

-----  
Secrétariat Général  
-----

Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso (UPB)



Groupe d'Ingénierie Informatique



Ecole Supérieure d'Informatique (ESI)

<http://esi.bf.refer.org>

Email : esi@bf.refer.org

Boîte postale : 02 BP 6002 Ouagadougou 02

Cellulaire : 76 46 60 10, 70 74 26 65

## Projet de fin d'étude

*THEME :*

*MISE EN PLACE D'UNE  
SOLUTION CENTREX IP*

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur de Travaux  
Informatiques

Option : Réseaux et Maintenance Informatique

-----  
Année académique 2006 /2007

Présenté et soutenu par :

**Bakary OUATTARA et Yigalpen Pierre-Simon BADO**

Superviseur

**M. Abdou Karim MAÏGA**

Ingénieur Informaticien. Développeur

HORINFO BURKINA

Maître de stage

**M. Armand Ossossa Négayouni BAMA**

Ingénieur Télécoms

CELTEL BURKINA

**TABLE DES MATIERES**

<b>TABLE DES MATIERES .....</b>	<b>1</b>
<b>TABLE DES FIGURES .....</b>	<b>4</b>
<b>TABLE DES TABLEAUX .....</b>	<b>4</b>
<b>REMERCIEMENT .....</b>	<b>5</b>
<b><i>DƏDJƏCƏ</i> .....</b>	<b>6</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>7</b>
<b>RESUME .....</b>	<b>8</b>
<b><i>LES SIGLES</i> .....</b>	<b>9</b>
<b>GENERALITES .....</b>	<b>13</b>
<b>I. Présentation de l'ESI .....</b>	<b>13</b>
<b>1. Présentation générale .....</b>	<b>13</b>
<b>2. Formations .....</b>	<b>13</b>
<b>II. Présentation de la structure d'accueil .....</b>	<b>14</b>
<b>1. Présentation et organisation .....</b>	<b>14</b>
<b>2. Organigramme .....</b>	<b>14</b>
<b>PREMIERE PARTIE : VOIX SUR IP .....</b>	<b>15</b>
<b>I. RTC et GSM .....</b>	<b>16</b>
<b>1. Le RTC .....</b>	<b>16</b>
<b>1.1 Principe du RTC .....</b>	<b>16</b>
<b>1.2 Architecture du RTC .....</b>	<b>17</b>
<b>2. Le GSM .....</b>	<b>19</b>
<b>2.1 Principe de fonctionnement .....</b>	<b>19</b>
<b>2.2 Architecture du GSM .....</b>	<b>20</b>
<b>II. Le protocole IP .....</b>	<b>22</b>
<b>III. Voix sur IP et Téléphonie sur IP .....</b>	<b>24</b>
<b>1. Voix sur IP .....</b>	<b>24</b>
<b>1.1 Introduction et définition .....</b>	<b>24</b>
<b>1.2 Principe .....</b>	<b>25</b>
<b>1.3 Architecture VoIP .....</b>	<b>26</b>
<b>2. Téléphonie sur IP .....</b>	<b>28</b>
<b>IV. Les standards VoIP .....</b>	<b>28</b>
<b>1. Protocole H323 .....</b>	<b>28</b>

1.1	Définition .....	28
1.2	Fonctionnement .....	29
2.	MGCP .....	30
2.1	Définition .....	30
2.2	Fonctionnement .....	30
3.	Protocole SIP .....	30
3.1	Introduction .....	30
3.2	Fonctionnement .....	31
4.	Les protocoles RTP et RTCP .....	33
4.1	Fonctions du RTP .....	33
4.2	Fonctions du RTCP .....	33
5.	Comparaison entre H323 et SIP .....	34
V.	Qualité de service (QoS) .....	35
1.	Les critères de QoS .....	35
1.1	Latence .....	35
1.2	Pertes de paquets .....	36
1.3	Gigue ou jitter .....	36
2.	Comment augmenter la QoS ? .....	36
2.1	RSVP .....	36
2.2	IntServ (Integrated Service) .....	37
2.3	DiffServ (Differentiated Service) .....	37
2.4	MPLS .....	37
VI.	Sécurité VoIP .....	38
1.	Les types d'attaques .....	38
2.	Les solutions .....	39
3.	Exemple d'un analyseur de protocole : Wireshark .....	40
4.	Comparaison entre VoIP, RTC et GSM .....	44
	Conclusion .....	46
	<b>DEUXIEME PARTIE : PABX ET IPBX .....</b>	<b>47</b>
I.	Introduction .....	48
II.	PABX .....	49
1.	Définition et historique .....	49
1.1	Définition .....	49
1.2	Historique .....	51
2.	Rôle et fonctionnalités .....	52
2.1	Rôles .....	52
2.2	Fonctionnalités .....	52
3.	Le couplage Téléphonie informatique .....	53
3.1	Introduction .....	53
3.2	Le CSTA et les interfaces API .....	53
4.	Architecture matériel et fonctionnement .....	54
5.	Administration .....	55
III.	Les IPBX .....	56
1.	Définition et historique .....	56
1.1	Définition .....	56
1.1.1	Cas des IPBX natifs .....	56
1.1.2	Cas des PCBX .....	59
1.2	Historique .....	61
2.	Rôles et fonctionnalités .....	61

2.1	Rôle .....	61
2.2	Fonctionnalités .....	61
IV.	Le Centrex IP .....	62
2.2.1	Présentation .....	62
2.2.2	Les Avantages du Centrex IP .....	63

**TROISIEME PARTIE : IMPLEMENTATION D'UN CENTREX IP AVEC ASTERISK**  
..... **64**

I.	Les objectifs .....	65
II.	Asterisk .....	66
1.	Présentation .....	66
2.	Architecture .....	67
3.	Le protocole IAX .....	68
III.	Mise en œuvre .....	69
1.	Installation .....	69
1.1	Pré requis .....	69
1.2	Installation .....	69
2.	Configuration .....	70
1.1	Connexion à l'interface de configuration .....	70
1.2	Ajout des extensions .....	70
1.3	Configuration de la conférence .....	71
1.4	Musique d'attente (music On Hold) .....	72
1.5	Interconnexion à un ou plusieurs sites .....	73
1.6	Configuration des soft phones .....	75

**QUATRIEME PARTIE : ASPECTS ECONOMIQUES, JURIDIQUES ET PERSPECTIVES POUR LA VOIP**  
..... **80**

I.	Aspects Economiques et juridiques .....	81
1.	Le bouleversement du modèle économique de la voix .....	81
2.	Enjeux économiques .....	81
3.	Aspects juridiques .....	82
II.	Perspectives : NGN ; le Réseau de demain .....	83

**CONCLUSION GENERALE**..... **85**

**LA BIBLIOGRAPHIE** ..... **86**

**TABLE DES FIGURES**

<b>Figure 1: Architecture du RTC .....</b>	<b>18</b>
<b>Figure 2: Architecture hiérarchique du réseau GSM.....</b>	<b>21</b>
<b>Figure 3: Réseau VoIP interconnecté avec un réseau téléphonique classique existant .....</b>	<b>27</b>
<b>Figure 4: Etablissement et libération de session SIP .....</b>	<b>32</b>
<b>Figure 5: Acheminement dans un réseau MPLS.....</b>	<b>38</b>
<b>Figure 6: Lancement de l'installation de Wireshark.....</b>	<b>40</b>
<b>Figure 7: Avancement de l'installation de Wireshark.....</b>	<b>41</b>
<b>Figure 8: Fin de l'installation de Wireshark .....</b>	<b>41</b>
<b>Figure 9: Fenêtre de lancement de Wireshark.....</b>	<b>42</b>
<b>Figure 10 : Fenêtre de capturé de Wireshark .....</b>	<b>43</b>
<b>Figure 11: Schéma d'un réseau classique reliant le réseau téléphonique et le réseau informatique. ....</b>	<b>49</b>
<b>Figure 12: Micro-commutateur .....</b>	<b>50</b>
<b>Figure 13 : PABX de petite capacité.....</b>	<b>50</b>
<b>Figure 14: PABX de moyenne capacité.....</b>	<b>50</b>
<b>Figure 15: PABX utilisé pour les backbones et pour les sorties PABX.....</b>	<b>51</b>
<b>Figure 16: Téléphone DECT .....</b>	<b>55</b>
<b>Figure 17: L'OmniPCX Office d'Alcatel .....</b>	<b>57</b>
<b>Figure 18 : IPBX CISCO SPA9000.....</b>	<b>58</b>
<b>Figure 19: Exemple de Téléphone IP CISCO.....</b>	<b>58</b>
<b>Figure 20: Exemple de schéma d'une installation IPBX (Asterisk) .....</b>	<b>60</b>
<b>Figure 21: Architecture logicielle d'Asterisk.....</b>	<b>68</b>
<b>Figure 22: Fenêtre de configuration des extensions.....</b>	<b>71</b>
<b>Figure 23: Fenêtre de configuration de la conférence .....</b>	<b>72</b>
<b>Figure 24: Fenêtre de configuration de la musique d'attente .....</b>	<b>73</b>
<b>Figure 25: Fenêtre de configuration d'IAX2 Trunk.....</b>	<b>74</b>
<b>Figure 26: Fenêtre de lancement de X-lite.....</b>	<b>75</b>
<b>Figure 27: Fenêtre d'ajout d'utilisateur .....</b>	<b>76</b>
<b>Figure 28: Fenêtre de configuration de X-lite .....</b>	<b>77</b>
<b>Figure 29 : Fenêtre d'ajout des utilisateurs.....</b>	<b>78</b>
<b>Figure 30 : fenêtre d'appel .....</b>	<b>78</b>
<b>Figure 31 : Fenêtre de gestion d'appels.....</b>	<b>79</b>

