'un réseau construit par un opérateur public, on parle parfois de réseau RTPC (*Réseau Téléphonique Publique Commuté*) ou PSTN (*Public Switched Telephone Network*). [5]

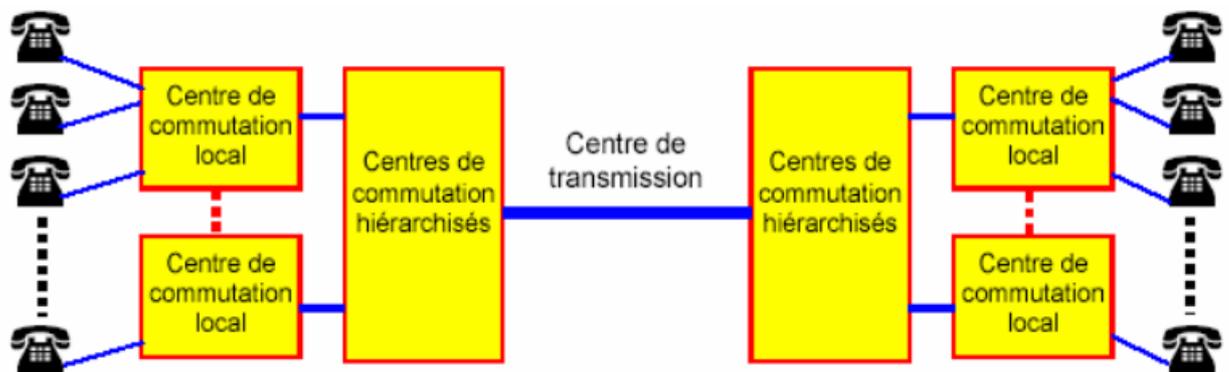


Figure 1.1 : Principe du RTC [6]

- La commutation : partie centrale du réseau qui met en relation les abonnés
- La transmission : la liaison de l'ensemble des commutateurs (réseau de transmission ou réseau de transport)
- La distribution : le réseau reliant les abonnés au commutateur le plus proche (le commutateur de rattachement). [2]

b) RNIS

Un **RNIS** (*Réseau Numérique à Intégration de Services*) ou **ISDN**(*Integrated Services Digital Network*) est un système de transmission utilisant deux réseaux distincts : un réseau de transmission (commutation de circuits) et un réseau de signalisation (commutation de paquets). [2]

On peut voir l'architecture RNIS comme une évolution entièrement numérique des réseaux téléphoniques existants, conçue pour associer la voix, les données, la vidéo et toute autre application ou service. RNIS s'oppose donc au RTC traditionnel. [7]

1.1.2 Commutateur privé PABX

Un PABX (*Private Automatic Branch eXchange*) est un autocommutateur téléphonique qui gère les communications téléphoniques de type circuit. Ces différentes générations se sont enrichies d'une multitude de services et offrent désormais la possibilité de transmettre des données, comme le télémarketing ou la gestion des appels par menu grâce à l'association de processeurs informatiques. [8]

Un autocommutateur assure une liaison temporaire entre deux lignes d'abonnés (communication locale) ou entre une ligne d'abonné et une jonction allant vers un autre autocommutateur.

Il joue le rôle d'interface entre les réseaux privés d'entreprise et les réseaux publics de l'opérateur national, à savoir le RTC ou le RNIS.[2]

1.2 - RESEAU INFORMATIQUE

Un **réseau informatique** est un ensemble d'équipements reliés entre eux pour échanger des informations. L'extrémité d'une connexion, qui peut être une intersection de plusieurs connexions (un ordinateur, un routeur, un concentrateur, un commutateur). [9]

1.2.1 Architecture TCP/IP

Dans ce paragraphe, avant de s'intéresser au modèle TCP/IP, un aperçu du modèle de référence OSI est donné.

a) Modèle de référence OSI

Le modèle de référence OSI (*Open System Interconnexion*) a été développé en 1978 par l'ISO (*International Standard Organization*) afin que soit défini un standard utilisé dans le développement de système ouvert. Les réseaux s'appuyant sur le modèle OSI parlent le même langage, ils utilisent des méthodes de communication semblables pour échanger des données. [10]

Le modèle OSI a sept couches : la couche **physique**, la couche **liaison de données**, la couche **réseau**, la couche **transport**, la couche **session**, la couche **présentation**, et la couche **application** (Fig. 1.2). Le rôle de chaque couche est donné dans l'annexe 2.



Figure 1.2 : Modèle de référence OSI

b) Modèle TCP/IP

Dans les années 70, la défense américaine, DOD (Department Of Defense), devant le foisonnement de machines utilisant des protocoles de communication différents et incompatibles, décide de définir sa propre architecture. Cette architecture TCP/IP (*Transport Control Protocol / Internet Protocol*) est à la source de l'Internet. [11]

Contrairement au modèle OSI, le modèle TCP/IP ne comporte que quatre couches : la couche accès **réseau**, la couche **Internet**, la couche **transport** et la couche **application** (Fig. 1.3). Les détails sont fournis à l'annexe 2.



Figure 1.3 : Modèle TCP/IP

• *Principe des couches*

Pour réduire la complexité de conception, les réseaux sont organisés en série de couches ou niveaux, chacune étant construite sur la précédente. Le nombre de couches, leur nom et leur fonction varie d'un réseau à un autre. Cependant, dans chaque type de réseau, l'objet de chaque couche est d'offrir certains services aux couches plus hautes, en leur épargnant les détails de la mise en œuvre de ces services.

La hiérarchie d'implémentation de TCP/IP est représentée dans la figure 1.4.

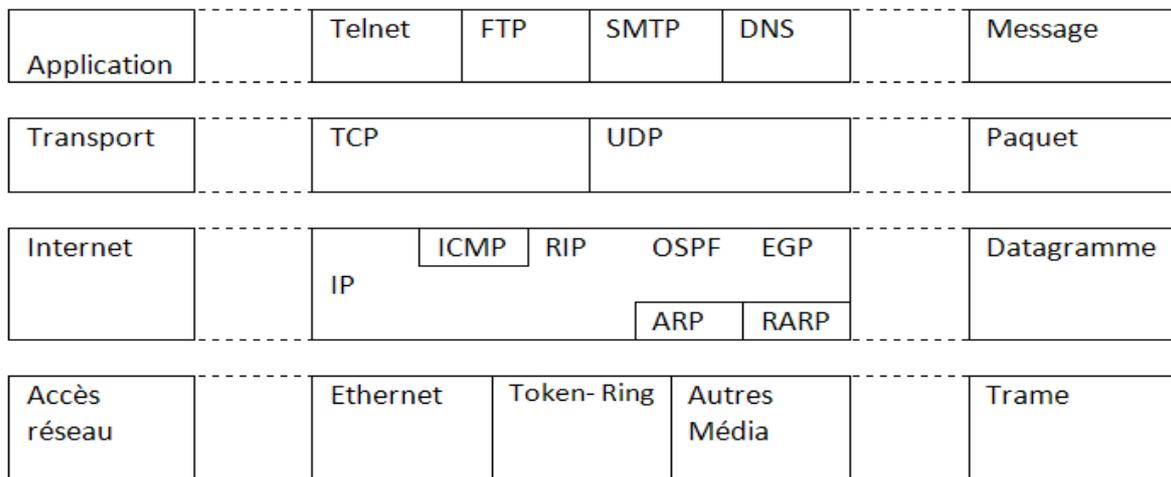


Figure 1.4 : Hiérarchie d'implémentation de TCP/IP [12]

• *Mécanisme d'encapsulation*

Que ce soit dans le modèle OSI ou dans le modèle TCP/IP, les données utilisateurs sont toujours encapsulées à l'envoi et décapsulés à partir des trains de bits au niveau de la réception.

A chaque passage au niveau d'une couche donnée, il y a ajout d'informations relatives aux protocoles utilisées (en-tête/en queue) comme enveloppes de ces couches de façon que le contrôle soit plus aisé (cf. Fig. 1.5).

Couche Application				Données
Couche Transport			Entête	Données
Couche IP		Entête	Entête	Données
Couche Physique	Entête	Entête	Entête	Données

Figure 1.5 : Encapsulation des données [12]

c) Protocole IPv4

La couche similaire à la couche réseau du modèle OSI, assure le transport des données. Le rôle de cette couche est de trouver le meilleur chemin au sein d'un réseau.

Les unités utilisent le système d'adressage de la couche réseau pour déterminer la destination des données durant leur déplacement. Le protocole de base de la couche réseau est le protocole IP.

• *Description du protocole*

Comme son nom l'indique (*Internet Protocol*), le protocole IP a pour rôle de router le trafic à travers des réseaux. Il a été conçu pour réaliser l'interconnexion de réseaux informatiques et permettre ainsi les communications entre systèmes. Ce protocole assure la transmission de paquets de données, appelés datagrammes entre ordinateur source et un ordinateur de destination.

Par exemple, les applications qui tournent sur une machine cliente génèrent des messages qui doivent être envoyés sur une autre machine d'un autre réseau. IP reçoit ces messages de la couche transport et les envoie vers sa destination grâce à l'adressage IP.

Le protocole IP multiplexe les protocoles de la couche transport et a la faculté de détruire les paquets ayant transités trop longtemps sur le réseau. Il permet également de fragmenter et de rassembler de nouveau les fragments de données. Cependant, il n'effectue ni contrôle d'erreur, ni contrôle de flux.

• *Principe d'adressage des machines*

Lorsque nous envoyons des données à travers l'Internet, les données ne sont pas envoyées de manière brute mais elles sont découpées en messages, puis en segments, en datagrammes et enfin en trames.

Les datagrammes, outre l'information, sont constitués d'entête contenant l'adresse IP de l'expéditeur et celle du destinataire, ainsi qu'un nombre de contrôle déterminé par l'information emballée dans le paquet : ce nombre de contrôles, communément appelé en-tête totale de contrôles ou « checksum », permet au destinataire de savoir si le datagramme IP a été « abîmé » pendant son transport. L'adressage joue donc un rôle très important dans ce processus

– Structure d'adresse IP

Chaque machine d'Internet possède une adresse IPv.4 représentée sur un entier de 32 bits, ce qui lui permet d'être identifiée de manière unique dans le réseau. L'adresse est constituée de deux parties: un identificateur de réseau (netid) et un identificateur de machine pour ce réseau (hostid).

Il existe quatre classes d'adresses, chacune permettant de coder un nombre différent de réseau et de machines. Pour assurer l'unicité des numéros de réseau, les adresses Internet sont attribuées par un organisme central, l'InterNIC ou *Network Information center* (pour Madagascar, il s'agit du NIC-mg).

Il existe certains numéros IP qui ne sont pas autorisés ou sont utilisés à des fins techniques. Bien qu'IPv.6, la nouvelle génération du protocole IP existe déjà, IPv.4 reste largement le plus utilisé étant donnée que la saturation d'adressage ne semble pas encore être un problème majeur.

Aussi, dans la suite de l'ouvrage, nous nous référerons au protocole IPv4.

– Classes d'adresses IP

L'adresse réseau est placée sur les bits de poids forts, alors que l'adresse de machine est calculée sur les bits de poids faibles. Il existe plusieurs classes d'adresses (cf. Fig. 1.6). On parle des classes A, B, C, D et E. Elles sont différenciées par les bits de poids forts qui les composent.

Classe A	0	net_id (7 bits)	host_id (24 bits)				
Classe B	1	0	net_id (14 bits)			host_id (16 bits)	
Classe C	1	1	0	net_id (21 bits)			host_id (8 bits)
Classe D	1	1	1	0	Adresses Multicast (28 bits)		
Classe E	1	1	1	1	Adresses réservées pour un futur usage (28 bits)		

Figure 1.6 : Classes d'adresses IP

Une adresse IP est toujours de la forme X1.X2.X3.X4 (les Xi sont des blocs de 8 bits). La spécification du netid dépend de la classe.

Une classe C comme dans notre cas fixe les valeurs de X1, X2, X3 pour le netid. On pourra donc adresser 254 machines.

L'IANA (*Internet Assigned Numbers Authority* ou *Internet Address Naming Authority*) a réservé les trois blocs d'adresses IP suivants pour l'adressage des réseaux privés :

- classe A : 10.0.0.1 - 10.255.255.254
- classe B : 172.16.0.1 - 172.31.255.254
- classe C : 192.168.0.1 - 192.168.255.254

Dans le *Tableau I*, il y a les différentes classes d'adresse IP existant.

Tableau I : Comparaison entre les différentes classes d'adresse IP

Classe d'adresse IP	Minimum	Maximum	Nombre de réseaux	Nombre de nœuds
A	1	126	127	16.777.214
B	128	191	16.383	65.534
C	192	223	2.097.151	254
D	224	239		
E	240	247		

• *Transport et format des datagrammes IP*

– *Datagramme IP*

La figure 1.7 montre la structure du datagramme IP. Les détails des différents champs sont donnés dans l'annexe 2.

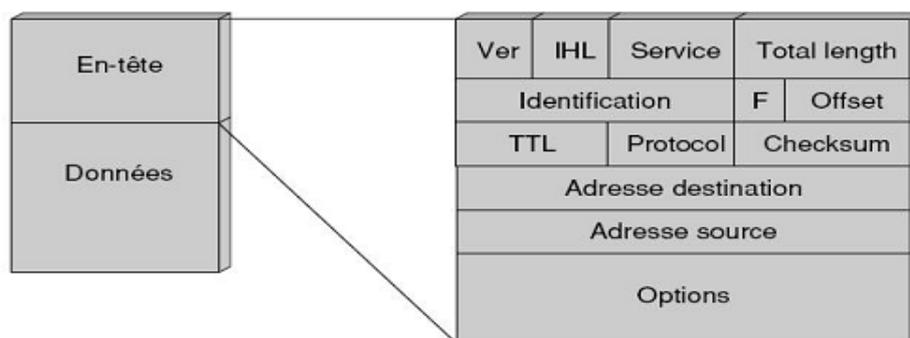


Figure 1.7: Champs d'un datagramme IP

– *Routage des datagrammes*

Le routage désigne une technique permettant de déterminer le chemin emprunté par un message ou un paquet de données. C'est une méthode d'acheminement d'informations vers la bonne destination. Le routage s'opère au niveau de la couche 3 du modèle OSI, c'est-à-dire la couche réseau ou couche IP. Ainsi, les couches TCP et UDP (*User Datagram Protocol*) restent donc à l'écart du concept de routage.

Comme nous l'avons dit précédemment les données circulent à travers le réseau sous forme de paquets ou datagrammes IP. Afin d'atteindre leur destination, ils traversent maints routeurs.

Les routeurs interconnectent des segments de réseau ou des réseaux entiers. Leur rôle consiste à acheminer les paquets de données entre les réseaux, en fonction des informations de la couche 3. Ils possèdent l'intelligence nécessaire pour déterminer le meilleur chemin de transmission des données sur le réseau.

Le routeur assure trois fonctions principales :

- permettre la communication entre des machines n'appartenant pas au même réseau.
- offrir un accès Internet à des utilisateurs d'ordinateurs se trouvant dans un réseau local.
- filtrer les datagrammes IP pouvant avoir accès à un réseau.

d) Protocole de la couche transport

• *Protocole TCP*

TCP, acronyme de « Transport Control Protocol », est un protocole défini dans RFC 793 conçu pour être utilisé avec IP. TCP apporte des services élaborés en termes de transmission de données entre des machines raccordés sur un réseau. [14]

Les fonctions principales de TCP sont :

- l'établissement d'une connexion fiable « full duplex ».
- le formatage des données en segments où chaque segment est numéroté et sa réception est confirmé par le récepteur.
- le contrôle des erreurs (détection d'erreurs et reprise).
- le contrôle de flux pour ne pas déborder le récepteur en imposant à l'émetteur une limite lors de la transmission d'un segment.
- le bon séquençement des segments reçus (en utilisant leur numéro)
- l'acheminement des données normales ou urgentes.

La connexion TCP s'explique par l'établissement d'un chemin entre les points échangeant des informations appelé : « circuit virtuel ». TCP fonctionne en mode « orienté-connexion », c'est à dire l'une des applications doit effectuer un appel que l'autre doit accepter avant que la connexion soit établie et que le transfert puisse débuter.

Conceptuellement, cinq éléments doivent-êtré réunis pour établir un circuit virtuel :

- le protocole
- l'adresse IP de la machine émettrice
- le port local (le numéro de port de l'application locale)
- l'adresse IP de la machine distante
- le port distant (le numéro de port de l'application distante)

Ces points réunis, la connexion peut s'établir. Comme la connexion TCP est «full-duplex », les données circulent indépendamment dans un sens et dans l'autre. A chaque envoi de paquets par l'émetteur, le récepteur doit acquitter chaque paquet par un accusé ACK pour s'assurer que les données sont bien reçues. [6]

• *Protocole UDP*

UDP, acronyme de « User Datagram Protocol », est un protocole défini dans la RFC 768. Avec plus de simplicité que TCP, UDP est également conçu pour être utilisé avec IP. [15]

UDP permet de fournir une communication par paquets entre deux processus dans un environnement réseau étendu. Le protocole IP lui sert de support de base à la communication.

Les fonctions principales du protocole UDP sont :

- le transport non-fiable en mode non connecté.
- l'envoi d'un message court d'une application vers une autre avec un mécanisme simple.
- le mécanisme de gestion des ports.

