

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



Université Abderrahmane Mira de Béjaïa

Faculté des Sciences Exactes

Département d'Informatique

Mémoire de Fin de Cycle

En vue d'obtention du diplôme Master professionnel en Informatique

Option: Administration et sécurité des réseaux

Service ToIP avec Asterisk pour l'université de Béjaïa

Réalisé par:

IRNATENE Sofiane

CHEROUFA Djamel

Promoteur :

Dr A. SIDER

Président du jury :

Mr H. SLIMANI

Examineurs:

Mr M. YAZID

Mr A. LARBI

Année universitaire : 2011-2012

Dédicaces

Dédicaces

À mes parents,
À mon frère et mes sò urs,
A la mémoire ma grand-mère,
À toute la famille,
A mes amis et collègues, et tous ceux qui m'ont aidé ;
À mon binôme Djamel CHEROUFA et sa famille.

Sofiane *IRNATENE*

À mes parents,
À mes frères,
À toute la famille,
A mes amis et collègues, et tous ceux qui m'ont aidé ;
À mon binôme Sofiane IRNATENE et sa famille.

Djamel *CHEROUFA*

Remerciements

Nous tenons d'abord à remercier Dieu qui nous a permis de réaliser ce modeste travail.

Nos plus sincères remerciements s'adressent à notre encadreur Mr A. SIDER Docteur à l'université de Béjaia, pour nous avoir proposé ce sujet intéressant et pour ses précieux conseils et encouragements.

Nos remerciements vont aussi aux membres de jury pour avoir voulu juger notre travail et l'intérêt qu'ils y portent. Nous adressons nos remerciements à Monsieur SLIMANI. H d'avoir présidé le jury. Nous tenons à remercier Monsieur YAZID. M et Monsieur LARBI. A d'avoir accepté de faire partie de jury et d'avoir examiné ce travail.

Nous ne pourrions oublier d'adresser nos reconnaissances, nos remerciements et notre plus profonde gratitude à nos familles, en particulier nos parents, nos sœurs et nos frères. Pour leurs encouragements, aide et leurs amour depuis notre tendre enfance.

Nous tenons à remercier tous nos amis et collègues qui nous ont soutenus en particulier.

Que tous ceux et toutes celles qui ont contribué de près ou de loin à l'aboutissement de notre travail trouvent ici nos sincères remerciements et l'expression de notre reconnaissance.

TABBLE

DES

MATIERES

TABLE DES MATIERES

Table des matières.....	i
Liste des figures.....	vi
Liste des tableaux.....	vii

Introduction générale.....	1
----------------------------	---

CHAPITRE I : Etat de l'art sur la téléphonie

Introduction.....	4
1. Introduction a la téléphonie.....	4
1.1.La téléphonie.....	4
1.2.Le téléphone.....	4
1.3.Historique de la téléphonie.....	5
2. Les réseaux téléphoniques.....	6
2.1.Les réseaux publics.....	6
2.1.1. Réseau Téléphonique Commuté (RTC).....	7
2.1.1.1.Principe de fonctionnement.....	7
2.1.1.2.Architecture du RTC.....	8
2.1.1.2.1.PABX.....	9
2.1.1.2.1.1.Définition.....	9
2.1.1.2.1.2.Présentation des PABX.....	9
2.1.1.2.1.3.Architecture matérielle.....	9
2.1.1.2.1.4.Type de PABX.....	11
2.1.1.2.1.5.Les fonctionnalités des PABX.....	11
2.1.1.3.La hiérarchie du RTC.....	12
2.1.1.4.Avantages.....	13
2.1.1.5.Inconvénients.....	13
2.1.2. Réseau Numérique à Intégration de Services (RNIS).....	14
2.1.2.1.RNIS Définition.....	14
2.1.2.2.Caractéristiques RNIS.....	14
2.1.2.3.Le fonctionnement du RNIS.....	14

2.1.2.4. Les Interface standards de RNIS.....	15
2.1.2.5. L'allocation dynamique de bande passante.....	15
2.1.2.6. Avantages.....	16
2.1.2.7. Inconvénients.....	16
2.2. Les protocoles de la téléphonie classique.....	16
2.2.1. La signalisation.....	16
2.2.2. Définition de SS7.....	17
2.2.3. L'architecture de SS7.....	18
3. Limites de la téléphonie classique.....	20
4. Introduction à la téléphonie IP.....	21
4.1. Les enjeux de la ToIP.....	21
4.2. Les raisons de la ToIP.....	22
4.2.1. La téléphonie sur IP pour des raisons économique.....	22
4.2.2. La téléphonie sur IP pour des appels internationaux.....	22
4.2.3. La téléphonie sur IP pour de nouvelles fonctions de Communication.....	22
Conclusion.....	23

CHAPITRE II : La téléphonie sur IP

Introduction.....	24
1. VoIP et ToIP.....	24
1.1. La Voix sur IP.....	24
1.2. La téléphonie sur IP.....	24
2. fonctionnement.....	25
2.1. Principe.....	25
2.2. Transmission de VoIP.....	25
3. mode d'accès et architecture de la VoIP.....	28
3.1. Mode d'accès.....	28
3.1.1. La voix sur IP entre deux ordinateurs.....	28
3.1.2. La voix sur IP entre un PC et un téléphone.....	28

3.1.3. La voix sur IP entre deux téléphones.....	29
3.2. Architecture de la VoIP.....	29
4. Les protocoles de signalisation.....	30
4.1. Définition	30
4.2. Le Protocole SIP.....	30
4.2.1. Fonctionnement.	31
4.2.2. Avantages.....	33
4.2.3. Inconvénients.....	34
4.3. Le protocole H323.....	34
4.3.1. Pile protocolaire.....	35
4.3.2. Les équipements du protocole H.323.....	35
4.3.3. Les limites du protocole H.323.....	37
4.4. Etude comparative entre SIP et H323.....	38
4.5. Le Protocole IAX.....	39
4.5.1. Caractéristiques.....	39
5. Les protocoles de transport de la voix.....	40
5.1. Définition.	40
5.2. UDP.	40
5.3. RTP.....	40
5.4. RTCP.	40
6. Les attributs et QoS dans laToIP.....	41
6.1. Définition de la QoS.....	41
6.2. Echo.....	41
6.3. Latence.....	41
6.4. Perte de paquets.....	41
6.5. Gigue.....	41
6.6. Qualité du codage.....	42
7. Les avantages et les inconvénients de la VoIP.....	42
8. La sécurité de la téléphonie sur IP	44
8.1. Définition.....	44
8.2. La sécurité physique.....	44
8.3. La sécurité logicielle.....	44

8.4. Classification des principaux risques.....	45
8.5. Outils de sécurité.....	46
Conclusion.....	47

CHAPITRE III : Etude et la mise en œuvre de la solution

Partie I : Etude

Introduction.....	48
1. Notre projet	48
2. Objectif du projet.....	48
3. Architecture actuelle	49
4. Architecture de la solution	49
5. Choix d’Asterisk.....	50
6. Présentation d’Asterisk	50
6.1.Fonctionnalités	50
6.2.Objectifs et Usage	51
6.3.Avantages et inconvénients	51
6.3.1. Avantages	51
6.3.2. Inconvénients.....	52
7. Présentation de l’annuaire LDAP	52
7.1.Définition	53
7.2.LDAP	53
7.3.Annuaire LDAP	53
7.4.La différence entre LDAP et une base de données	53
7.5.Structure de l’annuaire LDAP	54
7.6.OpenLDAP	55

Partie II : Mise en œuvre

1. Environnement technique.....	56
1. Installation et configuration d’Asterisk.....	56
1.1. Installation.....	56

1.2. Configuration d'Asterisk.....	57
1.2.1. Configuration des clients SIP.....	58
1.2.2. Plan de Numérotation (Dial Plan)	59
1.2.3. Configuration de la messagerie vocale.....	60
1.2.4. Transfert d'appel.....	61
1.2.5. Mise en attente.....	61
1.2.6. Enregistrement d'appel.....	62
1.2.7. Interception d'appel.....	63
2. Installation et configuration de L'annuaire LDAP.....	64
2.1. Installation	64
2.2. Configuration de l'annuaire LDAP	64
2.2.1. Création du schéma pour Asterisk.....	64
2.2.2. Configuration	65
2.2.3. Connexion du serveur Asterisk au serveur LDAP.....	66
2.2.4. Configuration générale des comptes SIP	68
2.2.5. Configuration générale du dialplan	68
2.2.6. Vérification de la connexion d'Asterisk à LDAP	68
2.2.7. Ajout des utilisateurs dans OpenLDAP.....	69
3. Configuration d'Ekiga.....	70
5. Test d'un appel entre deux utilisateurs.....	71
Conclusion.....	73
Conclusion et perspective.....	74
Glossaire des acronymes.....	76
Bibliographie.....	80

Liste des Figures

Figure 1 : la transmission analogique.....	6
Figure 2 : la transmission numérique.....	6
Figure 3 : principe de RTC.....	7
Figure 4 : architecture globale du RTC.....	8
Figure 5 : les éléments d'un PABX.....	10
Figure 6 : la hiérarchie de RTC.....	13
Figure 7 : l'architecture de SS7.....	18
Figure 8 : étapes de transmission de la voix sur IP.....	25
Figure 9 : Voix sur IP entre deux ordinateurs.....	28
Figure 10 : communication de PC à téléphone classique.....	28
Figure 11 : Voix sur IP entre deux téléphones.....	29
Figure 12 : architecture VoIP.....	29
Figure 13 : exemple d'une communication SIP.....	33
Figure 14 : pile protocolaire H.323.....	35
Figure 15 : architecture actuelle.....	49
Figure 16 : l'architecture de la solution.....	49
Figure 17 : la structure de l'annuaire LDAP.....	54
Figure 18 : fichier sip.conf.....	59
Figure 19 : fichier extensions.conf.....	60
Figure 20 : vérification de l'inscription des comptes sip.....	60
Figure 21 : l'interface web de LDAP.....	64
Figure 22 : connexion du serveur Asterisk à l'annuaire LDAP.....	69
Figure 23 : ajout d'un utilisateur dans OpenLDAP	70
Figure 24 : ajout d'un compte SIP dans Ekiga.....	70
Figure 25 : réception d'un appel.....	71
Figure 26 : établissement d'appel.....	72
Figure 27 : historiques des appels.....	72

Liste des tableaux

Tableau 1: Motivations de la téléphonie sur IP.....	21
Tableau 2 : Récapitulation comparative entre SIP et H.323.....	38

INTRODUCTION

GENERALE

Introduction générale

Depuis l'antiquité, l'Homme n'a de cesse à chercher les différents moyens pour faire véhiculer le message à son correspondant et donc pour communiquer. Ainsi, l'être humain, à travers ces époques successives, a fourni des efforts intellectuels aussi bien que physiques afin de découvrir des méthodes de communications adéquates.

Au début du XX^{ème} siècle, une réelle révolution pour les télécommunications s'amorce: Celle de l'électronique. Cette époque est caractérisée par l'invention des composants et circuits électroniques de base et de bonne qualité qui ont poussé les télécommunications vers les réseaux informatiques. Ces évolutions ont donné naissance à d'autres technologies de communications telles que la radiomessagerie, la téléphonie mobile, les réseaux de fibre optique, Internet et enfin la téléphonie sur IP.

L'arrivée de Voix sur IP (VoIP) a fait un tournant dans le monde de la communication. En effet, la voix sur IP correspond aux technologies de transport de la voix en mode paquet via le protocole IP.

Comme étant un protocole de niveau 3 du modèle ISO, IP est basé sur le principe de la commutation de paquets, permettant un service d'adressage unique pour l'ensemble des terminaux connectés. Aussi, il assure l'acheminement au mieux des datagrammes, ce qui permet un bon niveau de qualité de transport de la voix.

Corollairement, la Téléphonie sur IP constitue une des plus importantes évolutions dans le domaine des Télécommunications. Au-delà de la nouveauté technique, la possibilité de fusion des réseaux IP et téléphoniques entraîne non seulement une diminution de la logistique nécessaire à la gestion des deux réseaux, mais aussi une baisse importante des coûts de communication ainsi que la possibilité de mise en place de nouveaux services utilisant simultanément la voix et les données.

Introduction générale

Le développement des PABXs software a permis de bénéficier d'une grande flexibilité, d'une très bonne intégration du monde des données et celui de la voix. On distingue plusieurs solutions libres telles que Asterisk basées sur les protocoles libres (SIP, H.323, etc.), en revanche, aucun protocole ne s'est imposé comme le standard de la VoIP, même si le protocole SIP, semble pressenti pour jouer ce rôle.

Cependant, les solutions libres sont évidemment avantageuses en terme de coût tandis que les solutions propriétaires le sont en terme de services.

Dans ce travail nous nous intéressons à la téléphonie sur IP, l'étude des protocoles de VoIP et des architectures proposées et la mise en place une solution de la Voix sur IP basée sur des outils open source, précisément le serveur Asterisk, OpenLDAP et Ekiga.

Problématique et motivation

L'université de Béjaïa utilise encore la téléphonie classique basée sur le réseau téléphonique commuté (RTC) dans ses communications cependant, elle est dotée de réseau informatique qui parcourt presque tous les blocs administratifs. Donc deux architectures réseaux qui peuvent converger en une seule infrastructure, c'est-à-dire utiliser le réseau informatique pour bénéficier de la téléphonie.

C'est ainsi que l'on se pose la question de savoir : quelles méthodologies et quelles technologies à mettre en œuvre pour concevoir et développer des applications qui permettent le déploiement de l'Internet pour communiquer au sein de l'université ?

Contribution

Dans ce travail, nous présentons une étude détaillée sur la téléphonie sur IP. Tout d'abord, un état de l'art est effectué sur les réseaux téléphoniques, puis nous avons étudié les protocoles de signalisation afin de bien comprendre le principe et le fonctionnement de ces protocoles qui ont été spécifiquement conçus pour la voix sur IP. Par la suite, nous avons proposé une solution de communication basée sur l'architecture de téléphonie sur IP pour assurer les communications au sein de l'université. Notre contribution peut être récapitulée dans les points suivants :

- Cette solution permet de regrouper tous les clients d'Asterisk dans un seul annuaire.
- Elle permet l'ajout et la recherche automatique des clients grâce à l'annuaire LDAP.

Introduction générale

- Elle permet de joindre le destinataire même si ce dernier est indisponible grâce à la boîte vocale et la transmission de message grâce à la messagerie vocale en lui envoyant un message comme pièce jointe sur sa boîte e-mail.
 - Elle peut être implémentée sans modifications sur l'architecture des PABXs en place et sur le système de communication existant, puisqu'elle est une solution software.
- Dans le troisième chapitre, nous présentons notre solution en détail.

Structure de mémoire

Ce mémoire est scindé en trois chapitres :

Le premier chapitre présente un aperçu général sur la téléphonie, c'est la partie introductive aux différents réseaux téléphoniques, leurs architectures, leurs principes et leurs fonctionnements. Ensuite, nous avons présenté les enjeux de la téléphonie sur IP.

Le deuxième chapitre est consacré à la téléphonie sur IP. Après avoir donné un aperçu sur la VoIP et la ToIP ; nous étalons les protocoles de signalisations, leurs fonctionnements, leurs avantages et inconvénients ensuite, nous avons fait une comparaison entre ces protocoles. Puis, nous exposons les limites de la ToIP ainsi que sa sécurité. Nous terminons par une conclusion.

Le troisième chapitre concerne la mise en œuvre d'une solution ToIP avec Asterisk combiné avec OpenLDAP pour la gestion des clients, en décrivant les détails des configurations. Ce même chapitre présente une vue générale de ces deux outils utilisés.

Notre mémoire se achève par une conclusion générale résumant les grands points qui ont été abordés ainsi que des perspectives que nous souhaitons accomplir prochainement.

CHAPITRE I

*ÉTAT DE L'ART SUR LA
TÉLÉPHONIE*

Introduction

L'apparition des nouvelles technologies de communication n'a pas influencé sur la téléphonie qui reste la préférence de l'être humain pour se communiquer, c'est pourquoi il n'a pas cessé d'améliorer cette technologie pour qu'elle soit à l'apporter de tout le monde au moindre coût.

Ce chapitre est consacré à l'évolution de la téléphonie au fil du temps et les moyens qui ont permis ces évolutions, en passant par la téléphonie classique analogique, puis numérique et en arrivant à la téléphonie sur IP.

1. Introduction à la téléphonie

1.1. La téléphonie

La téléphonie a été initialement prévue pour transmettre la voix humaine entre deux lieux distants l'un de l'autre. Elle utilise comme support des lignes électriques sur lesquelles transite un courant analogue aux signaux sonores. Pour transmettre le signal vocal (c'est-à-dire la parole issue d'ondes acoustiques) d'un terminal à un autre, il faut d'abord le transformer en signal électrique pour être ensuite transformé en signal vocal chez le destinataire. Nous verrons que ce sont le microphone et l'écouteur qui réalisent cette opération.

1.2. Le téléphone

Le téléphone est un appareil de communication, initialement conçu pour transmettre la voix humaine et permettre une conversation à distance. Pour fonctionner, le téléphone nécessite une infrastructure terrestre ou spatiale : le réseau téléphonique.

Les organes de conversation du poste téléphonique assurant l'échange conversationnel entre les deux correspondants sont :

➤ Le microphone : est un convertisseur d'énergie. Les ondes sonores ou acoustiques entraînent la vibration d'une membrane sensible qui provoque la création d'un signal électrique variant au même rythme que la voix. La variation de la pression du milieu provoque un déplacement de la membrane qui agit sur une bobine produisant ainsi une tension induite.

Sa fonction principale est la transformation d'ondes acoustiques en variation de tension induite.

➤ L'écouteur : restitue sous forme acoustique l'énergie électrique reçue, en la transformant en énergie mécanique imposant un mouvement vibratoire à l'air ambiant. Les signaux électriques traversent une bobine qui se trouve dans un champ magnétique et de ce fait, la membrane se déplace et les ondes acoustiques deviennent audibles.

Sa fonction principale est la transformation du signal électrique de conversation en vibrations sonores audibles à l'oreille.

1.3. Historique de la téléphonie

Du premier télégraphe de Chappe en 1790 au RTC actuel, l'histoire des communications a connu de grands moments et de grandes avancées dues à l'ingéniosité de certains et aux progrès technologiques et électroniques. Nous retiendrons quelques grandes dates telles que :

- ✓ 1837 Premier télégraphe électrique inventé par Samuel Morse
- ✓ 1889 Almon B. Strowger (USA) invente le premier « sélecteur » automatique et donne ainsi naissance à la commutation téléphonique automatique
- ✓ 1938 Alec Reeves (Français) dépose le brevet des futurs systèmes à modulation par impulsion et codage (MIC) : quantification et échantillonnage du signal à intervalles réguliers, puis codage sous forme binaire.
- ✓ 1962 Les premiers systèmes de transmission multiplex de type MIC apparaissent aux Etats-Unis ils permettent une liaison à 24 voies entre centraux téléphoniques, à la même époque en France on installe des MIC à 32 voies.
- ✓ 1970 Un nouveau pas est franchi dans le domaine de la commutation électronique avec la mise en service en France, par le CNET, des premiers centraux téléphoniques publics en commutation électronique temporelle.
- ✓ 1979 Lancement du minitel en France
- ✓ 1987 Le RNIS est mis en service en France.
- ✓ 1990 De nouveaux concepts apparaissent tel que la commutation temporelle asynchrone (ATM) et la hiérarchie numérique synchrone (SDH).

2. Les réseaux téléphoniques

2.1. Les réseaux publics

On peut distinguer deux types de réseaux publics selon la signalisation utilisée dans les transmissions : ceux qu'on appelle les réseaux analogiques et ceux qu'on nomme les réseaux numériques.

- **Analogique** : Que signifie Analogique?

Les anciens systèmes et réseaux téléphoniques étaient analogiques (certains le sont encore), avec les systèmes analogiques, la voix est représentée par un signal électrique continu. Les réseaux RTC Publics (PSTN, en anglais) acheminent des signaux analogiques.

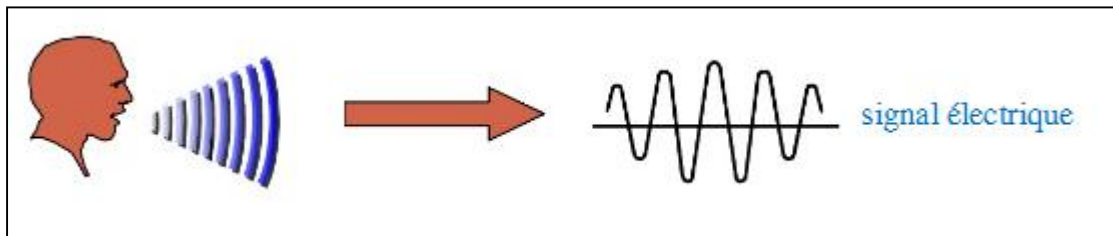


Figure 1 : la transmission analogique.

- **Numérique** : Que signifie «numérique»?

Les équipements modernes numériques utilisent des nombres binaires (0 et 1) également appelés bits, avec les systèmes téléphoniques numériques, la voix est convertie en système binaire. Les réseaux RNIS transportent les bits.