**TABLE DES TABLEAUX**

<b>Tableau 1 : Comparaison entre TCP/IP et OSI .....</b>	<b>24</b>
<b>Tableau 2: Codecs recommandés par UIT-T pour la voix et la vidéo.....</b>	<b>26</b>
<b>Tableau 3: Comparaison entre H323et SIP .....</b>	<b>35</b>

## **REMERCIEMENT**

*Un Grand merci à tout ceux qui d'une façon ou d'une autre nous ont soutenus dans l'établissement de ce document ; par le partage de connaissances, par leurs encouragements .pour tous les efforts fournis à notre endroit nous leur disons remercier, et qu'ils voient en ce document le fruit de leur contribution.*

*Nos remerciements vont en particulier à :*

- ✦ la G2I ; à travers ses associés et son personnel, qui malgré des infrastructures modestes nous a accueilli et n'a ménagé aucun effort afin de nous mettre dans les meilleures conditions de travail, nous lui souhaitons prospérité, et que les projets abondent ;*
- ✦ M. Serge BAMA à qui nous devons l'obtention du stage ;*
- ✦ M. Ahmed BOUDA pour les multiples services rendus ;*
- ✦ M. Armand BAMA, notre maitre de stage, dont le soutien et la disponibilité ont été d'une grande utilité tout au long du stage ;*
- ✦ M. Yassia SAWADOGO qui nous a donné de son temps, et qui dans une grande générosité a partagé ses connaissances avec nous ;*
- ✦ nos chères familles, et nos proches pour leurs accueilles et leur soutien dans la ville de Ouagadougou ;*
- ✦ à tous nos amis qui de prêt ou de loin nous ont soutenus pour l'élaboration de ce présent rapport ;*
- ✦ A la 5<sup>ème</sup> promotion de RéMI qui a fait preuve de grandeur d'âme et de solidarité faces aux problèmes qu'elle a rencontrés.*

## **DEDICACE**

*Nous dédions ce présent rapport à nos parents  
respectifs qui nous ont toujours soutenus dans nos études.*

## **ABSTRACT**

The Voice over IP is one of the technologies in vogue in the new century. It arouses many interests. Coming in support of the other technologies that have shown weakness, it uses these technologies to reinforce itself, and overcome their shortcomings. But what is Voice over IP? Is it useful? And what benefits can it provides?

Voice over IP, also known as VoIP is a voice transmission over an IP network. In Voice over IP, the Internet connection is used to make telephone calls. SKYPE is an example. This technology converts analog signals of voice into digital signals. It cuts them, compresses them, code them, label them, and then send these “small pieces” named packets in the Internet. The voice packets undergo the same treatment as packets of data, with a few exceptions. This method is an innovation in the field of information technology, especially telephony, which found in it an efficient way to operate the network by avoiding congestion problems. The VoIP, brings a greet value in telephony. So it is imperative to find the means to utilize it in the proper way. A central element of call management is the PBX (PABX). It should then be adapted – we are talking about the PBX - to this new technology.

Voice over IP is an interesting technology, but for the use, it must be implemented within the core network. The PBX (PABX) is the central element. The equipments providers of the era invested in the creation of PBX capable to manage IP packets taking into a count the various constraints; The IPBX was born. The IPBX is an IP compatible switch. It leads the IP packets where they should go, using the optimal path through the router function. There are several types of IPBX; some are software to be installed on a computer. Beyond the technological aspects, the use of VoIP provides other interests. Which are them?

VoIP technology offer the advantage of reducing the infrastructure of a company through systems such as IP Centrex mentioned in this document. VoIP allows the sharing of resources: we have now a clear pattern of the network, using less resources, and more efficient. The reduction in infrastructure and resources leads to a reduction in costs (CAPEX and OPEX).

All the advantages of this technology are leading the world of ICT towards the improvement of this process, climbing to new network technologies such as NGN. This document explains in detail the various aspects outlined above.

## Résumé

La Voix sur IP, devenue l'une des technologies en vogue en ce début de siècle suscite bien des intérêts. Venant en soutien aux autres technologies qui ont présentées des faiblesses ; elle use de ces technologies pour se bâtir, et pallier à leurs insuffisances. Mais qu'est ce que la Voix sur IP, qu'elle est son utilité, et quels avantages peut-elle présenter ?

La voix sur IP, encore appelé VoIP est la transmission de la voix sur un réseau IP. Dans La voix sur IP, la connexion internet est utilisée pour réaliser les appels téléphoniques. SKYPE en est une illustration. Cette technologie convertie les signaux analogiques de la voix en signaux numériques ; elle les découpe, les compresse, les code, les numérote, puis envoient ces «petits morceaux » maintenant appelés paquets dans le réseau internet. Les paquets de voix subissent le même traitement que ceux de données, à quelques exceptions près. Cette méthode est une innovation dans le domaine de l'informatique, et surtout de la téléphonie qui voit en elle une façon efficace de gérer le réseau en évitant des problèmes de congestion. La VoIP, trouve alors une grande utilité dans la téléphonie, et trouver les moyens pour mieux l'utiliser s'avère nécessaire. L'un des éléments centraux de la gestion téléphonique est le PBX(PABX). Il convient de l'adapter alors à cette nouvelle technologie.

La voix sur IP est une technologie intéressante ; mais pour l'utilisée, il faudrait l'adapter au cœur du réseau. Le PBX(PABX) en est l'élément central. Les constructeurs de l'ère se sont alors investis à la création de PBX pour gérer les paquets IP en fonction des différentes contraintes ; L'IPBX est alors née. L'IPBX est le commutateur compatible IP, il se charge de diriger les paquets IP là ou ils doivent aller, en utilisant le chemin optimal grâce à la fonction de routeur. Il existe plusieurs types d'IPBX, dont certains sont des logiciels à installer sur un ordinateur. L'utilisation de la VoIP, présente au delà de l'aspect technologique d'autre intérêts ; lesquels ?

La technologie VoIP a pour intérêt de réduire les infrastructures d'une entreprise à travers des procédés tels que le Centrex IP évoqué dans ce document. Elle permet la mutualisation des ressources : nous avons ainsi un schéma de réseau claire, utilisant peu de ressource, en étant plus efficace. Cette diminution des infrastructures et de ressources entraine une diminution des coûts (CAPEX<sup>1</sup> et OPEX<sup>2</sup>).

Tous ces avantages que présente cette technologie, conduit le monde des TIC vers une amélioration de ce procédé, en ascension vers de nouvelles technologies de réseaux tel que le NGN. Ce document, explique de façon détaillée les différents aspects énoncés ci-dessus.

---

<sup>1</sup> CAPEX: Capital expenditure

<sup>2</sup> OPEX : Operation expenditure

## **LES SIGLES**

**ADPCM:** Adaptive Differential Pulses Code Modulation  
**AGI:** Asterisk Gateway Interface  
**AMR:** Adaptative Multi Rate  
**API:** Application Programming Interface  
**BSC:** Base Station Controller  
**BTS:** Base Transceiver Station  
**CAA:** Commutateur à Autonomie d'Acheminement  
**CD:** Compact Disk  
**CEPT:** Conférence Européenne des Postes et Télécommunications  
**CS-ACELP:** Conjugate Structure Algebraic Code Excited Linear Prediction  
**CSTA:** Computer-Supported Telecommunications Applications  
**CTI :** Commutateur de Transit International  
**CTI:** Couplage Téléphonie-Informatique  
**CTP :** Commutateur de Transit Principal  
**CTS :** Commutateur de Transit Secondaire  
**DCS :** Digital Communication System  
**DECT:** Digital Enhanced Cordless Telephone  
**DHCP :** Dynamic host Configuration Protocol  
**DNS :** Domain Name Server  
**ECMA:** European Computer Manufacturer Organisation  
**ESI :** Ecole Supérieure d'Informatique  
**ETSI:** European Telecommunications Standards Institute  
**FXO:** Foreign eXchange Office  
**FXS:** Foreign eXchange Station  
**G2I :** Groupe d'Ingénierie Informatique  
**GPL:** General Public Licence  
**GPRS:** General Packet Radio Service  
**GSM:** Global System for Mobile communication  
**HLR:** Home Location Registrar  
**HTTP:** Hyper Text Transport Protocol  
**IAX:** Inter-Asterisk eXchange