UDP est caractérisé par l'absence d'un accusé de réception au niveau du protocole pour apporter un moyen de contrôle sur l'acheminement des données. L'émission des messages se fait également sans garantie ce qui signifie qu'UDP ne garantit pas la livraison et la vérification de la mise en séquence des datagrammes. L'hypothèse de la non-fiabilité de la transmission avec UDP est alors vérifiée. En même temps, le contrôle de flux limitant les données volumineuses reçues par le récepteur n'existe pas avec le protocole UDP. [16]

UDP est utilisé pour un transport rapide où la perte occasionnelle des paquets n'est pas critique.

• *Comparaison TCP et UDP*

En se référant aux caractéristiques de ces deux protocoles ; on peut déduire que contrairement à TCP qui ne tolère aucune erreur en transmettant et en retransmettant plusieurs fois jusqu'à ce qu'ils soient corrects à l'arrivée, les impératifs de la transmission en temps réel rendent UDP plus adapté aux programmes qui présentent des exigences en temps réel (la voix, la vidéo,...).

D'autant plus, UDP tolère les erreurs donc il est adapté aux situations où la perte occasionnelle des paquets n'est pas critique.

Exemple :

Une perte de quelques pixels dans une image est tolérable vue que cela ne soit pas perçue par l'œil humain.

Le Tableau II établit une comparaison des différents modes de gestion des communications suivant que le protocole UDP ou TCP soit utilisé ou non pour le transport des données.

Tableau II : Comparaison de TCP et UDP

<i>UDP</i>	<i>TCP</i>
Service sans connexion	Service orienté connexion
Pas d'accusé de réception	Accusés de réception
Pertes possibles dans la transmission	Aucune perte dans la transmission des données.
Rapide Communications point à point ou point à multipoint.	Plus lent Communications point à point.

1.2.2 Réseau sans fil

Un réseau sans fil(en anglais *wireless network*) est, comme son nom l'indique, un réseau dans lequel au moins deux périphériques (ordinateur, PDA ou *Personal Digital Assistant*, imprimante, routeur, etc.) peuvent communiquer sans liaison filaire.

Les réseaux sans fil ont recours à des ondes radioélectriques (radio et infrarouges) en lieu et place des câbles habituels. Il existe plusieurs technologies se distinguant d'une part par la fréquence d'émission utilisée ainsi que le débit et la portée des transmissions, comme nous le verrons plus loin.

Les réseaux sans fil sont habituellement répartis en plusieurs catégories (cf. Fig. 1.8), selon le périmètre géographique offrant la connectivité (appelé zone de couverture) et les détails seront donnés à l'annexe 1. [8] [17]

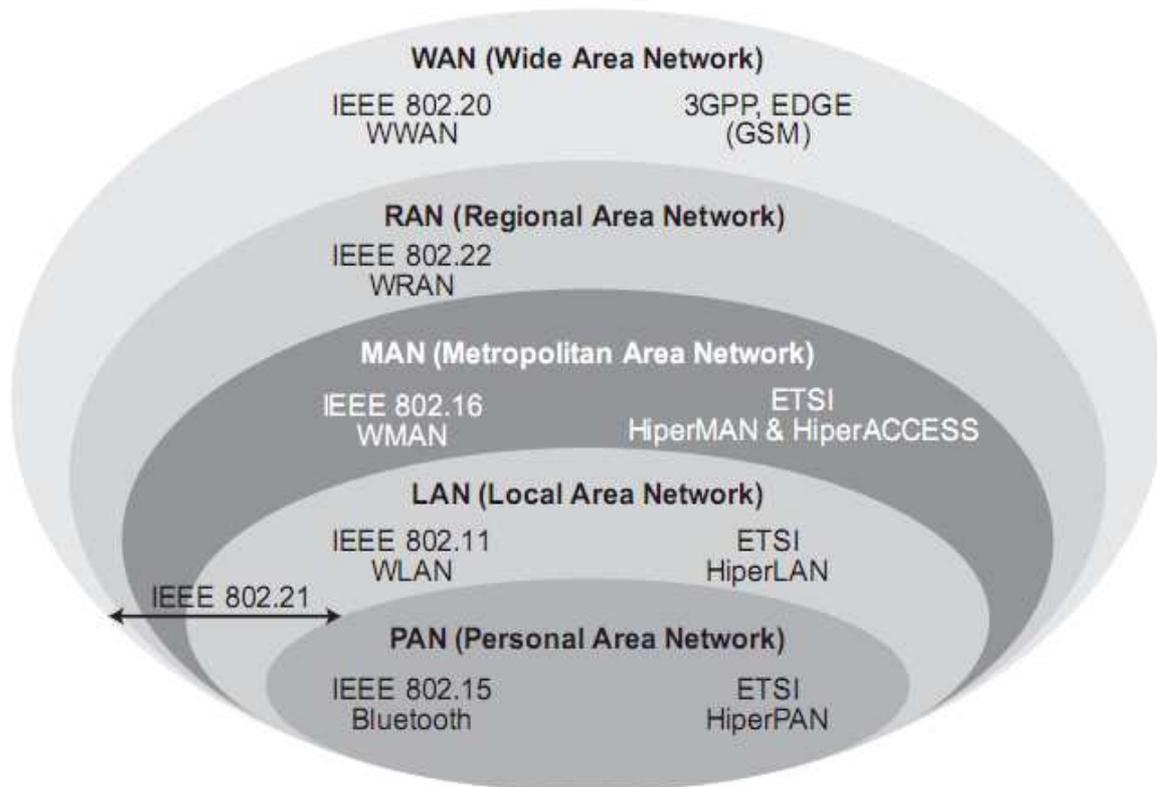


Figure 1.8: Catégories de réseau sans fil [8]

1.2.3 IPBX

Par analogie avec l'autocommutateur privé PABX, IPBX (*IP Private Branche eXchange*) ou IP-IPBX est un logiciel d'autocommutateur. Si le premier nécessite un matériel dédié pour l'autocommutation, le second ne nécessite qu'un PC. [3]

On utilise en générale le terme « PABX-IP » lorsque l'on cherche à distinguer un système de téléphonie sur IP des systèmes de téléphonie à commutation de circuits numériques traditionnels (PABX).

Ceci donne un aperçu de notre environnement de travail. En effet, dans la partie implémentation le PBX Asterisk joue le rôle d'autocommutateur.

La Figure 1.9 illustre comment l'IPBX s'insère dans un réseau. Il est opérationnel dans tout réseau informatique : avec un routeur, connecter *via* internet, avec une passerelle VoIP, entourer d'un réseau téléphonique ou bien évidemment avec des ordinateurs personnels.

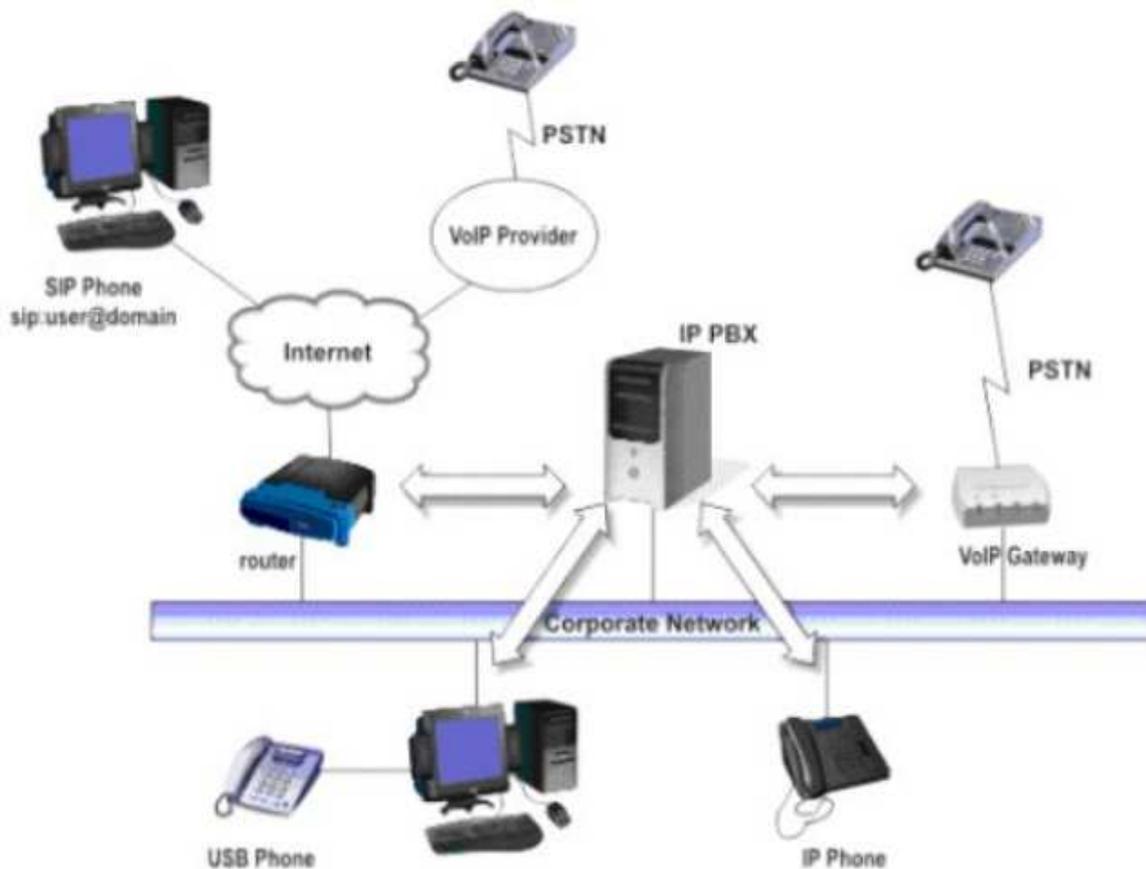


Figure 1.9 : PBX dans un réseau [18]

1.3 - TRAITEMENT DE LA VOIX

La VoIP correspond à l'ensemble des technologies permettant la transmission d'une conversation vocale sur un réseau de protocole IP. La communication par VoIP est plus flexible et permet de déployer simultanément d'autres services que le transport de la voix, comme par exemple la vidéo ou les données (ce qu'on entend par *triple play* : voix, données et vidéo). Avec la technologie VoIP, la voix est donc numérisée, compressée et envoyée sous forme de paquets sur un réseau fonctionnant avec le protocole IP. Les données reçues sont décompressées et converties en voix audible. [20]

1.3.1 Aperçu

Le but de la VoIP est la convergence voix/données autour d'un protocole unique IPv.4 (éventuellement IPv.6). En effet, la VoIP se base sur la même architecture que l'Internet et utilise les mêmes infrastructures.

En intégrant la voix et les données, la VoIP simplifie l'administration des réseaux car tout est centralisé dans un unique réseau (réseau LAN) et non deux (réseau téléphonique et réseau LAN). Elle procure ainsi des facilités pour le développement d'applications utilisant la voix et les données. Nous pourrions par exemple bénéficier des applications coopératives ; les utilisateurs peuvent dialoguer avec un correspondant, tout en consultant simultanément les mêmes données sur leur ordinateur, grâce aux infrastructures Internet. [21][22]

Ainsi, au contraire des téléphones analogiques filaires RTC dépendant de centraux téléphoniques dédiés, la voix sur IP permet le transport de conversations téléphoniques sur tout réseau numérique ou analogique acceptant le protocole TCP/IP (Ethernet, RMS, PPP,...).

a) Contexte technologique

Si à l'origine le protocole IP a été conçu pour fournir des services de type « best effort », les réseaux IP représentent désormais une part importante des infrastructures de télécommunications et ont vocation à transporter de nombreux services avec leurs contraintes de disponibilité (applications distantes, voix, vidéo, télévision, etc.). [4]

Avant 1996, les solutions de voix sur IP reposaient sur des architectures propriétaires. Ces solutions présentaient des défauts parmi lesquels : le manque d'interopérabilité des équipements, l'impossibilité de raccordement au réseau public (seuls les ordinateurs pouvaient communiquer entre eux), l'absence d'architecture générale pour la connexion de n'importe quel type de terminal, chaque architecture était définie pour deux équipements d'extrémité spécifiques et ne pouvait pas inter opérer avec d'autres architectures d'équipements. [20][21]

b) De la voix à l'IP

Pour acheminer la voix à travers le réseau IP, il faut réduire au maximum le signal vocal en lui apportant le moins de dégradations possibles car le débit nominal de transport de la voix codée MIC (Modulation par Impulsions et Codage) à travers le RTC est de 64 kbps, alors que celui d'un réseau IP est nettement inférieure à 64 kbps (14.4, 28.8, 56 kbps).

Pour comprendre le traitement complexe de la voix analogique (signaux électriques) en signaux binaires, voici un synoptique explicatif qui est représenté par la figure 2.01:

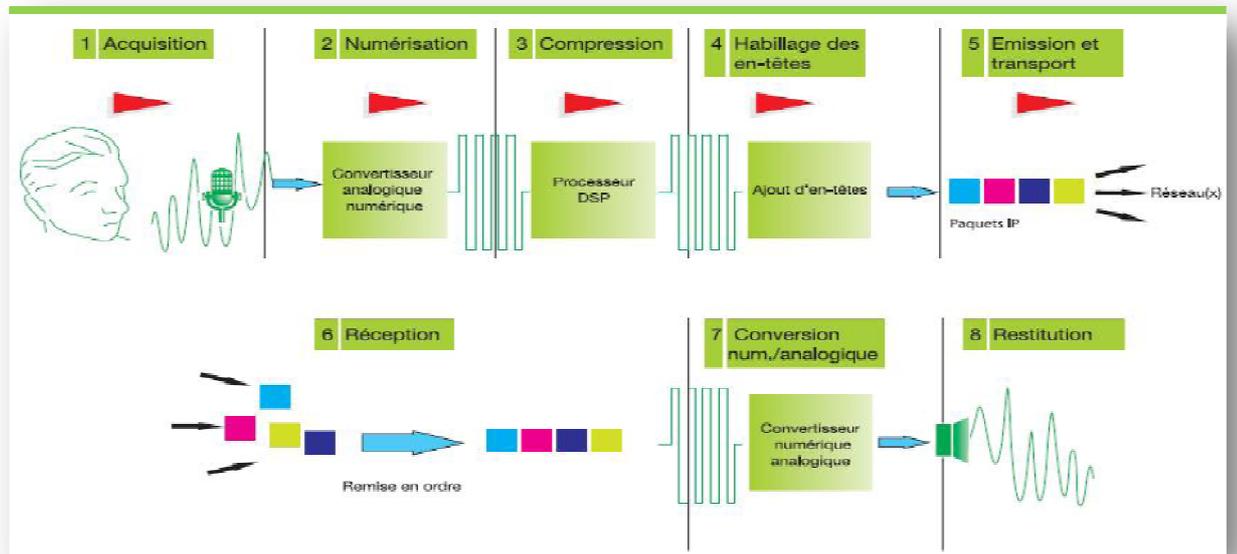


Figure 2.1 : Synoptique de transmission de la voix analogique en mode paquet

La bande voix qui est un signal électrique analogique utilisant une bande de fréquence de 300 à 3400 Hz, est d'abord échantillonnée numériquement par un convertisseur et codée sur 8 bits. Par la suite, elle est compressée par des codecs (il s'agit de processeurs DSP : Digital System Processing) selon une certaine norme de compression, variable selon les codecs utilisés, et ensuite on peut éventuellement supprimer les pauses de silences observés lors d'une conversation, pour ensuite ajouter les en-têtes RTP, UDP et enfin IP. Une fois que la voix est transformée en paquets IP, ces petits paquets IP identifiés et numérotés peuvent transiter sur n'importe quel réseau IP (ADSL, Ethernet, Satellite, routeurs, switchs, PC, Wifi, etc.). [6][20]

A l'arrivée, les paquets transmis sont réassemblés et le signal de données ainsi obtenu est décompressé puis converti en signal analogique pour restitution sonore à l'utilisateur.

1.3.2 Codages

a) Principe

Une information à émettre est toujours représentée sous forme d'un signal qui peut être numérique ou analogique. Fondamentalement, un signal est toujours une grandeur physique analogique. La différence consiste dans le type d'information que celui-ci transporte. Un signal analogique prend des valeurs continues et varie en amplitude. Un signal numérique prend une série de valeurs discrètes représenté par un signal élémentaire appelé moment. Les signaux analogiques peuvent être convertis en signaux numériques et inversement par des équipements appelés CODEC (codeur/décodeur).

Pour faire passer la voix dans un réseau IP, il faut tenir compte de certains paramètres. La bande passante de la voix est estimé à 4 kHz (300 - 3400 Hz). Ce qui donne après numérisation une bande passante de 8 kHz et après codage un débit de 64 kbps. Ceci entraîne que si on veut transmettre la voix sur un réseau IP sans mécanisme d'optimisation de la taille il nous faudra un débit «continu» de 64 kbps rien que pour la partie donnée à transmettre. [6]

Toutefois, ceci est rarement le cas, car à l'aide de mécanisme de codage optimisé grâce aux lois de compression de l'information, on arrive à réduire ce débit nécessaire de plus de 8 fois pour les meilleurs algorithmes de codage. [4]

b) Codecs

• Définition

Le terme codec est construit d'après les mots codeur et décodeur, et fait souvent appel à la compression et décompression des données. Il s'agit d'un procédé algorithmique permettant de compresser et de décompresser un signal, de l'audio ou de la vidéo, le plus souvent en temps réel. Le procédé peut être sous forme de logiciel ou encore de matériel (hardware). Par extension, le codec est le logiciel ou le circuit qui contient cet algorithme. [23]

Ces algorithmes de compression de données permettent, en général, de réduire la taille du fichier original par des facteurs allant de 2 à 100 (voir plus pour certaines applications).