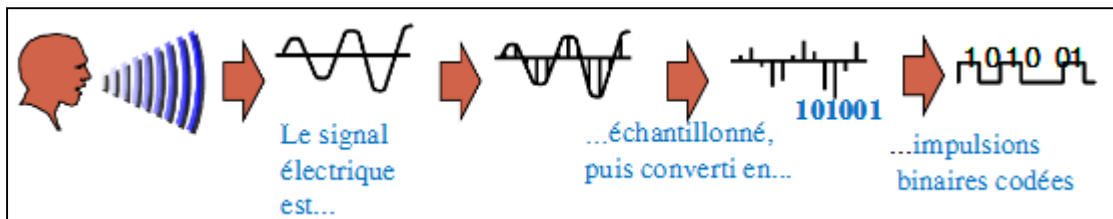


Figure 2 : La transmission numérique.

2.1.1. Réseau Téléphonique Commuté (RTC)

Le réseau téléphonique commuté ou simplement RTC ou encore, en anglais PSTN (Public Switched Telecommunication Network) est le réseau du téléphone fixe et mobile, dans lequel un poste d'abonné est relié à un central téléphonique par une paire de fils alimentée en boucle locale [1].

2.1.1.1. Principe de fonctionnement

Utilisant le principe de la commutation de circuits, un canal de communication est ouvert entre deux abonnés et l'intégralité de cette bande passante est réservée à ces deux interlocuteurs même s'ils ne parlent pas, il nécessite donc l'établissement d'une connexion permanente cela à l'aide de commutateurs. Il utilise comme support des lignes électriques sur lesquelles transite un courant analogue aux signaux sonores comme suit :

- L'émetteur produit un son (énergie acoustique), qui est transformé en un signal électrique à l'aide d'un transducteur (un microphone).
- Le signal électrique est alors amplifié et transmis via une paire torsadée jusqu'à un second transducteur (un haut-parleur) qui convertit à l'inverse ce signal en énergie acoustique comme le montre le schéma suivant :

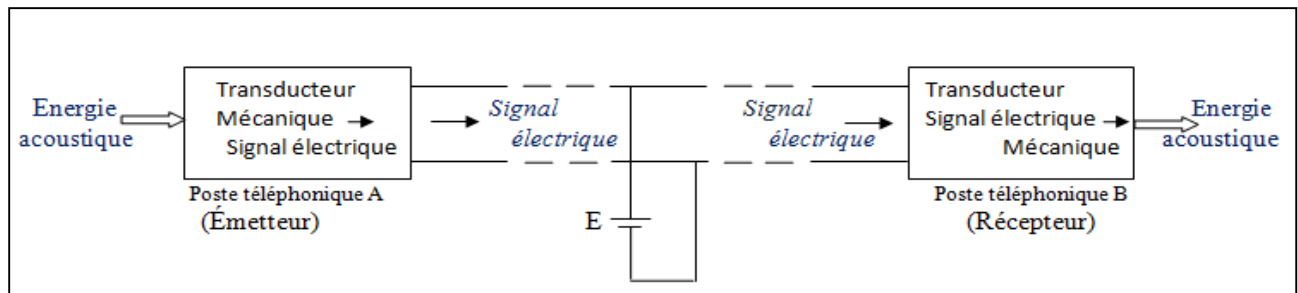


Figure 3 : Principe de RTC.

2.1.1.2. Architecture du RTC

Le réseau RTC est organisé en 3 sous-parties :

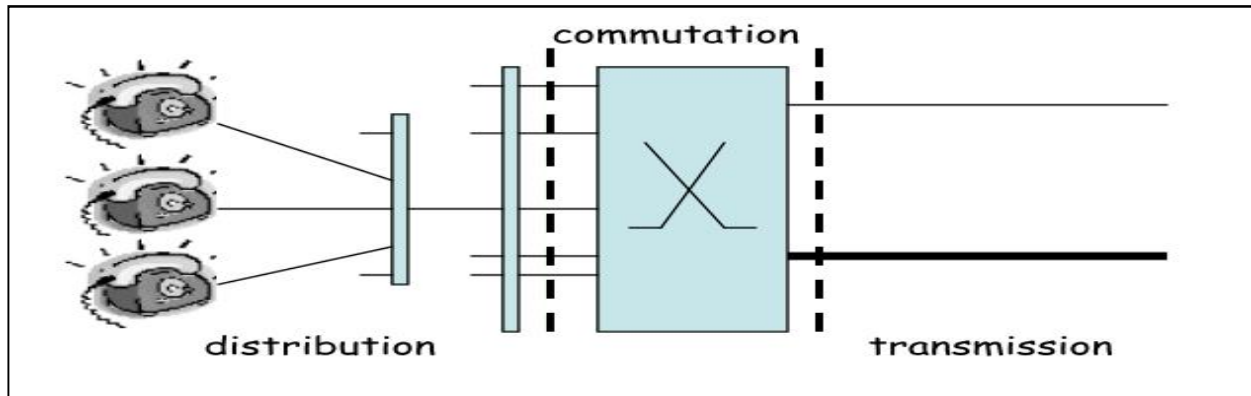


Figure 4 : Architecture globale du RTC.

Comme c'est montré dans la figure 4, la gestion générale du réseau discerne trois fonctions :

✓ **La commutation**

Partie centrale du réseau. Elle permet de réaliser la mise en relation entre les abonnés. Elle comprend essentiellement la liaison d'abonné ou boucle locale (paire métallique torsadée) qui relie l'installation de l'abonné au centre de transmission de rattachement. Cette ligne assure la transmission de la voix, de la numérotation et de la signalisation générale.

✓ **La transmission**

Est la fonction essentielle du réseau, elle consiste à mettre en relation deux abonnés, maintenir la liaison pendant tout l'échange et libérer les ressources à la fin de celui-ci. C'est le réseau qui détermine les paramètres de taxation et impute le coût de la communication à l'appelant.

✓ **La distribution**

C'est la partie support de télécommunication du réseau, cette fonction est remplie soit par un système filaire cuivre (en voie de disparition), de la fibre optique ou des faisceaux hertziens. Aujourd'hui, le réseau est pratiquement intégralement numérisé, seule la liaison d'abonné reste analogique.

2.1.1.2.1. Les PABX [2]

2.1.1.2.1.1. Définition :

Autocommutateur Téléphonique Privé (en anglaise Private Automatic Branch eXchange) ou plus simplement PBX est une entité logique, presque toujours gérée par un équipement matériel physique dont la fonction est au moins triple :

- router les appels au sein d'un réseau privé,
- interconnecter les réseaux et
- gérer les services de téléphonie.

2.1.1.2.1.2. Présentation des PABX [3]

Il s'agit généralement d'un boîtier ou d'un coffret central assurant le lien entre le réseau téléphonique de l'opérateur et les communications internes de l'entreprise. Grâce à lui, tout appel est acheminé à son destinataire ou stocké sur une messagerie en cas d'absence de ce dernier. Il peut également s'agir d'une télécopie ou de tout autre fichier, le PABX gérant aussi bien la voix que les données. Plusieurs périphériques peuvent être connectés au PABX à l'aide d'interfaces : postes téléphoniques analogiques ou numériques, micro-ordinateurs en réseau...aujourd'hui. En d'autres termes, il représente l'élément central qui :

- ❖ Distribue les appels téléphoniques arrivés (qui peuvent être des appels SDA¹)
- ❖ Autorise les appels téléphoniques de départs vers un ou plusieurs opérateurs de télécommunications, suivant les droits,
- ❖ Gère les terminaux téléphoniques (ainsi que les appels internes), qui peuvent être des postes numériques ou analogiques,
- ❖ Gère toutes les autres fonctionnalités ou options (CTI², CSTA³, Taxation...).

2.1.1.2.1.3. Architecture matérielle

Un autocommutateur privé possède sa propre intelligence pour faciliter la commutation des appels vocaux. Cette intelligence est gérée par au moins une unité centrale (CPU), avec des processeurs d'entrées/sorties qui gèrent les interfaces de lignes et d'équipements de postes, avec également une mémoire vive (sauvegardée en général par une

¹ SDA : Sélection Directe à l'Arrivée.

² CTI : Couplage téléphonie Informatique.

³ CSTA : Computer Supported Telecommunications Applications.

pile pendant à peu près cinq années). Il possède aussi des unités centrales équipées de disques durs, ainsi que des modèles de CPU pouvant être dupliqués en temps réel, afin d'assurer la continuité du service téléphonique comme il est montré dans la figure 5:

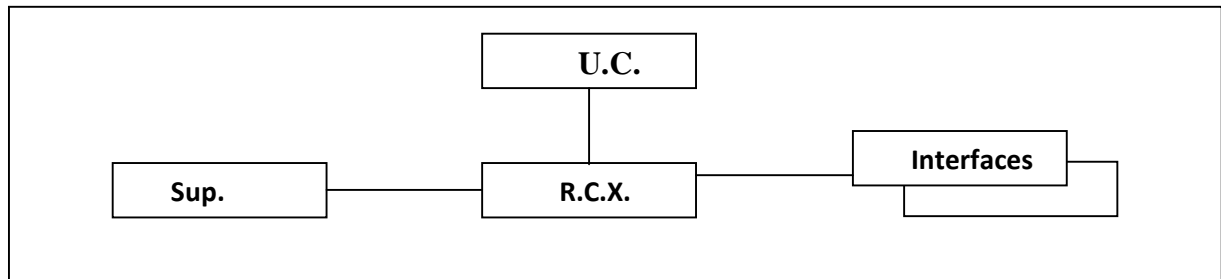


Figure 5 : les éléments d'un PABX.

➤ UC : Unité de commande

L'unité de commande d'un PABX est composée d'un microprocesseur, d'une mémoire RAM et d'une PROM. C'est l'élément du PABX qui assure les fonctions de commandes suivantes : recherche d'itinéraire, taxation, signalisation et la rupture de communications.

➤ RCX : Réseau de Connexion

Réseau de Connexion, Il est constitué d'une matrice temporelle composée d'une mémoire de parole, d'une mémoire d'adresse et d'une base de temps. Son rôle est d'assurer les connexions mises en place entre les supports de communications.

➤ Sup : Supervision, ou signaleurs

Ce sont les organes qui reçoivent et qui émettent des informations. Ils dépendent du système de signalisation utilisé dans le réseau dont: SS7, MFR2 (2 parmi 6), MFR1.

➤ Interfaces

Ils constituent l'accès à l'extérieur. Ce sont des jonctures d'abonnés pour le raccordement des lignes comme les jonctures d'un réseau pour le raccordement sur le réseau public RTC. Ainsi, nous distinguons deux types d'interfaces :

- Les interfaces internes

Qui sont constituées de cartes électroniques qui permettent le raccordement des lignes d'utilisateur sur le PABX qui sont :

- Carte d'usager analogique,
- Carte d'usager numérique et
- Carte d'usager mobile (DECT).

On peut distinguer deux types d'interfaces internes qui sont :

✓ Type analogique : sont utilisés pour le raccordement des postes simples, des lignes analogiques et des organes de signalisation et auxiliaire.

✓ Type numérique : sont utilisés pour le raccordement des postes numériques fonctionnant en bus avec un numéro SDA (8 terminaux max), modem RNIS, routeurs et des postes « Intelligents » communicants avec le système par intermédiaire du clavier-écran offrant une multitude de services.

- Les interfaces externes (accès au réseau public)

Il comporte les cartes RTC, les cartes RNIS, les passerelles GSM (accès direct au réseau mobile), carte IP (accès au réseau Internet). Ils sont utilisés pour avoir accès à l'extérieur. Plusieurs types de lignes peuvent être utilisés qui sont séparés en deux catégories principales : Lignes analogiques et lignes numériques.

2.1.1.2.1.4.Type de PABX

Il existe deux sortes de PABX qui sont :

a. Les PABX traditionnels : ceux que l'on appelle de génération TDM (Time Division Multiplexing), qui peuvent éventuellement migrer partiellement ou totalement en IP sur certaines gammes seulement,

b. Les PABX-IP : ou IPBX ou bien PBXIP qui nativement offrent une connectivité IP Ethernet afin d'offrir des services de téléphonie sur IP.

2.1.1.2.1.5.Les fonctionnalités de PABX : [2]

- ⊕ Il connaît la localisation de chaque terminal téléphonique,
- ⊕ Il réduit leur coût unitaire et permet leur gestion centralisée,
- ⊕ Il centralise l'intelligence du réseau et effectue les tâches de connectivité, de mise en relation des interlocuteurs et de gestion des communications locales au réseau.
- ⊕ Il assure en outre la liaison avec le réseau téléphonique commuté global.

- ⊕ Le PABX assume la fonction d'interconnexion de réseaux de nature différente. Les PBX peuvent servir à héberger différents services téléphoniques, comme un serveur vocal, un répondeur personnalisé, la redirection d'appels ou encore la tenue de journaux d'appels.

2.1.1.3. La hiérarchie du RTC

Le réseau téléphonique commuté a une organisation hiérarchique à trois niveaux. Il est structuré en zones correspondant à un niveau de concentration comme suit (voire figure 6) :

- ✓ **Zone à Autonomie d'Acheminement (ZAA) :** est la zone la plus basse de la hiérarchie, comporte un ou plusieurs commutateurs à autonomie d'acheminement (CAA) qui eux-mêmes desservent des commutateurs locaux (CL). Les commutateurs locaux ne sont que de simples concentrateurs de lignes auxquels sont raccordés les abonnés finaux. Cette zone est un réseau étoilé, elle constitue le réseau de desserte;
- ✓ **Zone de Transit Secondaire (ZTS) :** cette zone comporte des Commutateurs de Transit Secondaires (CTS). Il n'y a pas d'abonnés reliés à ces commutateurs. Ils assurent le brassage des circuits lorsqu'un commutateur à autonomie d'acheminement (CAA) ne peut atteindre le CAA destinataire directement (réseau imparfaitement maillé);
- ✓ **Zone de Transit Principal (ZTP) :** cette zone assure la commutation des liaisons longue distance. Chaque ZTP comprend un commutateur de transit principal (CTP), l'un d'eux relié au commutateur international de transit.

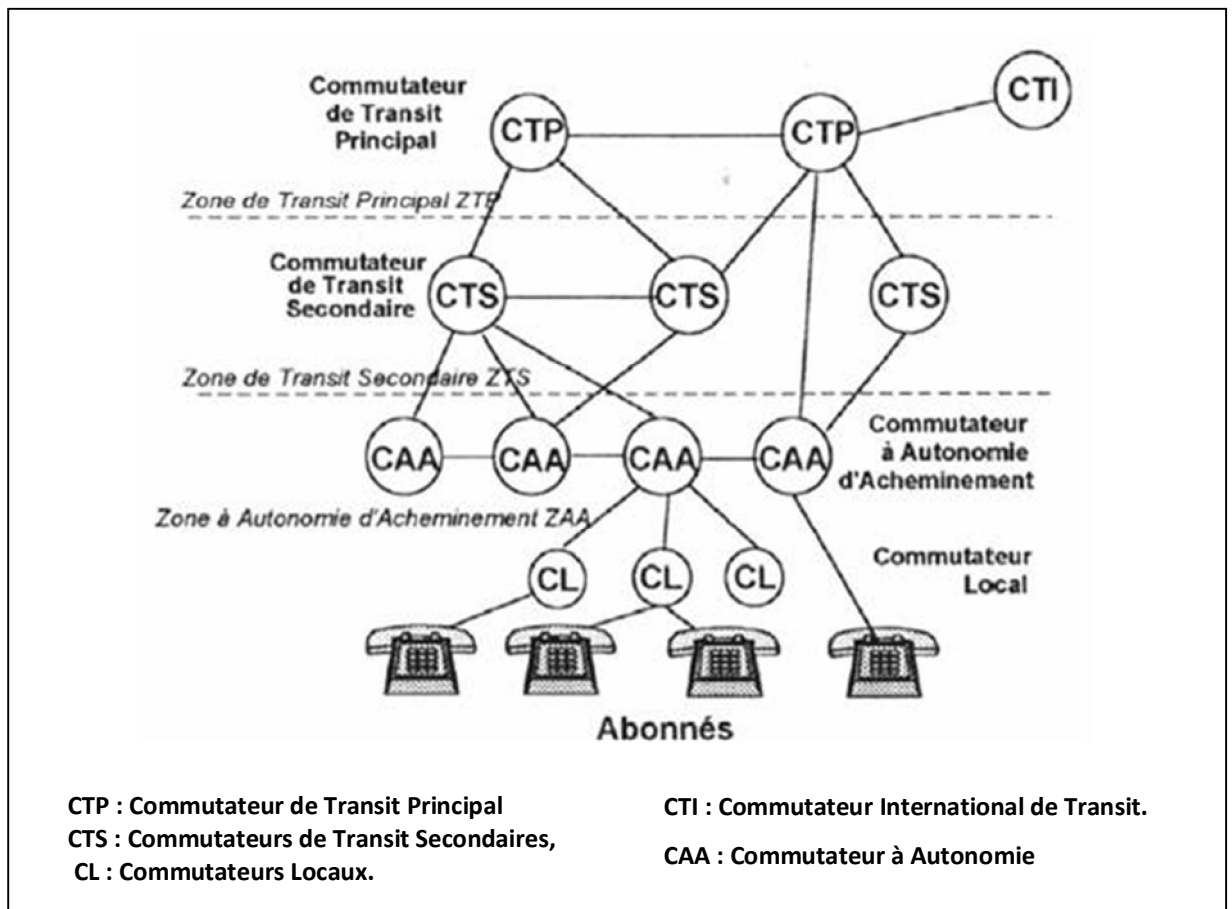


Figure 6 : La hiérarchie de RTC.

2.1.1.4. Avantages

- ✓ RTC est très pratique pour la communication vocale grâce la transmission point à point,
- ✓ Le RTC public est très étendu;
- ✓ RTC est full duplex, c'est-à-dire on peut émettre et recevoir en même temps, cette fonctionnalité est utilisée par les modems ;
- ✓ Le RTC est le relativement peu coûteux pour de courtes distances ;
- ✓ On peut le sécuriser on utilisant le cryptage sur les lignes téléphoniques.

2.1.1.5. Inconvénients

- ✓ Il ne transporte pas les données numériques, la vidéo ;

- ✓ Les équipements analogiques perturbent le signal transmis : un transistor grillé ou une résistance ayant mal vieilli dans un équipement ajoutent du bruit au signal lors de sa transmission.

2.1.2. Réseau Numérique à Intégration de Services (RNIS) [4]

2.1.2.1. RNIS Définition

L'architecture des Réseaux Numériques à Intégration de Services (RNIS) a été conçue pour associer la voix, les données, la vidéo et toute autre application ou service. Cette architecture est une évolution des réseaux téléphoniques analogiques. La numérisation du signal vocal a permis la transmission des informations d'une façon numérique.

2.1.2.2. Caractéristiques RNIS

Deux caractéristiques importantes des réseaux RNIS les distinguent des réseaux téléphoniques traditionnels :

- ✓ Les connexions sont numériques d'une extrémité à l'autre,
- ✓ RNIS définit un jeu de protocoles d'interface utilisateur/réseau standard. De cette façon, tous les équipements RNIS utilisent les mêmes connexions physiques et les mêmes protocoles de signalisation pour accéder aux services.
- ✓ RNIS combine la large couverture géographique d'un réseau téléphonique avec la capacité de transport d'un réseau de données supportant simultanément la voix, les données et la vidéo.

2.1.2.3. Le fonctionnement du RNIS

Dans un réseau téléphonique numérique, la bande passante de la paire torsadée est divisée en deux types de canaux logiques que l'on distingue par leurs fonctions et leurs débits :

- Les canaux B : transmettent à un débit de 64 Kbps en commutation de circuit ou paquet les informations utilisateur : voix, données, fax. Tous les services réseau sont accessibles à partir des canaux B.
- Les canaux D : transmettent à un débit de 16 Kbps en accès de base et 64 Kbps en accès primaire. Ils supportent les informations de signalisation : appels, établissement des connexions, demandes de services, routage des données sur les canaux B et enfin libération des connexions. Ces informations de signalisation ont été conçues pour être

acheminées sur un réseau totalement distinct des canaux B. C'est cette signalisation hors bande qui donne aux réseaux RNIS des temps d'établissement de connexion rapide (environ 4 secondes) relativement aux réseaux analogiques (environ 40 secondes). Il est aussi possible de transmettre des données utilisateurs à travers les canaux D (protocole X.31b), mais comme le débit de ces canaux est limité ce type d'utilisation est rare.

2.1.2.4. Les Interfaces standards de RNIS

Une interface d'accès à un réseau RNIS est une association de canaux B et D. Il existe deux interfaces standard. Elles correspondent à deux catégories d'utilisation distinctes :

É Résidentielle : utilisation simultanée des services téléphoniques et d'une connexion Internet.

É Professionnelle : utilisation d'un commutateur téléphonique (PABX) et/ou d'un routeur d'agence.

2.1.2.5. L'allocation dynamique de bande passante

La bande passante dynamique ou l'allocation de canaux est obtenue par l'agrégation des canaux B. Cette fonctionnalité permet d'adapter le débit et donc le coût de communication aux besoins effectifs pour les flux entrants et sortants. Suivant les heures de la journée ou les jours de la semaine, les besoins de connectivité varient fortement. Il est possible que le coût forfaitaire d'utilisation d'une ligne spécialisée soit supérieur au coût en temps de communication d'une liaison RNIS, lorsque cette dernière utilise correctement la bande passante à la demande en ouvrant/fermant les connexions aux heures choisies.