**IETF:** Internet Engineering Task Force

**IETF:** Internet Engineering Task Force

**IP:** Internet Protocol

**IPNS:** Isdn Pabx Networking Specification

**IP-PBX** ou **IPBX:** IP Private Branch eXchange

**LD-CELP:** Low-Delay Code Excited Linear Prediction

**MAC :** Media Access Control

**MEGACO:** MEdia GATeway COntrol

**MGC :** Media Gateway Controller

**MGCP:** Media Gateway Control Protocol

**MIC :** Modulation par Impulsion et Codage (PCM : Pulse Code and Modulation

**MICDA :** Modulation par Impulsion et Codage Différentiel Adaptatif (ADPCM

**MMUSIC:** Multiparty Multimedia Session Control

**MOS:** Mean Opinion Score

**MP-MLQ:** MultiPulse MultiLevel Quantization

**MS:** Mobile Station

**MSC:** Mobile Switching Center

**NGN:** Next Generation Network

**OSI:** Open System Interconnect

**PABX** ou **PBX:** Private Automatic Branch eXchange

**PFE :** Projet de Fin d'Etude

**QoS :** Quality of Service

**RAM:** Random Access Memory

**RNIS :** Réseau numérique à Intégration de Service

**RTCP:** Real Time Control Protocol

**RTC :** Réseau Téléphonique Commuté

**RTP:** Real Time Protocol

**SIM:** Subscriber Identity Module

**SIP:** Session Initiation Protocol

**SMS:** Short Message Service

**SMTP:** Simple Mail Transfer Protocol

**TCP:** Transmission Control Protocol

**TIC :** Technologie de l'Information et de la communication

**ToIP:** Telephony over IP

**UDP** : User Datagram Protocol

**UIT (-T)** : Union Internationale des Télécommunications (section Télécoms)

**UMTS**: Universal Mobile Telecommunication System

**UPB** : Université polytechnique de Bobo-Bioulasso

**URI**: Uniform Resource Identifier

**URL**: Uniform Resource Locator.

**VLR** : Visitor Location Registrar

**VoIP**: Voice over IP

# Introduction générale

Dans le cadre de l'obtention du diplôme d'ingénieur de Travaux Informatiques, option Réseau et Maintenance Informatique (RéMI). Il est demandé aux étudiants en fin de cycle de fournir un rapport après avoir fait une étude sur un thème proposé par l'entreprise. C'est dans cette optique que notre stage effectué à G2I (Groupe d'ingénierie Informatique) nous a permis d'avoir comme thème d'étude : Mise en place d'une solution Centrex IP.

L'homme a toujours eu besoin de s'informer, de communiquer même en dépit de la distance ; et le téléphone vient en soutien à cela. Du télégraphe au téléphone mobile, en passant par le téléphone classique, l'homme a toujours tenté d'améliorer son moyen de communication. Le vingtième siècle, avec son lot d'innovations apporte une nouvelle technologie de communication vocale, la Voix sur IP (VoIP). Elle permet une amélioration au niveau des appels, et aussi une possibilité de mutualisation d'infrastructure et donc de réduction de coûts. Cette technologie utilise le protocole IP (Internet protocole) comme support de communication. Cette technologie est en pleine émergence, et évolue de façon continue avec l'intégration de nouveaux services à ceux de la téléphonie traditionnelle.

# Généralités

## I. Présentation de l'ESI

### 1. Présentation générale

L'Ecole Supérieure d'Informatique (ESI) a été créée en 1991 du besoin exprimé par le Premier Plan Directeur Informatique (1991-1995) « édification des compétences nationales par la formation de spécialistes (analystes et ingénieurs) concepteurs de systèmes d'information ».

D'abord implantée à Ouagadougou, l'ESI a ensuite été installée au sein de l'Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso (UPB) en septembre 1995. Elle bénéficie du soutien de la Délégation Générale à l'Informatique (DELGI), de la Coopération française et d'autres partenaires.

### 2. Formations

Dans le cadre de la formation initiale, l'ESI prépare ses étudiants à trois types de diplômes :

- un diplôme d'ingénieur de travaux en informatique, de niveau BAC+3 avec deux options :
  - Analyse et programmation (AP) créée en 1990;
  - Réseaux et Maintenance Informatiques créé en 2000 ;
- Un diplôme d'ingénieur de conception en informatique, de niveau BAC+5;
- Un Diplôme d'Etude A en informatique.

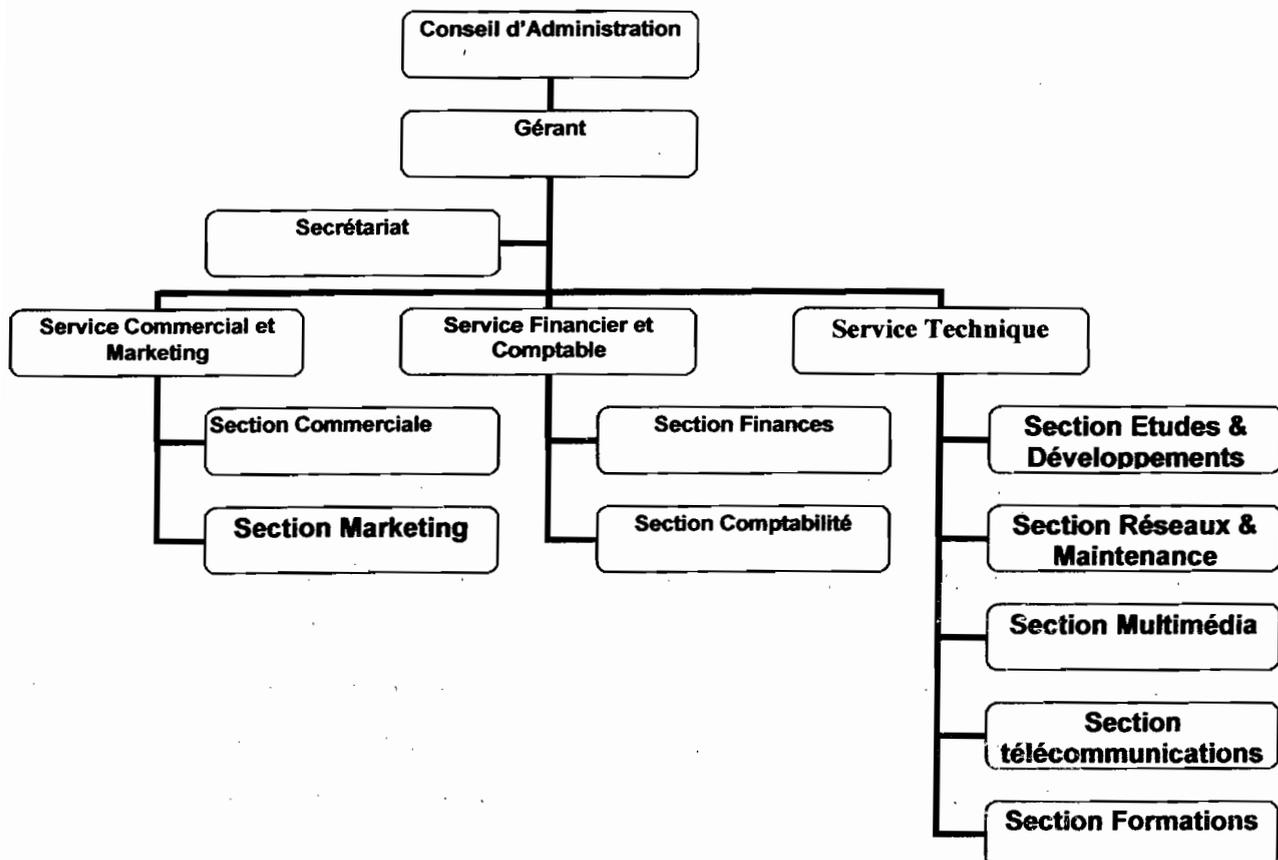
## II. Présentation de la structure d'accueil

### 1. Présentation et organisation

Le Groupe d'Ingénierie Informatique est une Société à Responsabilité Limitée (SARL) au capital de quatre (4) millions de francs CFA. Son siège social se trouve à Ouagadougou.

L'instance suprême de G2I est le Conseil d'Administration (CA) qui regroupe les actionnaires de la société et le Gérant qui donne les grandes orientations de la Société. A cours terme y sera associé le commissaire aux comptes.

### 2. Organigramme



# PREMIERE PARTIE : VOIX SUR IP

## I. RTC et GSM

### 1. Le RTC

RTPC (Réseau Téléphonique Public Commuté ou RTC) est le réseau Téléphonique traditionnel que nous utilisons pour nos communications vocales distantes. Le RTC a donc pour rôle essentiel le transfert de la voix, mais avec l'évolution technologique, il a vu le nombre de ses services augmenter ; ainsi il permet d'utiliser de multiples services tels que la transmission et la réception du fax, accéder à Internet etc.

#### 1.1 Principe du RTC

Le RTC utilise la commutation des circuits, mettant en relation deux abonnés à travers un canal dédié pendant toute la durée de l'échange.