La compression se fait soit avec des algorithmes purement mathématiques de compression de données sans perte d'information ou par des algorithmes prenant en compte les caractéristiques des données à compresser et qui peuvent perdre des informations dites « non pertinentes ».

Les codecs déterminent à quelle vitesse la voix sera échantillonnée et par là même le flux de données numériques que va générer la transformation d'un échantillon temporel de voix analogique.

Afin d'avoir la meilleure qualité possible de la voix après avoir passé au travers d'un codec, on a défini les exigences suivantes comme résultantes de la compression :

- Robustesse contre les erreurs binaires
- Robustesse contre les pertes de paquets puisque, généralement, il n'y pas de temps pour demander la retransmission de paquets et qu'il y a dégradation progressive de la qualité vocale en cas de perte (par exemple par la production d'un supplément vocal et d'un bruit de fond). [16]

Les principaux codecs utilisés en VoIP sont résumés dans le *tableau III* :

Tableau III : Codecs de la VoIP

<i>Standards</i>	<i>Méthode de codage</i>	<i>Débits (kbps)</i>	<i>Délais de traitement (ms)</i>
G.711	PCM	64	0,125
G.726	ADPCM	32	0,125
G.7128	LPAS, ACELP	16	0,625
G.7129	LPAS, CS-ACELP	8	15
G.723.1	ACELP, MP-MLQ	6,4 / 5,3	37,5

Généralement l'utilisateur peut paramétrer son logiciel de VoIP et ainsi choisir le codec qui lui convient. Il est cependant recommandé d'utiliser soit le G.711 soit le G.729 vu qu'ils détiennent les meilleurs scores de MOS.

• *MOS*

Le choix d'un codeur est un processus en général très long. Avant de sélectionner un codeur, l'UIT en teste la qualité subjective par le score MOS (*Mean Opinion Score*) qui est la note moyenne attribué par un panel d'auditeur écoutant des séquences enregistrées dans diverses conditions (voix, voix et musique, voix et bruit de fond...) et qui varie de 1 à 5. L'UIT exige aussi une qualité équivalente ou supérieure à la qualité commerciale « tool quality » correspondant à des notes de 3,5 à 4 de MOS. [20]

L'échelle utilisée pour l'évaluation de la qualité de la voix est représentée par le *tableau IV* :

***Tableau IV* : Echelle utilisée pour l'évaluation de la qualité de la voix**

Qualité de la parole	Score
Excellente	5
Bonus	4
Correcte	3
Pauvre	2
Insuffisante	1

Le principe de calcul du MOS est basé sur un sondage d'un échantillon supposé représentatif de la population des utilisateurs. Les personnes constituant l'échantillon sont invitées à écouter un signal (souvent de la voix), puis son équivalent codé-décodé. Après chaque écoute, l'auditeur donne une note sanctionnant la qualité qu'il a perçue. La moyenne des notes fournies par la population constitue le MOS. [15]

Les résultats obtenus pour les principaux codecs sont résumés dans le *tableau V*.

***Tableau V* : Score MOS des différents codecs**

<i>Standards</i>	<i>Débits (kbps)</i>	<i>Utilisation typique</i>	<i>Score MOS</i>
G.711	64	VoIP, RNIS	4,2
G.726	32	VoIP	3,85
G.729	8	VoIP, DECT	4,0
G.723.1a	6,4	VoIP	3,9
G.723.1b	5,3	VoIP	3,7
RPE-LTP	9,6	GSM	3,6

Le choix du codage se fera en fonction d'éléments tels que le débit, la qualité de la parole (MOS), le retard codeur/décodeur.

Ainsi, nous allons choisir le G.711 pour la partie implémentation puisqu'il tient le meilleur score MOS, et aussi le meilleur débit avec un délai de traitement très petit.

Chapitre 2 : MISE EN PLACE DE LA VOIX SUR IP

La VoIP (*Voix sur IP*) peut être définie comme la possibilité d'effectuer des appels téléphoniques et d'envoyer des fichiers à travers un réseau de données à base du protocole IP à une qualité acceptable et à des prix abordables voire symboliques. On peut ainsi communiquer, par écran interposé, n'importe où dans le monde sans aucune considération financière puisque le prix est toujours celui d'une communication locale. Nous assistons à une révolution au niveau des tarifs qui s'annoncent démesurément bas. [16][19]

2.1 - NORMES ET PROTOCOLES

La VoIP met en œuvre des techniques de télécommunications sur un réseau de paquets. Une normalisation de la signalisation est donc bien entendu nécessaire pour garantir l'interopérabilité des appareils. Outre le protocole IP, plusieurs protocoles assurent le bon fonctionnement de la technologie VoIP.

Jusqu'à présent, il existe trois standards ou protocoles qui permettent la mise en place d'un "service" VoIP. Le plus connu est le standard H.323. Ensuite, plus ancien, le MGCP (Media Gateway Control Protocol). Et le plus récent est le SIP. Les plus populaires sont le H.323 et le SIP. H.323 est plus difficile à mettre en œuvre par rapport à SIP et que sa description est plus complexe. [1][6]

2.1.1 Protocole SIP

Avec le développement du multimédia sur les réseaux, il est devenu nécessaire de créer des protocoles qui supportent ces nouvelles fonctionnalités, avec un souci de données temps réel. Le protocole SIP est l'un d'eux.

Le protocole SIP (*Session Initiation Protocol*) a été initié par le groupe MMUSIC (*Multiparty Multimedia Session Control*) et désormais repris et maintenu par le groupe SIP de l'IETF donnant la RFC 3261 rendant obsolète la RFC 2543. SIP est un protocole de signalisation appartenant à la couche application du modèle OSI. Il a pour objectif l'établissement, la modification et la terminaison de sessions multimédias entre deux terminaux. 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.

a) Fonctionnement

SIP intervient aux différentes phases de l'appel :

- Localisation du terminal correspondant,
- Analyse du profil et des ressources du destinataire,
- Négociation du type de média (voix, vidéo, données...) et des paramètres de communication,
- Disponibilité du correspondant, détermine si le poste appelé souhaite communiquer, et autorise l'appelant à le contacter.
- Etablissement et suivi de l'appel, avertit les parties appelant et appelé de la demande d'ouverture de session, gestion du transfert et de la fermeture des appels.
- Gestion de fonctions évoluées : cryptage, retour d'erreurs,... [20]

b) Clients et Serveurs de SIP

Dans un système SIP on trouve deux types de composantes, les users agents (UAS, UAC) et un réseau de serveur.

L'UAS (User Agent Server) - Il représente l'agent de la partie appelée. C'est une application de type serveur qui contacte l'utilisateur lorsqu'une requête SIP est reçue. Et elle renvoie une réponse au nom de l'utilisateur.

L'U.A.C (User Agent Client) - Il représente l'agent de la partie appelante. C'est une application de type client qui initie les requêtes SIP.

• Clients SIP :

Le protocole SIP fonctionne en mode client/serveur, dans un même terminal client on trouve deux applications : UAC (User Agent Client) qui émet les requêtes et UAS (User Agent Server) qui reçoit les requêtes. Et le terminal fonctionne seulement comme l'un ou l'autre par transaction. Ces deux applications ensemble forment le UA (User Agent). Un terminal A peut appeler directement un terminal B ou passer par des serveurs. Un client doit avoir un minimum de méthodes afin d'établir la

connexion. Les échanges entre un terminal appelant et un terminal appelé se font par l'intermédiaire de requêtes.

- **Serveurs SIP :**

Les serveurs SIP sont des applications qui acceptent les requêtes d'un terminal SIP. Il y a quatre types de serveurs SIP :

Le PS (Proxy Server) ou serveur de délégation ou encore relais mandataire, auquel est relié un terminal fixe ou mobile, agit à la fois comme un client et comme un serveur. Un tel serveur peut interpréter et modifier les messages qu'il reçoit avant de les retransmettre. Il interprète et route l'appel en direction du destinataire. Il se peut que le proxy ne sache pas où se trouve le destinataire, c'est pourquoi dans ce cas là, il consulte un serveur de localisation. Il y a deux sortes de proxy, les proxys «stateful» et «stateless», la différence est le fait que le proxy «stateful» enregistre la position du destinataire tandis que le proxy «stateless» ne la mémorise pas. Ce qui fait que le proxy «stateful» consulte une seule fois le serveur de localisation par destination jusqu'à ce que la destination soit effacée de sa «table de routage».

Le RS (Redirect Server) ou serveur de redirection - Il réalise simplement une association (mapping) d'adresses vers une ou plusieurs nouvelles adresses (lorsqu'un client appelle un terminal mobile - redirection vers le PS le plus proche, ou en mode multicast - le message émis est redirigé vers toutes les sorties auxquelles sont reliés les destinataires). Notons qu'un Redirect Server est consulté par l'UAC comme un simple serveur et ne peut émettre de requêtes contrairement au PS.

Le LS (Location Server) ou serveur de localisation - Il fournit la position courante des utilisateurs dont la communication traverse les RS et PS auxquels il est rattaché. Cette fonction est assurée par le service de localisation.

Le RG (Registrar) - C'est un serveur ou un équipement qui accepte les requêtes Register et offre également un service de location comme LS en enregistrant les localisations des User Agents. Chaque PS ou RS est généralement reliés à un Registrar.

La Figure 2.2 nous montre une architecture SIP dans un réseau.

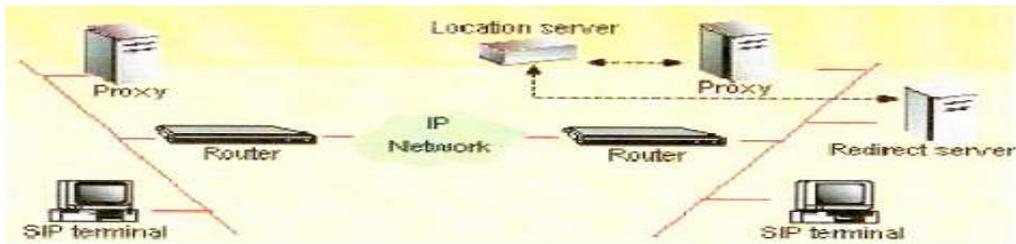


Figure 2.2 : Architecture SIP

c) Etablissement d'un appel SIP à travers un proxy

La Figure 2.3 nous montre une architecture SIP avec serveur proxy

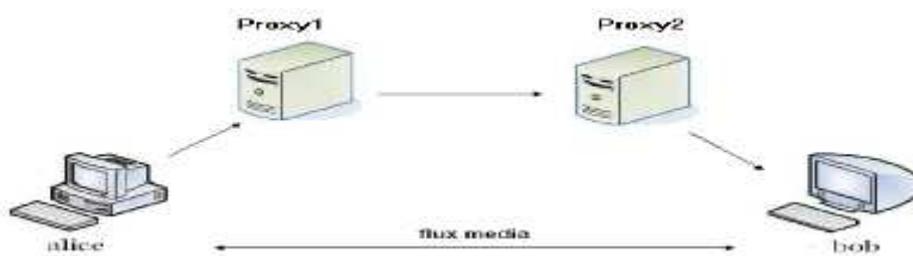


Figure 2.3 : Exemple d'architecture SIP avec serveur proxy

La figure 2.4 illustre le principe d'établissement de session SIP entre deux usagers du réseau Alice et Bob, au travers de deux serveurs proxy, le premier utilisé pour diriger la requête vers le bon réseau, le deuxième servant à localiser le destinataire Bob dans son réseau.

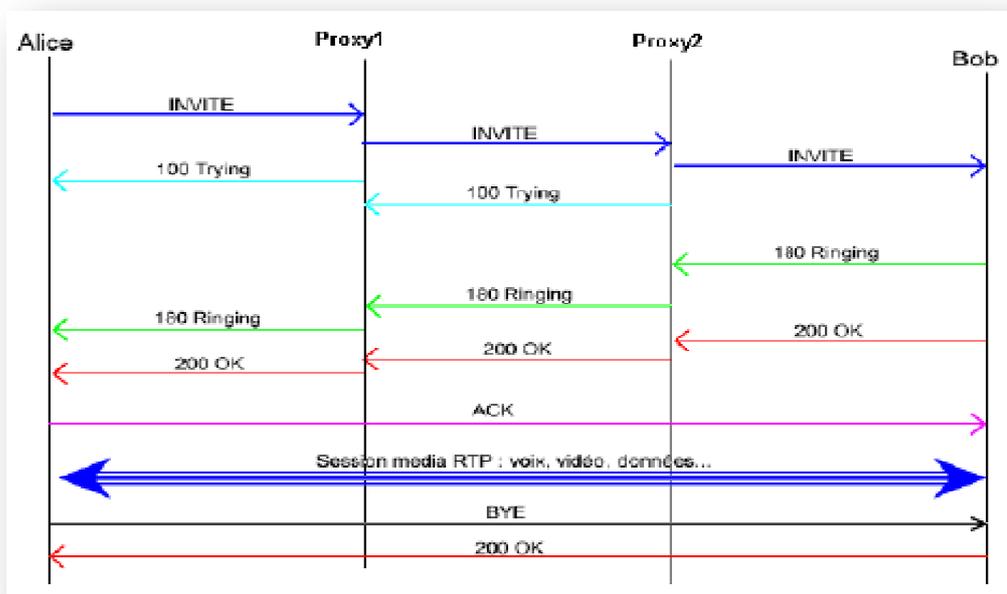


Figure 2.4: Exemple d'établissement de session SIP

En générale on peut découper en trois grandes étapes l'établissement de communication SIP :

- *L'initialisation de la session* : le message INVITE utilisé pour établir une session, contient aussi la description des paramètres de la session demandée par Alice. Le proxy1 traduit le domaine du destinataire (domaine.com) en adresse Internet, et transmet la requête vers le proxy2. A son tour, le proxy2 va chercher l'adresse Internet de Bob afin de lui faire parvenir le message INVITE. Le code réponse 180 indique à Alice que la requête est parvenue jusqu'au terminal de Bob. Le message 100 est envoyé pour stopper la retransmission de message INVITE.

- *L'établissement* : le code 200 est émis par le terminal de Bob lorsque la session est acceptée (équivalent du « décroché »). Ce message contient des paramètres qui peuvent éventuellement différer de ceux demandés par Alice, en fonction des capacités du terminal de Bob. Le message « ACK » signifie que la session est finalement acceptée par Alice, avec les paramètres négociés entre les deux entités distantes.

- *La fin de la session de communication* : signifiée par Alice au travers le message BYE

Résumé :

Les étapes principales d'appel de SIP sont :

- Localiser les terminaux.
- Contacter les terminaux pour déterminer s'ils sont prêts à établir une session.
- Echanger les informations de média pour permettre l'établissement de la session.
- Communiquer puis libérer la connexion [6] [20]

d) Conclusion

La simplicité, la rapidité et la légèreté d'utilisation, tout en étant très complet, du protocole SIP sont autant d'arguments qui pourraient permettre à SIP de convaincre les investisseurs. De plus, ses avancées en matière de sécurité des messages sont un atout important par rapport à ses concurrents.

2.1.2 Autres protocoles

A part ce protocole, il existe encore d'autres protocoles qui peuvent être utilisés dans l'application de la voix sur IP.

a) Protocole H.323

H.323 est un protocole de communication englobant un ensemble de normes utilisées pour l'envoi de données audio et vidéo sur Internet. Il existe depuis 1996 et a été initié par l'ITU (*International Télécommunication Union*). [21]

• Phases d'appel de H.323

Une communication H.323 se déroule en cinq phases :

- Etablissement d'appel
- Echange de capacité et réservation éventuelle de la bande passante à travers le protocole RSVP (*Ressource reSerVation Protocol*)
- Etablissement de la communication audio-visuelle
- Invocation éventuelle de services en phase d'appel (par exemple, transfert d'appel, changement de bande passante, etc.)
- Libération de l'appel

• H323 dans le modèle OSI

Les différents protocoles dans le modèle OSI sont représentés sur la figure 2.5:

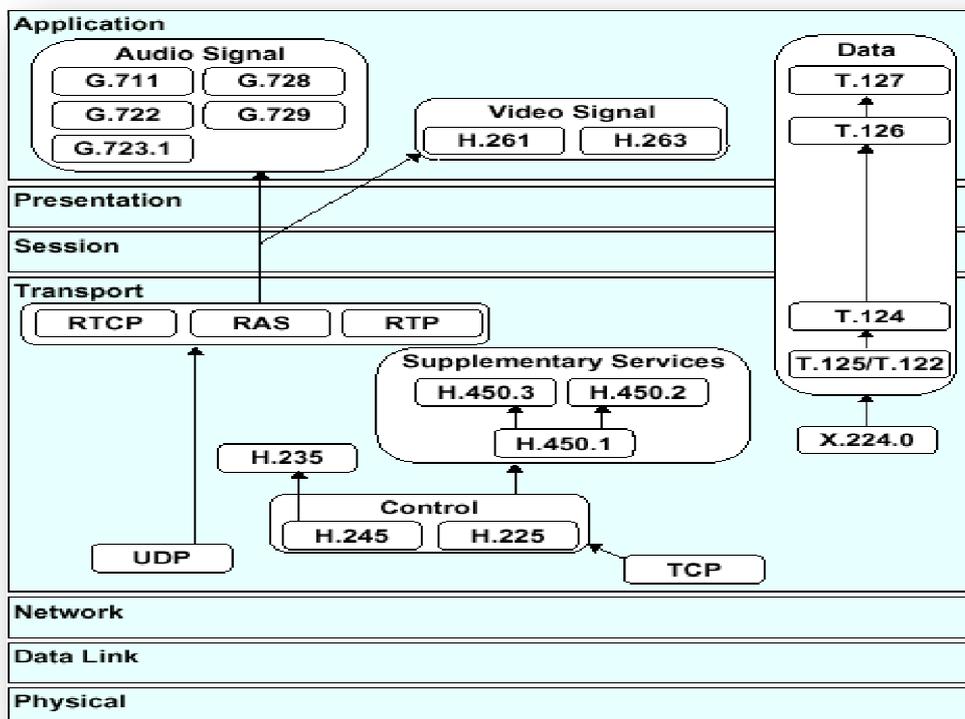


Figure 2.5 : H.323 dans OSI

Cette structure nous fait remarquer que H-323 rassemble de nombreux protocoles qui sont représentés dans le *tableau VI*.