Il existe 2 techniques pour agréger les canaux B appelées bonding et bundling :

É **Le bonding** : travaille au niveau 1 (couche physique) du modèle OSI. Il assure une synchronisation au niveau des bits. Cette technique nécessite donc un matériel spécifique. Elle est surtout utilisée dans les équipements dédiés de visioconférence et très peu dans les équipements de réseaux de données.

É **Le bundling** : est une technique générique qui travaille au niveau 2 (couche liaison) du modèle OSI. Dans le cas d'une connexion RNIS, elle permet d'ouvrir simultanément plusieurs canaux B entre 2 systèmes, le protocole de niveau liaison le plus utilisé avec le modèle TCP/IP pour les accès téléphoniques.

2.1.2.6. Avantages

- ✓ Les réseaux RNIS peuvent acheminer une variété de signaux de trafic utilisateur (voix, données, vidéo)
- ✓ Il établit les appels plus rapidement qu'un service téléphonique de base ;
- ✓ Le transfert de données est plus rapide qu'avec les modems.
- ✓ La technologie RNIS permet d'établir des appels beaucoup plus rapidement que des connexions par modem, parce qu'elle fait appel à la signalisation hors bande (sur un canal Delta ou canal D). Ainsi, sur un réseau RNIS, un appel peut être établi en moins d'une seconde.

2.1.2.7. Inconvénients

Bien que cette technologie a été conçue spécialement dans le but de résoudre les problèmes liés à de RTC, le RNIS présente plusieurs inconvénients :

- ✓ L'information passe par le réseau téléphonique commuté, et subit les tarifs du téléphone, ce qui est particulièrement pénalisant pour la longue distance
- ✓ Le débit d'information peut s'avérer insuffisant, surtout si l'on transfère des fichiers déjà ripés⁴ (CTP⁵)

2.2. Les protocoles de la téléphonie classique

2.2.1. La signalisation

Signalisation, au sens réseau, c'est l'ensemble des informations de service nécessaires à l'établissement et au déroulement d'une communication sur un réseau public (numérotation, adressage, prise de ligne, mise en attente, libération...).

La signalisation fait référence à l'échange d'informations entre les équipements d'appel nécessaires pour fournir et maintenir le service. En tant qu'utilisateurs du Réseau Téléphonique Commuté Public (RTCP), nous échangeons en permanence de la signalisation avec les éléments de réseau dont on peut citer quelques signalisations entre un usager et le réseau téléphonique :

- composition du numéro ;
- tonalité d'acheminement ;

⁴ Fichier Ripé : Action d'extraire le contenu audio et/ou d'un support numérique ou analogique.

⁵ CTP : Commutateur de Transite Principal.

- accès à une boîte vocale ;
- envoi d'une tonalité d'attente ;
- composition d'un code de rappel automatique (exemple aux Etats-Unis : *66 en cas d'occupation) ;

2.2.2. Définition de SS7 [19]

a. Définition formelle

SS7 (pour Common Channel Signaling System No.7) est une norme globale pour les télécommunications définie par l'IUT-T. La norme décrit les procédures et le protocole avec lesquels les éléments du RTCP échangent de l'information à travers le réseau de signalisation numérique afin d'établir les communications entre téléphones mobiles et filaires. La définition de SS7 par l'IUT autorise des variantes nationales comme les normes de l'ANSI (American National Standards Institute) et de Belcore (Bell Communications Research) utilisées en Amérique du Nord et celles de l'ETSI (European Telecommunications Standards Institute) utilisée en Europe.

Les normes CCS7 d'AT&T, C7 en Europe et SS#7 de l'ANSI sont les différentes déclinaisons de la norme SS7. Bien que la plupart des éléments de SS7 soient communs, il peut exister des différences régionales significatives entre ces différentes variantes.

b. Définition fonctionnelle

SS7 est un moyen d'échanger des informations entre les éléments du réseau téléphonique. L'information est acheminée sous forme de messages. SS7 est caractérisé par des paquets de données à débit élevé, et une signalisation hors-bande. Le réseau et le protocole SS7 sont utilisés pour :

- l'établissement d'appels basiques, leur gestion et la libération de la ligne,
- les services des réseaux mobiles comme les services de communication personnelle, le roaming, et l'authentification de l'abonné,
- les numéros gratuits du RTCP et des réseaux mobiles,
- les services complémentaires comme le transfert d'appel, l'identification de l'appelant, la conférence à trois,
- les télécommunications internationales fiables et sécurisées.

2.2.3. L'architecture de SS7

Le réseau SS7 est constitué d'éléments interconnectés qui échangent de l'information afin de supporter les fonctions de télécommunications. Le protocole SS7 est destiné à faciliter ces fonctions et à maintenir le réseau à travers lequel elles sont fournies. Comme la plupart des protocoles modernes, le protocole SS7 possède un modèle en couches.

Le schéma suivant présente le protocole SS7 à droite, confronté au modèle OSI à gauche :

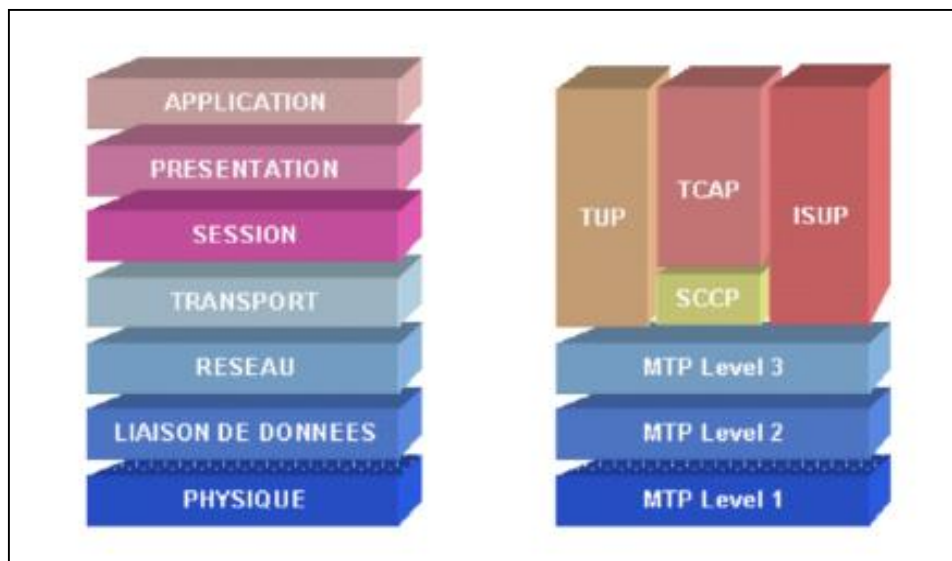


Figure 7 : L'architecture de SS7

Les différentes couches constituant ce modèle sont les suivantes :

➤ Message Transfert Part (partie transfert du message), MTP

Le MTP est divisé en trois niveaux :

○ MTP Level 1 :

Le niveau le plus bas, est équivalent à la Couche Physique du modèle OSI. Ce premier niveau définit les caractéristiques physiques, électriques et fonctionnelles des liens de signalisation numériques du réseau SS7. Les interfaces physiques définies supportent les liens de transmissions normalisés suivant : E-1 (2048 kb/s ; 32 canaux à 64 kb/s), DS-1 (1544 kb/s ; 24 canaux à 64 kb /s), V.35 (64 kb/s), DS-0 (64 kb/s) et DS-0A (56 kb/s). Les liens de signalisation utilisent des canaux DS0 et transportent les informations de signalisation de ligne à un débit de 56 voire 64 Kpbs.

- MTP Level 2 :

Le niveau 2 fournit les fonctionnalités de la Couche Liaison de Données. Il garantit que les deux extrémités d'un lien de signalisation peuvent échanger des messages de signalisation de manière fiable. Il introduit des fonctionnalités telles que :

- Le contrôle d'erreur ;
- Le contrôle de flux ;
- Vérification du séquençement.

Lorsqu'une erreur survient sur un lien de signalisation, le message est retransmis.

- MTP Level 3 :

Le niveau 3 assure les fonctions de la Couche Réseau. Il garantit l'acheminement des messages entre les points de signalisation du réseau SS7, qu'ils soient ou non directement connectés. Il introduit des fonctionnalités telles que :

- L'adressage des nœuds de réseau ;
- Le routage ;
- Le routage de secours ;
- Le contrôle de congestion.

- ISDN User Part (partie Usager RNIS), ISUP

ISUP définit le protocole utilisé pour établir, gérer les appels et libérer les circuits alloués pour transporter voix et données entre les commutateurs d'extrémité. ISUP est utilisé pour les appels RNIS, mais également pour les appels classiques. Cependant, les appels issus d'un commutateur et qui sont à destination du même commutateur n'utilisent pas la signalisation ISUP.

- Telephone User Part (partie Usager téléphonique), TUP

Dans certains pays (Brésil, Chine, ...), TUP est utilisé pour supporter les appels basiques et la libération des circuits. TUP concerne uniquement les circuits analogiques. Dans la plupart des pays, ISUP a remplacé TUP pour la gestion des appels.

➤ Signaling Connection Control Part (partie Contrôle de la connexion de signalisation)

SCCP fournit des services réseau en mode non connecté ou en mode connecté, et des capacités de traduction de titre global (GTT, Global Title Translation) au dessus de la couche MTP Level 3. Un titre global est une adresse (par exemple un numéro en 0800, appelant un numéro de carte bancaire ou le numéro d'identification d'un abonné mobile) qui est traduite par SCCP en un code de point de destination et un numéro de sous-système. Un numéro de sous-système identifie uniquement une application au point de signalisation de la destination. SCCP est utilisé comme une couche transport pour les services TCAP (c.f. paragraphe suivant).

➤ Transaction Capabilities Applications Part (partie Applications assurant les transactions), TCAP

TCAP assure l'échange d'informations qui ne sont pas relatives aux circuits à travers le réseau SS7, en utilisant les services SSCP en mode non connecté. Les requêtes et les réponses échangées entre les points de signalisation et les points de contrôle du réseau sont transportées dans les messages TCAP.

Exemple : un point de signalisation envoie une requête TCAP afin de déterminer le numéro de routage associé à un numéro gratuit (0800) et de vérifier le code PIN du détenteur d'une carte de paiement. Dans les réseaux mobiles (GSM), TCAP transporte les messages de la Couche Application envoyés entre les commutateurs du réseau mobile et les bases de données assurant l'authentification des abonnés, l'identification du terminal et le roaming.

3. Limites de la téléphonie classique

Bien que cette technologie soit maintenant très ancienne, la téléphonie classique a des avantages : elle est très simple, elle garantit un délai de transmission de la voix de bout en bout très faible, puisque le signal se propage quasiment à la vitesse de la lumière. Mais les techniques de transport analogique (RTC) et numérique (RNIS), même avec des améliorations qu'on a vues précédemment, présentent de nombreux inconvénients :

✓ Les technologies analogiques demandent une paire de câbles pour chaque conversation, ce qui devient peu pratique et coûteux.

✓ La réalisation des autocommutateurs analogiques demande une quantité impressionnante de composants électromécaniques qui sont très coûteux à l'achat et surtout à l'entretien,

- ✓ Les diverses sources de bruit et de parasites ne font que s'accumuler le long de la chaîne de transmission, sans qu'il soit possible de les éliminer du signal
- ✓ Dans les technologies numériques, l'information passe par le réseau téléphonique commuté, et subit les tarifs du téléphone : Prix élevé en fonction du temps, de la distance du nombre des canaux B utilisés.

4. Introduction à la téléphonie IP

4.1. Les enjeux de la ToIP [5]

L'existence de deux réseaux parallèles (réseaux téléphoniques et Internet) et la double facturation (pour le téléphone et pour l'accès à Internet) ont fait naître une nouvelle philosophie : la téléphonie sur IP (Internet Protocol).

Nous allons démontrer pourquoi il est devenu important pour les entreprises, de faire converger le réseau de donnée IP et le réseau téléphonique. Le tableau ci-dessous récapitule les principales motivations pour déployer la téléphonie sur IP, selon un sondage réalisé par le centre de recherche Sage Recherche en 2003, auprès de 100 décideurs.

Le tableau suivant montre les motivations de la ToIP :

Motivations	Pourcentage
Réduction de coûts	75 %
Nécessité de standardiser l'équipement	66 %
Hausse de la productivité des employés	65 %
Hausse du volume d'appels à traiter	46 %

Tableau 1: Motivations de la téléphonie sur IP

Les coûts généraux de l'infrastructure de réseau sont réduits. Le déploiement d'un unique réseau convergé voix et données sur tous les sites permet de réaliser des économies sur les investissements productifs, l'ordre d'idée en 2004-2005 atteint les 50% si l'on prend en compte les communications inter-site. De plus, comme le téléphone et le PC partagent le même câble Ethernet, les frais de câblage sont réduits. Les frais d'administration du réseau sont également minimisés. Il est ainsi possible de réaliser des économies à court et à long terme sur de nombreux postes: administration d'un seul réseau, fournisseur d'accès unique,

unique contrat de maintenance, câblage commun, gratuité des communications interurbaines, réduction de la complexité de l'intégration d'applications.

Les raisons d'apparition de la ToIP

C'est évidemment l'aspect financier, vu précédemment, qui est à l'origine de la téléphonie sur IP. Car c'est une révolution au niveau des tarifs qui s'annoncent démesurément bas. Mais d'autres raisons ont contribué à l'apparition de ToIP dont :

4.1.1. La téléphonie sur IP pour des raisons économiques

La téléphonie sur IP permet un intérêt économique majeur pour une entreprise :

- ⊕ Forte réduction de la facture téléphonique,
- ⊕ Gestion du réseau de données (réseau IP de type Internet) et du réseau téléphonique en étoile autour d'un autocommutateur par une seule équipe technique,
- ⊕ Utilisation d'un seul réseau physique => réduction du coût en infrastructure.

4.1.2. La téléphonie sur IP pour des appels internationaux

La téléphonie sur IP permet une forte économie sur le coût de transport pour une communication internationale tel que le prix reste toujours celui d'une communication locale.

4.1.3. La téléphonie sur IP pour de nouvelles fonctions de communications

La téléphonie sur IP n'a pas que des intérêts financiers, elle permet également d'ajouter de nombreuses fonctions de communications :

- ⊕ Un poste téléphonique va pouvoir communiquer avec n'importe quel ordinateur de l'Internet,
- ⊕ Un ordinateur intégrera toutes les fonctions d'un téléphone,
- ⊕ Intégration des messageries vocales et Internet facilitée,
- ⊕ Nouveaux services d'annuaires, de communications de groupe (« multicast-téléphonique ») réalisable facilement.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons abordé la téléphonie, puis nous avons présenté les deux réseaux classiques RTCP et RNIS, tout en citant leurs avantages et leurs inconvénients. Ainsi, nous avons mis l'accent sur les enjeux de la téléphonie sur IP. Cependant, nous avons remarqué l'intérêt que peut porter cette technologie pour les entreprises.

La téléphonie sur IP présente un intérêt considérable et une nouvelle étape dans l'évolution des technologies des télécommunications. Cette nouvelle technologie subit un immense élan dont les bénéfices se reflètent sur le quotidien de l'être humain.

La présentation de la téléphonie sur IP sera l'objectif du prochain chapitre.

CHAPITRE II

LA TÉLÉPHONIE SUR

IP

Introduction :

Nous assistons à une véritable révolution du monde de communication: tout le monde commence à utiliser des pc et internet au travail et pendant son temps libre pour communiquer avec les autres, pour échanger des données (images, son, documents) et parfois pour se parler à l'aide d'applications comme Skype, NetMeeting ou Internet phone. Une nouvelle idée en particulier, commence à se répandre et qui permet l'échange de communication vocale en temps réel: la Voix sur IP (Voice over IP).

Dans ce chapitre, nous présentons quelques notions générales de téléphonie sur IP. D'abord, nous commençons par donner une définition de la voix sur IP. Ensuite nous présentons son principe et fonctionnement ainsi les principaux protocoles VOIP.

1. VoIP et ToIP**1.1. La Voix sur IP [6]**

La voix sur IP, ou « VoIP » l'acronyme de Voice over Internet Protocol, est une technique qui permet de communiquer par la voix via l'Internet ou tout autre réseau acceptant le protocole TCP/IP. Cette technologie est notamment utilisée pour supporter le service de téléphonie IP (« ToIP » pour Telephony over Internet Protocol). La voix sur IP regroupe l'ensemble des techniques permettant de faire transiter de la voix sur un réseau informatique.

1.2. La téléphonie sur IP [7]

La téléphonie sur IP est un mode de téléphonie dans lequel la voix est numérisée puis acheminée par le protocole TCP/IP sous forme de paquet de données. Ce service de téléphonie est offert sur un réseau de télécommunications, public ou privé utilisant principalement le protocole IP.

La téléphonie IP définit l'utilisation de liens Internet pour acheminer des appels téléphoniques d'une personne à une autre. Un appel téléphonique de type IP diffère de la téléphonie conventionnelle (RTC) dans l'encodage de la voix. Cette technologie repose totalement sur un transport VoIP.

Dans le système traditionnel, la voix est encodée de façon analogique et numérique et transmise sur un réseau de commutation de circuit alors que dans le système IP, la voix est encodée en format numérique et mis en paquets sous format IP.

En fait, la téléphonie sur IP utilise la même méthode (processus) que pour la transmission de l'information sur le réseau Internet. C'est-à-dire une fois la voix formatée, on peut la transmettre sur un lien Internet commun ou encore l'envoyer sur des liens dédiés.

2. Fonctionnement [8]

2.1. Principe

Le principe de la téléphonie sur IP est la numérisation de la voix, c'est-à-dire le passage d'un signal analogique à un signal numérique. Celui-ci est compressé en fonction des codecs choisis, cette compression a comme but de réduire la quantité d'information qui est transmise sur le réseau. Le signal obtenu est découpé en paquets, à chaque paquet on ajoute les entêtes propres au réseau (IP, UDP, RTP....) et pour finir il est envoyé sur le réseau.

A l'arrivée, les paquets transmis sont réassemblés en supprimant d'abord les entêtes. Le signal de données ainsi obtenu est décompressé puis converti en signal analogique afin que l'utilisateur puisse écouter le message d'origine.

2.2. Transmission de VoIP [9]

La technologie de la voix sur IP nous présente une transmission découpée en 8 grandes étapes comme le montre la figure suivante:

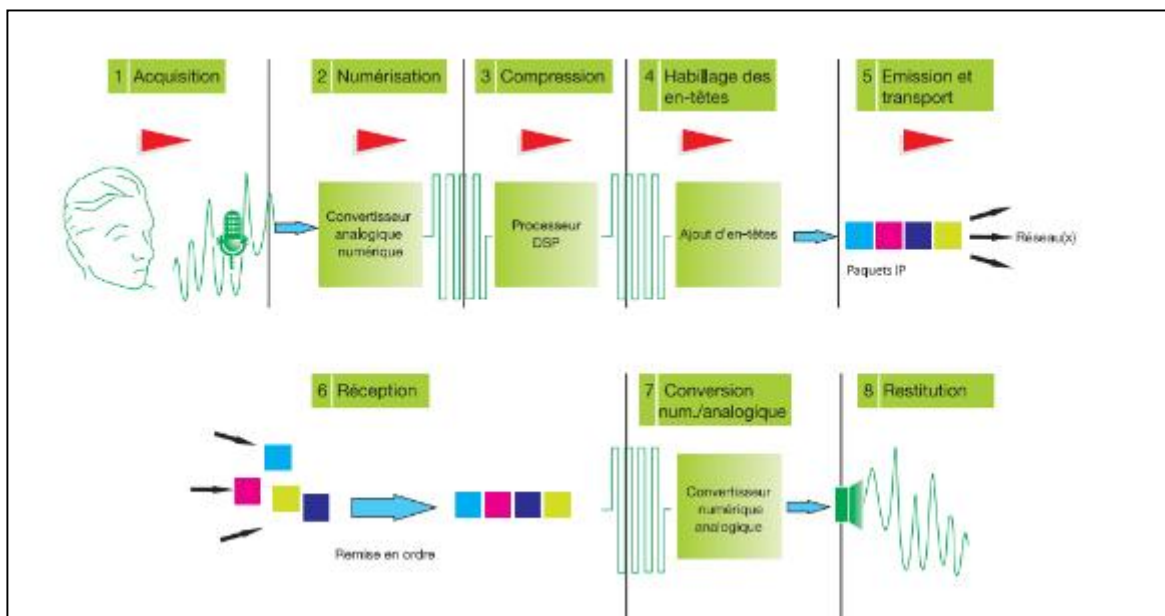


Figure 8 : Etapes de transmission de la voix sur IP.

1. Acquisition du signal

La VoIP suppose la transformation d'un signal continu analogique (la voix) en un signal discret numérique (composé d'une série de bits). La première étape consiste naturellement à capter la voix à l'aide d'un micro, qu'il s'agisse de celui d'un téléphone ou d'un micro casque.