Le RTC comprend deux (2) grandes parties.

- **Le réseau capillaire ou de distribution** : il comprend essentiellement la liaison d'abonné (paire métallique torsadée) qui relie l'installation de l'abonné au centre de transmission de rattachement. Cette partie est toujours analogique (exception faite du RNIS<sup>1</sup>). Il transporte la voix (signal analogique compris entre 300 et 3400 Hz) et la signalisation.
- **Le réseau de transit**, effectuant le transport des communications entre les nœuds de transit concentrateurs/commutateurs. Il transporte le signal échantillonné à une fréquence de 8000Hertz (contrainte liée au théorème d'échantillonnage de Shannon). La quantification se fait sur 8 bits selon une loi uniforme dans le cas de l'E1 (E Carrier) ou sur 7 bits selon une loi logarithmique dans le cas du T1 (T Carrier). Ainsi le débit est de 64 Kbits/s pour une voix d'un E1 et 56 Kbits/s pour une voix d'un T1. Généralement le réseau de transit est constitué de liaisons à 2 Mb/s (appelée E1). Chaque E1 permet de transmettre au maximum 30 appels téléphoniques simultanément. Cette partie est actuellement numérisée. La numérisation a pour avantage de préserver la qualité du signal pendant son acheminement entre les commutateurs.

On discerne généralement trois (3) fonctions au niveau de la gestion du réseau RTC :

---

<sup>1</sup> RNIS : Réseau Numérique à Intégration de services. C'est un réseau qui intègre la voix, les données, la vidéo etc. Il supporte le multimédia.

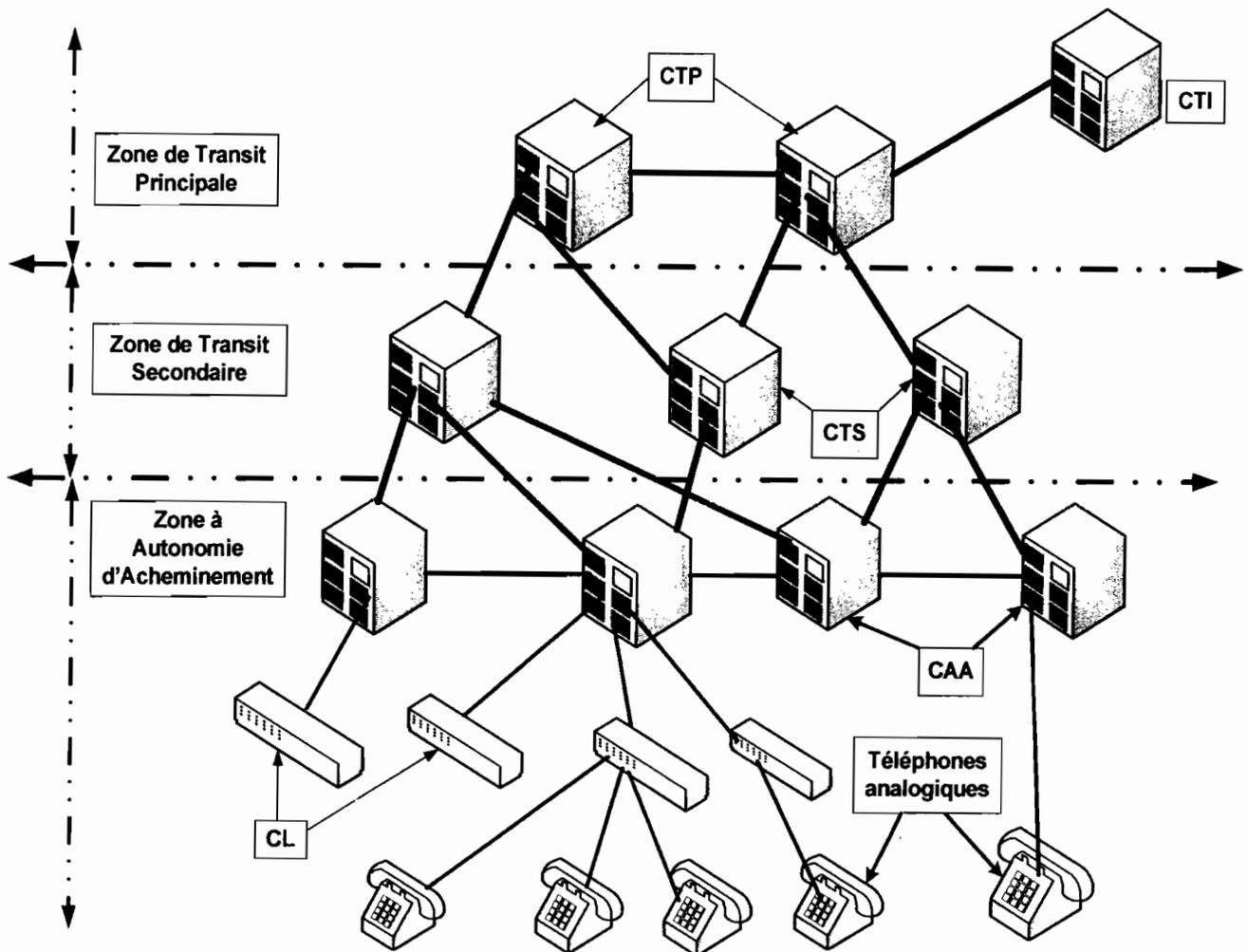
- **la distribution** : Cette section assure la transmission de la voix (fréquence vocale de 300 à 3400 Hz) et de la signalisation.
- **la commutation** : c'est la fonction essentielle du réseau, elle consiste à mettre en relation deux abonnés, maintenir la liaison pendant l'échange et libérer les ressources à la fin de celui-ci. C'est le commutateur qui détermine les paramètres de taxation et impute le coût de la communication à l'appelant. Traditionnellement (avant l'avènement des réseaux intelligents), il était le siège de tous les services disponibles sur le réseau (services à valeur ajoutée).
- **la transmission** : c'est la partie support de télécommunication du réseau. Cette fonction est remplie soit par le système filaire (cuivre, fibre optique), soit par faisceaux hertziens, soit par VSAT etc.

## 1.2 Architecture du RTC

Le réseau Téléphonique Commuté est organisé de façon hiérarchique à plusieurs niveaux appelés zones de concentration, illustré sur le schéma ci-dessous.

On distingue :

- **la Zone à Autonomie d'Acheminement (ZAA)** : elle est la plus basse de la hiérarchie et abrite les Commutateurs à Autonomie d'Acheminement (CAA). Ces derniers desservent les Commutateurs Locaux qui ne sont que des simples concentrateurs auxquels sont raccordés les abonnés finals. Cette zone a une topologie étoilée. Au Burkina, on utilise des URAD (Unité de raccordement d'abonnés distants) dans les zones à faible densité d'abonnés. On utilise également des systèmes sans fils dans le cadre de la téléphonie rurale ;
- **la Zone de Transit Secondaire (ZTS)** : elle comporte des Commutateurs de Transit Secondaires (CTS) ; ces commutateurs assurent le brassage des circuits lorsqu'un CAA ne peut atteindre le CAA demandé ou lorsque le faisceau transversal reliant les deux CAA est congestionné ;
- **la Zone de transit Principal (ZTP)** : cette zone assure la commutation des liaisons longues distances. Chaque ZTP comprend au moins un Commutateur de Transit Principal (CTP) et l'un des CTP est relié au Commutateur de Transit International (CTI) qui gère les appels internationaux.



**CL : Commutateur Local**

**CAA : Commutateur à Autonomie d'Acheminement**

**CTS : Commutateur de Transite Secondaire**

**CTP : Commutateur de Transite Principal**

**CTI : Commutateur de transit International**

**Figure 1: Architecture du RTC**

Pour des problèmes de mobilité et d'accessibilité auxquels le RTC est confronté et face aux besoins croissants des utilisateurs à disposer de leurs contacts partout où ils se trouvent, les opérateurs télécoms ont développé un réseau de communication sans fil appelé GSM (Global System for Mobile communication).

## **2. Le GSM**

GSM (Global System for Mobile communication) est une norme de télécommunications qui est née en 1982 par l'intermédiaire de CEPT (Conférence Européenne des Postes et des télécommunications). Ce réseau est souvent appelé de seconde génération par opposition aux réseaux mobiles de première génération (NMT<sup>1</sup>).

### **2.1 Principe de fonctionnement**

Le système GSM est basé sur le concept de cellule. Cela consiste à découper le territoire en de petites zones appelées cellules et de distribuer des fréquences radio entre ces dernières. Chaque cellule est formée par une station de base (BTS : Base Transceiver Station) qui émet des signaux radio autour d'elle sur un rayon d'environ 35 Km. Les cellules ont une forme théorique hexagonale. Les cellules voisines n'utilisent pas les mêmes fréquences d'émission afin d'éviter les interférences, cela signifie qu'on peut utiliser les mêmes fréquences dans les cellules éloignées. Ainsi on définit la notion de clusters constitués par plusieurs cellules dans lesquelles une fréquence est utilisée une seule fois. Cela permet d'avoir une grande capacité globale du système. Le terminal d'abonné appelé station Mobile (MS : Mobile Station) est en contact permanent avec la BTS de sa cellule de localisation par l'émission et la réception des signaux. Par ailleurs, le système GSM définit la communication sur deux bandes de fréquences.