Tableau VI : Normes de H.323

Rôle	Normes	Description
Terminal, Contrôle et Administration	H.225	Signalisation d'appels, paquets des signaux, état et admission au garde-barrière
	H.245	Contrôle (négociation et établissement de sessions)
	RTP	Protocole de transport pour les applications temps réels
	RTCP	Contrôle de flux de données multimédia
	RSVP	Réservation d'une ressource en bande passante
Données	T.120	Contrôle de données
Applications audio/vidéo	G.7xx	Codecs audio
	H.26x	Codecs vidéo
Services supplémentaires	H.450	Divers services supplémentaires (attente...)
Sécurité	H.235	Procédure de sécurité dans l'environnement H.323

b) Protocole MGCP

Le protocole MGCP (Media Gateway Control Protocol) est complémentaire à H.323 ou SIP illustré sur la figure 2.6, et traite des problèmes d'interconnexion avec le monde téléphonique. C'est un protocole de contrôle des gateway. Les éléments de contrôle utilisés sont les « Call Agents » ou « Media Gateway Controllers » qui :

- Fournissent des signaux d'appels, de contrôle et des processus intelligents aux gateways.
- Envoyent et reçoivent également des commandes des gateways.

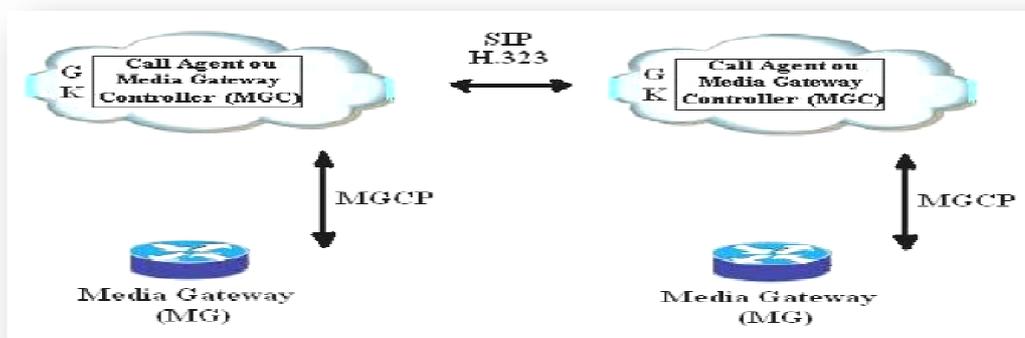


Figure 2.6 : Fonctionnement de MGCP

Les commandes du « call agent » sont : la configuration des terminaux, les requêtes de notification, la création, la modification et la suppression d'une connexion, et aussi, l'audit des terminaux ainsi que l'audit des connexions. Une amélioration de ce protocole s'appelle MEGACO (*Media Gateway Controller*) développé conjointement par l'UIT et l'IETF. [16]

c) IAX (*Inter-Asterisk eXchange*)

C'est un protocole de voix sur IP issu du projet de PABX open source Asterisk.

Il permet la communication entre client et serveur ainsi qu'entre serveurs.

Sa principale différence avec SIP vient de sa capacité à contrôler et la transmission de flux multimédia avec un débit plus faible (notamment pour la voix). Il présente aussi l'avantage de s'intégrer dans des NAT (*Network Address Translation* ou réseaux tradlatés), en effet **IAX** n'utilise qu'un seul port UDP : le 4569 pour la signalisation et les données.

Le nom **IAX** est souvent utilisé pour parler de la version 2 du protocole la première version n'est pratiquement plus utilisée. Ses faiblesses sont sa jeunesse et sa non-standardisation, bien qu'il soit de plus en plus utilisé.

2.2 - DIFFERENTES ARCHITECTURES

Différents scénarios de mise en œuvre du transport de la voix sur réseaux de données sont envisageables pour les entreprises ou les particuliers. Les scénarios sont les suivants : Communication de PC à PC, de PC à téléphone, de téléphone à téléphone.

2.2.1 De PC à PC

Cette solution est appelée la solution tout-IP comme illustre la figure 2.7. Dans ce cas, ce sont les PC qui jouent le rôle de passerelle et permettent donc la numérisation et le codage du signal vocal entrant.

Ils utilisent des logiciels de communication supportant également la norme H.323 tel que Netmeeting et Netphone. Afin que les différents PC puissent communiquer entre eux, il est nécessaire d'utiliser un serveur d'annuaire.

Lorsqu'un terminal se connecte sur le réseau de données, il enregistre sur le serveur informant ainsi toutes les autres machines de sa présence sur le réseau.

Il existe aujourd'hui un certain nombre de serveurs d'annuaire, le serveur de Netmeeting est ILS (*Internet Locator Server*). Le serveur d'annuaire a également pour rôle de faire la correspondance entre une adresse logique (exemple : e-mail, identifiant, numéro de téléphone) et une adresse identifiant la machine. Dans ce cas la qualité de service pour la gestion de la voix est assurée par ces protocoles. Une adresse de niveau 3 est alors utilisée uniquement pour l'établissement de la communication réseau. L'échange voix se fera après cet établissement. [6]

On considère que la couche niveau 2 n'offre pas de qualité de service suffisante pour le transport de la voix. Nous pouvons distinguer 2 types de réseaux de données utilisant le protocole IP pour gérer la voix : Internet et Intranet.

Internet – Ici, le réseau de données est l'Internet. La principale limitation est due à l'incapacité du réseau Internet de garantir un transfert fiable et rapide de l'information, provoquant une qualité d'écoute assez faible. Le principal avantage de l'internet est le faible cout pour les utilisateurs. Dans ce cas les utilisateurs sont des particuliers. [8]

Intranet – Dans ce cas le réseau Intranet de l'entreprise vient se substituer à l'internet et la limitation précédente est en partie levée. La gestion des routeurs et le dimensionnement du réseau sont alors sous le contrôle d'un seul operateur et de l'entreprise elle-même, ceci permet ainsi de mieux gérer les problèmes de congestion et de file d'attente. [8]

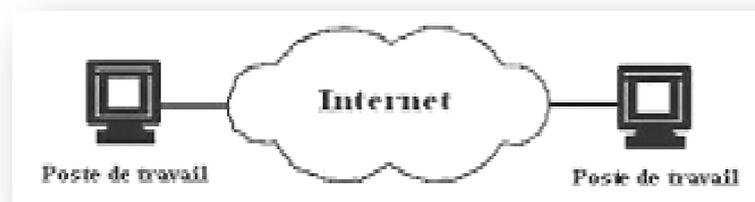


Figure 2.7 : **Solution Tout-IP**

2.2.2 De Téléphone à Téléphone

Tout le monde n'étant pas forcément équipé d'un PC, une évolution importante est apparue lorsque le codage et le décodage de la voix ont été mis en œuvre sur des serveurs (et non plus sur des terminaux PC) assurant une fonction avec les réseaux téléphones classiques.

a) Téléphone à téléphone *via* réseau de données et RTC

Cette configuration permet aux utilisateurs équipé de terminaux téléphoniques (ou télécopieurs) de bénéficier de service voix à bas prix. L'opérateur du service constitue un réseau dont les passerelles forment des points de présence locaux comme illustré sur la figure 2.8. Elles sont reliées entre elles par un réseau sous contrôle de l'opérateur permettant le respect des débits et des délais.

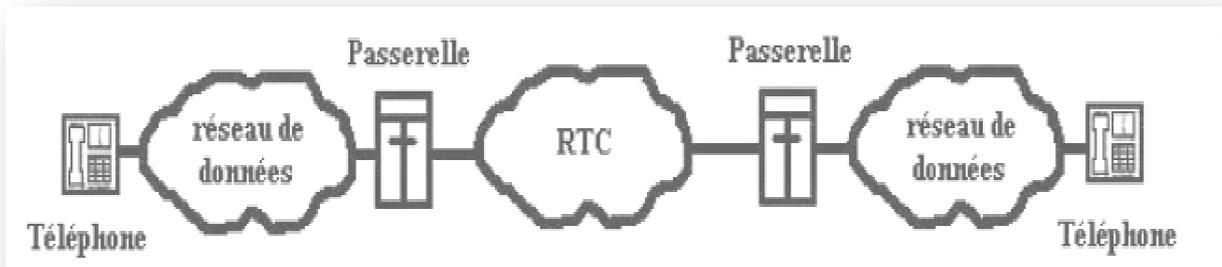


Figure 2.8 : Téléphone à téléphone *via* réseau de données et RTC

b) Téléphone à téléphone *via* PABX et RTC

Dans ce cas, le réseau de données correspond à un réseau privé fourni par l'opérateur. Ce type d'offre correspond à la transposition des services voix sur le réseau de données de l'entreprise. Les passerelles sont raccordées aux PABX des entreprises (certains constructeurs prévoient même une offre intégrée aux PABX) en leur permettant d'écouler leur trafic téléphonique inter site et leurs données sur un même réseau comme l'indique la figure 2.9. Le principal intérêt reste donc le gain économique. Là encore, les principales difficultés techniques, concernant la perception de la qualité par rapport au coût engendré par la mise en place de mécanismes de contrôle de flux, la gestion de plans de numérotation cohérents et la traversée des pare-feu. [6]

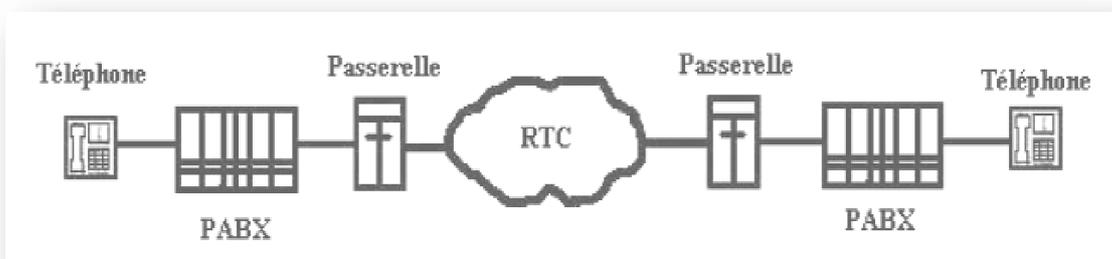


Figure 2.9 : Téléphone à téléphone *via* PABX et RTC

2.2.3 De PC à Téléphone

Cette architecture est une combinaison des deux précédentes. Dans ce cas, on se rend compte qu'il est possible de faire interagir des équipements différents confirmant ainsi la notion de fusion de l'informatique et de la téléphonie illustré par la figure 2.10.

Nous avons présenté les différentes architectures possibles, mais la principale application utilisant le transport de la voix sur des réseaux de données est l'interconnexion de PABX d'une même entreprise en utilisant son propre réseau.

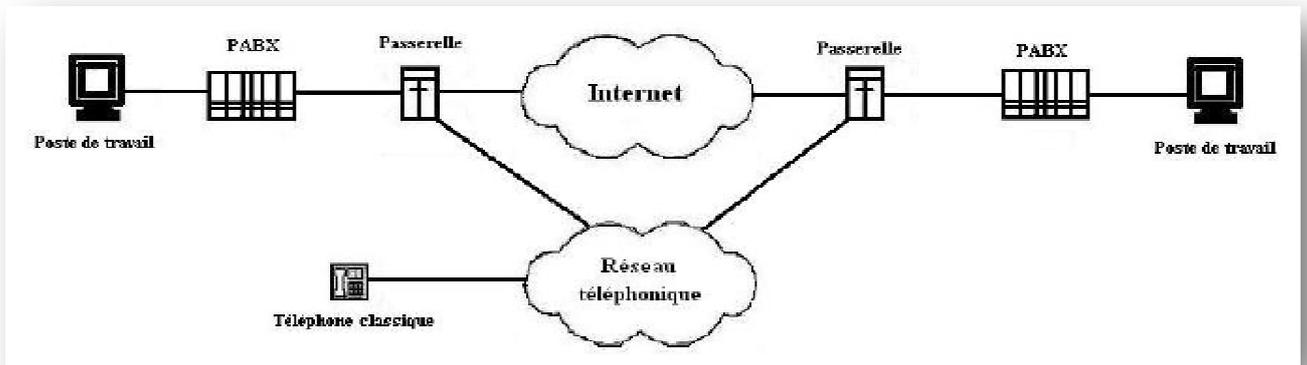


Figure 2.10: Connexion téléphone à PC

2.3 - PARAMETRES

Le protocole IP, comme la majorité des autres technologies de transport de données en mode paquet, a été construit et optimisé pour transporter des fichiers des données, et non pas la voix ou la vidéo. Dans ce contexte, la seule qualité de service pertinente est de ne pas perdre ou corrompre les données transportées. [21] [22]

Aujourd'hui les avancées spectaculaires des technologies réseau rendent possible le transport de données temps réel comme la voix ou la vidéo en utilisant le protocole IP. Il devient donc particulièrement important de savoir contrôler et caractériser la qualité de service d'un réseau IP. [21] [22]

Plusieurs paramètres influents sur la qualité de la voix comme indique la figure 2.11 et le *tableau VII*.

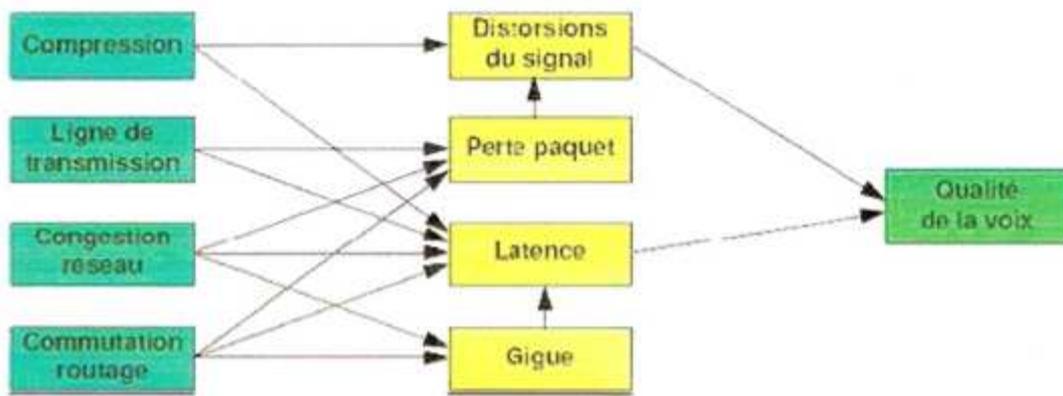


Figure 2.11 : Contraintes de la VoIP

Le Traitement de la voix (qualité de codage ou de compression) : influence du codec, du nombre de trames et la redondance.

Pertes des paquets : le problème de perte de paquets est très lié au problème de la bande passante, ainsi qu'à l'utilisation appropriée d'algorithmes de contrôle de la congestion en bordure et dans le réseau cœur.

Erreurs d'étiquetage/d'adressage.

Tableau VII : Paramètres de la VoIP

Paramètres	Définitions
Clarté	mesure de fidélité de la voix reçue par rapport à la voix émise
Latence	temps entre l'émission de la parole et sa restitution à l'arrivée
Gigue	variation du Latence
Phénomène d'écho	délai entre l'émission du signal et la réception de ce même signal réverbéré
Bande passante	taux de transfert maximum pouvant être maintenu entre deux points terminaux
Disponibilité du réseau	taux moyen d'erreurs d'une liaison

2.3.1 Latence

La latence désigne le délai de transmission du signal de bout en bout. Plusieurs facteurs influent sur elle : la bande passante disponible, son occupation (trafic), les algorithmes de sécurisation (qui ont tendance à introduire des délais supplémentaires), etc. Trop de latence introduit des blancs dans la conversation qui font perdre son côté naturel. [20]

La maîtrise du délai de transmission est un élément essentiel pour bénéficier d'un véritable mode conversationnel et minimiser la perception d'écho.