2. Numérisation

La voix passe alors dans un convertisseur analogique numérique qui réalise deux tâches distinctes :

- l'échantillonnage du signal sonore, c'est-à-dire un prélèvement périodique de ce signal ;
- la quantification, qui consiste à affecter une valeur numérique (en binaire) à chaque échantillon. Plus les échantillons sont codés sur un nombre de bits important, meilleure sera la qualité (on parle de «résolution») de la conversion. Généralement, la voix est échantillonnée à 8 kHz et chaque échantillon est codé sur 8 bits, ce qui donne un débit de 64 Kbit/s (norme G.711)

3. Compression

Le signal une fois numérisé peut être traité par un DSP (Digital Signal Processor) qui va le compresser, c'est-à-dire réduire la quantité d'informations (bits) nécessaire pour l'exprimer. Plusieurs normes de compression et décompression (Codecs) sont utilisées pour la voix. L'avantage de la compression est de réduire la bande passante nécessaire pour transmettre le signal.

4. Habillage des en-têtes

Les données «brutes» qui sortent du DSP doivent encore être enrichies en informations avant d'être converties en paquets de données à expédier sur le réseau. Trois «couches» superposées sont utilisées pour cet habillage :

La couche IP

La couche IP correspond à l'assemblage des données en paquets. Chaque paquet commence par un en-tête indiquant le type de trafic concerné, ici du trafic UDP.

✚ La couche UDP

La deuxième couche, UDP, consiste à formater très simplement les paquets. Si l'on restait à ce stade, leur transmission serait non fiable : UDP ne garantit ni le bon acheminement des paquets, ni leur ordre d'arrivée.

✚ La couche RTP (Real Time Protocol) / RTCP (Real Time Control Protocol)

Pour palier l'absence de fiabilité d'UDP, un formatage RTP est appliqué de surcroît aux paquets. Il consiste à ajouter des entêtes d'horodatage et de synchronisation pour s'assurer du réassemblage des paquets dans le bon ordre à la réception. RTP est souvent renforcé par RTCP qui comporte, en plus, des informations sur la qualité de la transmission et l'identité des participants à la conversation.

5. Emission et transport

Les paquets sont acheminés depuis le point d'émission pour atteindre le point de réception sans qu'un chemin précis soit réservé pour leur transport. Ils vont transiter sur le réseau (réseau local, réseau étendu voire Internet) en fonction des ressources disponibles et arriver à destination dans un ordre indéterminé.

6. Réception

Lorsque les paquets arrivent à destination, il est essentiel de les replacer dans le bon ordre et assez rapidement. Faute de quoi une dégradation de la voix se fera sentir.

7. Conversion numérique analogique

La conversion numérique analogique est l'étape réciproque de l'étape 2, qui permet de transformer les données reçues sous forme de série discrète en un signal électrique «continu».

8. Restitution

Dès lors, la voix peut être retranscrite par le haut-parleur du casque, du combiné téléphonique ou de l'ordinateur.

3. Mode d'accès et architecture

3.1. Mode d'accès [10]

Selon le type de terminal utilisé (un ordinateur ou un téléphone classique), on distingue trois modes d'accès possibles de voix sur IP :

3.1.1. La voix sur IP entre deux ordinateurs

C'est le cas le plus simple. Il suffit de disposer d'une carte son, de haut-parleurs et de microphones pour chacun des interlocuteurs. Il faut également connaître l'adresse IP de chacun des terminaux pour établir la communication. Comme le montre la figure suivante :



Figure 9 : Voix sur IP entre deux ordinateurs.

3.1.2. La voix sur IP entre un PC et un téléphone

Ce cas nécessite une conversion des signaux entre le RTC et le réseau IP. En effet, ces deux terminaux utilisant des technologies différentes (la commutation de circuits et la commutation de paquets), l'échange des informations nécessite une passerelle. L'utilisateur possédant un ordinateur et désirant appeler l'autre sur son téléphone doit se connecter à un service spécial sur Internet, offert par un fournisseur de service (un ISP) ou par son fournisseur d'accès à Internet (son IAP).

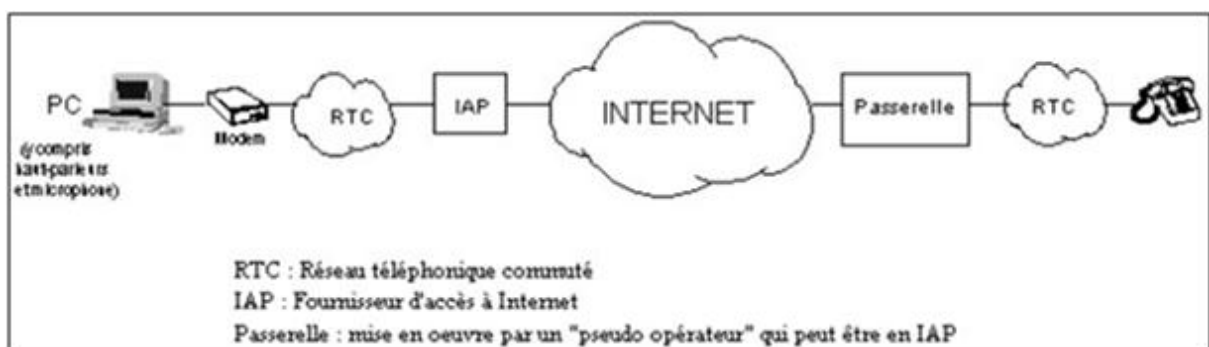


Figure 10 : Communication de PC à téléphone classique.

3.1.3. La voix sur IP entre deux téléphones

C'est le cas le plus complexe car il nécessite deux conversions de signaux. On utilise des passerelles analogues entre le réseau téléphonique et le réseau. Un utilisateur appelle le numéro d'une passerelle et lui communique le numéro du correspondant qu'il cherche à joindre.

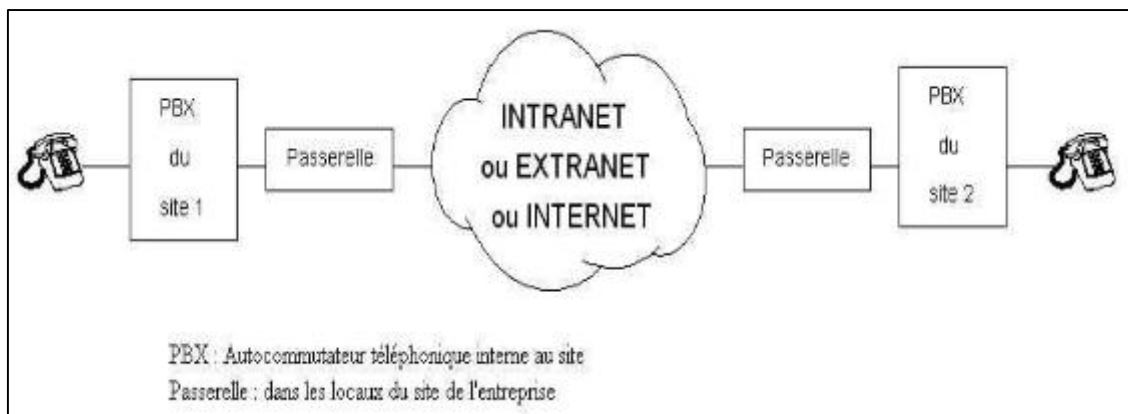


Figure 11 : Voix sur IP entre deux téléphones

3.2. Architecture VoIP [11]

Voici le schéma général d'une architecture VoIP :

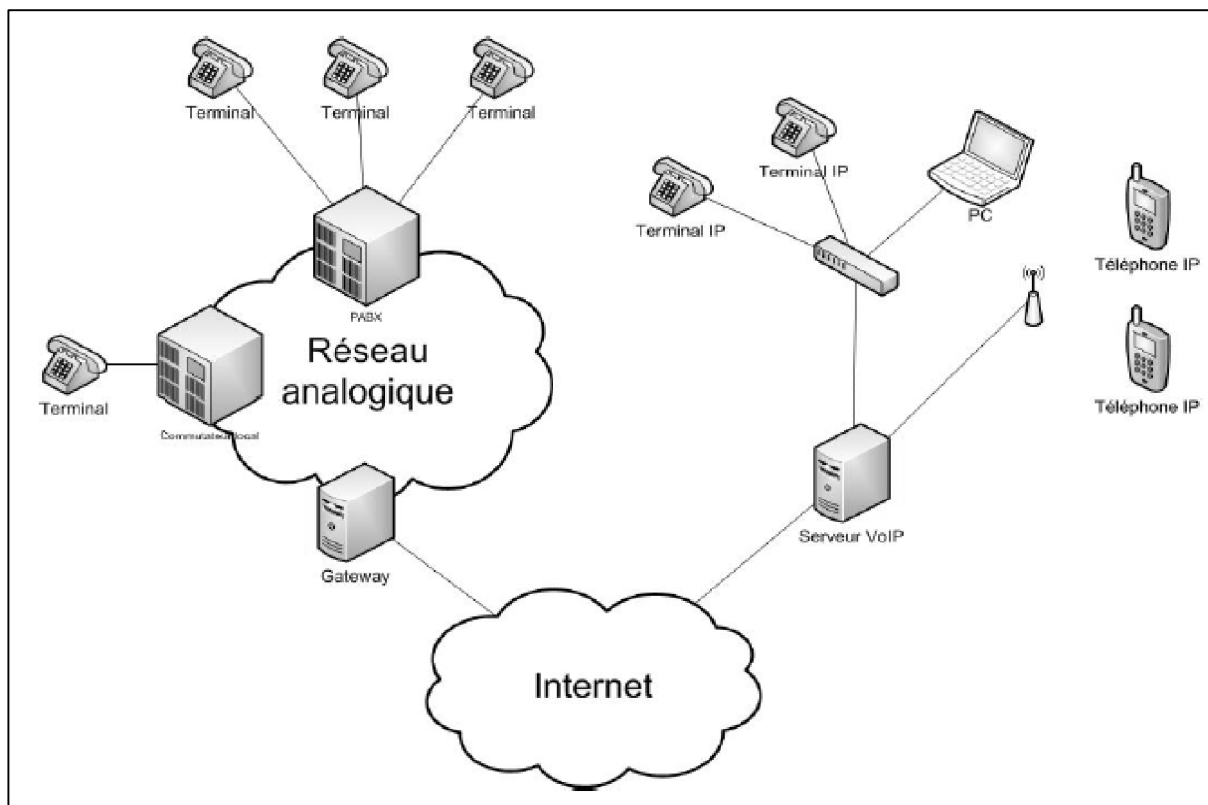


Figure 12 : Architecture VoIP.

Le schéma ci-dessus, décrit de façon générale la topologie d'un réseau de téléphonie IP. Elle comprend toujours des terminaux, un serveur de communications et une passerelle vers les autres réseaux. Chaque norme a ensuite ses propres caractéristiques pour garantir une plus ou moins grande qualité de service. L'intelligence du réseau est aussi déportée soit sur les terminaux, soit sur les passerelles/Gatekeeper (contrôleur de commutation). On retrouve les éléments communs suivants :

- **Le routeur** : Il permet d'aiguiller les données et le routage des paquets entre deux réseaux.
- **La passerelle** : il s'agit d'une interface entre le réseau commuté et le réseau IP.
- **Le PABX** : C'est le commutateur du réseau téléphonique classique. Il permet de faire le lien entre la passerelle ou le routeur et le réseau RTC. Une mise à jour du PABX est aussi nécessaire. Si tout le réseau devient IP, il n'y a plus besoin de ce matériel.
- **Les Terminaux** : Des PC ou des téléphones VoIP.
- **L'IPBX ou PABX - IP** : C'est un autocommutateur compatible avec la téléphonie sur IP. Il permet comme un commutateur téléphonique standard, d'établir une communication téléphonique entre deux abonnés distants.

4. Les protocoles de signalisation [12]

4.1. Définition

Les protocoles de signalisations ont la charge de régir les communications, de déterminer les appelés, de signaler les appelants, de gérer les absences, les sonneries etc. Mais aussi de négocier quel codec pourra être utilisé.

Notre étude sera basée sur les protocoles les plus utilisés : H323, SIP et IAX

4.2. Le Protocole SIP

Session Initiation Protocol (dont le sigle est SIP) est un protocole normalisé et standardisé par l'IETF (décrit par le RFC 3261 qui rend obsolète le RFC 2543, et complété par le RFC 3265) qui a été conçu pour établir, modifier et terminer des sessions multimédia. Il se charge de l'authentification et de la localisation des multiples participants. Il se charge également de la négociation sur les types de média utilisables par les différents participants en encapsulant des messages SDP (Session Description Protocol). SIP ne transporte pas les données échangées durant la session comme la voix ou la vidéo. SIP étant indépendant de la transmission des données, tout type de données et de protocoles peut être utilisé pour cet

échange. Cependant le protocole RTP (Real-time Transport Protocol) assure le plus souvent les sessions audio et vidéo. SIP remplace progressivement H323.

SIP est le standard ouvert de VoIP, interopérable, le plus étendu et vise à devenir LE standard des télécommunications multimédia (son, image, etc.). Skype par exemple, qui utilise un format propriétaire, ne permet pas l'interopérabilité avec un autre réseau de voix sur IP et ne fournit que des passerelles payantes vers la téléphonie standard. SIP n'est donc pas seulement destiné à la VoIP mais pour de nombreuses autres applications telles que la visiophonie, la messagerie instantanée, la réalité virtuelle ou même les jeux vidéo.

4.2.1. Fonctionnement

SIP partage de nombreuses similitudes avec le protocole HTTP comme le codage en ASCII et les codes de réponse.

Le client envoie des requêtes au serveur, qui lui renvoie une réponse.

Les méthodes de base sont :

- INVITE permet à un client de demander une nouvelle session
- ACK confirme l'établissement de la session
- CANCEL annule un INVITE en suspens
- BYE termine une session en cours

Les codes de réponse sont similaires à HTTP :

- **100** Trying
- **200** OK
- **404** Not Found

Les codes supérieurs ou égaux à **x80** sont spécifiques à SIP.

- **180** Ringing
- **486** Busy
- etc.

En revanche, SIP diffère de HTTP du fait qu'un agent SIP (User Agent, UA) joue habituellement à la fois les rôles de client et de serveur. C'est-à-dire qu'il peut aussi bien envoyer des requêtes, que répondre à celles qu'il reçoit.

En pratique, la mise en place de SIP repose sur trois éléments :

- **User Agent**

Désignent les agents que l'on retrouve dans les téléphones SIP, les softphones (logiciels de téléphonie sur IP) des ordinateurs et PDA ou les passerelles SIP. En théorie, on peut établir des sessions directement entre deux User Agents, deux téléphones par exemple. Mais cela nécessite de connaître l'adresse IP du destinataire. Cela n'est pas l'idéal car une adresse IP peut ne pas être publique (derrière un NAT) ou changer et elle est bien plus compliquée à retenir qu'une URI. Les User Agents peuvent donc s'enregistrer auprès de Registrars pour signaler leur emplacement courant, c'est-à-dire leur adresse IP.

- **Registrar**

Est un serveur qui gère les requêtes REGISTER envoyées par les Users Agents pour signaler leur emplacement courant. Ces requêtes contiennent donc une adresse IP, associée à une URI, qui seront stockées dans une base de données.

Les URI SIP sont très similaires dans leur forme à des adresses email :
sip:utilisateur@domaine.com

Généralement, des mécanismes d'authentification permettent d'éviter que quiconque puisse s'enregistrer avec n'importe quelle URI.

- **Proxy**

Un Proxy SIP sert d'intermédiaire entre deux User Agents qui ne connaissent pas leurs emplacements respectifs (adresse IP). En effet, l'association URI-Adresse IP a été stockée préalablement dans une base de données par un Registrar. Le Proxy peut donc interroger cette base de données pour diriger les messages vers le destinataire.

Le Proxy se contente de relayer uniquement les messages SIP pour établir, contrôler et terminer la session. Une fois la session établie, les données, par exemple un flux RTP pour la VoIP, ne transitent pas par le serveur Proxy. Elles sont échangées directement entre les User Agents.

Le schéma suivant illustre le scénario d'une communication SIP :

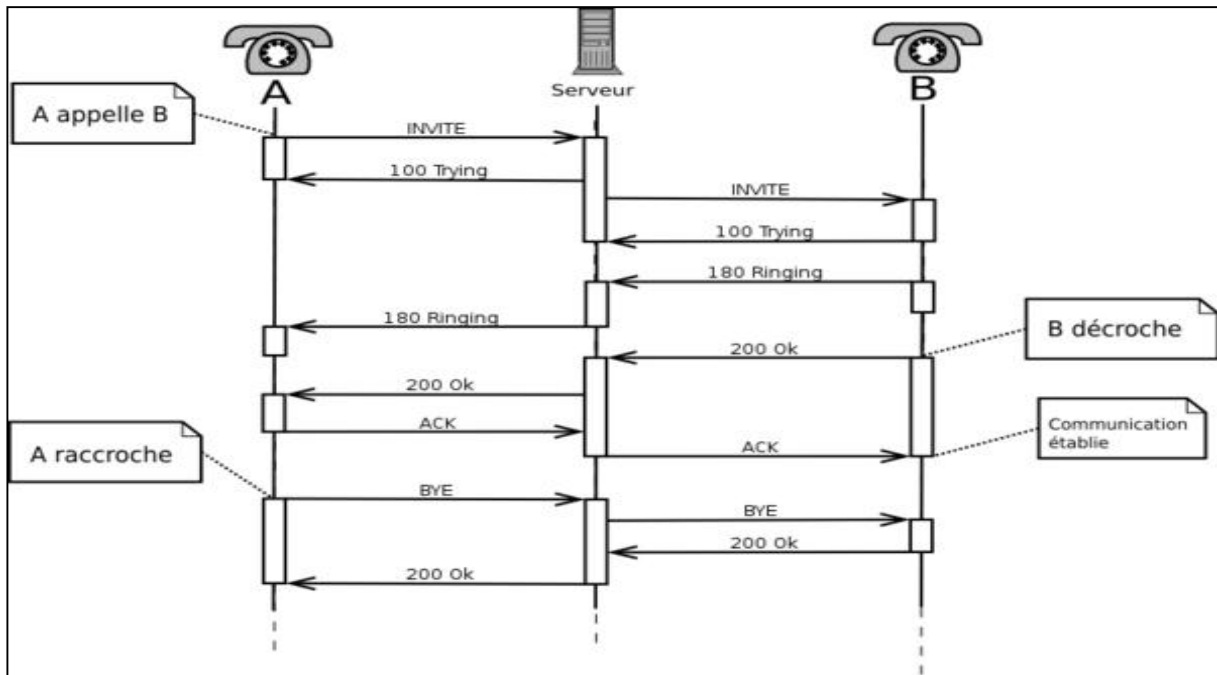


Figure 13 : Exemple d'une communication SIP.

4.2.2. Avantages

- Ouvert : les protocoles et documents officiels sont détaillés et accessibles à tous en téléchargement.
- Standard : l'IETF a normalisé le protocole et son évolution continue par la création ou l'évolution d'autres protocoles qui fonctionnent avec SIP.
- Simple : SIP est simple et très similaire à HTTP.
- P2P : sur un LAN, SIP fonctionne complètement en P2P (encore plus facilement avec l'intégration de Zeroconf), ce n'est pas le cas pour l'établissement de sessions entre deux pairs séparés par un NAT.
- Flexible : SIP est également utilisé pour tout type de sessions multimédia (voix, vidéo, mais aussi musique, réalité virtuelle, etc.).
- Téléphonie sur réseaux publics : il existe de nombreuses passerelles (services payants) vers le réseau public de téléphonie (RTC, GSM, etc.) permettant d'émettre ou de recevoir des appels vocaux.
- Points communs avec H323 : l'utilisation du protocole RTP et quelques codecs son et vidéo sont en commun.

4.2.3. Inconvénients

- Basé sur l'adresse IP : SIP ne traverse pas les NAT, mais cela peut être résolu en déployant des mécanismes client-serveur supplémentaires comme STUN ou en couplant SIP avec Jabber.
- Mauvaise implémentation : une mauvaise implémentation ou une implémentation incomplète du protocole SIP dans les User Agents peut perturber le fonctionnement ou générer du trafic superflu sur le réseau.
- Existant : H323 (standard et ouvert) et Skype (propriétaire) bénéficient de leur effet réseau respectif, bien que H323 tende à disparaître au profit de SIP.
- Présence et messagerie instantanée : SIP montre un certain nombre de faiblesses dans la gestion de la présence et la messagerie instantanée, mais l'intégration du standard ouvert spécialisé Jabber résout la plupart de ces problèmes.
- Faible nombre d'utilisateurs : SIP est encore peu connu et utilisé par le grand public, n'ayant pas atteint une masse critique, il ne bénéficie pas de l'effet réseau.

4.3. Le Protocol H.323

Le standard H.323 a été conçu par l'ITU-T. Il spécifie les composants, protocoles et procédures permettant la mise en place d'un service multimédia sur un réseau à transmission par paquets (LAN, WAN). H.323 fait partie d'une série de recommandations qui, toutes décrivent des transmissions multimédia mais sur des réseaux différents. H323 transmet des informations multimédia sur des réseaux à paquets commutés sans garantie de bande passante. Ce standard est valable pour la VoIP car il permet de transmettre uniquement la voix et des données. Il est constitué par un ensemble de protocoles permettant des communications entre plusieurs équipements basés sur le modèle H.323. C'est une famille de protocoles qui sont utilisés pour l'établissement ou la clôture d'un appel, l'enregistrement des postes, l'authentification des utilisateurs, ainsi que bien d'autres services. Ceux-ci sont transportés sur un réseau IP à travers des protocoles TCP ou UDP.