- En Europe, on utilise le GSM 900. Les communications ascendantes (MS vers BTS) se font sur la bande de fréquences comprise entre 890MHz à 915 MHz et la communication descendante (BTS vers MS) sur la bande de 935 MHz à 960MHz. Comme la communication se passe sur un canal fréquentiel de 200 KHZ ce modèle laisse la possibilité d'utiliser 124 canaux fréquentiels. L'avantage de ce système est que la portée est relativement longue. En général toute l'Afrique utilise ce modèle.
- Aux Etats-Unis, on utilise le système DCS-1800 (Digital Communication System) qui utilise une bande de fréquences plus élevée. Les communications montantes sont sur la bande de 1710 MHz et 1785 MHz et les communications descendantes sur 1805 MHz et 1880 MHz, ce qui donne la possibilité d'avoir jusqu'à 374 canaux fréquentiels. Ce système a une portée moindre par rapport au système européen.

---

<sup>1</sup> NMT: Nordic Mobile Telecommunication

En réalité, aujourd'hui on utilise conjointement les deux systèmes ; la bande de 900 Mhz est utilisée dans les zones moins peuplées et la bande 1800 Mhz dans les zones à forte densité d'abonnés. Par exemple au Burkina les deux fréquences sont utilisées par les opérateurs téléphoniques. Les MS compatibles aux deux systèmes sont appelés les bi-bandes ou dual-band.

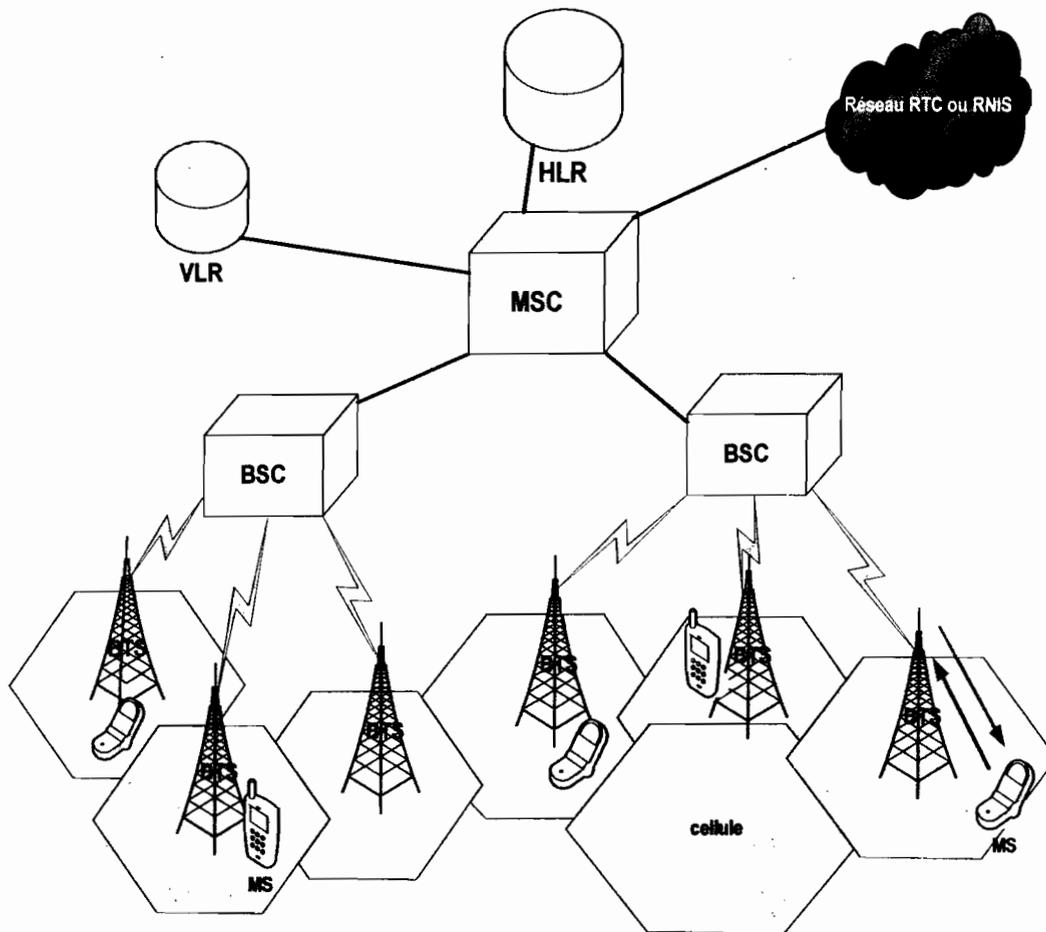
## 2.2 Architecture du GSM

GSM a une architecture beaucoup plus ordonnée que celle du RTC. Les différents équipements communiquent de façon hiérarchique. Ainsi on distingue.

- Le mobile (MS : Mobile Station) : c'est le terminal dont disposent les utilisateurs. Celui-ci ne prend fonction dans le réseau que s'il est équipé d'une carte SIM (Subscriber Identity Module). La carte SIM se comporte comme une base de données qui contient les informations relatives à l'utilisateur, au réseau, à la sécurité ..., elle identifie l'abonné sur le réseau par la validation du code PIN (Personal Identification Number). La MS dispose d'un numéro unique appelé IMEI (International Mobile Equipment Identity) introduit dans sa mémoire à la fabrication, accessible par la combinaison des touches \*#06#. Notons que le mobile contient des codecs (Full rate et Half rate : la qualité du Full Rate est bien entendu meilleure à celle du Half Rate). Le choix Half Rate ou Full rate répond à une situation ponctuelle de congestion sur l'interface air. Ce choix de codecs peut se faire de manière dynamique ; on parle alors de AMR (Adaptative Multi Rate)), et la voix est numérisée à son niveau.
- La station de base (BTS : Base Transceiver Station) : c'est l'élément central de la cellule. C'est un ensemble d'émetteurs /récepteurs (TRX) fixes qui assure la fonction radio du GSM. Elle contrôle tous les MS qui sont dans sa cellule grâce à des messages de signalisations.
- Le Contrôleur de Stations de Base (BSC : Base Station Controller) : il contrôle plusieurs BTS, gère les passages intercellulaires (Hand Over) des utilisateurs. Il joue aussi un rôle de concentrateur/commutateur en redirigeant tous les appels venant des BTS qu'il contrôle vers une sortie unique et en commutant les appels vers les bonnes BTS. Il constitue avec la BTS la partie radio du réseau GSM (Sous systèmes des Stations de Base).
- Le MSC (Mobile Switching Center) : il a plusieurs rôles importants dans le réseau, à savoir l'interconnexion du GSM avec le réseau RTC ou RNIS, la mise à jour des bases de données telles que le VLR et le HLR (définis plus bas) et la taxation des abonnés. C'est à son niveau également que sont configurés les différents services à valeur ajoutée.

- Le HLR (Home Location Registrar) et VLR (Visitor Location Registrar) : le HLR est une base de données statique qui contient les informations relatives à un abonné, notamment son numéro IMSI (International Mobile Subscriber Identity) mémorisé dans la carte SIM, différent du numéro de téléphone et le mode d'abonnement. Le VLR enregistre les informations dynamiques des abonnés. Si un abonné change de cellule ou s'il met sa puce dans un autre appareil, le VLR met sa base de données à jour. Généralement chaque MSC a son VLR.

La figure 2 présente l'architecture du GSM.



**MS : Mobile Station**

**BTS : Base Transceiver Station**

**BSC : Mobile Switching Center**

**VLR : Visitor Location Registrar**

**HLR : Home location Registrar**

**RNIS : Réseau Numérique à Intégration de Service**

Bande de 890-915 MHz

Bande de 935-960 MHz

**Figure 2: Architecture hiérarchique du réseau GSM**

La mobilité du réseau GSM est relative à un opérateur donné excepté dans le cas des roaming. Cependant les utilisateurs aimeraient continuer à travailler en cas de missions ou rester à leur domicile et travailler tout en conservant le même numéro et les services. Pour répondre à ces attentes un système de communication téléphonique (VoIP : Voice over IP) basé sur le protocole IP a été mis en place.

## II. Le protocole IP

IP (Internet Protocol) est le protocole le plus utilisé en matière d'interconnexion entre ordinateurs hétérogènes. C'est de facto le principal protocole utilisé sur l'Internet (d'où sa signification en français le Protocole d'Internet). Le protocole IP permet donc aux ordinateurs reliés entre eux de communiquer et aussi le dialogue inter réseaux (c'est-à-dire entre plusieurs réseaux). IP est un protocole de commutation de paquets, il découpe l'information à transmettre en paquets, adresse ces derniers, les transporte indépendamment les uns des autres et les recompose pour donner l'information initiale à l'arrivée.