La durée de traversée d'un réseau IP dépend de nombreux facteurs :

- Le débit de transmission sur chaque lien
- Le nombre d'éléments réseaux traversés
- Le temps de traversée de chaque élément, qui est lui même fonction de la puissance et la charge de ce dernier, du temps de mise en file d'attente des paquets, et du temps d'accès en sortie de l'élément
- Le délai de propagation de l'information, qui est non négligeable si on communique à l'opposé de la terre.

Noter que le temps de transport de l'information n'est pas le seul facteur responsable de la durée totale de traitement de la parole. Le temps de codage et la mise en paquet de la voix contribuent aussi de manière importante à ce délai.

Il est important de rappeler que sur les réseaux IP actuels (sans mécanismes de garantie de qualité de service), chaque paquet IP « fait son chemin » indépendamment des paquets qui le précèdent ou le suivent: c'est ce qu'on appelle grossièrement le « Best effort » pour signifier que le réseau ne contrôle rien. Ce fonctionnement est fondamentalement différent de celui du réseau téléphonique où un circuit est établi pendant toute la durée de la communication. Les chiffres suivants (tirés de la recommandation UIT-T G.114) sont donnés à titre indicatif pour préciser les classes de qualité et d'interactivité en fonction du retard de transmission dans une conversation téléphonique (cf. *tableau VII*). Ces chiffres concernent le délai total de traitement, et pas uniquement le temps de transmission de l'information sur le réseau. [16]

Tableau VIII : Classes de qualité en fonction du temps de latence

<i>Classe n°</i>	<i>Délai par sens</i>	<i>Commentaires</i>
<i>1</i>	<i>0 à 150 ms</i>	<i>Acceptable pour la plupart des conversations</i>
<i>2</i>	<i>150 à 3000 ms</i>	<i>Acceptable pour des communications faiblement interactives</i>
<i>3</i>	<i>300 à 700 ms</i>	<i>Devient pratiquement une communication half duplex (mode alterné, communication de type militaire)</i>
<i>4</i>	<i>Au-delà de 700 ms</i>	<i>Inutilisable sans une bonne pratique de la conversation half duplex (mode alterné)</i>

Un délai par sens de 150 ms correspond à une conversation avec un bond satellite et un délai par sens de 400 ms correspond à deux bonds satellite consécutifs.

En conclusion, on considère généralement que la limite supérieure "acceptable", pour une communication téléphonique, se situe entre 150 et 200 ms par sens de transmission (en considérant à la fois le traitement de la voix et le délai d'acheminement).

La Figure 2.12 nous indique les délais pour envoyer la voix analogique jusqu'à sa restitution.



Figure 2.12 : Délais pouvant intervenir en VoIP

Le tableau IX suivant représente l'influence du délai à la qualité vocale.

Tableau IX : Qualité vocale en fonction du délai

<i>Délais par sens</i>	<i>Indice dégradation de la conversation</i>
200 ms	28 %
450 ms	35 %
700 ms	46 %

Ceci montre bien que le délai est très important pour avoir une bonne qualité de la conversation.

La Figure 2.13 représente la possibilité de détérioration de la voix au cours de la transmission.

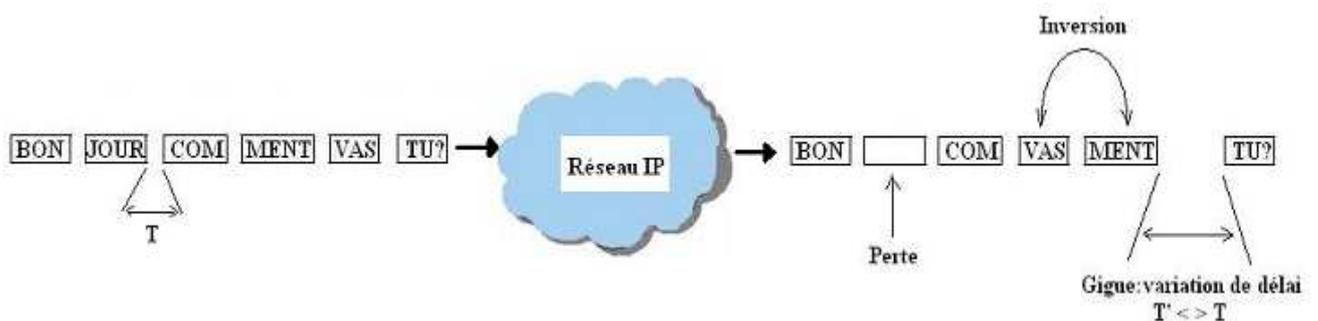


Figure 2.13 : Conséquences du délai

2.3.2 Gigue

La gigue est le phénomène provenant de la variation de la latence. En d'autres termes, la gigue mesure la variation temporelle entre le moment où deux paquets auraient dû arriver et le moment de leur arrivée effective. A certains moments, la latence peut être faible, et la voix peut être restituée avec un effet "temps réel" satisfaisant. [25]

Puis, une congestion temporaire du réseau peut augmenter le délai d'arrivée des paquets, produisant un effet de parole hachée désagréable et rendant la conversation difficile à comprendre.

Cette irrégularité d'arrivée des paquets est due à de multiples raisons dont: l'encapsulation des paquets IP dans les protocoles supportés, la charge du réseau à un instant donné, la variation des chemins empruntés dans le réseau, etc. Une solution pour éviter cela est la mise en mémoire tampon, c'est-à-dire la mémorisation préalable d'un certain nombre de paquets avant restitution sonore. L'ennui, c'est que ce processus (*bufferisation*) tend à augmenter les délais de bout en bout, altérant là encore l'aspect "temps réel". [3] [22]

La dégradation de la qualité de service due à la présence de gigue, se traduit en fait, par une combinaison des deux facteurs cités précédemment: le délai et la perte de paquets; puisque d'une part on introduit un délai supplémentaire de traitement (buffer de gigue) lorsque l'on décide d'attendre les paquets qui arrivent en retard, et que d'autre part on finit tout de même par perdre certains paquets lorsque ceux-ci ont un retard qui dépasse le délai maximum autorisé par le buffer.

2.3.3 Perte et déséquence ment de paquets

Ces problèmes sont des erreurs dans la transmission des paquets IP. Certains peuvent se perdre en cours de route, ou encore les paquets peuvent arriver dans le désordre avec une perte d'information ne permettant pas de les réordonner correctement.

Parmi les solutions mises en œuvre pour lutter contre ces problèmes, l'émission redondante des paquets, l'analyse de leur intégrité et la mise en œuvre de processus d'interpolation pour remplacer les valeurs manquantes font partie de l'attirail disponible.

Lorsque les buffers des différents éléments réseaux IP sont congestionnés, ils « libèrent » automatiquement de la bande passante en se débarrassant d'une certaine proportion des paquets entrant, en fonction de seuils prédéfinis. Cela permet également d'envoyer un signal implicite aux terminaux TCP qui diminuent d'autant leur débit au vu des acquittements négatifs émis par le destinataire qui ne reçoit plus les paquets. [16]

Pour les paquets de voix, qui sont véhiculés au dessus d'UDP, aucun mécanisme de contrôle de flux ou de retransmission des paquets perdus n'est offert au niveau du transport. D'où l'utilisation des protocoles RTP et RTCP qui permettent de déterminer le taux de perte de paquet, et d'agir en conséquence au niveau applicatif.

Si aucun mécanisme performant de récupération des paquets perdus n'est mis en place (cas le plus fréquent dans les équipements actuels), alors la perte de paquet IP se traduit par des ruptures au niveau de la conversation et une impression de hachure de la parole. Cette dégradation est bien sûr accentuée si chaque paquet contient un long temps de parole (plusieurs trames de voix par paquet). Par ailleurs, les codeurs à très faible débit sont généralement plus sensibles à la perte d'information, et mettent plus de temps à « reconstruire » un codage fidèle. [22]

Enfin connaître le pourcentage de perte de paquets sur une liaison n'est pas suffisant pour déterminer la qualité de la voix que l'on peut espérer, mais cela donne une bonne approximation.

En effet, un autre facteur essentiel intervient; il s'agit du modèle de répartition de cette perte de paquets, qui peut être soit « régulièrement » répartie, soit répartie de manière corrélée, c'est à dire avec des pics de perte lors des phases de congestion, suivies de phases moins dégradées en terme de QoS (*Quality of Service*).

Le tableau X donne un bref aperçu des valeurs acceptables en VoIP.

***Tableau X* : Seuils des valeurs pour les paramètres critiques**

	<i>Bon</i>	<i>Moyen</i>	<i>Mauvais</i>
<i>Délais de transit</i>	D < 150 ms	150 ms < D < 400 ms	D > 400 ms
<i>Gigue</i>	G < 20 ms	20 ms < G < 50 ms	G > 50 ms
<i>Perte de données</i>	P < 1 %	1 % < P < 3 %	P > 3 %

2.3.4 Phénomène d'écho

Ce problème se pose ou non suivant le contexte d'insertion de l'IP dans le réseau général de téléphonie : si l'une au moins des extrémités de la connexion est constituée par une ligne d'abonné téléphonique utilisée en basse fréquence, comme pour une communication téléphonique normale, alors différents équipements pourront induire des phénomènes. Il faudra recourir à des fonctions d'annulation d'écho de bonne performance.

Il y a un autre cas où l'écho peut se manifester, c'est celui de la téléphonie mains-libres ou de la conférence mains-libres : le couplage a alors lieu de façon acoustique et le temps de transmission élevé rend cet écho particulièrement sensible. Les terminaux de conférence mains-libres doivent donc être dotés d'un bon dispositif d'annulation. [16]

2.4 - PROBLEMATIQUES

La première expérience avec VoIP est encline à de nombreux problèmes tels que la lenteur de connexion, un délai de transmission trop long, les effets d'écho, etc.

Face aux opportunités offertes par la VoIP, il y a les risques.

La principale erreur serait que les administrateurs de réseaux informatiques considèrent que la voix étant transmise en paquets IP, il suffit de connecter les équipements Voix IP sur leurs réseaux déjà sécurisés pour rester sécurisé. En effet, une infrastructure voix IP a des exigences et des contraintes en matière de sécurité et de qualité de service très différentes du trafic de données traditionnelles.

Les risques inhérents à la mise en œuvre d'une application VoIP les plus évidents émanent d'Internet sont : le SPIT (*Spam over IP Telephony*), le déni de services pouvant aboutir à la saturation des boîtes vocales, les détournements ou interceptions d'appel, l'usurpation d'identité constituent également des risques mais nécessite une mise en œuvre plus complexe.

Il importe donc de sécuriser l'architecture de transport en séparant les trafics voix et data en 2 sous-réseaux (VLAN ou *Virtual Local Area Network*), de contrôler très rigoureusement l'accès et la liste des postes autorisés. Les équipements contribuant au projet VoIP doivent également être sécurisés : les serveurs doivent être isolés, les pare-feux existants adaptés ou de nouveaux pare-feux dédiés au projet, les mises à jour et correctifs effectués sur les postes IP et serveurs doivent être contrôlés et tracés ; sur les réseaux Wifi, les communications doivent être cryptées. [25]

Chapitre 3 : REALISATION ET PARAMETRAGE

Dans cette partie, nous allons simuler quelques fonctionnalités d'un IPBX par des communications courantes (point à point et point à multipoint). L'IPBX en question sera représenté par un serveur (où Asterisk est installé) qui permet d'établir la communication SIP entre les deux postes client (Fig. 3.1) et d'opérer en tant que commutateur téléphonique privé.

Dans notre simulation nous avons utilisé comme système d'exploitation Debian GNU/Linux avec les noyaux 2.6.26 ou plus précisément la version 5 (Lenny).

Notons que l'installation d'Asterisk sur Linux est détaillée dans l'annexe 3 et que SIP sera le protocole utilisé.

Pour une communication téléphonique, il est primordial de configurer les terminaux (où sont installé X-Lite) avant d'utiliser Asterisk qui doit être aussi configuré. D'où les manipulations effectuées dans les sous-chapitres 3.2 et 3.3 ci-dessous.

Le poste appelant émet un appel avec X-Lite et cherche à établir une communication. Son appel est traité par ASTERISK installé sur le poste serveur. Celui-ci décide donc de la manière dont l'appel sera traité ou refusé et l'achemine vers un poste qu'il contrôle. Une fois la communication établie la conversation peut commencer.

3.1 - ARCHITECTURE ADOPTEE

L'architecture de la simulation sera illustrée sur la figure 3.1.

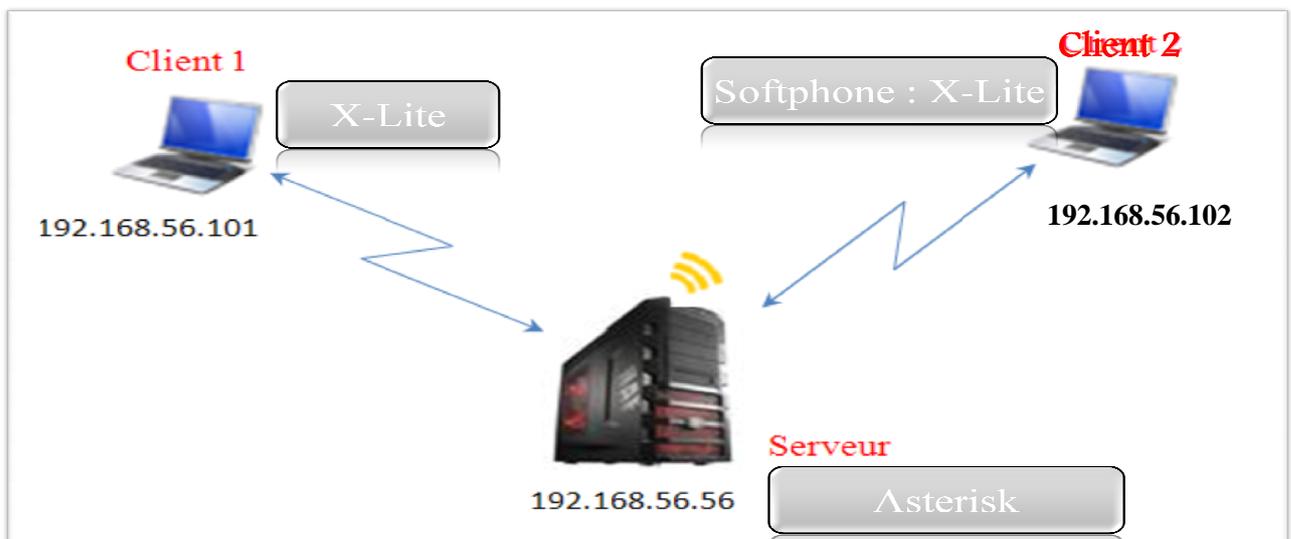


Figure 3.1 : Architecture du réseau à mettre en place

Tout d'abord, Les machines doivent être connectées entre eux par une liaison Wifi dont l'adresse réseau est 192.168.56.0/24.

Pour ce faire, Les 2 clients doivent être équipés d'une connexion Wi-Fi; et pour le serveur, soit une carte Wi-Fi, soit un adaptateur USB/Wi-Fi ou d'autre équipement sans fil.

Dans notre simulation les adresses attribuées pour les clients sont :

- **192.168.56.101/24** (Client 1)

- **192.168.56.102/24** (Client 2)

Dans le cas où l'on a besoin d'utiliser plusieurs postes client, il suffit d'attribuer pour ces clients la suite des adresses ci-dessus.

D'un coté, le softphone X-Lite qui va servir d'interface utilisateur sera installé dans chaque poste client.

De l'autre coté, Asterisk dans le serveur qui a comme adresse **192.168.56.56/24**. Cette adresse sera le domaine de notre simulation (voir Fig. 3.3 du paragraphe 3.2.2).

3.2 - SOFTPHONE X-Lite

3.2.1 Description

X-Lite est un **softphone** (anglicisme) comme il en existe beaucoup, Il a la particularité d'être gratuit et de gérer les appels vidéo. Sa configuration est assez aisée et son installation l'est aussi. [26]

C'est un type de logiciel utilisé pour faire de la téléphonie par Internet depuis un ordinateur plutôt qu'un téléphone. Les communications peuvent se faire au moyen d'un microphone et d'un casque ou de haut-parleurs reliés à la carte son, mais il existe aussi un type de périphérique dédié à cette tâche, semblable à un téléphone et se branchant sur un port USB.

Les interfaces sont souvent intuitives et de la forme d'un téléphone (cf. Fig. 3.2). Les fonctionnalités sont les mêmes que celles des téléphones classiques. En plus des fonctionnalités de téléphonie classique, X-Lite comme tous les softphone incorpore souvent des services supplémentaires comme la vidéo sur IP, la présence, permettant de connaître la disponibilité de ses contacts et de nombreux autres services (cf. *tableau XI*). [27]

Tableau XI : Fonction de base des boutons et zones de X-Lite

Boutons ou Zones	Fonctions
1	Bouton d'accès au menu de configuration
2	Réduire la fenêtre
3	Quitter le programme
4	Affichage principal: état, appels, etc.
5	Accès au menu vidéo
6	Liste des appels et des contacts
7	Ligne 1
8	Ligne 2
9	Accès au site de l'éditeur
10	Mettre en attente
11	Enregistrer
12	Réponse automatique
13	Conférence automatique
14	Ne pas déranger
15	Conférence
16	Appeler - prendre un appel
17	Raccrocher - terminer un appel
18	Touche Flash (fonctions dynamiques)
19	Recomposer le numéro précédent
20	Muet
21	Volume du haut-parleur
22	Volume du micro



Figure 3.2 : Description générale de X-Lite

3.2.2 Configuration

La configuration du logiciel X-Lite consiste à ajouter un compte SIP ou <SIP Account> et de renseigner le nom ou l'adresse du serveur SIP, le login et le mot de passe.