4.3.1. Pile protocolaire

H.323 est un regroupement de plusieurs protocoles qui concernent trois catégories distinctes :

- la signalisation,
- la négociation de codecs
- le transport de l'information.

Comme le montre la figure suivante :

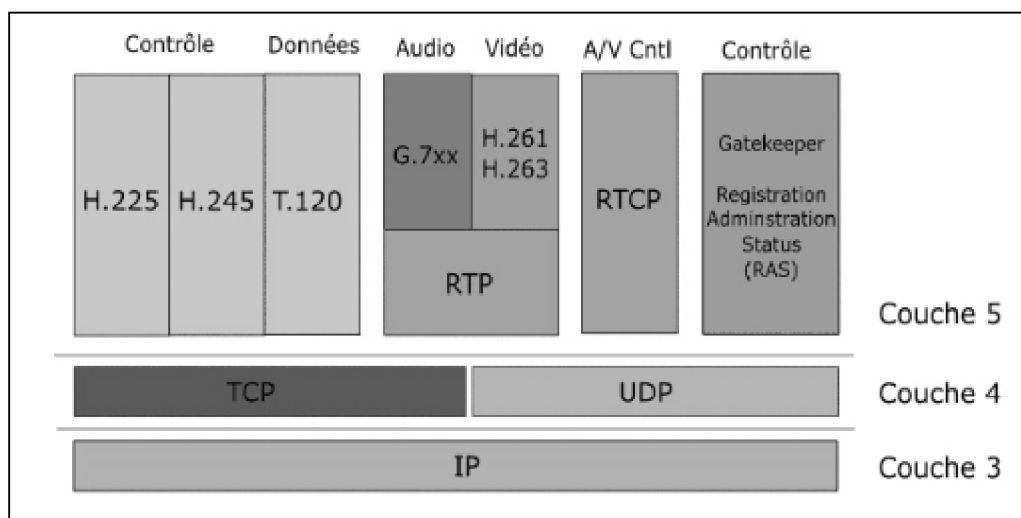


Figure 14 : Pile protocolaire H.323

4.3.2 Les équipements du protocole H.323

✚ Le terminal

Le terminal H.323 est soit un téléphone, soit un ordinateur muni d'une carte son et d'un micro, soit d'un appareil tournant sur le modèle H.323 et exécutant des applications audio. Eventuellement le terminal peut être doté d'un système de transmission d'images et de données mais ce n'est pas obligatoire. Cet appareil joue un rôle clef dans la VoIP car, c'est à partir de lui que sont émises et reçues les conversations d'utilisateurs. Ainsi donc, le rôle premier du standard H.323 est de permettre les échanges entre les terminaux. Le fonctionnement du terminal multimédia réside en ce qu'il peut envoyer et recevoir des messages multimédias. Il est ainsi doté d'une couche protocolaire d'application audio et vidéo. Cette couche représente l'interface de l'application vue par l'utilisateur sur le terminal. Elle repose sur un ensemble de codecs audio et vidéo qui sont des standards de

compression/décompression et d'encodage/décodage audio/vidéo. Un terminal doit obligatoirement avoir un codec audio/vidéo codant à 64 Kbps. Le transport des informations multimédia issues du terminal est assuré par l'intermédiaire du protocole RTP (real time transport protocol) et ensuite par la couche transport et l'interface réseau.

Le Gateway

Le Gateway est l'appareil qui permet d'interconnecter deux réseaux dissemblables. Il s'agit d'un nœud sur le LAN. Il traduit et transmet au réseau H.323 vers un réseau non-H.323. Par exemple, il peut être connecté à un réseau du type PSTN (public switched telephony network). Cette traduction s'accomplit par les conversions de protocoles et de medias entre les deux réseaux nécessaires. Un Gateway n'est pas nécessaire s'il s'agit de connecter uniquement des terminaux H.323. La structure du Gateway se compose de deux parties. La première est attachée au réseau de paquets et la seconde au réseau public de commutation (téléphonique).

Dans la partie « réseaux par paquets », on retrouve le contrôle de la signalisation H.245 et H.225 dont une partie s'occupe du « call setup & release » et l'autre de RAS vers le Gatekeeper. Les terminaux du côté « réseau par paquet » contactent le Gateway par l'intermédiaire de H.245 (control signaling) et H.225 (call signaling).

Gatekeeper

Le Gatekeeper est considérée comme le cerveau du réseau H.323. Il s'agit d'un point de focalisation pour tous les appels du réseau H.323. Bien qu'il ne soit pas nécessaire, le Gatekeeper est un objet commode du réseau H.323. C'est celui qui se charge d'autoriser les appels d'authentifier les utilisateurs, d'établir une comptabilité de contrôler la bande passante, il peut également fournir des services de routage. Un Gatekeeper administre un ensemble de réseaux de terminaux.

Le Gatekeeper doit obligatoirement s'occuper d'effectuer des conversions d'adresses:

les appels originaires d'un réseau H.323 peuvent utiliser un alias pour adresser un autre terminal et de même des appels originaires d'un réseau différent du H.323 et reçus par le Gateway peuvent utiliser une adresse de type téléphone pour adresser un terminal. En plus des conversions, une caractéristique importante du Gatekeeper réside dans ce qu'il gère : la

fonctionnalité RAS envoie des messages de confirmation de requête aux clients qui le contactent.

Le MCU (multipoint control unit)

Le MCU fournit un support pour une conférence entre trois ou plusieurs terminaux. Chacun des terminaux désirant participer à la conversation doit s'enregistrer auprès du MCU. C'est le MCU qui négocie, entre les terminaux, les codecs à utiliser durant la conférence. Il se charge également de signaler à chacun des terminaux s'il s'agit d'une audio conférence ou d'une vidéo conférence.

4.3.3. Les limites du protocole H.323

Le standard mis de l'ITU permet une interopérabilité entre des équipements de constructeurs différents et est très largement utilisé encore aujourd'hui, il présente toutefois les inconvénients suivants :

- **Interopérabilité avec les autres normes de visioconférence**

Le fonctionnement de la visioconférence entre les équipements utilisant les protocoles H.320 et H.323 posent des problèmes et nécessite des Gateway (passerelles).

H.323 et IP Multicast ne sont, en règle générale, pas compatibles, sauf dans le cadre de VRVS qui permet un certain degré d'interopérabilité, mais ne gère pas la norme T.120.

Le développement de l'H.323 a été basé sur la téléphonie et ses différents standards ne sont pas compatibles avec la plupart des protocoles du monde IP (contrairement au protocole SIP)

- **Problème d'interopérabilité entre équipements**

L'H.323 comprend de nombreuses options susceptibles d'être implémentées de façon différentes par les constructeurs et donc de poser des problèmes d'interopérabilité ou de plus petit dénominateur commun (dans le choix du codec, par exemple). D'autre part, comme le seul codec obligatoire est le codec G.711 (64 Kbps) et que le support des autres codecs plus efficaces est optionnel, l'interopérabilité entre produits provenant de constructeurs différents ne signifie pas qu'ils feront un usage optimal de la bande passante. En effet, dans le cas où les codecs à bas débits sont différents, le transport de la voix se fera à 64 Kbps, ce qui, en terme de bande passante, ne présente guère d'avantages par rapport à un système téléphonique classique.

Le protocole H.323, bien qu'implémenté dans un grand nombre de logiciels commerciaux et dans la plupart des solutions de visioconférence "tout en un", passe donc pour un "mauvais protocole". Ceci est en fait dû à la liberté qu'ont pris les fabricants dans l'implémentation des différentes normes le composant. Ce qui fait qu'un protocole qui se devait d'être interopérable ne l'est plus vraiment. Au point qu'il est relativement difficile de faire fonctionner deux solutions propriétaires différentes entre elles.

- **Protocole complexe**

H.323 est un protocole complexe, créé initialement pour les conférences multimédia et qui incorpore des mécanismes superflus dans un contexte purement téléphonique. Ceci a notamment des incidences au niveau des terminaux H.323 (téléphones IP, par exemple) qui nécessitent de ce fait une capacité mémoire et de traitement non sans incidence au niveau de leur coût et du délai d'établissement de l'appel.

4.4. Etude comparative entre SIP et H323

Le tableau ci-dessous montre une étude comparative entre le protocole SIP et H.323 :

	SIP	H.323
Nombre d'échanges pour établir une connexion	1 à 5 aller-retour	6 à 7 aller-retour
Maintenance protocolaire	Simple par sa nature textuelle à l'exemple de HTTP	Complexe et nécessitant un compilateur
Evolution du protocole	Protocole ouvert à de nouvelles fonctions	Ajout d'extension Propriétaire sans concertation entre vendeurs
Fonction de conférence	distribuée	Centralisée par l'unité MC
Fonction de téléservices	Oui, par défaut	H.323 v2+H.450
Détection d'un appel en boucle	Oui	Inexistante sur la version 1 Un appel routé sur l'appelant provoque une infinité de requêtes
Signalisation multicast	Oui, par défaut	Non

Tableau 2 : Récapitulation comparative entre SIP et H.323

4.5. Le Protocol IAX [2]

Le protocole d'Echange Inter-Asterisk (Inter-Asterisk eXchange, IAX) version 2 (IAX2) propose une alternative aux protocoles de signalisation tels que SIP. IAX2 a été créé dans le cadre du projet de PBX Open source Asterisk. Contrairement à SIP qui utilise 2 paires de flux (l'une pour la signalisation, l'autre pour la voix), IAX utilise une seule paire de flux pour communiquer entre les extrémités de la ligne (téléphone ou central téléphonique). La signalisation comme les données (la conversation vocale) sont transmises sur le même canal, par opposition à SIP qui utilise un second canal (« out-of-band ») pour les flux de données (RTP) transportant la voix.

De plus, IAX2 permet à plusieurs appels d'être rassemblés dans un seul ensemble de paquets IP, puisqu'un seul paquet peut transporter des informations concernant plusieurs appels en cours.

Ce mécanisme se nomme « trunking ». Avec IAX2, le « trunking » permet des économies de bande passante. Le concept de « trunking » nous l'expliquons comme ceci : imaginez que vous ayez à envoyer cinq lettres à des destinataires vivant dans un autre pays. Vous pouvez utiliser une enveloppe par lettre, ou inclure les cinq lettres dans une seule enveloppe et inclure le nom du destinataire final en première ligne de chacune des lettres. Le « trunking » opère de façon similaire et permet d'envoyer plusieurs lettres (appels) dans une seule enveloppe (paquet IP).

4.5.1. Caractéristiques

- Minimise la bande passante par appel
- Réduit la consommation de bande passante pour un ensemble d'appels (par l'utilisation du « trunking »)
- En bref, la simplicité, la rapidité et la légèreté d'utilisation, tout en étant très complet, du protocole SIP sont autant d'arguments qui pourraient nous permettre d'opter pour son choix. De plus, ses avancées en matière de sécurité des messages sont un atout important par rapport à ses concurrents.

5. Les protocoles de transport de la voix [2]

5.1. Définition

Les protocoles de transport de la voix transportent l'information sur un réseau IP. Ce type de protocoles est spécifique à la voix sur IP et aux applications nécessitant le transit de l'information en temps réel comme par exemple, la vidéo conférence.

Notre étude sera basée sur le protocole UDP, RTP et RTCP :

5.2. UDP

Le protocole UDP ne comporte que des fonctionnalités de transport pur, sans aucun mécanisme de contrôle. L'adressage des données avec les ports de communication utilisés est sa seule fonction fondamentale. C'est un atout par rapport aux éléments contraignants mentionnés pour le protocole TCP. UDP est ainsi notablement plus rapide que ne l'est TCP.

5.3. RTP (Real time Transport Protocol)

Le protocole RTP, comme son nom l'indique, est utilisé pour transmettre des données en temps réel sur un réseau IP, il utilise un port UDP. Son objectif n'étant pas de garantir l'arrivée de tous les paquets envoyés à la destination, mais de limiter au minimum le délai entre la réception des paquets. La conception et les qualités de ce protocole en ont fait la base de toute l'industrie de la ToIP.

5.4. RTCP (Real-time Transport Control Protocol)

Le protocole RTCP est fondé sur la transmission périodique de paquets de contrôle de flux à tous les participants d'une session. C'est le protocole UDP (par exemple) qui permet le multiplexage des paquets de données RTP et des paquets de contrôle RTCP. Le protocole RTP utilise le protocole RTCP, car le RTP ne transporte que les données des utilisateurs, tandis que le RTCP ne transporte en temps réel que de la supervision.

6. Les attributs et QoS dans laToIP [14]

6.1. Définition de la QoS

La qualité de service (QoS) est le terme utilisé pour représenter l'ensemble des contraintes imposées par un usager (être humain ou composant logiciel) sur la performance d'une application lors de son exécution. Pour pouvoir fournir les services demandés (aspects fonctionnels) de manière satisfaisante, une application répartie a besoin de gérer des aspects complémentaire (non fonctionnels) comme le type de communication, la gestion d'état partagé, la sécurité í etc.

6.2. Echo

C'est le délai entre l'émission du signal et la réception de ce même signal en réverbération. Cette réverbération est causée par les composants électroniques des parties analogiques. Un écho < 50 ms n'est pas perceptible. Au-delà, l'interlocuteur s'entend parler en retard.

6.3. Latence

La latence ou le délai de transmission constitue le temps écoulé entre l'envoi d'un paquet et sa réception par le destinataire. En téléphonie, la maîtrise de transmission est un élément essentiel pour bénéficier d'un véritable mode conversationnel et minimiser la perception d'écho.

6.4. Perte de paquets

Lorsque les buffers (mémoires) des différents éléments du réseau IP sont congestionnés, ils libèrent automatiquement de la bande passante en se débarrassant d'une certaine proportion des paquets entrants, en fonction de seuils prédéfinis.

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 paquets IP se traduit par des ruptures de la conversation et une impression de coupure de la parole.

6.5. Gigue

La gigue est la variance statistique du délai de transmission. En d'autres termes, elle mesure la variation temporelle entre le moment où deux paquets auraient dû arriver et le

moment de leur arrivée effective, pour compenser la gigue on utilise généralement des mémoires tampons.

6.6. Qualité du codage

Généralement, plus le taux de compression est élevé par rapport à la référence de 64 Kb/s, moins la qualité de la voix est bonne. Toutefois, les algorithmes de compression récents permettent d'obtenir des taux de compression élevés, tout en maintenant une qualité de la voix acceptable.

7. Les avantages et les inconvénients de la VoIP [15]

➤ Les avantages

- **Flexibilité**

Les solutions de téléphonie sur IP sont conçues pour assumer une stratégie de migration à faible risque à partir de l'infrastructure existante. La transition de la solution actuelle vers la téléphonie sur IP peut donc s'effectuer en douceur. De plus, la communication par internet offre la gratuité des communications intersites ainsi qu'une facilité d'intégration des sièges distantes. Egalement, les standards ouverts (interopérabilité) permettent de changer de prestataire et d'interconnecter du matériel de fournisseurs différents.

- **Réduction des coûts**

La téléphonie sur IP exploite un réseau de données IP pour offrir des communications vocales sur un réseau unique de voix et données. La diminution des coûts est donc perçue non seulement sur les frais de communication, mais également sur les dépenses opérationnelles (un seul réseau à gérer). De plus, la téléphonie IP permet d'utiliser et d'intégrer les postes analogiques déjà en place, ainsi que de réduire les coûts liés aux frais interurbains.

- **Simplification de la gestion des réseaux : voix, donnée et vidéo**

En positionnant la voix comme une application supplémentaire du réseau IP, l'entreprise ne va pas uniquement substituer un transport opérateur RTC à un transport IP, mais va également simplifier la gestion des trois réseaux (voix, données et vidéo) par ce seul

transport. La téléphonie IP permet ainsi de contrôler les réseaux de communication de données et de voix à partir d'une interface unique sur internet.

- **Amélioration de la productivité et du service à la clientèle**

Les bénéfices récurrents seront apportés par les gains de productivité liés à l'utilisation de nouveaux services et de nouvelles applications pour lesquels le déploiement est accéléré. En effet, l'utilisation d'une infrastructure IP commune et des interfaces standards ouvertes permet de développer et de déployer très rapidement des applications innovantes.

- **Accessibilité**

Les utilisateurs accèdent à tous les services du réseau partout où ils peuvent s'y connecter notamment par la substitution de poste, ce qui permet de maximiser les ressources et mieux le gérer afin de réaliser des économies substantielles sur l'administration et l'infrastructure.

➤ **Les inconvénients**

- **Fiabilité et qualité sonore**

Un des problèmes les plus importants de la ToIP est la qualité de la retransmission qui n'est pas encore optimale. En effet, des désagréments tels que la qualité de la reproduction de la voix du correspondant ainsi que le délai entre le moment où l'un des interlocuteurs parle et le moment où l'autre entend peuvent être extrêmement problématiques dans le milieu professionnel. De plus, il se peut que des morceaux de la conversation manquent (des paquets perdus pendant le transfert) sans être en mesure de savoir si les paquets ont été perdus et à quel moment.

- **Aucun service pendant une coupure électrique**

Pendant une panne d'électricité un téléphone normal est maintenu dans le service par le courant fourni par la ligne téléphonique. Ce n'est pas possible avec des téléphones IP, ainsi quand la puissance sort, il n'y a aucun service téléphonique de VOIP. Afin d'employer VoIP pendant une coupure électrique, une alimentation d'énergie non interrompible ou un générateur doit être installée sur les lieux.

- **Sécurité**

Un autre inconvénient majeur de la VoIP est les questions de sécurité. Puisque VoIP utilise Internet pour envoyer et recevoir des messages, les appels téléphoniques peuvent être facilement hackés. Les pirates peuvent compromettre l'adresse IP et l'utiliser pour écouter des conversations ou de faire des appels téléphoniques sur un compte de VoIP. VoIP est également sensible aux attaques de virus et le spam.

8. La sécurité de la téléphonie sur IP [2]

8.1. Définition

La sécurité informatique consiste à garantir aux données et aux services les trois propriétés suivantes : confidentialité, intégrité et disponibilité. Sur chaque système, une politique de sécurité définit les propriétés attendues et les moyens à utiliser pour les mettre en œuvre.

Un réseau VoIP est une cible potentielle de diverses menaces. Des attaques de déni de services peuvent empêcher les utilisateurs à communiquer et entraîner des pertes économiques considérables. Il y a deux types de sécurité : sécurité physique (matériel) et sécurité logique (logiciel).

8.2. La sécurité physique

C'est une partie essentielle de tout environnement sécurisé. Elle doit permettre la limitation des accès aux équipements (ainsi qu'à toutes les informations qu'ils contiennent) évitant ainsi les intrusions inopportunes, le vandalisme, les catastrophes naturelles, et les dommages accidentels (pic d'intensité électrique, température trop élevée, etc.)

8.3. La sécurité logicielle : elle est définie par 4 fonctions :

- **Confidentialité** : les informations échangées deviennent illisibles, cette confidentialité est assurée par le chiffrement
- **Authentification** : identification de l'origine de l'information.
- **Non-répudiation** : l'émetteur des données ne pourra pas nier être à l'origine du message.

- **Intégrité** : fonction permettant d'assurer que l'information n'a pas subi de modification.

8.4. Classification des principaux risques

➤ **Le déni de service DoS**

Attaque entraînant l'indisponibilité d'un service/système pour les utilisateurs légitimes.

Exemple : Interruption de la communication en cours;
Empêcher l'établissement de la communication;
Rendre la communication inaudible;
Epuisement de ressources.

➤ **Ecoute clandestine**

Attaque permettant d'écouter l'ensemble du trafic de signalisation et/ou de données. Le trafic écouté n'est pas modifié.

Exemple : conversation
Obtention d'informations sur les propriétés de la communication
Obtention d'informations sur le contenu de la communication.

➤ **Détournement du trafic**

Attaque permettant de détourner au profit de l'attaquant. Le détournement peut consister à rédiger un appel vers une personne illégitime ou à inclure une personne illégitime dans la conversation.

Exemple : Détournement d'appel;
Détournement de signalisation.

➤ **Usurpation d'identité**

Attaque basée sur la manipulation d'identité (usurpation, ...etc.).

Exemple : Usurpation d'identité;
Dissimulation d'identité.

➤ **Vols de services**

Attaque permettant d'utiliser un service sans avoir à rémunérer son fournisseur.

Exemple : Tromper la taxation.

➤ **Communications indésirées**

Attaque permettant à une personne illégitime d'entrer en communication avec un utilisateur légitime.

Exemple : Appel spam;
Inscription dans la liste blanche.

9.5. Outils de sécurité

- **Chiffrement** : il y a deux types de chiffrement possible :

- a) **Chiffrement à clé secrète (symétrique)**

L'émetteur utilise une clé pour chiffrer le message et le destinataire utilise la même clé (le même algorithme mais en sens inverse) pour déchiffrer le message.