Le protocole IP a deux (2) fonctions essentielles : l'adressage et le routage.

L'adressage consiste à associer une adresse unique (appelée adresse logique par opposition à l'adresse physique par exemple des cartes Ethernet) à chaque ordinateur sur Internet ou tout autre réseau ordinaire d'ordinateurs. Cette adresse appelée adresse IP est un numéro codé sur quatre (4) octets, chaque octet pouvant varier entre 0 et 255.

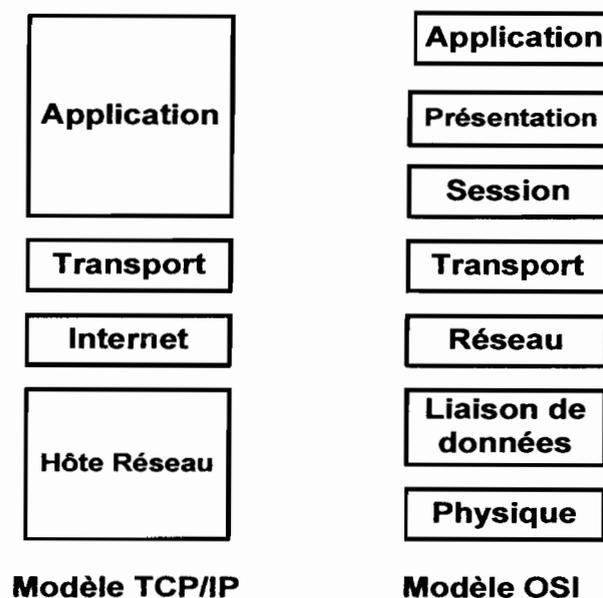
Le routage concerne le transport des paquets d'un réseau à un autre. Il repose sur le fait que pour communiquer entre deux réseaux, il est nécessaire de passer par une succession de machines appelées passerelles qui ont la propriété d'appartenir à (au moins) deux réseaux. Le routage permet donc aux paquets de traverser ces passerelles (routeurs) et d'emprunter le chemin le plus optimum pour arriver à destination.

Le protocole IP est souvent associé à TCP (Transmission Control Protocol), on parle ainsi du protocole TCP/IP qui est une suite de protocoles devenu une norme (la pile TCP/IP). Cette pile comprend quatre couches.

- La couche 1 : interface réseau, qui s'occupe du transport des données brutes sous forme de bits
- La couche 2 : Internet, il définit l'adressage IP et le routage des paquets IP. Les protocoles de cette couche sont :
  - IP : Internet Protocol ;
  - ARP : Address Resolution Protocol, résolution d'adresse IP en adresse MAC ;

- RARP : Reverse Address Resolution Protocol, résolution d'adresse MAC en adresse IP ;
  - ICMP : Internet Control Message Protocol, gestion des message du protocole IP ;
  - IGMP : Internet Group Management Protocol, protocole de gestion de groupe.
- La couche 3 : Transport : cette couche permet à des applications tournant sur des machines distantes de communiquer. Elle contient deux protocoles :
- TCP : Transmission Control Protocol, c'est un protocole orienté connexion qui assure le contrôle des erreurs ;
  - UDP : User Datagram Protocole c'est un protocole non orienté connexion dont le contrôle d'erreur est sans accusé de réception.
- La couche 4 ou couche « Application » : c'est la couche du niveau utilisateur. Les principaux protocoles sont :
- HTTP : Hyper Text Transfer Protocol, pour le transport des pages web ;
  - SMTP : Simple Mail Transfer Protocol, pour le transport des courriers électroniques ;
  - FTP : File Transfer Protocol, pour le transfert de fichiers ;
  - DNS : Domain Name Server, pour la traduction des adresses IP en nom de domaine et vice versa ;
  - DHCP : Dynamic Host Configuration Protocol, pour la configuration dynamique des adresses IP ;
  - Etc.

Notons que chacune des couches de la pile TCP/IP correspond à une ou plusieurs couches du modèle OSI (Open System Interconnect).



**Tableau 1 : Comparaison entre TCP/IP et OSI**

### III. Voix sur IP et Téléphonie sur IP

#### 1. Voix sur IP

##### 1.1 Introduction et définition

La voix sur IP (VoIP : Voice over IP) est une technologie de communication vocale en pleine émergence. Elle fait partie d'un tournant dans le monde de la communication.

En effet, l'heure est à la convergence dans tous ces aspects :

- convergence en terme de services fournis (exemple : le triple play qui est la fourniture jointe de services de voix, données et vidéo) ;
- convergence au niveau technologique (fourniture des différents services par un même réseau) ;
- convergence au niveau des industries (apparition de nouveaux acteurs provenant de secteurs industriels jadis distincts).

En plus l'Internet s'est étendu récemment dans l'Intranet de chaque organisation, voyant le trafic total basé sur un transport réseau de paquets IP surpasser le trafic traditionnel du réseau voix (réseau à

commutation de circuits). Du coup on peut se poser la question sur la pertinence de transporter les données sur un réseau initialement dédié à la voix ou alors transporter la voix sur un réseau initialement dédié aux données.

La technologie VoIP permet d'appliquer à la voix les mêmes traitements que les autres types de données circulant sur Internet grâce au protocole IP, elle permet donc de communiquer par voix sur tout réseau acceptant le protocole TCP/IP.

Le signal numérique, obtenu par numérisation de la voix, est découpé en paquets qui sont transmis sur un réseau IP vers une application qui se chargera de la transformation inverse (des paquets vers la voix).

## 1.2 Principe

Nous avons vu au niveau du RTC que la voix est un signal analogique compris entre 300 et 3400 Hz. Pour lui permettre de circuler sur les réseaux IP, elle doit subir plusieurs traitements tels que la numérisation (échantillonnage, quantification, codage) la compression, l'encapsulation, le codage canal etc.

- La numérisation : c'est la conversion du signal continu en train binaire, cela consiste à découper le signal analogique pendant les intervalles de temps réguliers afin de lui donner une estimation binaire.
- La compression : il s'agit à ce niveau de réduire le débit binaire de la voix qui doit transiter sur le réseau. Elle a pour intérêt de réduire l'utilisation de la bande passante. Il existe des algorithmes de compression pour la voix et la vidéo appelés codecs (voir tableau II).
- L'encapsulation : elle consiste à habiller les paquets voix avec certains en-têtes pour faciliter la commutation, la synchronisation, la protection etc. Ainsi ces paquets reçoivent successivement les en-têtes RTP<sup>1</sup>, UDP, IP ;
- Etc.

Il faut noter que les inverses de toutes ces opérations sont réalisés à la destination pour donner le signal analogique initial.

---

<sup>1</sup> RTP : Real Time Transport Protocol

Codecs	Débits (Kbits/s)	MOS
G.711 PCM	64	4,52
G.711 PCM	56	4,44
G.726 ADPCM	40	4.34
G.726 ADPCM	32	4,2
G.726 ADPCM	24	3.98
G.728 LD-CELP	16	3.7
GSM Full Rate	13	4.1
G.729 CS-ACELP	12	4.19
G.729 CS-ACELP	8	3,92
G.723.1 MP-MLQ	6.3	4
G.723.1 ACELP	5.3	3,92

**Tableau 2: Codecs recommandés par UIT-T<sup>1</sup> pour la voix et la vidéo**

La note moyenne d'opinion (MOS : Mean Opinion Score) est obtenue par le jugement de la qualité générale des échantillons vocaux de l'auditeur. Les auditeurs donnent leur appréciation du système en utilisant une échelle comprenant cinq possibilités (excellent, bien, passable, faible et mauvais). L'échelle du MOS se présente ainsi :