Pour ce faire, il faut cliquer sur le Bouton d'accès au menu de configuration décrit par **Bouton 1**, puis choisir « **SIP Account setting** » et créer un compte SIP à partir du bouton « **add** » ; enfin remplir le champ du <SIP Account> comme indique la figure 3.3.

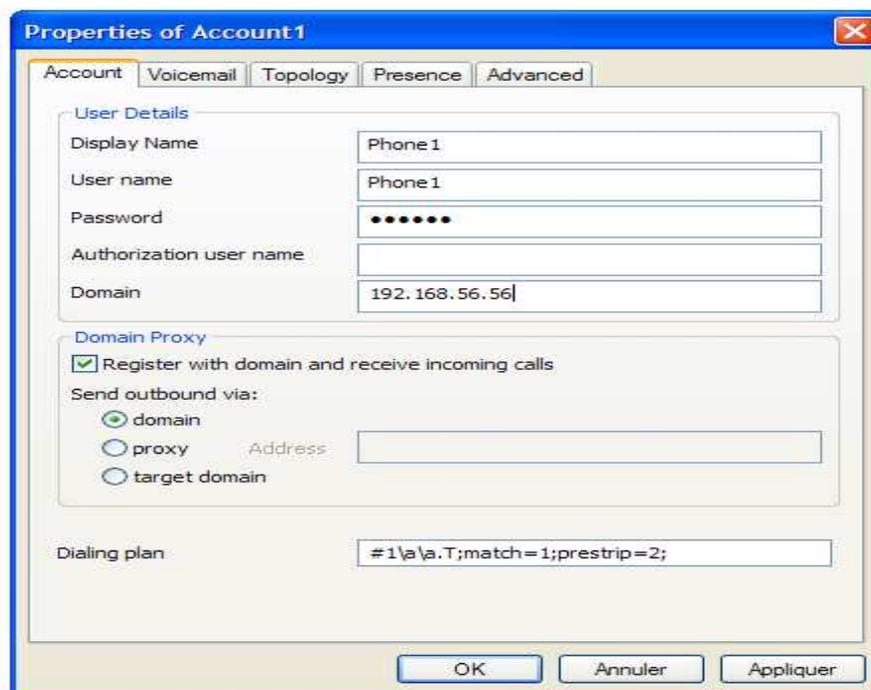


Figure 3.3 : Configuration d'un compte dans X-Lite

Parfois il faut laisser au soin de l'administrateur du serveur la configuration des comptes. C'est le cas dans les grandes entreprises qui sont servis par des prestataires de services (Autres firme offrant l'installation et la maintenance d'une communication par VoIP).

Aussi, les clients peuvent s'inscrire *via* internet (ex : par e-mail) pour réserver chacun la configuration de son softphone (Numéro, Identification, mot de passe...).

3.2.3 Observation

a) Avant lancement

Les requêtes <**ping**> aboutissent déjà, ce qui prouve que le réseau fonctionne, avant le lancement d'Asterisk, mais la communication sur X-Lite ne peut s'établir.

Le **bouton 16** n'est pas encore activé et l'**Affichage principal** qui est décrit par la **zone 4** indique que les comptes SIP ne sont pas encore enregistrés dans le serveur.

b) Après lancement

Tous les boutons sont activés, après lancement d'Asterisk. Ce qui nous donne l'accès à la communication souhaitée par l'utilisateur.

c) En communication

Pendant la communication, voici un exemple (cf. Fig. 3.4) où l'on peut observer ce qu'affiche l'écran des softphone du « client appelant » et celui du « client appelé » lors d'une communication.



Figure 3.4 a : Appel entrant



Figure 3.4 b : Appel sortant

Figure 3.4 : Différents Observation lors de la Communication

3.3 - ASTERISK

Asterisk est né en 1999, créé par un étudiant de l'université d'Auburn (États-Unis - Alabama). À la recherche d'un commutateur téléphonique privé pour créer un centre de support technique sur Linux, il est dissuadé par les tarifs trop élevés des solutions existantes, et décide de se créer son propre routeur d'appels sous Linux, le PBX Asterisk. [28] [29]

Il peut remplacer totalement le rôle d'un PABX propriétaire, et d'y adjoindre des fonctionnalités de VoIP pour le transformer en PBX IP.

Asterisk est un logiciel libre sous licence GNU/GPL (*GNU is Not Unix / General Public License*) permettant à un simple ordinateur d'opérer en tant que commutateur téléphonique privé. Il permet ainsi la téléphonie au sein d'un LAN, la messagerie vocale, les conférences, et la distribution d'appels. [26]

Enfin, ses fonctionnalités lui permettent l'intégration complète pour répondre à la majorité des besoins en téléphonie et le placent au niveau des PBX les plus complexes.

3.3.1 Fonctionnalités

Les fonctionnalités sont nombreuses, appels en mode conférence, appels en attente, enregistrement d'appel, file d'attente, heure et date d'appels, identification de l'appelant, identification de l'appelants sur appel en attente, insertion de messages vocaux dans courriels, intégration à différents types de SGBDR, liste noires, ne pas déranger, messagerie SMS, messagerie vocale, indicateur visuel de message en attente, redirection des messages vocaux par courriel, interface Web pour la gestion des messages, musique d'attente....etc. [29] [30]

3.3.2 Configuration

Pour qu'Asterisk fonctionne de manière basique, il est nécessaire de modifier les fichiers de configuration : sip.conf, extensions.conf et voicemail.conf qui se trouvent dans le répertoire **/etc/asterisk**. [31]

a) sip.conf

Le fichier **sip.conf** (cf. Fig. 3.5) est utilisé pour configurer les login et mots de passe de tous les périphériques. Ces périphériques peuvent être des téléphones, des passerelles analogiques ou encore d'autres serveurs. Ce fichier est organisé en différentes zones appelées « context ».

Tableau XII: Contenu du fichier sip.conf

```
[general]
context=local
bindport=5060
bindaddr=0.0.0.0
language=fr

[Phone1]
type=friend
host=dynamic
secret=azerty
username=Phone1
defaulttip=192.168.56.101
dtmfmode=rfc2833
context=local
callerid="Phone1" <201>
mailbox=2001@general
language=fr
```

b) extensions.conf

Le fichier **extensions.conf** (cf. Fig. 3.6) est utilisé pour router les appels vers un utilisateur ou vers sa messagerie. Par exemple, les appels provenant de comptes SIP dont le context est « local » seront traités dans l'extension « local » de ce fichier de configuration.

Tableau XIII : Contenu du fichier extensions.conf

```
[local]

; Routage d'appel vers un utilisateur
exten => 201,1,SetCalledParty("lines" <201>)
exten => 201,2,Dial(SIP/Phone1,20,tr)
exten => 201,n,VoiceMail(2001@default)
exten => 201,n,PlayBack(vm-goodbye)
exten => 201,n,Wait(2)
exten => 201,n,HangUp

; Accès à la messagerie vocale
exten=>100,1,VoicemailMain(${CALLERIDNUM}@default)
exten=>100,2,HangUp

;horloge parlante
exten => 103, 1, Answer
exten => 103, 2, SayUnixTime(,CET,AdbY \digits/at' kM)
exten => 103, 3, Wait(3)
exten => 103, 4, Goto(local,103, 2)
```

c) voicemail.conf

Le fichier **voicemail.conf** (cf. Fig. 3.7) permet de configurer la messagerie vocale d'Asterisk. Nous pourrions y paramétrer la notification par email des messages et les login des utilisateurs de la boîte vocale.

Tableau XIV : Contenu du fichier voicemail.conf

```
[general]

format=wav49|gsm|wav

attach=yes

emailsubject=Message vocal numero ${VM_MSGNUM} provenant de ${VM_CIDNAME}
emailbody=\n\tBonjour ${VM_NAME},\n\n\tVous avez un message de la part de
${VM_CIDNAME} d'une duree de ${VM_DUR} datant du ${VM_D}\n\n\tBonne journee

[default]

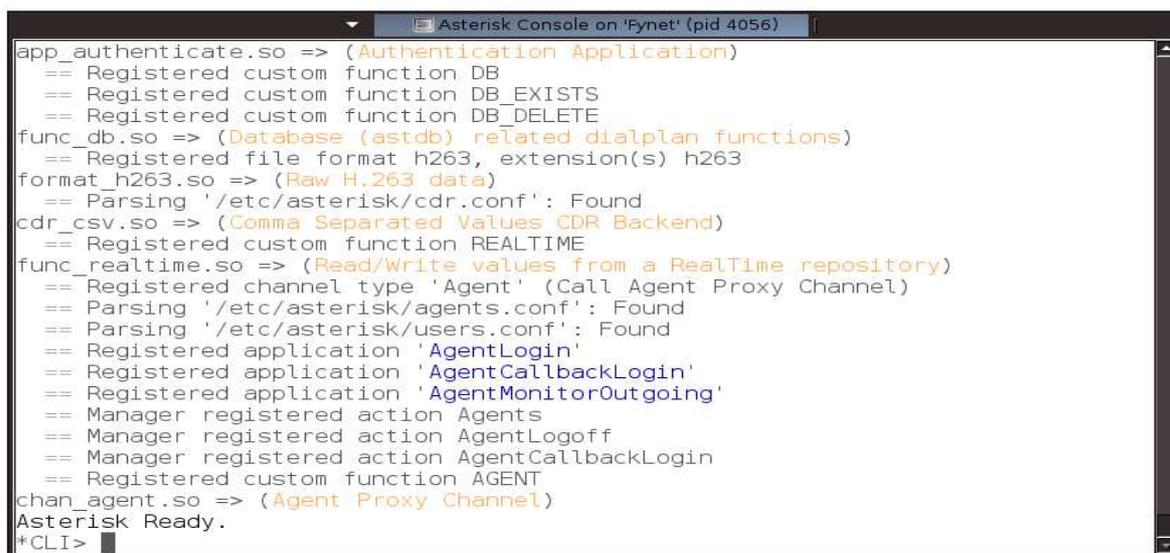
language=fr

2001 => 12,Phone1
2002 => 34,Phone2
2003 => 56,Phone3
2004 => 78,Phone4
2005 => 910,Phone5
```

3.3.3 Résultats

Asterisk est lancé par la commande : **#Asterisk -vvvc** ou **#!/etc/init.d/asterisk start**

Après validation, il y a un message confirmant son état de marche et les principales options sont activées comme illustre la figure 3.8.



```
Asterisk Console on 'Fynet' (pid 4056)
app_authenticate.so => (Authentication Application)
== Registered custom function DB
== Registered custom function DB_EXISTS
== Registered custom function DB_DELETE
func_db.so => (Database (astdb) related dialplan functions)
== Registered file format h263, extension(s) h263
format_h263.so => (Raw H.263 data)
== Parsing '/etc/asterisk/cdr.conf': Found
cdr_csv.so => (Comma Separated Values CDR Backend)
== Registered custom function REALTIME
func_realtime.so => (Read/Write values from a RealTime repository)
== Registered channel type 'Agent' (Call Agent Proxy Channel)
== Parsing '/etc/asterisk/agents.conf': Found
== Parsing '/etc/asterisk/users.conf': Found
== Registered application 'AgentLogin'
== Registered application 'AgentCallbackLogin'
== Registered application 'AgentMonitorOutgoing'
== Manager registered action Agents
== Manager registered action AgentLogoff
== Manager registered action AgentCallbackLogin
== Registered custom function AGENT
chan_agent.so => (Agent Proxy Channel)
Asterisk Ready.
*CLI>
```

Figure 3.5 : Interface de la ligne de commande de Asterisk

3.4 - APPLICATIONS

Après avoir configuré les adresses réseaux de chaque poste client et installé les outils nécessaire ; Asterisk devra être lancé *via* la ligne de commande (voir paragraphe 3.3.3) pour que les compte SIP puissent être identifié par le serveur.

Maintenant, les clients peuvent se communiquer entre eux à partir du Softphone X-Lite.

Pour la conversation, chaque client doit posséder les matériels de communication ; qui sont des micro-casques dans notre cas.

3.4.1 Communication point à multipoint

Si les communications point à point nécessite des modifications au niveau des fichiers de configuration de Asterisk ; Les communications point à multipoint se basent sur la manipulation du Softphone.

a) Double Appel

Un double appel consiste à effectuer 2 appels successivement avec 2 connexions simultanées. C'est-à-dire même si le correspondant est déjà en ligne, il peut encore recevoir ou effectuer des appels vers d'autres personnes.

Tout en étant connecté, Il peut basculer la ligne pour parler avec la personne désiré.

Notons que le nombre de personne à qui il peut se communiquer est limité par le nombre de ligne dans le Softphone. En effet, 2 lignes dans notre cas : **Ligne 1** (représentée par le bouton **7**), **Ligne 2** (représentée par le bouton **8**),

b) Conférence

Il s'agit d'une communication entre plusieurs correspondants qui se trouvent dans des divers endroits sans pour autant se déplacer.

Il faut utilise le bouton **Conférence automatique** décrit par le bouton **13** pour faire entrer une personne en conférence et le bouton **Conférence** décrit par le bouton **15** pour créer ou entrer dans une conférence existant.

3.4.2 Communication point à point

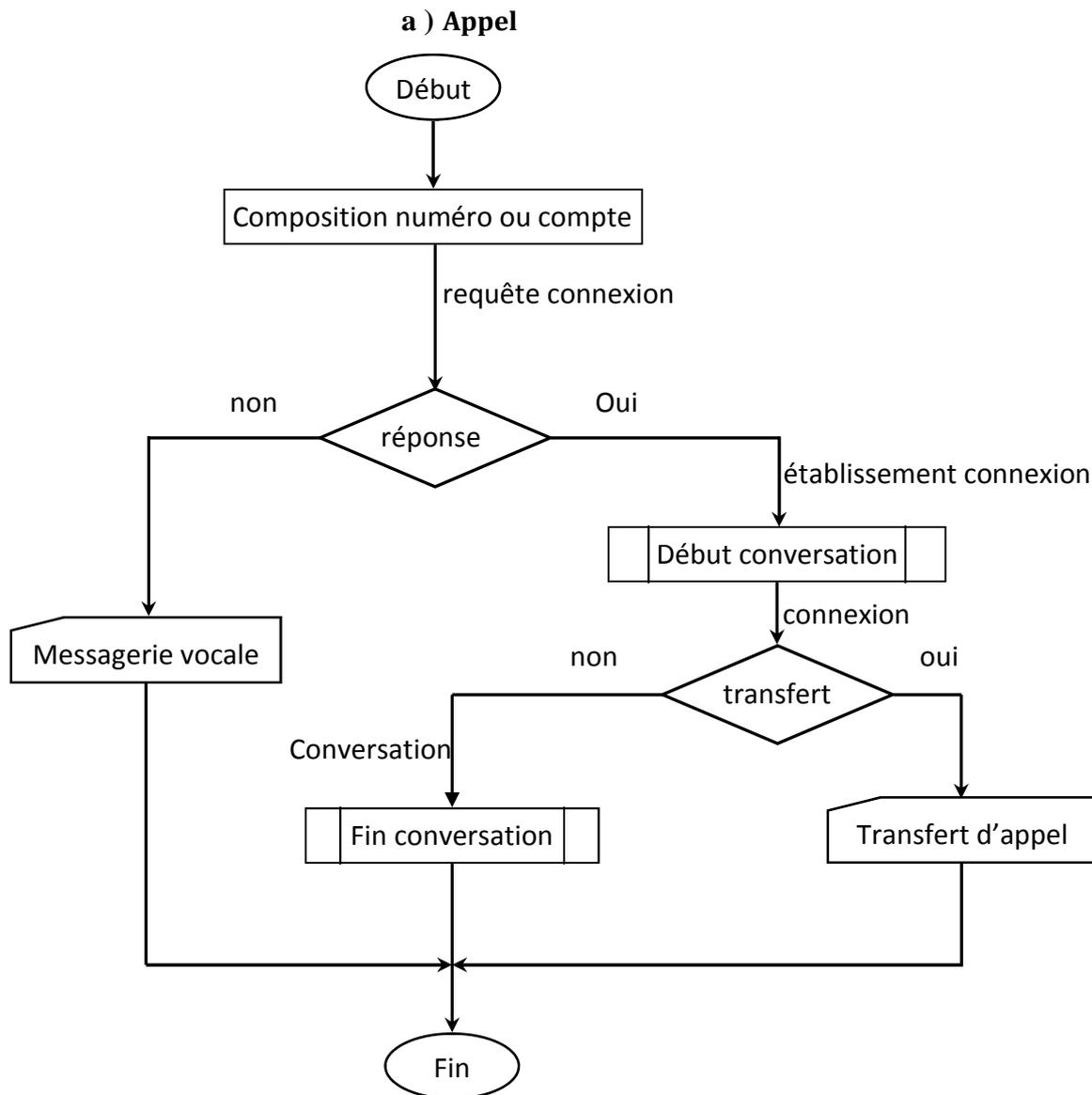


Figure 3.6 : Organigramme pour un simple appel

L'organigramme représenté sur la figure 3.9 nous donne le déroulement d'un appel.