- b) **Chiffrement à clé publique (asymétrique)**

Un message chiffré avec une clé publique donnée ne peut pas être déchiffré qu'avec la clé privée correspondante. Par exemple si A souhaite envoyer un message chiffré à B, il le chiffrera en utilisant la clé publique de B, la seule personne qui déchiffre le message est le détenteur de la clé privée de B.

- **Le VPN (Virtual Private Network)**

C'est une liaison sécurisée entre deux extrémités, via un réseau public, il peut être obtenu en établissant un plan de routage dédié à un client assurant l'étanchéité du trafic de l'entreprise vis-à-vis des autres trafics de l'opérateur public.

- **Le pare-feu (firewalls)**

Les pare-feu ont pour fonction d'isoler un réseau d'entreprise de telle sorte que le trafic échangé entre ce réseau et l'extérieur soit contrôlé et que d'éventuelles attaques soient ainsi empêchées.

Conclusion

Nous avons donné dans ce chapitre une définition des termes « voix sur IP » et «téléphonie sur IP » en suite, nous avons fait une étude détaillée des protocoles de signalisation et des protocoles de transport associés à la VoIP et en fin, nous avons exposé quelques avantages et inconvénients de la VoIP.

Nous concluons que La téléphonie IP est une bonne solution en matière d'intégration, de fiabilité et de coût.

CHAPITRE III

*ETUDE ET MISE EN
ŒUVRE DE LA SOLUTION*

Partie I : Etude

Introduction

Nous parlerons essentiellement dans cette partie de l'étude et des installations effectuées, des différentes configurations et services activés dans le serveur Asterisk et enfin des résultats.

1. Notre projet

Notre travail consiste à mettre en place un système de communication basé sur la téléphonie sur IP avec Asterisk, il s'agit donc dans un premier temps de concevoir et de réaliser un serveur téléphonique permettant aux personnels de l'organisme des communications vocales sur un réseau unique voix et données sans avoir recours aux lignes RTC; avant de procéder dans un deuxième temps à l'intégration d'un répondeur téléphonique interactif qui nous permettra de profiter des fonctionnalités d'Asterisk (boîte vocale, enregistrement d'appel, mise en attente et la messagerie vocale).

2. Objectif du projet

L'objectif principal de notre projet est l'utilisation optimale des services offerts par le réseau informatique, en utilisant l'Internet pour bénéficier de la téléphonie qui est essentielle pour faciliter les procédures administratives au sein de l'université et aussi pour :

- ⊕ Garantir de la téléphonie dans tous les bureaux administratifs.
- ⊕ Diminuer les coûts de communication pour le staff de l'Université de Bejaia.
- Assurer plus de contact entre les équipes administratives et techniques qui garantira une bonne qualité de travail vu la bonne communication.
- ⊕ Assurer la disponibilité de l'information.

3. Architecture actuelle

Dans le schéma suivant on illustre l'état actuel pour la communication entre le personnel administratif de notre université.

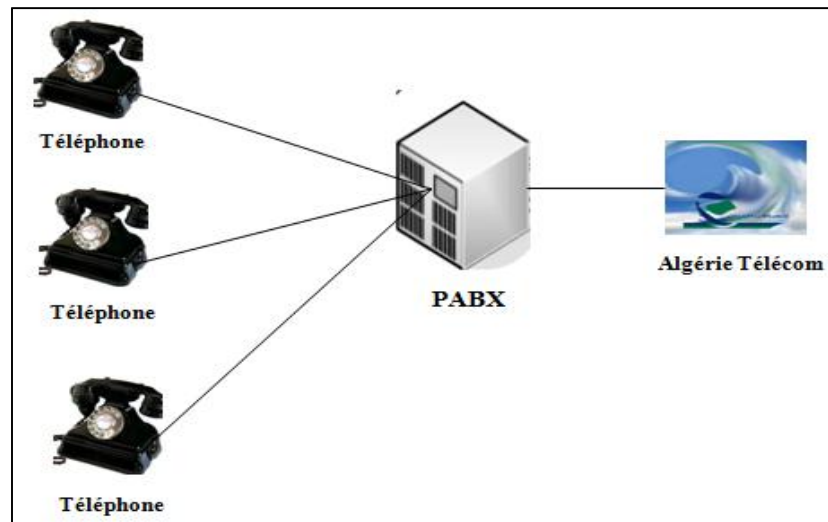


Figure 15 : architecture actuelle.

La communication se fait à travers les lignes téléphoniques de l'Université.

4. Architecture de la solution

Ce que nous proposons comme solution est le service téléphonie sur IP (ToIP) en réalisant la connexion au serveur Asterisk à fin d'assurer la communication téléphonique entre les différents organismes de l'université sans avoir recours aux lignes RTC.

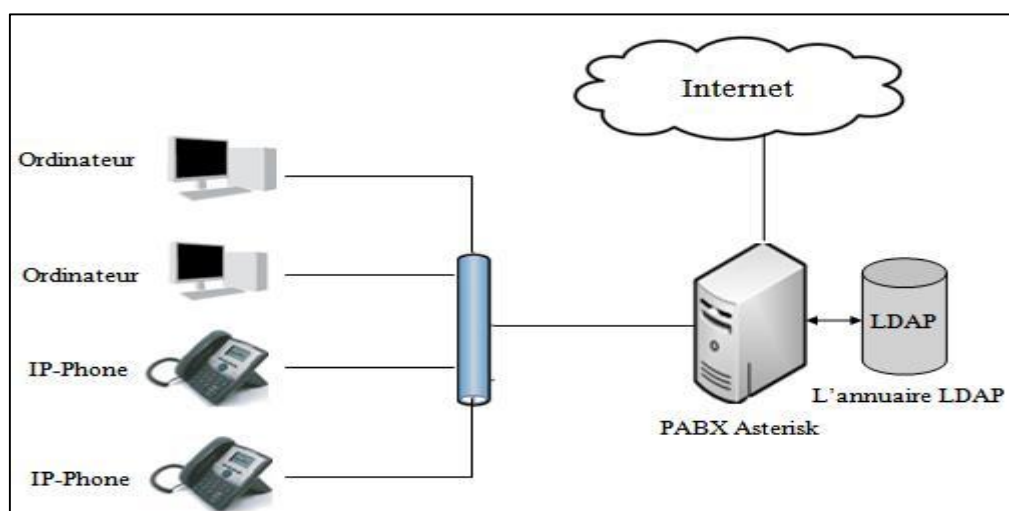


Figure 16 : L'architecture de la solution.

5. Choix de Asterisk

En choisissant l'installation du logiciel Asterisk, l'université peut gérer les appels téléphoniques de plusieurs postes simultanément. C'est un équipement complet de téléphonie qui délivre les appels internes et externes, les postes sont alors reliés via le réseau informatique et non pas, comme anciennement via l'infrastructure téléphonique. Cela permet une installation d'un réseau informatique simple et une bonne gestion des appels entrants et sortants.

En effet le développement des serveurs vocaux en environnement Open Source offre à ces derniers une plus grande ampleur dans le sens où avec Open Source on accède au code, ce qui fait que les applications vocales pourront rapidement et facilement être améliorées. De plus, les produits Open Source ont toujours donné une entière satisfaction aux développeurs par leur simplicité et aux clients par leur efficacité. Asterisk regroupe également en son sein les différents éléments nécessaires pour la conception et la mise en œuvre. Donc avec Asterisk, on n'a pas besoin de ressource additionnelle.

6. Présentation de Asterisk [2]

Asterisk est un PBX-IP. Complet et performant, il offre une plate-forme personnalisable et modulable pour la mise en œuvre de services de téléphonie. Il garantit une très large interconnexion avec plusieurs serveurs PBX, mais aussi avec des réseaux de téléphonie non-IP.

C'est un logiciel libre d'utilisation, développé en 2001 par Mark Spencer, de la société américaine Digium, il continue d'être fortement soutenu par cette dernière. Bien qu'initialement conçu pour fonctionner sous Linux, il est aujourd'hui multiplate-forme et s'installe aussi bien sur OpenBSD que FreeBSD, Sun Solaris, MacOS X ou Windows.

6.1. Fonctionnalités

Asterisk propose toutes les fonctionnalités d'un standard téléphonique de niveau professionnel, des plus élémentaires aux plus complexes. Non seulement, il permet de gérer le routage des appels au sein du réseau, mais en plus il supporte une large gamme de services, notamment les suivants :

- ☞ Authentification des utilisateurs appelants.

- Serveur vocal, ou standard d'accueil téléphonique automatisé, aussi appelé IVR (Interactive Voice Response). Cette fonction permet de demander à l'appelant le service qu'il souhaite utiliser et d'effectuer le routage correspondant.
- Numérotation abrégée pour définir des raccourcis.
- Transfert d'appel.
- Filtrage des appels.
- Messagerie vocale (répondeur automatique).
- Notification et écoute par e-mail des messages laissés sur son répondeur (voicemail).
- Gestion des conférences.
- Double appel.
- Mise en attente.
- Journalisation des appels.
- Facturation détaillée.
- Enregistrement des appels.

6.2. Objectifs et Usage

La première vocation d'Asterisk est de remplacer les PBX d'entreprise, très coûteux, et dont les configurations diffèrent d'un équipement à l'autre et aussi :

- Proposer un logiciel capable de rivaliser avec ces équipements professionnels, à commencer par le support des fonctionnalités de localisation et de mise en relation des utilisateurs,
- Réduire les coûts en appelant de l'extérieur au tarif domestique : En utilisant Asterisk comme relais la téléphonie deviendra gratuite et illimitée vers l'étranger,
- Assurer le nomadisme des utilisateurs,
- Améliorer les services téléphoniques.

6.3. Avantages et inconvénients

6.3.1. Avantages

- Asterisk est très flexible et on peut construire des réseaux de taille variable qui vont du PBX connectant un seul téléphone analogique ou IP aux grands systèmes connectant plusieurs téléphones analogiques et IP.

⊖ Asterisk fusionne de façon transparente le trafic de la voix et des données sur des réseaux disparates au moyen du protocole voix sur IP IAX (Inter-Asterisk Xchange). Il est possible, au moyen de paquets de données vocales, de transmettre des données, telles que les adresses URL et des images, alignées au trafic de la voix. C'est ce qui permet l'intégration évoluée des données.

○ Asterisk permet la réduction des coûts car étant un logiciel Open Source et ne nécessitant pas de dispositif très important pour sa mise en œuvre.

⊖ Évolutif, car les programmeurs Open Source participent au codage. Ainsi Asterisk grossit rapidement avec de nouvelles fonctionnalités supplémentaires qui sont fréquemment ajoutées.

6.3.2. Inconvénients

⊖ La liaison doit être de bonne qualité car aussi bien la voix que les données passent par le même réseau. Ainsi ce réseau se doit d'être de bonne qualité, sans quoi plusieurs appels entre terminaux ou entre les terminaux et le serveur peuvent être rejetés ou peuvent ne pas aboutir.

○ Dépendant du réseau électrique, car le serveur et certains des terminaux sont liés non pas au réseau téléphonique commuté (RTC), mais au réseau informatique. Donc, dès qu'il y a coupure d'électricité, le serveur devient indisponible, ce qui constitue d'ailleurs l'un des principaux inconvénients de cette solution.

7. Présentation de l'annuaire LDAP

Un annuaire est destiné à faciliter la localisation d'une personne ou d'une entreprise à partir de différents critères de recherche comme le nom, le code postal, voire la fonction pour les personnes ou le type de service rendu pour les entreprises. Il doit donc offrir des critères de recherche puissants et simple à utiliser.

Les annuaires électroniques et en ligne ont la même vocation que les annuaires papier à la différence que les annuaires électroniques sont accessibles à travers le réseau comme les annuaires Internet et les Intranets. Ils apportent en plus les avantages suivants : ils sont dynamiques, flexibles, sécurisés et personnalisables.

7.1. Définition

Un annuaire est un référentiel partagé de personnes et de ressources, dont la vocation est de localiser à l'aide de fonctions élaborées de navigation et de recherche, et d'offrir des mécanismes de sécurité pour protéger ces informations et y accéder.

7.2. LDAP

LDAP signifie Lightweight Directory Access Protocol. C'est un standard destiné à normaliser l'interface d'accès aux annuaires. L'objectif de LDAP est de favoriser le partage et de simplifier la gestion des informations concernant des personnes et plus généralement de toutes les ressources de l'entreprise, ainsi que des droits d'accès de ces personnes sur ces ressources.

7.3. Annuaire LDAP [16]

C'est un annuaire électronique qui est une base de données spécialisée, dont la fonction première est de retourner un ou plusieurs attributs d'un objet grâce à des fonctions de recherche multicritères.

7.4. La différence entre LDAP et une base de données [17]

- LDAP contient des classes d'objets définissent des personnes, des applications et des groupes, qui sont toutes normalisés par l'IETF. On retrouve ces classes dans tous les outils conformes au standard LDAP.
- L'organisation des données n'est pas relationnelle, mais hiérarchique, ce qui permet de la rendre plus proche de la hiérarchie en vigueur dans l'entreprise. Ceci facilite l'administration des données : par exemple pour supprimer un groupe d'utilisateurs, il suffit de supprimer une branche de l'arborescence, et pour attribuer des droits à un groupe d'utilisateurs, il suffit de le faire sur une branche.
- Il est possible de gérer les habilitations d'accès aux données dans l'annuaire même. Tout objet de l'annuaire peut être utilisé pour s'identifier à l'annuaire. Les mécanismes d'authentifications sont normalisés et peuvent être étendus si nécessaire. Dans tous les cas, l'authentification est gérée par l'annuaire même et non par les applications qui l'utilisent. Le

niveau de sécurité est donc plus élevé et homogène entre les différentes applications qui l'utilisent.

7.5. Structure de l'annuaire LDAP : Les annuaires LDAP suivent le modèle X.500 :

- ✓ Un annuaire est un arbre d'entrées,
- ✓ Une entrée est constituée d'un ensemble d'attributs,
- ✓ Un attribut possède un nom, un type et une ou plusieurs valeurs,
- ✓ Les attributs sont définis dans des schémas,
- ✓ Le fait que les attributs puissent être multi-valués est une différence majeure entre les annuaires LDAP et les SGBDR. De plus, si un attribut n'a pas de valeur, il est purement et simplement absent de l'entrée.
- ✓ Chaque entrée a un identifiant unique, le *Distinguished Name* (DN). Il est constitué à partir de son *Relative Distinguished Name* (RDN) suivi du DN de son parent. C'est une définition récursive. On peut faire l'analogie avec une autre structure arborescente, les systèmes de fichiers ; le DN étant le chemin absolu et le RDN le chemin relatif à un répertoire. En règle générale le RDN d'une entrée représentant une personne est l'attribut uid :

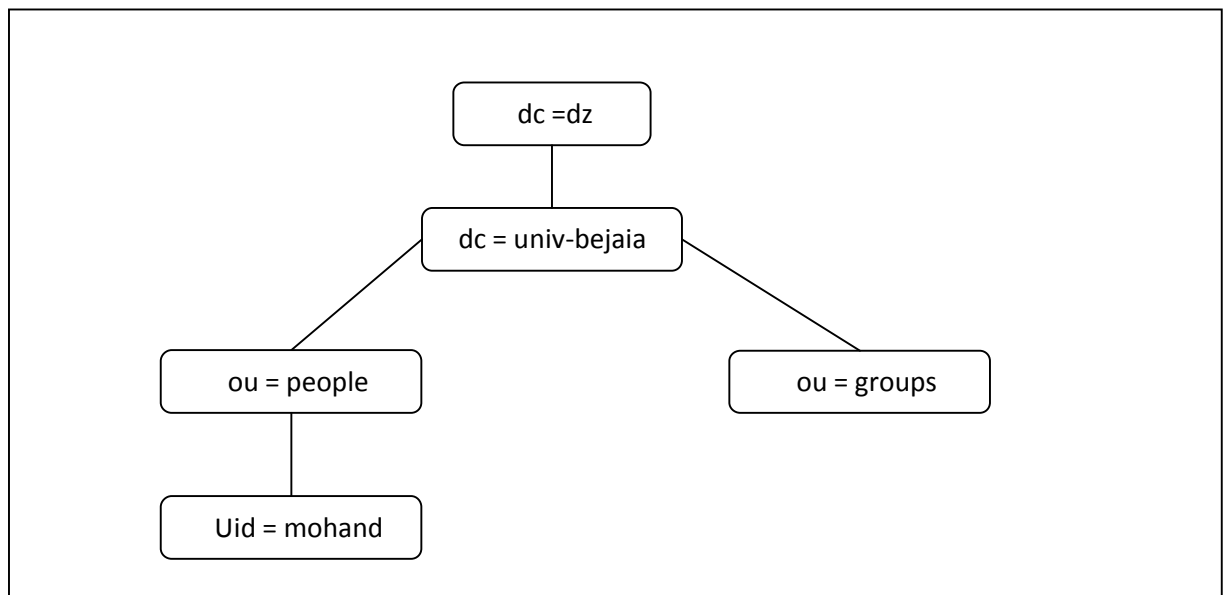


Figure 17 : La structure de l'annuaire LDAP.

7.6. OpenLDAP

OpenLDAP est un projet libre de serveur d'annuaire conforme à la norme LDAP 3. Ce serveur, dérivé de l'implémentation mise au point par l'université du Michigan, est développé selon les termes de la licence GNU GPL, ce qui signifie qu'il est entièrement gratuit et que les sources de ce logiciel sont disponibles. OpenLDAP est composé des éléments suivants :

- Le serveur LDAP : slapd
- La passerelle LDAP vers X500 : ldapd
- Le serveur de réplication : slurpd
- Des outils d'administration

Partie II : Mise en œuvre

1. Environnement technique

La réalisation d'un serveur téléphonique nécessite un certain nombre d'outils. Dans cette partie nous allons définir le rôle de tous les équipements qui entre dans sa mise en œuvre :

- ❖ Système d'exploitation: Debian squeeze 1.6 i386
- ❖ Asterisk
- ❖ Open LDAP

1. Installation et configuration d'Asterisk

1.1. Installation

Un serveur Asterisk peut s'installer sur différents OS (Windows, Linux ou Mac). Nous avons à disposition une machine disposant d'une version particulière de Linux qui est Debian squeeze. L'installation du serveur Asterisk est faite comme suit :

1. Téléchargement du serveur Asterisk dans le répertoire / **src** avec la commande :

```
wget http://downloads.asterisk.org/pub/telephony/asterisk/asterisk-1.8.3.tar.gz
```

2. décompression des paquets téléchargés :

```
tar zxvf asterisk-1.8.3.tar.gz
```

3. Installation des ressources en utilisant la commande `make install`

➤ Installation de Libpri

Libpri contient toutes les bibliothèques dont Asterisk aura besoin pour son bon fonctionnement.

```
cd ../libpri-1.4-current  
make  
make install
```

➤ Installation des Addons

Asterisk-addons contient tous les modules de connexion à des bases de données (mysql, postgresql, oracle, etc.).

```
cd../asterisk-addons-1.4-current
./configure
make menuselect (optionnel)
make
make install
```

➤ Installation d'Asterisk

Ce package représente le noyau du PABX Asterisk

```
cd../asterisk-1.4-current
./configure

make menuselect
make
make install
```

Lancement du serveur Asterisk avec la commande :

```
/etc/asterisk/# asterisk -vvvc
```

4. Quelques commandes utiles :

- Reload : permet de recharger Asterisk pour prendre en compte les modifications apportées aux fichiers de configuration.
- Sip show users: permet d'afficher les utilisateurs SIP.
- Show dialplan: permet de voir les différentes extensions.
- Show history: affiche l'historique des dialogues.
- Stop: permet d'arrêter Asterisk.
- Exit: permet de quitter Asterisk.

1.2. Configuration d'Asterisk

L'ensemble des fichiers de configuration se trouvent dans le répertoire /etc/asterisk.

Ceux qui nous intéressent dans notre projet sont :

1. Sip.conf
2. Extensions.conf
3. Voicemail.conf

1.2 .1. Configuration des clients SIP

La configuration des clients SIP se fait dans le fichier `sip.conf`.

Syntaxe générale

`[utilisateur]` Début du bloc de création de compte Sip.

`Type` = Type de client (`peer`, `user` ou `friend`) .

`Username` = Nom de l'utilisateur.

`secret` = *** (Mot de passe de l'utilisateur).

`host` = Méthode pour trouver le client (dynamique, nom d'hôte ou adresse IP).

`callerid` = Identité de l'utilisateur.

`mailbox` = Numéro de la boîte vocale.

`language` = Langue par défaut pour l'utilisateur.

`context` = contexte dans lequel le compte est associé.

Description des paramètres:

Pour chacun des paramètres précédents, plusieurs valeurs sont disponibles selon la configuration désirée.