- 5 – EXCELLENT
- 4 – BIEN
- 3 – PASSABLE
- 2 – FAIBLE
- 1 – MAUVAIS

### 1.3 Architecture VoIP

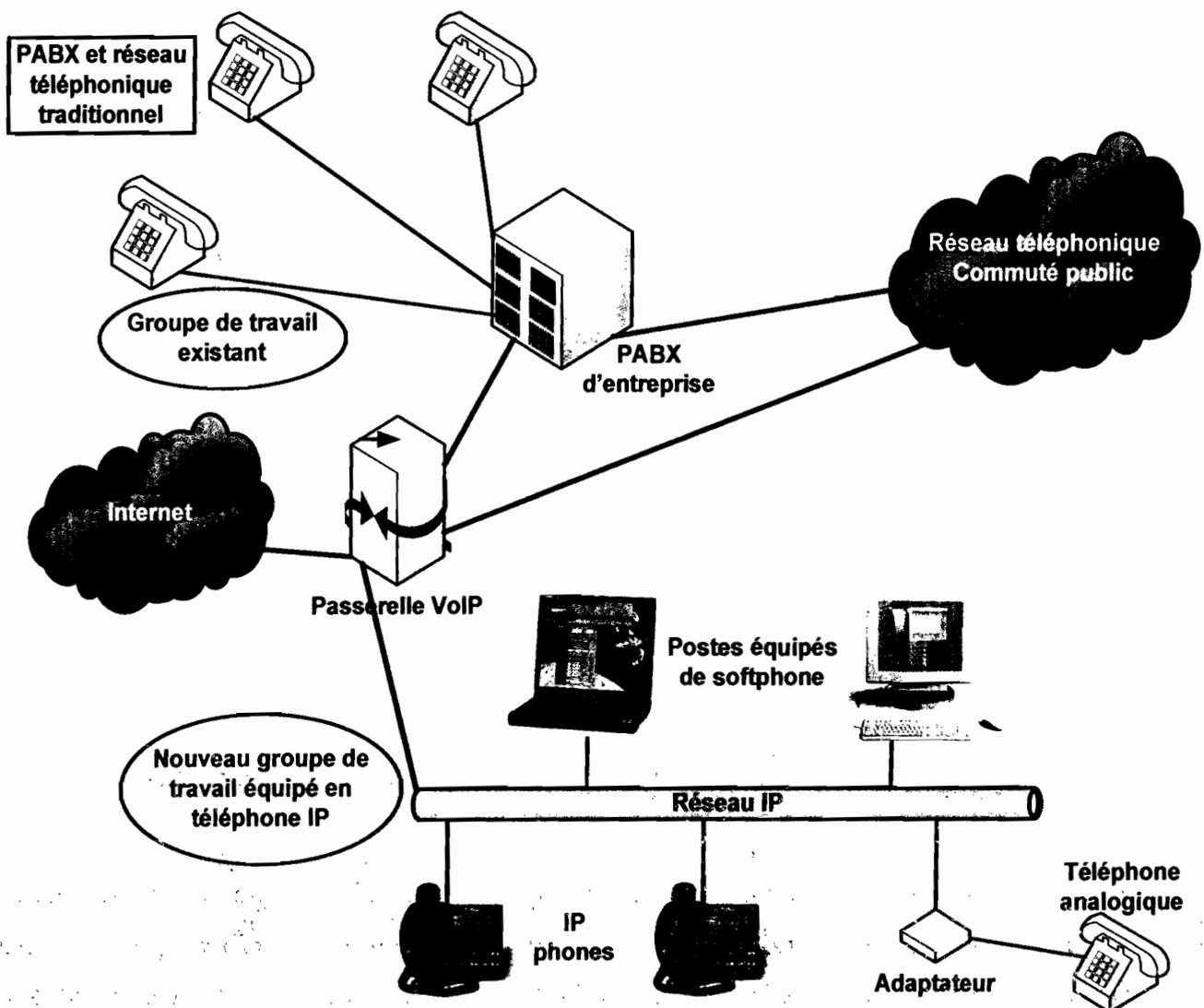
Dans l'architecture VoIP les nouveaux équipements interagissent avec des équipements traditionnels pour permettre une communication dans toutes les conditions. Ainsi on peut citer :

- La passerelle : Elle assure l'interconnexion entre le réseau IP et le réseau commuté RTC. Elle facilite donc l'ajout de fonctionnalités VoIP sur un système de téléphonie existant. C'est à la passerelle que reviennent les rôles de codage/décodage de la voix, de compression des données

<sup>1</sup> Union Internationale de Télécommunication , section Télécoms

et de mise en paquets IP du signal voix dans le sens de la communication RTC vers réseau IP. Dans l'autre sens la voix sort en paquets depuis les IP phones.

- Le PABX : C'est le commutateur du réseau téléphonique classique. Il permet de faire le lien entre la passerelle et le réseau RTC. Si tout le réseau devient IP, cet équipement sera remplacé par un IPBX<sup>1</sup> (confer III de la partie II).
- Les Terminaux : ce sont des PC équipés d'un soft phone, des IP phones (téléphones IP), etc. Le schéma 3 représente un réseau VoIP implémenté sur un réseau téléphonique traditionnel d'entreprise.



**Figure 3: Réseau VoIP interconnecté avec un réseau téléphonique classique existant**

<sup>1</sup> IPBX : PABX/IP (Private Automatic Branch eXchange pour les réseaux IP)

## 2. Téléphonie sur IP

La téléphonie sur IP (ToIP : Telephony over IP) est le fait d'utiliser le protocole IP pour transmettre la voix et gérer les fonctions téléphoniques. La voix numérisée, compressée et encapsulée en paquets est transmise dans le réseau IP comme tout autre paquet de donnée. Dans une architecture ToIP on ajoute certains éléments à l'architecture VoIP pour la gestion des fonctions téléphoniques telles que le fax, la conférence, la mise en attente, le renvoi d'appel, la messagerie vocale etc. Ainsi on utilise :

- la passerelle (confer partie I III.1.3) : ici, l'interconnexion peut être entre le réseau IP et un réseau GSM, RTC, RNIS ... ;
- les serveurs : ils sont aussi appelés « Call Manager » et c'est à leur niveau que tous les services de ToIP sont implémentés. Ils sont chargés de la gestion des communications dans le réseau. Ils peuvent être un Gatekeeper H323 (confer partie I IV.1.2), un serveur SIP (confer partie I IV.2.2), un IPBX natif (confer partie II I.1.1) ... ;

## V. Les standards VoIP

### 1. Protocole H323

#### 1.1 Définition

H323 est un protocole qui permet de faire la visioconférence (l'envoi de son et de la vidéo avec un souci de temps réel) sur les réseaux IP. C'est le protocole VoIP le plus ancien, il a été initié par l'UIT (Union International des Télécommunications) et fonctionne depuis 1996. Il est basé sur les travaux de la série H.320 sur la visioconférence sur RNIS (Réseau Numérique à Intégration de Service). C'est un logiciel propriétaire, mais il existe un projet Open H323 qui développe un client H323 en logiciel libre.

## 1.2 Fonctionnement

Le protocole H323 est utilisé pour l'interactivité en temps réel, notamment pour la vidéoconférence (signalisation, enregistrement, contrôle d'admission, transport, encodage etc.)

H323 définit plusieurs éléments réseaux pour son fonctionnement.

- Les terminaux : deux types de terminaux H323 sont disponibles. Les IP phones H323 et les PC équipés des soft phones compatibles H323.
- Les passerelles H323 (GW : Gateway) : elles fournissent la connectivité entre un réseau H323 et un réseau non H323. Cette connectivité nécessite la compression et la décompression, cryptage et décryptage etc.
- Les portiers (GK : Gatekeeper) : ils constituent le cerveau du réseau H323. ils ont pour rôle la traduction d'adresse (numéro de téléphone en adresse IP), le contrôle d'admission, le contrôle de la bande passante (requête de la bande passante, confirmation de la bande passante et rejet de la bande passante), l'autorisation des appels, la gestion des appels, etc.
- Les unités de contrôle multipoint (MCU : Multipoint Control Unit) : elles permettent aux utilisateurs de se connecter aux sessions de conférence.

Aussi H323 utilise trois protocoles de signalisation à savoir :

- RAS (Registration Admission and Status) : il est utilisé pour communiquer entre deux gatekeeper et permet aussi aux équipements terminaux de découvrir l'existence d'un gatekeeper ;
- Q.931 : ce protocole lui permet le contrôle, la signalisation, et l'établissement des appels téléphoniques ;
- H.245 : il contrôle les canaux logiques pour le transfert de l'information et l'échange de capacités entre les terminaux.

Il existe cinq phases dans une communication H323 :

- Etablissement d'appel ;
- Echange de capacités ;
- Etablissement de la communication ;
- Invocation de services en phase appel ;
- Libération d'appel.

## 2. MGCP

### 2.1 Définition

MGCP (protocole de commande de passage de médias : Media Gateway Control Protocol) est un protocole utilisé dans la voix au-dessus de système d'IP (VoIP). Ce protocole a été principalement développé pour adresser les demandes des réseaux téléphoniques à fil porteur d'IP. MGCP est un protocole complémentaire pour H.323 et SIP, qui a été conçu comme protocole interne entre le contrôleur de passage de médias et le passage de médias.

### 2.2 Fonctionnement

MGCP est utilisé sur une architecture composée :

- d'un Media Gateway (MG) : il a pour rôle de convertir la voix en paquet et inversement, ou de convertir le format d'un type de réseau à un autre format qui correspond au format d'un autre type de réseau ;
- d'un Media Gateway Controller (MGC) : il est aussi appelé agent d'appel (call agent) ou encore softswitch. Il permet le contrôle centralisé des MG et est responsable de la partie signalisation de l'appel (établir modifier terminer).

MGCP utilise les protocoles H323 ou SIP pour communiquer entre deux MGC.

MGCP a été développé uniquement pour le transfert de la voix, un autre protocole semblable, qui supporte le multimédia, a été mis en place. Il est appelé MEGACO (MEdia GAteway COntrol) par l'IETF et H.248 par l'UIT.