Tout d'abord, l'appelant compose le numéro ou le nom de l'utilisateur dans la configuration du compte SIP.

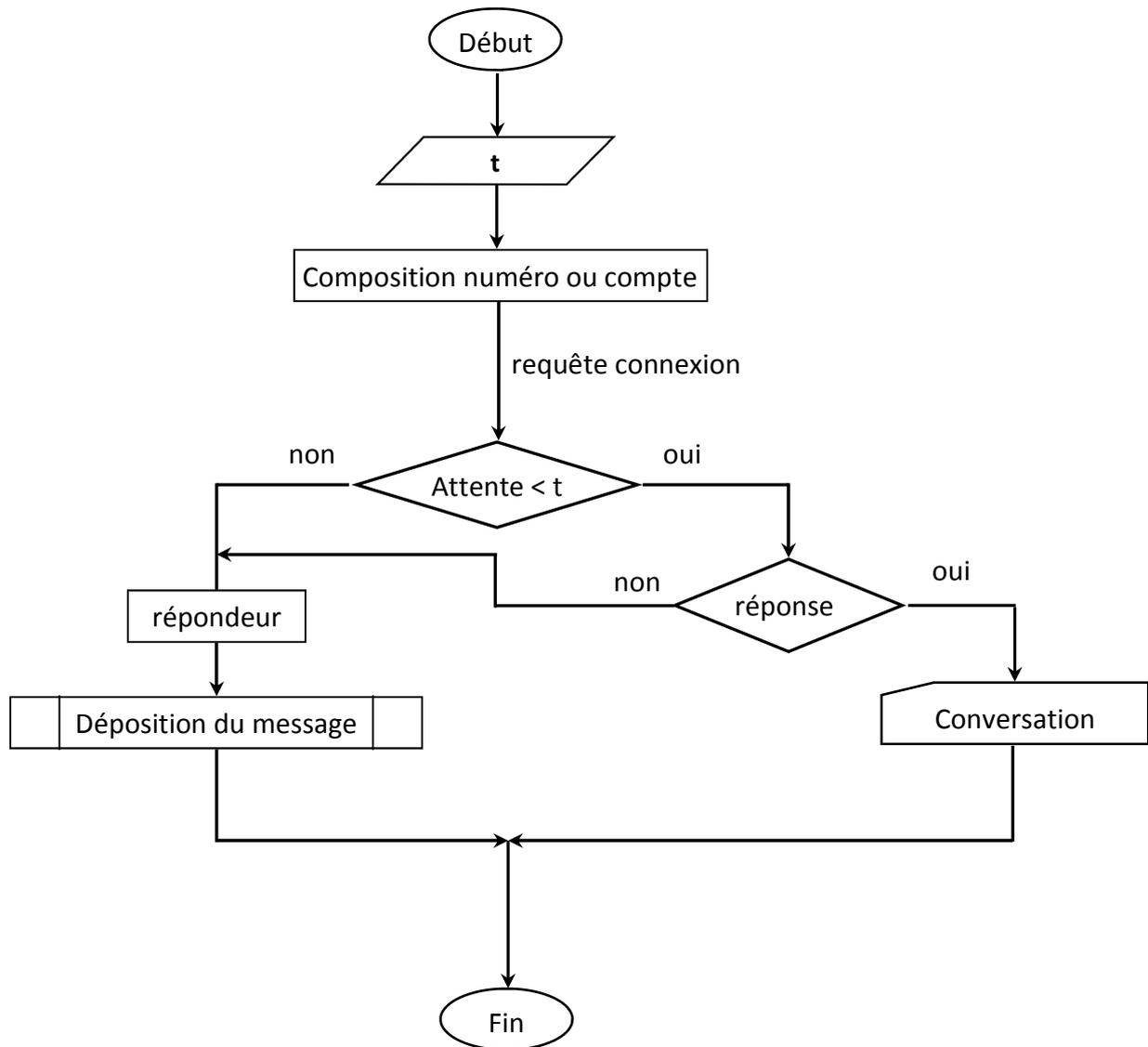
En appelant, le softphone envoie une requête pour savoir la possibilité de se connecter :

- si l'appelé ne décroche pas alors l'appel bascule dans la messagerie
- sinon la connexion est établie

Une fois la connexion établie, l'utilisateur a le choix de transférer l'appel ou de raccrocher après la conversation (rupture de la connexion).

b) Messagerie vocale

Lorsque nous cherchons à joindre un utilisateur le correspondant peut être indisponible ; Ainsi, l'appel bascule vers la messagerie vocale comme indique la figure 3.10.



t : Temps d'attente

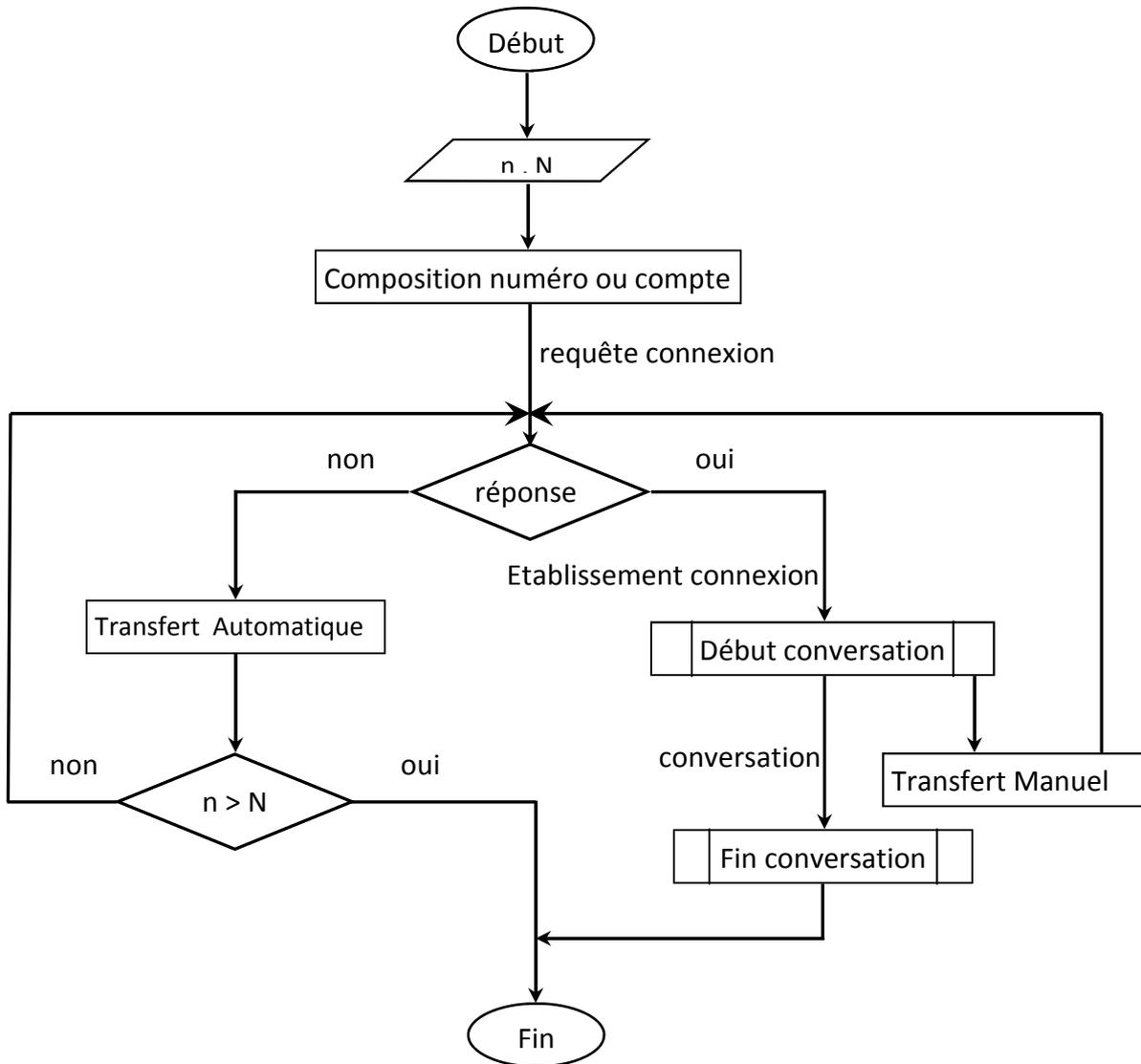
Figure 3.7 : Organigramme pour la messagerie vocale

Après avoir lancé l'appel, l'appelant possède au minimum le temps **t** pour que son correspondant décroche et que la conversation aura lieu.

Au-delà du temps **t**, l'appel bascule vers le répondeur de la partie appelé et se termine après la déposition du message vocale.

Notons que **t** est prédéfini dans les fichiers de configuration de Asterisk par l'administrateur ou celui qui a mis en place le serveur.

c) Transfert



n : nombre de transfert

N : nombre de transfert maximal

Figure 3.8 : Organigramme pour un transfert d'appel

Tous les transferts d'appel s'effectuent après l'aboutissement de la requête de connexion (cf. Fig. 3.11).

Durant l'établissement de la connexion, l'appel sera transféré automatiquement si le correspondant est injoignable ; Sinon, l'appelant peut transférer manuellement l'appel vers un numéro existant de son choix.

Pour le Transfert Manuel : Appuyez sur la touche « # » suivi du numéro destinataire

CONCLUSION

Comme toute innovation technologique qui se respecte, la VoIP non seulement simplifie le travail mais aussi fait économiser de l'argent. En particulier, plus les interlocuteurs sont éloignés, plus la différence de prix est intéressante. Ceci apporte de grands intérêts pour la voix sur réseau basé sur IP. Qu'il s'agisse d'architecture mono-site ou multi-sites, le phénomène de migration vers la technologie VoIP est actuellement engagé.

Dans notre travail nous nous sommes particulièrement intéressés sur la réalisation d'une communication VoIP basée sur des solutions open source et le tout dans un environnement sans fil. En effet, avec la maturité des solutions open source, apparaissent des solutions de communication performantes et moins coûteuses.

Nous avons fait un état de l'art sur la VoIP et sur les solutions logiciels libres afin de bien maîtriser cette technologie et de choisir la solution IPBX adéquate « Asterisk ». Ensuite nous avons installé un softphone nommé X-Lite sur chacun des ordinateurs utilisés comme terminal. Enfin nous avons proposé une maquette de test avec toutes les fonctionnalités pour un déploiement dans un réseau locale.

Parmi les fonctionnalités que nous avons pu implémenter, nous pouvons citer : les appels entre terminaux, double appel, la messagerie vocale, conférence audio, transferts d'appels c'est-à-dire des communications point à point et des communications point à multipoint.

En outre, de nombreuses fonctions pourront être réalisées à savoir conférence vidéo, SMS (*Short Message Service*) ou échange de données et plus loin, mesure du débit d'une liaison, calcul délai de transmission ou de charge du trafic et fiabilité du réseau.

Ce mémoire a été enrichissant, aussi bien au niveau recherche que professionnel et sera un atout pour nos entrée dans la vie active. Il nous a apporté de nouvelles connaissances tant méthodiques, organisationnelles que techniques et nous a permis d'approfondir les compétences que nous avons acquises tout au long de nos scolarités.

ANNEXES

A1.1 - CATEGORIES DE RESEAU SANS FIL

- **WRAN** (*Wireless Regional Area Network*). Les bandes de fréquences utilisées viennent en premier lieu du dividende numérique, c'est-à-dire des bandes de fréquences qui seront libérées lorsque la télévision passera totalement et définitivement en numérique.
- **WPAN** (*Wireless Personal Area Network*), réseau personnel sans fil: appelé également réseau individuel sans fil ou réseau domestique sans fil, concerne les réseaux sans fil d'une faible portée, de l'ordre de quelques dizaines de mètres. Ce type de réseau a recours aux technologies Bluetooth, Home RF (*Home Radio Frequency*), ZigBee (aussi connue sous le nom IEEE 802.15.4) et infrarouge.
- **WLAN** (*Wireless Local Area Network*), réseau local sans fil: réseau permettant de couvrir l'équivalent d'un réseau local d'entreprise, soit une portée d'environ une centaine de mètres. Il permet de relier entre eux les terminaux présents dans la zone de couverture. Il existe plusieurs technologies concurrentes : le Wifi ou IEEE 802.11 et HiperLAN2 (*High Performance Radio LAN 2.0*).
- **WMAN** (*Wireless Metropolitan Area Network*), réseau métropolitain sans fil: connu sous le nom de *boucle locale radio*(BLR). Les WMAN sont fondés sur la norme IEEE 802.16. La norme de réseau métropolitain sans fil la plus connue est le WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*), permettant d'obtenir des débits de l'ordre de 70 Mbit/s sur un rayon de plusieurs kilomètres.
- **WWAN** (*Wireless Wide Area Network*), réseau étendu sans fil: également connu sous le nom de réseau cellulaire mobile. Il s'agit des réseaux sans fil les plus répandus puisque tous les téléphones mobiles sont connectés à un réseau étendu sans fil. Les principales technologies sont GSM (*Global System for Mobile Communication, Groupe Spécial Mobile*), GPRS (*General Packet Radio Service*) et UMTS (*Universal Mobile Télécommunications System*).

A1.2 - LES PRINCIPALES NORMES DE RESEAU SANS FIL

Les principales normes sont :

1. IEEE 802.15, pour les petits réseaux personnels d'une dizaine de mètres de portée, il existe trois sous-groupes normalisant des gammes de produits en parallèle :
 - IEEE 802.15.1, le plus connu, prend en charge la norme Bluetooth, aujourd'hui largement commercialisée. La version 3.0 utilise l'interface radio décrite dans IEEE 802.15.3, ce qui procure à Bluetooth une nouvelle jeunesse, avec un débit de 480 Mbit/s.

- IEEE 802.15.3 définit la norme UWB (*Ultra-Wide Band*), qui met en œuvre une technologie très spéciale, caractérisée par l'émission à une puissance extrêmement faible, sous le bruit ambiant, mais sur pratiquement l'ensemble du spectre radio (entre 3,1 et 10,6 GHz). Le débit est de 480 Mbit/s sur une portée de 3 m et décroît à environ 120 Mbit/s à une dizaine de mètres.
- IEEE 802.15.4 s'occupe de la norme ZigBee, qui a pour objectif de promouvoir une puce offrant un débit relativement faible mais à un coût très bas. ZigBee est avant tout normalisé pour le passage des commandes plutôt que des données. Cependant, une version sortie en 2007 propose d'utiliser l'UWB et offre donc malgré tout un débit important.

Classe	Puissance (affaiblissement)	Portée
I	100 mW (20 dBm)	100 m
II	2,5 mW (4 dBm)	15-20 m
III	1 mW (0 dBm)	10 m

Tableau XV : Caractéristiques de réseaux sans fils Bluetooth

2. IEEE 802.11, ou Wifi, pour les réseaux WLAN, s'attache à définir les couches basses du modèle OSI pour une liaison sans fil utilisant des ondes électromagnétiques, c'est-à-dire :

- la couche **physique** (notée parfois couche PHY), proposant trois types de codages de l'information
- la couche **liaison** de données, constitué de deux sous-couches : le contrôle de la liaison logique ou LLC (*Logical Link Control*) et le contrôle d'accès au support ou MAC (*Media Access Control*).

La couche physique définit la modulation des ondes radioélectriques et les caractéristiques de la signalisation pour la transmission de données, tandis que la couche liaison de données définit l'interface entre le bus de la machine et la couche physique, notamment une méthode d'accès proche de celle utilisée dans le standard Ethernet et les règles de communication entre les différentes stations. La norme 802.11 propose en réalité trois couches physiques, définissant des modes de transmission alternatifs comme illustre la figure A.2.

Couche Liaison de données	802.2(LLC)		
	802.11(MAC)		
Couche Physique(PHY)	DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)	FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum)	Infrarouges

Tableau XVI : Présentation des deux couches Wifi

Il est possible d'utiliser n'importe quel protocole de haut niveau sur un réseau sans fil Wifi au même titre que sur un réseau Ethernet.

Du côté du 802.11, Il existe aujourd'hui trois propositions dont le débit et la portée sont représentés sur la figure A.3.

Standard	Bande de fréquence	Débit	Portée
WiFi a (802.11a)	5 GHz	54 Mbit/s	10 m
WiFi b (802.11b)	2,4 GHz	11 Mbit/s	100 m
WiFi g (802.11g)	2,4 GHz	54 Mbit/s	100 m

Tableau XVII : Valeurs caractéristiques de 802.11

Les normes de 802.11 ont chacun un débit théorique en fonction de sa portée. Ces valeurs sont représentées sur la figure A.4, figure A.5 et figure A.6.