Type:

-`peer`: Client SIP auquel Asterisk pourra envoyer des appels

-`user`: Client SIP qui pourra passer des appels via Asterisk

-`friend`: Client qui sera à la fois en mode `-peer` et `-user`

Host:

- `dynamic`: Le client s'enregistre auprès du serveur

- `nom d'hôte`: Nom d'hôte du client

- `adresse IP`: Adresse IP du client

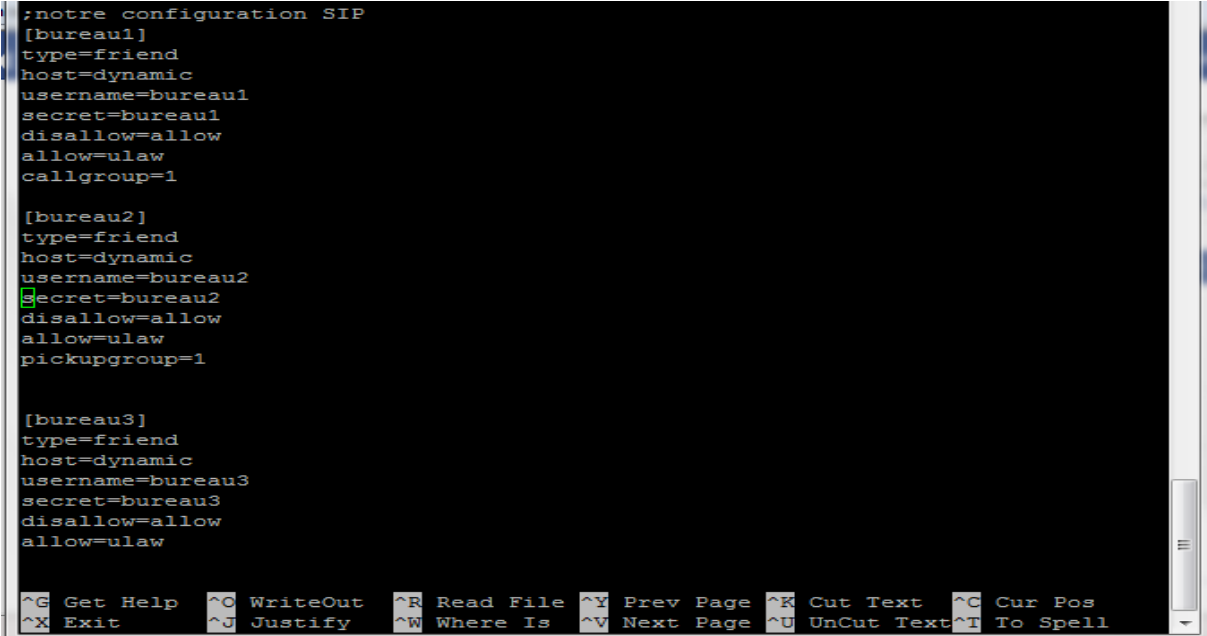
Langage:

- `us`: Langue par défaut

- `fr`: Langue française

Création des utilisateurs: la figure ci-dessous montre les clients créés dans le fichier

sip.conf :



```
;notre configuration SIP
[bureau1]
type=friend
host=dynamic
username=bureau1
secret=bureau1
disallow=allow
allow=ulaw
callgroup=1

[bureau2]
type=friend
host=dynamic
username=bureau2
secret=bureau2
disallow=allow
allow=ulaw
pickupgroup=1

[bureau3]
type=friend
host=dynamic
username=bureau3
secret=bureau3
disallow=allow
allow=ulaw
```

Figure 18 : fichier sip.conf.

1.2.2. Plan de Numérotation (Dial Plan)

Pour attribuer un numéro à un client on édite le fichier `extensions.conf` :

- **Syntaxe**

[Nom_contexte]

exten => numéro, priorité, commande, (paramètres)

- **Création des contextes**

exten => 555,1,Dial(SIP/bureau1)

exten => 556,1,Dial(SIP/bureau2)

exten => 556,1,Dial(SIP/bureau3)

- **Description**

- exten: permet de définir une nouvelle extension:

- 555, 556 et 557: numéros d'appel (ou d'extension) respectifs des trois utilisateurs bureau1, bureau2 et bureau3.

La figure suivante montre les configurations effectuées dans le fichier `extensions.conf` :

```
[default]
;notre configuration dans extensions.conf
exten => 555,1,Dial(SIP/bureau1,20,,tI,,wW)
exten => 555,2,voicemail(b555)
exten => 555,3,Hungup

exten => 556,1,Dial(SIP/bureau2,20,,tI,,wW)
exten => 556,2,voicemail(b556)
exten => 556,3,Hungup

exten => 557,1,Dial(SIP/bureau3,20,,tI,,wW)
exten => 557,2,voicemail(b557)
exten => 557,3,Hungup
Include=>parkedcalls
```

Figure 19 : fichier `extensions.conf`

On vérifie l'inscription des comptes sip avec la commande `sip show peers` comme le montre la figure suivante :

```
voip*CLI> sip show peers
Name/username      Host              Dyn Nat ACL Port      Status
bureau1/bureau1    (Unspecified)    D  N   5060     Unmonitored
bureau2/bureau2    (Unspecified)    D  N   5060     Unmonitored
bureau3/bureau3    (Unspecified)    D  N   5060     Unmonitored
3 sip peers [Monitored: 0 online, 0 offline Unmonitored: 3 online, 0 offline]
voip*CLI>
```

Figure 20 : vérification de l'inscription des comptes sip.

1.2.3. Configuration de la messagerie vocale

Pour créer une boîte vocale associée à un numéro de téléphone, il faut d'abord la déclarer dans la partie « `[default]` » du fichier `voicemail.conf` comme suit :

```
555 => 1234, dcheroufa@yahoo.fr ,, |attach=yes|review=yes
```

555 est premier est le numéro de la boîte, 1234 est le mot de passe puis dcheroufa@yahoo.fr l'adresse mail de l'utilisateur. Le fichier son sera envoyé en pièce jointe du mail grâce à l'option `attach=yes`, `review=yes` permet à celui qui laisse un message de relire et de réenregistrer son message.

Pour activer les boîtes vocales pour les comptes sip, on rajoute dans le contexte [default] du fichier `extensions.conf` les lignes suivantes :

```
exten => 555, 1, Dial (SIP/bureau1,20,tm)
exten => 555, 2, voicemail(b555)
exten => 555, 3, Hungup
```

La commande `Dial()` accepte un argument `timeout` qui correspond à la durée de la tentative d'appel avant de passer à la commande suivante. Après ce délai, l'instruction suivante (étiquette 2) est exécutée. Elle renvoie sur la messagerie. Finalement, la dernière instruction (étiquette 3) est lancée. Elle provoque le raccrochage de la ligne.

1.2.4. Transfert d'appel

Le transfert d'appel se fait en rajoutant dans `extensions.conf` les paramètres suivants :

```
exten => 555,1,Dial (SIP/bureau1,,tT)
exten => 556,1,Dial (SIP/bureau2,,tT)
exten => 557,1,Dial (SIP/bureau3,,tT)
```

Les options `t` et `T` permettent respectivement l'appelé et l'appelant à transférer les appels. Pour transférer un appel, il suffit d'appuyer sur `#` pendant l'appel. Vous entendrez alors une voix disant « Tranfer » et vous pourrez entrer le numéro vers lequel l'appel sera transféré.

1.2.5. Mise en attente

Le transfert d'appel se fait en rajoutant dans `extensions.conf` les paramètres suivants :

Dans la catégorie [default] on ajoute :

```
Include=>parkedcalls
```

Maintenant le standardiste pourra mettre en attente un appel en tapant `#700`. L'appel sera donc placé dans un parc d'attente. Si on laisse la configuration telle quelle, une fois l'abonné en attente il n'entendra rien et s'impatientera ou raccrochera car il pensera que la ligne a été coupée. Il faut alors faire tourner une petite musique en fond. Pour cela il faut installer le paquet « Asterisk-mp3 » et le lecteur de musique `madplay` de la sorte :

```
apt-get install asterisk-mp3
apt-get install madplay
```

Une fois installés, il faut configurer Asterisk afin qu'il diffuse la musique.

Dans la catégorie [default] du fichier `musiconhold.conf` on ajoute les lignes suivantes :

```
[default]
mode=custom ; spécifie qu'on utilisera un lecteur de musique externe à Asterisk
directory = /usr/share/asterisk/moh ; répertoire où les musiques seront.
application=/usr/bin/madplay -a -12 -mono -R 8000 -output=raw
:- ; lecteur externe de musique utilisé.
```

1.2.6. Enregistrement d'appel

Le serveur Asterisk permet d'enregistrer les appels à la demande de l'utilisateur. Pour cela il faut activer cette fonction et attribuer une touche du téléphone à la fonction d'enregistrement. Pour attribuer une touche il faut paramétrer le fichier `features.conf` comme suit :

```
automon => * ; One Touch Record
```

Ensuite on ajoute la ligne suivante au début de la catégorie [globals] dans `extensions.conf` :

```
[globals]
DYNAMIC_FEATURES=>automon
```

Et il faut modifier les trois commandes `Dial()` comme cela :

```
exten => 555,1,Dial(SIP/bureau1,60,,wW)
exten => 556,1,Dial(SIP/bureau2,60,,wW)
exten => 557,1,Dial(SIP/bureau3,60,,wW)
```

L'option `w` indique que l'enregistrement peut être initié par l'appelé et `W` par l'appelant. il suffit d'appuyer sur `*` pour que l'appel soit enregistré sur le serveur Asterisk dans le répertoire `/var/spool/asterisk/monitor`.

Pour écouter, on peut utiliser la commande `aplay` sur le serveur Asterisk comme ci-dessous :

```
aplay /var/spool/asterisk/monitor/auto*.wav
```

1.2.7. Interception d'appel

L'interception d'appel peut être utilisée au moment où le téléphone sonne.

L'interception d'appel autorise la récupération d'appel destiné à un poste qui sonne depuis un autre poste. Pour cela il faut que l'intercepté et l'intercepteur soient dans le même groupe d'appel.

Dans notre cas nous prendrons Farid qui tente d'appeler bureau1 et bureau2 interceptera l'appel. Pour cela il faut modifier le fichier `sip.conf`

```
[bureau1]
type=friend
host=dynamic
username=bureau1
secret=bureau1
callgroup=1
[bureau2]
type=friend
host=dynamic
username=bureau2
secret=bureau2
pickupgroup=1
[bureau3]
type=friend
host=dynamic
username=bureau3
secret=bureau3
```

`callgroup=1` crée un groupe d'appel numéroté 1 et `pickupgroup=1` permet à l'utilisateur bureau2 de récupérer les appels du groupe 1. On peut donc attribuer à plusieurs utilisateurs un groupe d'appel « 1 » et permettre à plusieurs utilisateurs d'intercepter les appels. Dans le département d'informatique par exemple la secrétaire peut intercepter les appels de tous les enseignants du département. Tous les enseignants appartiendraient au groupe d'appel 1 et la secrétaire serait la seule à avoir l'attribut `pickupgroup= « 1 »`.

Pour intercepter l'appel, il suffit que la secrétaire fasse *8 et elle récupérera l'appel.

2. Installation et configuration de L'annuaire LDAP

2.1. Installation

- L'installation se fait par la commande :

```
apt-get install slapd ldap-utils
```
- Installation de l'interface web de LDAP (phpldapadmin) :

```
apt-get install phpldapadmin
```

Interface web phpldapadmin :

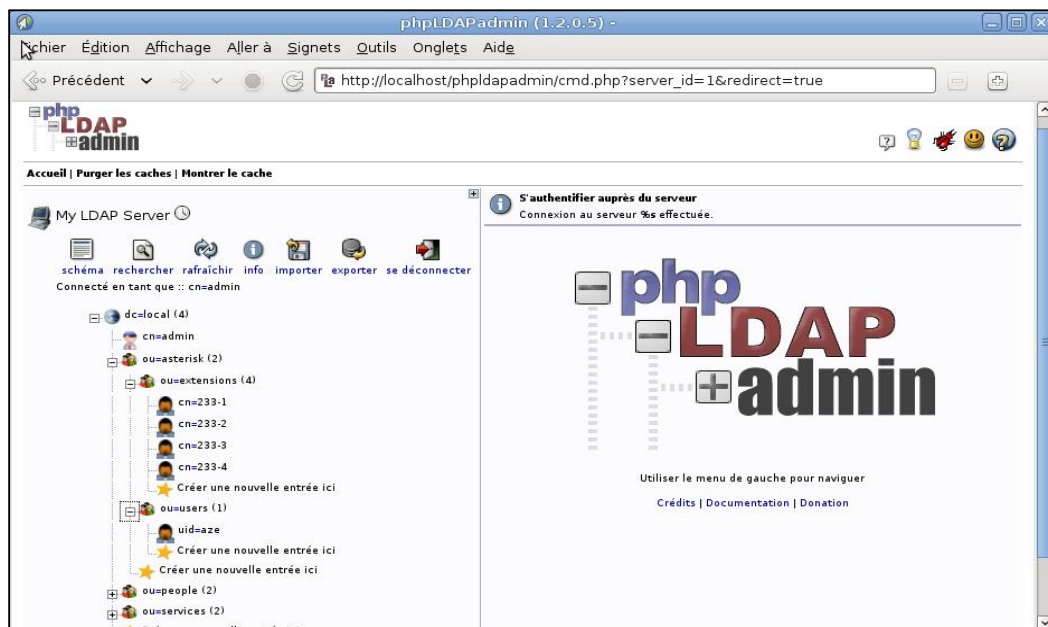


Figure 21 : l'interface web de LDAP.

2.2. Configuration de l'annuaire LDAP

2.2.1. Création du schéma pour Asterisk

Nous allons indiquer à notre LDAP les variables à prendre en compte pour Asterisk. Ceci se passe dans un schéma disponible dans le fichier `asterisk.schema` que nous placeront dans le répertoire `/etc/ldap/schema`.

Ensuite il faut indiquer à LDAP de prendre en compte ce schéma, comme ceci :

- 1) Créer un fichier `schema_convert.conf` qui contiendra le fichier `asterisk.schema` :

```
include /etc/ldap/schema/asterisk.schema
```

- 2) On crée un dossier qui contiendra tous les fichiers qui seront générés par la suite :

```
mkdir /tmp/ldif_output
```

- 3) Convertir le fichier `asterisk.schema` précédents en `.ldif`

```
slapcat -f schema_convert.conf -F /tmp/ldif_output -n0 -s
"cn={5}asterisk,cn=schema,cn=config" >
/tmp/cn=asterisk.ldif
```

- 4) On Supprime les lignes suivantes dans le fichier `schema_convert.conf`

```
structuralObjectClass: olcSchemaConfig
entryUUID: 10dae0ea-0760-102d-80d3-f9366b7f7757
creatorsName: cn=config
createTimestamp: 20080826021140Z
entryCSN: 20080826021140.791425Z#000000#000#000000
modifiersName: cn=config
modifyTimestamp: 20080826021140Z
```

- 5) Ajouter le schema de `asterisk` dans `ldap`

```
sudo ldapadd -Y EXTERNAL -H ldapi:/// -f
/tmp/cn\=asterisk.ldif
```

Pour que cette modification soit prise en compte, on doit relancer le serveur LDAP avec la commande suivante :

```
# /etc/init.d/slaped restart
```

2.2.2. Configuration

Afin de stocker les paramètres des comptes SIP de `Asterisk`, on a créé une OU (Organizational Unit) dédiée à `Asterisk`. On a donc créé une OU `Asterisk` avec deux "sous-OU" `users` et `extensions`. Comme suit :

Tout d'abord on crée un fichier `asterisk.ldif` contenant ceci :


```
#OU asterisk
dn: ou=asterisk,dc=local
objectClass: top
objectClass: organizationalUnit
ou: asterisk

# OU users
dn: ou=users,ou=asterisk,dc=local
objectClass: top
objectClass: organizationalUnit
ou: users

# OU extensions
dn: ou=extensions,ou=asterisk,dc=local
objectClass: top
objectClass: organizationalUnit
ou: extensions
```

Il faut ensuite ajouter ce fichier LDIF à notre arborescence LDAP, pour cela on utilise la commande suivante :

```
# ldapadd -x -D "cn=admin,dc=local" -W -f
/usr/home/sofiane/asterisk.ldif
```

2.2.3. Connexion du serveur Asterisk au serveur LDAP

La configuration de la connexion entre le serveur Asterisk et le serveur LDAP se déroule dans le fichier `/etc/asterisk/res_ldap.conf`. La configuration se déroule en plusieurs parties. Tout d'abord, il y a une partie générale qui contient les paramètres de connexions au serveur LDAP puis vient la partie contenant les paramètres des utilisateurs SIP stockés dans l'annuaire LDAP, les paramètres du fichier `res_ldap.conf` sont configurés comme suit :

```
[general]
host=127.0.0.1
port=389
protocol=3
basedn=ou=asterisk,dc=domain,dc=local
pass=votremotdepasseadminLDAP
user=cn=admin,dc=domain,dc=local
```

```
[sip]
name = uid
callerid = AstAccountCallerID
canreinvite = AstAccountCanReinvite
context = AstAccountContext
host = AstAccountHost
type = AstAccountType
mailbox = AstAccountMailbox
md5secret = AstAccountRealmedPassword
fullcontact = AstAccountFullContact
nat = AstAccountNAT
qualify = AstAccountQualify
allow = AstAccountAllowedCodec
useragent = AstAccountUserAgent
lastms = AstAccountLastQualifyMilliseconds
additionalFilter=(objectClass=AsteriskSIPUser)
[extensions]
context = AstContext
exten = AstExtension
priority = AstPriority
app = AstApplication
appdata = AstApplicationData
additionalFilter=(objectClass=AsteriskExtension)
```

La section `[sip]` permet de faire la translation entre les variables Asterisk et les variables LDAP afin que les deux serveurs puissent se "comprendre". Il en est de même pour la partie `[extensions]`.

Une fois que la connexion entre le serveur Asterisk et le serveur LDAP est établie, on doit indiquer à Asterisk où il doit aller chercher les paramètres des utilisateurs SIP. Pour cela on modifie le fichier `/etc/asterisk/extconfig.conf` comme ceci :

```
sipusers => ldap,"ou=users,ou=asterisk,dc=local",sip
sippeers => ldap,"ou=users,ou=asterisk,dc=local",sip
```

```
extensions =>
ldap, "ou=extensions,ou=asterisk,dc=local", extensions
```

2.2.4. Configuration générale des comptes SIP

La configuration générale des comptes SIP se passe comme lors d'une configuration normale, c'est à dire dans le fichier `/etc/asterisk/sip.conf` comme suit :

```
[general]
rtcachefriends=yes
callevnts=yes
realm=domain.local
```

`rtcachefriends=yes` //permet de mettre en cache les infos des utilisateurs (obligatoire car elle permet de garder en mémoire l'adresse IP avec laquelle l'utilisateur s'est connecté. Sans ce paramètre l'appel n'aboutira pas car l'Asterisk ne saura pas trouver les utilisateurs.

`callevnts=yes` //permet de remonter les informations concernant un appel

`realm=domain.local` //nom de domaine géré par l'annuaire LDAP

2.2.5. Configuration générale du dialplan

La configuration générale du dialplan s'effectue dans le fichier `extensions.conf` en rajoutant la ligne suivante :

```
[internal] switch => Realtime/@
```

au context `[internal]` pour qu'il aille chercher ses informations dans l'annuaire LDAP.

2.2.6. Vérification de la connexion d'Asterisk à LDAP

Il faut d'abord recharger la configuration afin que les modifications que l'on a apportées soient prises en compte. Pour cela, il faut se connecter au CLI d'Asterisk avec la commande :

```
asterisk -vvvr
```

Ensuite on tape les commandes suivantes dans le CLI:

```
CLI> module reload
```

Cette commande permet de recharger tous les modules qu'Asterisk à charger notamment le module LDAP.

Puis nous rechargeons le fichier `sip.conf` :

```
CLI> sip reload
```

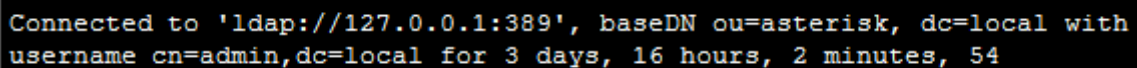
Nous rechargeons ensuite le fichier `extensions.conf` :

```
CLI> dialplan reload
```

Enfin on vérifie la connexion avec la commande :

```
CLI> realtime show ldap status
```

La figure suivante montre la connexion du serveur Asterisk à l'annuaire LDAP :

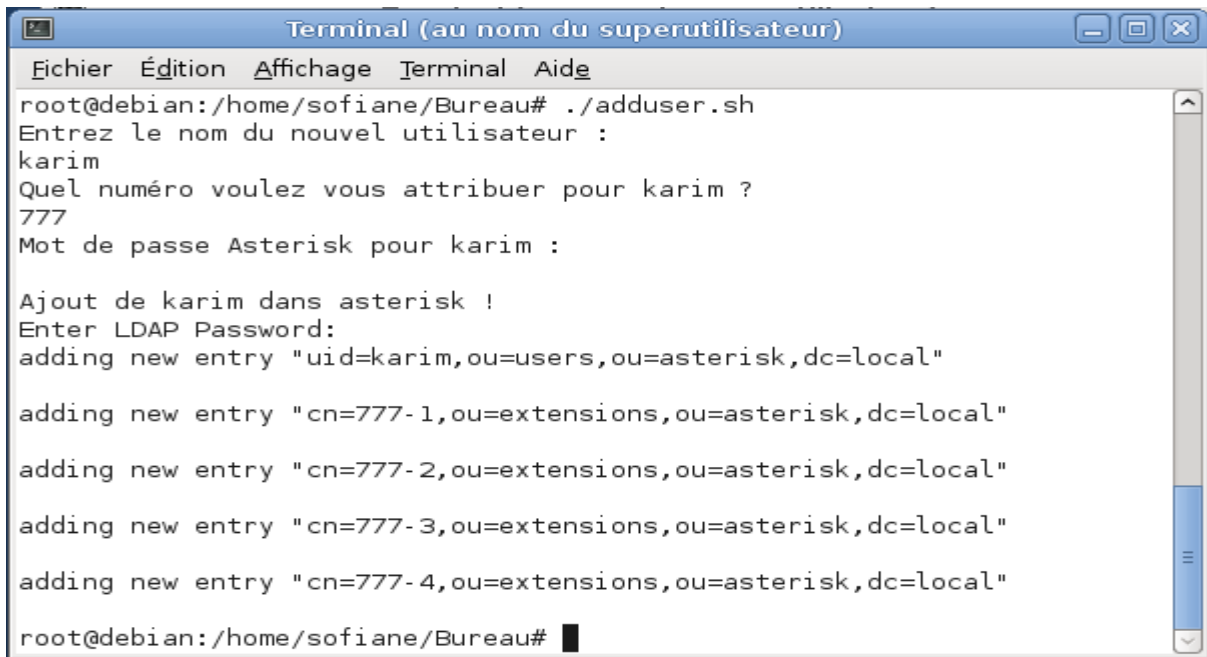


```
Connected to 'ldap://127.0.0.1:389', baseDN ou=asterisk, dc=local with
username cn=admin,dc=local for 3 days, 16 hours, 2 minutes, 54
```

Figure 22 : connexion du serveur Asterisk à l'annuaire LDAP.

2.2.7. Ajout des utilisateurs dans OpenLDAP

Pour ajouter des utilisateurs dans OpenLDAP on utilise le script `adduser`, en exécutant le script il nous demande d'entrer le nom de l'utilisateur, son numéro et son mot de passe comme le montre la figure suivante :



```
Terminal (au nom du superutilisateur)
Fichier Édition Affichage Terminal Aide
root@debian:/home/sofiane/Bureau# ./adduser.sh
Entrez le nom du nouvel utilisateur :
karim
Quel numéro voulez vous attribuer pour karim ?
777
Mot de passe Asterisk pour karim :

Ajout de karim dans asterisk !
Enter LDAP Password:
adding new entry "uid=karim,ou=users,ou=asterisk,dc=local"

adding new entry "cn=777-1,ou=extensions,ou=asterisk,dc=local"
adding new entry "cn=777-2,ou=extensions,ou=asterisk,dc=local"
adding new entry "cn=777-3,ou=extensions,ou=asterisk,dc=local"
adding new entry "cn=777-4,ou=extensions,ou=asterisk,dc=local"
root@debian:/home/sofiane/Bureau# █
```

Figure 23 : Ajout d'un utilisateur dans OpenLDAP.

3. Configuration d'Ekiga

La figure suivante montre comment ajouter un utilisateur dans Ekiga :

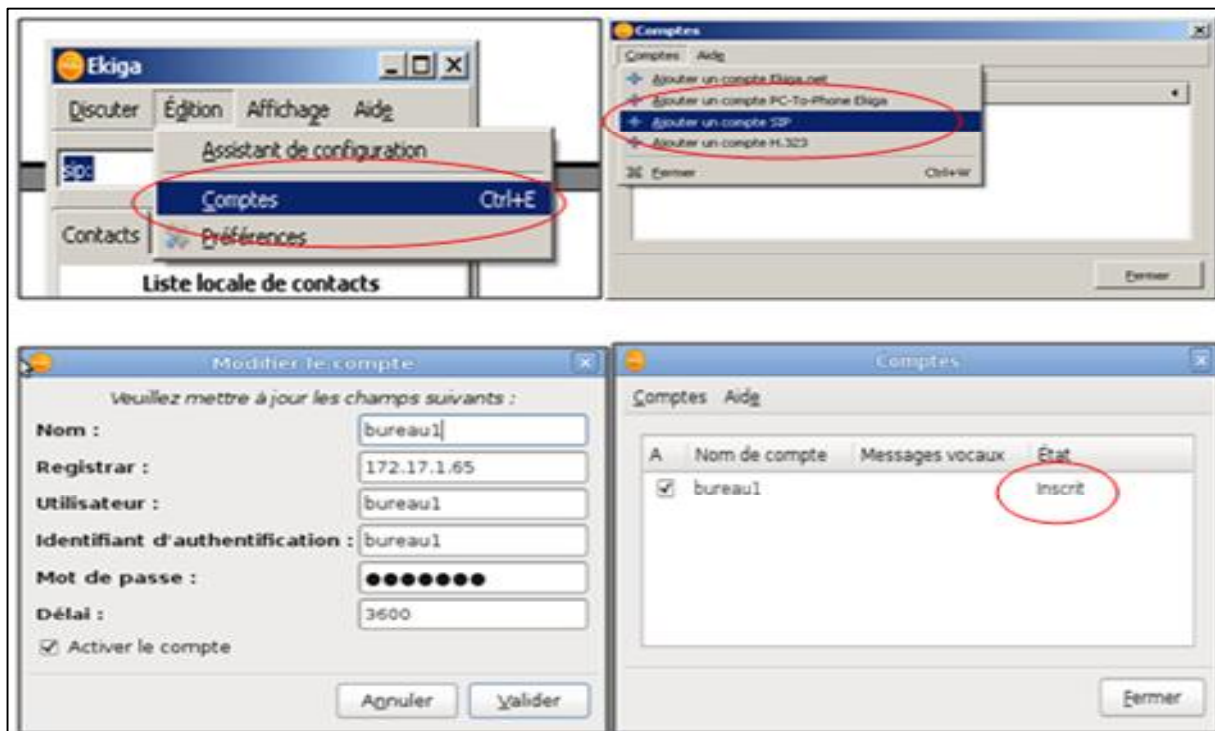


Figure 24 : ajout d'un compte SIP dans Ekiga.

Explication des champs :

- Nom : Nom du compte.
- Registrar : IP du Serveur Asterisk.
- Utilisateur et Identifiant d'authentification : nom d'utilisateur.
- mot de passe est évidemment le mot de passe de l'utilisateur.

La colonne Etat nous montre bien que l'utilisateur est « Inscrit »

4. Test d'un appel entre deux utilisateurs

Nous allons tester le fonctionnement du serveur Asterisk en tenant compte des améliorations réalisées et de l'implémentation des clients.

Notre architecture est composée de :

- Deux ordinateurs équipés de softphone Ekiga qui ont les adresses IP **172.17.1.50** et **172.17.1.55**
- Serveur Asterisk d'adresse IP **172.17.1.65**

En utilisant les mêmes clients SIP enregistrés dans le fichier `sip.conf` d'Asterisk en l'occurrence `bureau1` et `bureau2`.

On a ici `bureau2` qui tente d'appeler `bureau1`. Voir les figures ci-dessous:

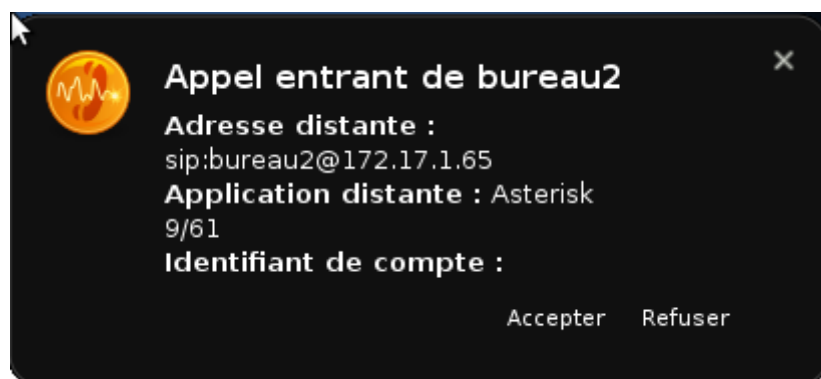


Figure 25 : réception d'un appel.

Après acceptation de l'appel, la connexion est établie entre les deux terminaux, comme le montre la figure suivante :



Figure 26 : Etablissement d'appel.

La figure ci-dessous nous montre l'historique des appels effectués par l'utilisateur bureau1 :

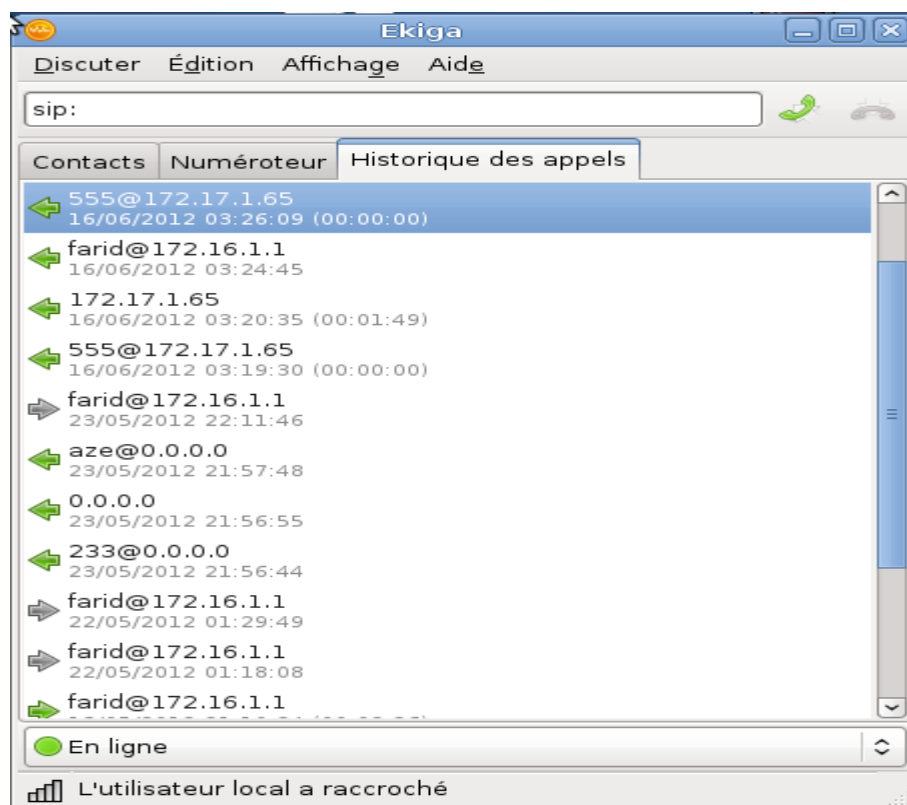


Figure 27 : historiques des appels.

Conclusion

Dans ce dernier chapitre, nous avons présenté la phase de réalisation de notre projet en présentant la solution mise en place, la démarche de travail, les configurations et les implémentations effectuées, finalement, nous avons présenté les tests effectués.

CONCLUSION

ET

PERSPECTIVES

Conclusion et perspectives

La téléphonie sur IP est une technologie révolutionnaire qui défie les règles édictées par la téléphonie RTC. Elle est plus souple, conviviale, ne nécessite pas un investissement lourd, coûte moins chère, propose de nouveaux services et beaucoup d'autres avantages.

La VoIP est une technologie émergente que tente plusieurs entreprises d'exploiter vu les avantages qu'elle présente, cette technologie n'est pas encore très bien développée vu l'absence des fournisseurs de VoIP. Cependant, il est possible de déployer quelques applications de cette technologie au sein des entreprises ce qui permettra de migrer les communications du réseau RTC vers le réseau IP.

Dans ce contexte, nous avons mis en place un serveur téléphonique VoIP via le logiciel IPBX open source Asterisk qui va permettre à notre université et à ces différentes hiérarchies de communiquer en profitant de ses fonctionnalités (appels vocaux, boîte vocale, enregistrement d'appel, appel en attente et interception d'appel).

A travers l'étude que nous avons effectuée durant ce projet, nous avons constaté l'importance de la convergence des deux réseaux en question : le réseau téléphonique et le réseau informatique, dans le domaine des télécommunications. Ce mémoire constitue un récapitulatif sur les réseaux de communication. Nous avons présenté l'intérêt de la téléphonie sur IP au sein des entreprises ainsi que les gains qu'elle apporte à ces dernières en éclaircissant les enjeux de la ToIP.

Dans ce mémoire nous avons présenté un état de l'art sur les réseaux téléphoniques ainsi, la téléphonie sur IP, suivi d'une étude des différents protocoles associé à la voix sur IP. Aussi, nous avons décrit notre implémentation et configuration du serveur Asterisk.

Conclusion et perspectives

C'est ainsi que ce projet nous a permis d'enrichir nos connaissances dans différents domaines : Il nous a permis de nous familiariser avec la plate forme Linux, d'apprendre les configurations des outils Asterisk et OpenLDAP et de nous initier au domaine professionnel et aux nouvelles technologies du réseau internet. Aussi, il a été une expérience fructueuse qui nous a permis de mieux s'approcher du milieu professionnel et de savoir comment gérer et optimiser le temps dans le but d'en profiter au maximum.

Nous n'avons pas la prétention d'avoir tout dit ou tout fait dans ce sujet. Nous avons posé des bases. Il appartient à la génération future d'améliorer, de porter un plus à notre projet et mettre à disposition de nouveaux services d'Asterisk en l'occurrence : la vidéoconférence, un serveur vocal interactif (SVI), le Fax sur IP (FoIP) qui sont très importants dans les lieux pédagogiques et dont notre université a besoin.

Plusieurs autres perspectives semblent se dessiner pour le cas des réseaux de VoIP, à savoir :

- ❖ Il serait intéressant d'étendre la solution en question et donc, équiper l'université de hard-phones.
- ❖ La mise en place d'un système de sécurité qui est un facteur très important dans les réseaux de télécommunication.

GLOSSAIRE DES ACRONYMES

Glossaire des Acronymes

A

ATM	A synchronous T ransfer M ode.
ASCII	A merican S tandard C ode for I nformation I nterchange.
ANSI	A merican N ational S tandards I nstitute.

B

Belcore	B ell C ommunications R esearch.
----------------	---

C

CENT	C entre N ational d'Études des T élécommunications.
CTP	C ommutateur de T ransit P incipal,
CTI	C ommutateur I nternational de T ransit.
CTS	C ommutateurs de T ransit S econdaires,
CAA	C ommutateur à A utonomie d'acheminement.
CL	C ommutateurs L ocaux
CTI	C omputer T elephony I nterface.
CPU	C entral P rocessing U nit.
CSTA	C omputer S upported T elecommunications A pplications.

D

DOS	D eny O f S ervice.
DSP	D igital S ignal P rocessor.
DN	D istinguished N ame.

E

ETSI	E uropean T élécommunications S tandards I nstitute.
-------------	--

G

GSM	G lobal S ystem for M obile communications.
------------	--

GLOSSAIRE DES ACRONYMES

GTT Global Title Translation.

H

HTTP HyperText Transfer Protocol.

I

IP Internet Protocol.

IUT-T IUT Union Internationale des Télécommunications.

ISUP ISDN User Part.

IAP Internet Access Provider.

ISP Internet Service Provider.

IAX Inter-Asterisk eXchange.

IETF Internet Engineering Task Force.

IVR Interactive Voice Response.

L

LAN Local Area Network.

LDAP Lightweight Directory Access Protocol.

M

MIC Modulation par Impulsion et Codage.

MTP Message Transfert Part (partie transfert du message).

MCU Multipoint Control Unit.

N

NAT Network Address Translation

O

OSI Open Systems Interconnection.

GLOSSAIRE DES ACRONYMES

P

PBX	Private Branch eXchange.
PABX	Private Automatic Branch eXchange.
PROM	Programmable Read Only Memory.
PABX-IP	Private Automatic Branch eXchange IP.
PSTN	Public Switched Telecommunication Network.
PDA	Personal Digital Assistant.
P2P	Peer To Peer.

Q

QoS	Quality Of Service.
------------	----------------------------

R

RTC	Réseau Téléphonique Commuté.
RNIS	Réseau Numérique à Intégration de Services.
RAM	Random Access Memory.
RTCP	Real-time Transfert Control Protocole.
RTP	Real Time Protocol
RAS	Registraion Administration Status.
RCX	Réseau de ConneXion.
RDN	Relative Distinguished Name.

S

Sup	Supervision.
SDA	Sélection Directe à l'Arrivée.
SDH	Synchronous Digital Hierarchy.
SS7	Signaling System No.7
SCCP	Signaling Connection Control Part .
SIP	Session Initiation Protocol
STUN	Simple Traversal of UDP through NATs.

GLOSSAIRE DES ACRONYMES

T

TUP	T elephone U ser P art (P artie U sager T éléphonique).
TCP/IP	T ransmission C ontrol P rotocol / I nternet P rotocol.
TDM	T ime D ivision M ultiplexing.
ToIP	T elephony O ver I P
TCAP	T ransaction C apabilities A pplications P art.

U

UDP	U ser D atagram P rotocol.
UA	U ser A gent.
URI	U niform R esource I dentifier.

V

VoIP	V oice O ver I P.
VPN	V irtuel P rivat N etwork.

W

WAN	W ide A rea N etwork.
------------	--

Z

ZAA	Z one à A utonomie d' A cheminement.
ZTS	Z one de T ransit S econdaire.
ZTP	Z one de T ransit P rincipal.

Bibliographie

- [1] <http://www.wikipédia.org/>
- [2] Laurent Ouakil et Guy Pujolle, *Téléphonie sur IP*, 2ème édition EYROLLES, SD.
- [3] *Etude des réseaux PABX*, Ecole Ingénierie technologique EST-LOKO, Année académique 2007-2008.
- [4] Franck Brunel, *une ressource de qualité sur la technologie RNIS*, Le document FAQ ISDN/Numéris, Juin 2000.
- [5] Broussard Philippe et Lagrue Sandra, *Téléphonie sur IP*, Université Claude Bernard à Lyon ; 2002/2003
- [6] http://www.journaldunet.com/solutions/0501/050119_terminologie_toip.shtml/
- [7] <http://dictionnaire.phpmyvisites.net/definition-TELEPHONIE-IP-5109.htm/>
- [8] <http://www.blog.saeed.com/2011/03/architecture-et-mode-access-de-la-telephonie-sur-ip>
- [9] <http://www.testeur-voip.com/technologie-voip-explication.php?numpage=1/>
- [10] <http://www.elo-world.com/resources/voip/>
- [11] http://www.frameip.com/voip/#5_-_LArchitecture_Voip/
- [12] http://wapiti.telecom-lille1.eu/commun/ens/peda/options/ST/RIO/pub/exposes/exposes_ser2010-ttnfa2011/barisaux-gourong/index.html/
- [14] http://www.frameip.com/voip/#7_-_Probleme_et_QoS/
- [15] <http://faq.programmerworld.net/lang/fr/voip/voip-advantages-disadvantages.htm/>
- [16] CEDRIC Llorens et LAURENT Levier, *Tableau de bord de la sécurité réseau*, DUNOD, 2006.
- [17] Marcel Rizcallah, *Annuaire LDAP*, EYROLLES, 2002.
- [18] <http://www.openldap.org/>
- [19] <http://wapiti.telecom-lille1.eu/>

GLOSSAIRE

DES

ACRONYMES

BIBLIOGRAPHIE

Résumé

La téléphonie sur IP (ToIP) est une technologie qui s'impose progressivement dans tous les secteurs, elle consiste à faire transiter les communications téléphoniques par le réseau IP. Aujourd'hui, cette technologie est de plus en plus déployée au sein des universités et laboratoires de recherche. L'objectif de ce travail est l'optimisation de la téléphonie par la Voix sur IP (VoIP). Pour y parvenir, nous avons fait un rappel sur les réseaux de télécommunication. Il en ressort de cette étude que l'université de Bejaia connaît une avancée technologique en termes de ressources de communications d'une part ; d'autre part que certaines de ces ressources sont sous exploitées (Internet, Réseau Local, etc.). Fort de ce constat, nous avons opté pour l'implémentation de la Voix sur IP. Comme solution à cette problématique, notre implémentation sera essentiellement basée sur le système libre qui est Linux et des outils dont on a expliqué le fonctionnement en l'occurrence le serveur de téléphonie sur IP Asterisk et pour stocker les clients on a opté pour l'annuaire LDAP.

Mots clés : VoIP, ToIP, PABX, Asterisk, OpenLDAP, SIP, H.323, IAX.

Abstract

Voice over IP (VoIP) is a technology that is increasingly recognized in all sectors, it is to channel telephone calls through the IP network. Today, this technology and increasingly deployed in universities and research laboratories. The objective of this work is the optimization of telephony Voice over IP (VoIP). To achieve this, we made a point of telecommunication networks. It emerges from this study that the University of Bejaia knows a breakthrough in terms of communications resources on the one hand, and secondly that some of these resources are underutilized (Internet, Local Area Network, etc..). With this in mind, we decided to implement Voice over IP. As a solution to this problem, our implementation will be primarily based on the free system is Linux and the tools we have explained the operation in this case the IP telephony server Asterisk combined with the LDAP directory.

Keywords: VoIP, ToIP, PBX, Asterisk, OpenLDAP, SIP, H.323, IAX.