⇒ IEEE 802.11a

Débit théorique (en intérieur)	Portée
54 Mbit/s	10 m
48 Mbit/s	17 m
36 Mbit/s	25 m
24 Mbit/s	30 m
12 Mbit/s	50 m
6 Mbit/s	70 m

Tableau XVIII : Débit théorique de 802.11a

⇒ IEEE 802.11b

Débit théorique	Portée (intérieur)	Portée (extérieur)
11 Mbit/s	50 m	200 m
5,5 Mbit/s	75 m	300 m
2 Mbit/s	100 m	400 m
1 Mbit/s	150 m	500 m

Tableau XIX : Débit théorique de 802.11b

⇒ IEEE 802.11g

Débit théorique	Portée (intérieur)	Portée (extérieur)
54 Mbit/s	27 m	75 m
48 Mbit/s	29 m	100 m
36 Mbit/s	30 m	120 m
24 Mbit/s	42 m	140 m
18 Mbit/s	55 m	180 m
12 Mbit/s	64 m	250 m
9 Mbit/s	75 m	350 m
6 Mbit/s	90 m	400 m

Tableau XX : Débit théorique de 802.11g

3. IEEE 802.16, pour les réseaux WMAN atteignant plus de dix kilomètres, Les réseaux hertziens IEEE 802.16 visent à remplacer les modems ADSL (*Asymétrique Digital Suscrite Line*), que l'on trouve sur les réseaux téléphoniques fixes, pour donner à l'utilisateur final des débits du même ordre de grandeur que l'ADSL, jusqu'à plusieurs mégabits par seconde. Ces réseaux forment ce que l'on appelle la boucle locale radio. Plusieurs normes sont proposées suivant la fréquence utilisée. Un consortium s'est mis en place pour développer les applications de cette norme sous le nom de WiMAX. Deux versions sont commercialisées, l'une fixe, dont l'objectif est clairement de remplacer l'ADSL dans les zones rurales, l'autre mobile, permettant d'avoir un modem ADSL dans sa poche et toujours connecté. Les valeurs du débit, de portée et de sa bande de fréquence pour le Wi-max mobile et fixe sont représentées sur la figure A.7.

Standard	Bande de fréquence	Débit	Portée
WiMAX fixe (802.16-2004)	2-11 GHz (3,5 GHz en Europe)	75 Mbit/s	10 km
WiMAX mobile (802.16e)	2-6 GHz	30 Mbit/s	3,5 km

Tableau XXI : Valeurs Caractéristiques de WiMAX

4. IEEE 802.22, pour les WRAN les réseaux régionaux sont étudiés par l'IEEE 802.22. Le rayon de la cellule peut atteindre 50 kilomètres pour les gammes de fréquences en dessous de 1 GHz.

La distance potentielle du terminal étant importante, le débit montant est assez limité. En revanche, sur la bande descendante, 4 Mbit/s sont disponibles. L'application de base est la télévision interactive ou les jeux vidéo interactifs.

5. En ce qui concerne les WAN, c'est plutôt l'interconnexion des réseaux précédents qui les supporte. Pour cela, il fallait définir une norme d'interconnexion, qui a été apportée par les spécifications du groupe IEEE 802.21.

On peut aussi classer dans cette catégorie la norme IEEE 802.20, qui correspond à des cellules cohérentes et permet les accès large bande.

A2.1 COUCHES DU MODELE DE REFERENCE OSI

Les principes ayant conduit aux sept couches sont les suivantes :

- Une couche ne peut être créée que quand un niveau différent d'abstraction est nécessaire.
- Chaque couche doit fournir une fonction bien définie.
- Les fonctions de chaque couche doivent être choisies en pensant à la définition de protocoles normalisés internationaux.
- Les caractéristiques d'une couche doivent être choisies pour qu'elles réduisent les informations transmises entre les couches.
- Le nombre de couches doit être suffisamment grand pour éviter la cohabitation dans une même couche de fonctions très différentes et suffisamment petit pour éviter que l'architecture ne devienne difficile à maîtriser.

La couche **physique** s'occupe de la transmission des bits de façon brute sur un circuit de communication. Les bits peuvent être encodés sous forme de 0 ou de 1 ou sous forme analogique. Elle fait intervenir des interfaces mécaniques et électriques sur le média utilisé.

La couche **liaison** de données prend les données de la couche physique et fournit ses services à la couche réseau. Les bits reçus sont groupés en unité logique appelée trame. Les fonctions de contrôle de flux et d'erreurs y sont éventuellement assurées avec un contrôle d'accès au support.

La couche **réseau** gère la connexion entre les différents nœuds du réseau. Il comporte trois fonctions principales : le contrôle de flux, le routage et l'adressage.

La couche **transport** effectue des contrôles supplémentaires à la couche réseau. Elle réalise le découpage des messages en paquets pour la couche réseau. Elle doit également gérer les ressources de communication en gérant un contrôle de flux ou un multiplexage. C'est l'ultime niveau qui s'occupe de l'acheminement de l'information.

Le rôle de la couche **session** est de fournir aux entités de présentation les moyens nécessaires à l'organisation et à la synchronisation de leur dialogue. Elle a pour but d'ouvrir et de fermer des sessions entre les utilisateurs et possède par conséquent des fonctionnalités nécessaires à l'ouverture, à la fermeture et au maintien de la connexion. L'insertion de points de synchronisation est recommandée ; ils permettent, en cas de problèmes, de disposer d'un point précis à partir duquel l'échange pourra redémarrer.

Pour que deux systèmes puissent se comprendre, ils doivent utiliser le même système de représentation des données, et cette tâche est assurée par la couche présentation. Elle se charge donc de la syntaxe des informations, de la représentation des données transférées entre applications.

Quant à la couche **application**, elle fournit les fonctions nécessaires aux applications utilisateurs qui doivent accomplir des tâches de communication. Elle intègre les logiciels qui utilisent les ressources du réseau.

A2.2 COUCHES DU MODELE DE TCP/IP

La couche accès **réseau** représente la connexion physique avec les câbles, les cartes réseau, les protocoles d'accès au réseau...

La couche **Internet** doit fournir une adresse logique pour l'interface physique. Cette couche fournit un mappage entre l'adresse physique et l'adresse logique grâce aux protocoles ARP (*Address Resolution Protocol*) et RARP (*Reverse Address Resolution Protocol*). Quant à ICMP (*Internet Control Message Protocol*), il s'occupe des problèmes et diagnostics associés au protocole IP. Cette couche gère également le routage des paquets entre les hôtes.

La couche **transport** définit la connexion entre deux hôtes. Deux protocoles sont associés à cette couche, le TCP et l'UDP. TCP est responsable du service de transmission fiable avec la fonction de détection et de correction d'erreurs. UDP est quant à lui, un protocole peu fiable, il est spécialement utilisé dans les applications n'exigeant pas la fiabilité de TCP, comme dans les applications temps réel.

La couche **application** renferme les protocoles d'application fournissant des services à l'utilisateur. Elle interface donc les applications utilisateurs avec la pile de protocole TCP/IP.

A2.3 DATAGRAMME IP

Ver (version) : indique la version de protocole IP utilisée (4 bits).

- *IHL (IP header length - Longueur de l'en-tête IP ou LET)* : indique la longueur de l'en-tête du datagramme en mots de 32 bits (4 octets). Ce champ ne peut prendre une valeur en dessous de 5 pour être valide.

- *Service (type de service)*: indique l'importance qui lui a été accordée par un protocole de couche supérieure donné (8 bits). Il indique au dispositif chargé de l'acheminement des datagrammes, le routeur, l'attitude à avoir vis-à-vis des datagrammes. Les bits de ce champ sont répartis comme suit :

Bits 0 - 2 : Priorité.

Bit 3 : 0 = Retard standard, 1 = Retard faible.

Bit 4 : 0 = Débit standard, 1 = Haut débit.

Bits 5 : 0 = Taux d'erreur standard 1 = Taux d'erreur faible.

Bit 6 - 7 : Réserve

Priorité	R	D	T	0	0
0	2	3	4	5	6

Figure A.1 : Champ type of service IP

- *Total length (longueur totale)*: précise la longueur du paquet IP en entier, y compris les données et l'en-tête, en octets (16 bits). Ce champ ne permet de coder qu'une longueur de datagramme d'au plus 65.535 octets étant donné qu'il est codé sur 16 bits, comme indiqué précédemment.

- *Identification* : contient un nombre entier qui identifie le datagramme actuel (16 bits).

Il contient une valeur entière utilisée pour identifier les fragments d'un datagramme. Ce champ doit être unique pour chaque nouveau datagramme.

- *F ou Flags (indicateurs)*: un champ de 3 bits dont les 2 bits inférieurs contrôlent la fragmentation - un bit précise si le paquet peut être fragmenté et le second indique si le paquet est le dernier fragment d'une série de paquets fragmentés (3 bits).

Bit 0 : réservé, doit être laissé à zéro

Bit 1 : (AF) 0 = Fragmentation possible, 1 = Non fractionnable.

Bit 2 : (DF) 0 = Dernier fragment, 1 = Fragment intermédiaire.

O	AF	DF
0	1	2

Figure A.2 : Champ flag ou indicateur

- *Offset ou Fragment Offset (décalage de fragment)* : ce champ sert à rassembler les fragments du datagramme (13 bits). Il indique le décalage du premier octet du fragment par rapport au datagramme complet. Cette position relative est mesurée en blocs de 8 octets (64 bits). Le décalage du premier fragment vaut zéro.
- *TTL (durée de vie)* : un compteur qui décroît graduellement, par incréments, jusqu'à zéro. A ce moment, le datagramme est supprimé, ce qui empêche les paquets d'être continuellement en boucle (8 bits)
- *Protocol (protocole)* : précise le protocole de couche supérieure qui recevra les paquets entrants après la fin du traitement IP (8 bits). Les différentes valeurs admises pour divers protocoles sont listées dans la RFC 1060. Exemples : 17 pour UDP, 6 pour TCP...
- *Checksum ou Header checksum (somme de contrôle d'en-tête)* : assure l'intégrité de l'en-tête IP (16 bits). Le Checksum doit être recalculé et vérifié en chaque point du réseau où l'en-tête est réinterprété puisque certains champs de l'en-tête sont modifiés (ex., durée de vie) pendant leur transit à travers le réseau.
- *Adresse source ou adresse d'origine* : indique le nœud émetteur (32 bits).
- *Adresse destination* : indique le nœud récepteur (32 bits).
- *Options ou IP Options* : cet élément permet au protocole IP de supporter différentes options, telles que la sécurité (longueur variable).

Les données contenues dans les datagrammes sont analysées (et éventuellement modifiées) par les routeurs permettant leur transit.

Pour installer Asterisk sur Debian 5, quelques paquets supplémentaires sont exigés:

- cvs
- libssl-dev
- zlib1g-dev
- bison
- ncurses-dev
- libssl-dev
- libnewt-dev
- zlib1g-dev
- initrd-tools
- procps

Les packages nécessaires sont:

- Libpri : contient tous les librairies dont qu'Asterisk aura besoin pour son bon fonctionnement
- Zaptel : il est utilisé pour configurer les cartes digium et accéder aux réseaux PSTN
- Asterisk : il représente le noyau d'Asterisk

Télécharger les sources d'Asterisk à partir du site ftp du digium:

```
#wget http://ftp.digium.com/pub/asterisk/asterisk-1.4-current.tar.gz
```

```
#wget http://ftp.digium.com/pub/zaptel/zaptel-1.4-current.tar.gz
```

```
#wget http://ftp.digium.com/pub/libpri/libpri-1.4-current.tar.gz
```

```
#wget http://ftp.digium.com/pub/asterisk/asterisk-addons-l.4-current.tar.gz
```

Ensuite les décompresser :

```
#tar zxvf asterisk-1.4-current.tar.gz
```

```
#tar zxvf zaptel-1.4-current.tar.gz
```

```
#tar zxvf libpri-1.4-current.tar.gz
```

```
#tar zxvf asterisk-addons-1.4-current.tar.gz
```

NB: respecter l'ordre d'installation des paquages: libpri, zaptel, asterisk.

1. Installation de libpri :

Allez dans le répertoire libpri

```
#cd /usr/src/asterisk/libpri
```

Executer les commandes:

```
#make clean  
#make  
#make install
```

2. Installation de zaptel :

Allez dans le répertoire zaptel

```
#cd /usr/src/asterisk/zaptel
```

Exécuter les commandes:

```
#make clean  
#make  
#make install
```

3. Installation de asterisk :

Allez dans le répertoire

```
#cd /usr/src/asterisk/asterisk
```

Executer les commandes:

```
#make clean  
#make  
#make install
```

Si c'est votre première installation exécutez ' *make samples* ' pour installer une échantillon des dossiers de configuration.

Vous pouvez désormais lancer asterisk en exécutant:

```
#asterisk -vvvvvvvvvvvr  
ou  
#asterisk -vvvvc  
ou  
#/usr/sbin/asterisk -vvvvc
```

Si vous voyez la ligne ***CLI>** apparaît c'est qu'asterisk est correctement installé.

Comme pour tous services sous Debian nous avons la possibilité de le démarrer arrêter ou autres avec l'une des commandes suivantes :

```
#/etc/init.d/asterisk stop  
#/etc/init.d/asterisk start  
#/etc/init.d/asterisk restart
```

- REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES -

OUVRAGES

- [1] Ratsizafimampionona Fy Finaritra, **Mise en place d'une communication VOIP dans un réseau wifi**, Mémoire de fin d'étude, Dép. E.N. – ESPA, *au : 2010-2011*
- [3] Rakotondravelo M.J.B., **Le PABX et son dimensionnement**, Mémoire de fin d'étude, Dép. Tél. – ESPA, *au : 2006-2007*
- [6] Amine A., Abdelwahab G., **La Voix sur IP**, Mémoire de fin d'études, Tél. – IGE2, juin 2005
- [8] Pujolle G., **Les Réseaux**, Ed. Eyrolles, 2008
- [13] Borderies F., Chatel O., Denis J.C., Reis D., **Administration Réseau**, ENSIMAG, 1993
- [16] Raminoson M.S., **Planification Des Liens VoIP**, Mémoire de fin d'études, Dép. Tél. – ESPA, *a.u. 2008-2009*
- [17] Lemainque F., **Tout sur les réseaux sans fil**, DUNOD, 2009
- [19] Hersent, D. Gurle, J.P. Petit, **La Voix sur IP**, Dunod : Paris 2006
- [20] Andriamialison T. H., **La Voix sur IP**, Mémoire de fin d'études, Dép. Tél. - ESPA, *a.u. 2000-2001*
- [22] Gonzague TIERS, **Voix sur IP**, Lannemezan, le 18/11/2005- 13èmes Journées Gestionnaires ATHOS
- [25] Nicolas F., **(In) sécurité de la Voix sur IP (VoIP)**
- [27] Meggelen D. J. V., **Asterisk**, O'reilly 2007

COURS

- [2] Cours de réseau, **Le RTC et le RNIS**, Dép. Info. Tél. – ENS Cachan
- [12] Cours de E415, **Réseau local**, I4-EN, Dép. Electronique - E.S.P.A, *a.u. : 2008 -2009*
- [24] Cours de E551 IA, **Téléinformatique**, I5-EN, Dép. Electronique - E.S.P.A, *a.u. : 2009 -2010*
- [32] Cours de E520, **Administration Système**, I5-EN, Dép. Electronique - E.S.P.A, *a.u. : 2009 -2010*

WEBOGRAPHIE

- [4] <http://www.frameip.com/voip/index.html>
- [5] http://fr.wikipedia.org/wiki/Réseau_téléphonique_commuté.htm
- [7] <http://fr.wikipedia.org/wiki/RNIS.htm>
- [9] http://fr.wikipedia.org/wiki/Réseau_informatique.htm
- [10] [http : //www.laissus.fr/cours/cours d'introduction à TCP/IP.pdf](http://www.laissus.fr/cours/cours_d'introduction_à_TCP/IP.pdf)

- [11] <http://www.guill.net/reseaux/tcpip/index.htm>
- [14] <http://www.frameip.com/tcp/index.html>
- [15] <http://www.frameip.com/Udp/index.html>
- [18] <http://www.frameip.com/toip/index.html>
- [21] http://fr.wikipedia.org/wiki/Voix_sur_IP.htm
- [23] <http://www.commentcamarche.net/initiation/index.htm>
- [26] <http://www.xten.com>
- [28] <http://fr.wikipedia.org/wiki/Asterisk.htm>
- [29] <http://www.asteriskguru.com>
- [30] <http://www.voipfr.org/fiches/asterisk.html>
- [31] <http://www.fr.asterisk.org>

Auteurs : **ANDRINIARIVO Nantenaina Sandiharivelo**

Titre : **« REALISATION D'UNE COMMUNICATION VOCALE VoIP
via l'IPBX ASTERISK »**

Nombre de pages : **62**

Nombre de tableaux : **21**

Nombre de figures : **32**

Résumé :

Ce travail est consacré à la traitement de la voix par la réalisation d'une communication vocale VoIP via l'IPBX asterisk afin de travailler dans un réseau unique qui est la fusion du réseau Téléphonique Commuté et du réseau informatique.

Le système est composé d'un IPBX nommé Asterisk installé sur Debian5 et de deux clients X-Lite, softphone installé sur des ordinateurs Windows. Nous avons mis l'ensemble dans un réseau wifi.

Enfin, nous avons configuré l'Asterisk pour bénéficier des fonctions téléphoniques telles les appels entre terminaux, double appel, la messagerie vocale, conférence audio, transfert d'appels.

Mots clés : **VoIP, Vocale, Asterisk, Softphone, X-Lite, TCP/IP, SIP, IPBX.**

Rapporteur : **Madame RABEHERIMANANA Lyliane Irène**

Adresse de l'auteur : **Lot IAB 17 bis Andrononobe – Ankadikely Ilafy, Antananarivo 103**

Téléphone : **+261 33 02 299 62**

E-mail : **niary_sandy@yahoo.com**