## 3. Protocole SIP

### 3.1 Introduction

SIP (Session Initiation Protocol) est un protocole de signalisation permettant l'établissement, la libération et la modification de sessions multimédias. SIP appartient à la couche applicative du modèle OSI, il a été développé par MMUSIC (Multiparty Multimedia Session Control), repris et maintenu par l'IETF. SIP a été étendu afin de supporter de nombreux services tels que la messagerie instantanée, le

transfert d'appel, la conférence, les services complémentaires de téléphonie, etc. Les utilisateurs ouvrant une session, peuvent communiquer en mode « unicast » ou « point à point » (communication entre deux personnes) ou en mode « multicast » (conférence). C'est un protocole simple, léger et extensible qui peut s'implémenter avec une gamme variée d'équipements.

### **3.2 Fonctionnement**

Pour ouvrir une session, l'utilisateur émet une invite SIP transportant un descripteur de session qui permet aux utilisateurs souhaitant communiquer de s'accorder sur les paramètres de la session. Ainsi SIP intervient aux phases suivantes de la session :

- localisation du terminal correspondant (User Location) : permet de localiser le poste utilisé pour communiquer ;
- disponibilité du correspondant (User Availability) : détermine si le poste appelé souhaite communiquer et autorise l'appelant à le contacter ;
- analyse des ressources (User Capabilities) : négocie le type de média (voix, vidéo, données) et les paramètres associés (codecs) ;
- établissement de la session (Session Setup) : avertit les parties de la demande d'ouverture de session (sonnerie, message de réception d'appel) ;
- gestion de la session (Session Management) : gère le transfert, la fermeture ainsi que les modifications éventuelles des paramètres.

SIP incorpore des éléments de deux protocoles d'Internet largement utilisés : HTTP et SMTP.

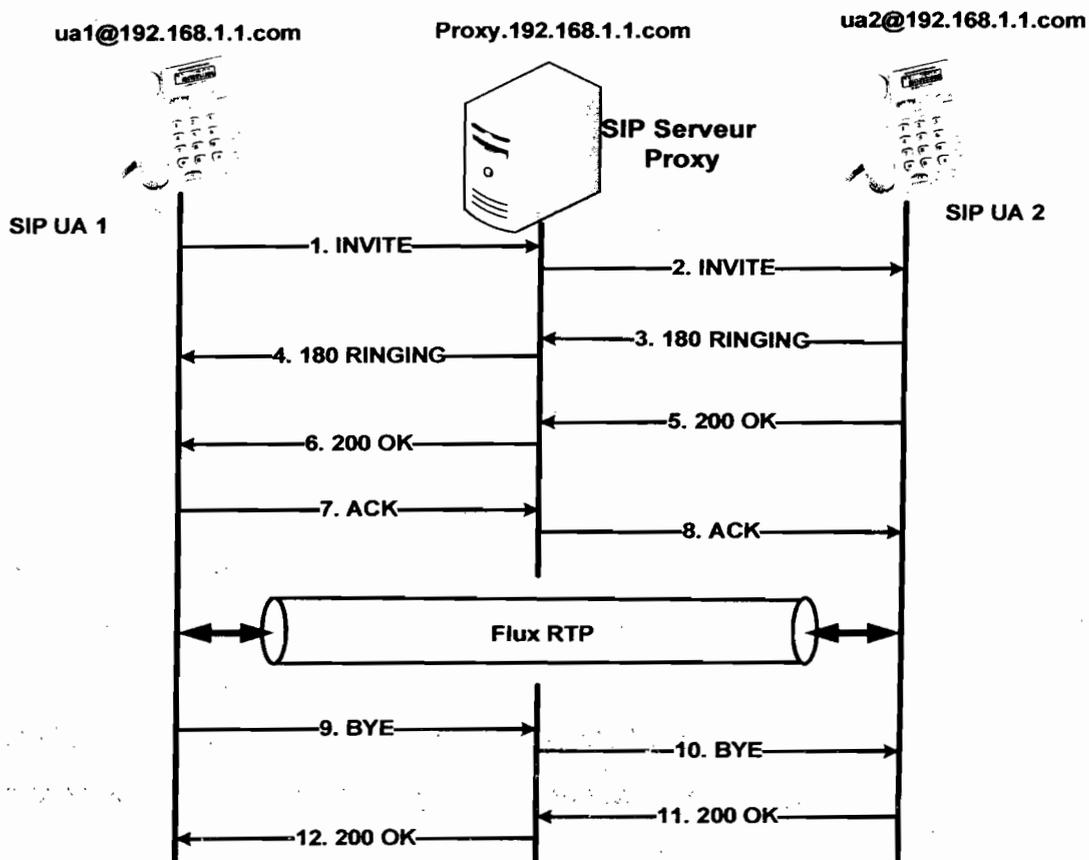
- De HTTP, SIP a emprunté l'architecture client/serveur et l'usage d'URL et d'URI. Chaque machine SIP est identifiée par une adresse nommée URL SIP sous la forme (nom\_client@adresse\_IP\_serveur) ;
- De SMTP, il a emprunté le style d'entête (To, From, Date, Subject).

Dans l'architecture SIP, on trouve deux composantes principales : les agents usagers (UA : User Agent) et les serveurs SIP.

- UA : c'est l'application de l'utilisateur final (téléphone IP ou soft phone). Il existe des agents usagers clients (UAC) qui représentent les parties appelantes (envoi de requêtes) et des agents usagers serveurs (UAS) qui représentent les parties appelées (réception de requêtes).
- Serveurs SIP : ils sont nombreux et peuvent être implémentés sur la même machine. Ainsi on peut citer :

- le serveur Proxy (Proxy Server) : il effectue des requêtes pour le compte des clients, il les route afin de les acheminer à une entité plus proche du destinataire ;
- le serveur de redirection (Redirect Server) : il aide à localiser les UA, il génère des réponses au client indiquant les adresses à contacter pour joindre le destinataire final ;
- le service de localisation (Location Service) : il fournit la position courante des utilisateurs ;
- le serveur d'enregistrement (Registrar Server) : il permet de gérer la mobilité des utilisateurs. Ainsi en cas de changement d'adresse, un utilisateur doit s'inscrire auprès de ce serveur en lui indiquant son adresse SIP et l'adresse IP de sa machine ;
- etc.

Les messages SIP se présentent sous la forme schématisée ci-dessous et on peut les visualiser grâce à Wireshark (confer VI.3)



**Figure 4: Etablissement et libération de session SIP**

## 4. Les protocoles RTP et RTCP

Le couple RTP/RTCP (Real Time Protocol ou Real Time Transport Protocol/Real Time Control Protocol) a été développé par l'IETF pour le transport en temps réel, de la voix et de la vidéo encapsulées en paquets sur les réseaux IP. RTP est utilisé pour le transport de bout en bout des flux qui ont des contraintes de temps très fortes. RTCP est souvent associé à RTP pour le contrôle et la supervision du réseau.

### 4.1 Fonctions du RTP

RTP a pour rôle d'organiser les paquets à l'entrée et à la sortie du réseau pour un transport temps réel. Ainsi, il permet :

- la synchronisation des flux par l'ajout des « timestamp<sup>1</sup> » pour marquer sur les paquets le moment de leur envoi, ce qui permet de reconstituer les délais inter paquets ;
- la reconstitution de l'ordre des paquets émis et la détection des paquets perdus ;
- l'identification du contenu des informations afin de leur associer un transport sécurisé ;
- l'identification de la source, ce qui permet par exemple dans une communication multicast de ne plus diffuser le message vers le port de l'expéditeur.

RTP est un protocole applicatif donc indépendant de la couche transport, mais utilise habituellement UDP pour le transport car les contrôles de TCP rendent lent les applications temps réels et le temps réel ne nécessite pas de retransmission pour des paquets. UDP ne permettant pas la retransmission, donc RTP ne garantit pas la qualité de service suffisante. C'est pourquoi il est souvent couplé avec RTCP.

### 4.2 Fonctions du RTCP

RTCP a pour rôle l'envoi périodique des messages de contrôle à tous les participants d'une session. Ainsi :

- les récepteurs envoient, via RTCP, un rapport sur QoS (Quality of Service) vers les émetteurs, qui contient les informations telles que le nombre de paquets perdus, les irrégularités de délais d'arrivée etc. Ce qui permet à la source de s'adapter ;

<sup>1</sup> C'est une sorte de timbre pour marquer les paquets. Par exemple si on prononce AB et que le B arrive avant le A, ce timbre permet au système d'attendre le A pour reconstituer le message à l'arrivée.

- les paquets RTCP contiennent aussi les messages supplémentaires tels que l'adresse d'une messagerie électronique, le nom d'un participant à une conférence téléphonique ;
- RTCP contrôle la session c'est-à-dire qu'il permet aux participants d'indiquer leur départ lors d'une conférence téléphonique ou de fournir les indications sur une éventuelle modification ;
- etc.

## **5. Comparaison entre H323 et SIP**

Avantages de SIP :

- SIP est un protocole plus modulaire, il peut fonctionner avec d'autres protocoles. Il est donc beaucoup plus souple ;
- c'est un protocole qui n'est pas centralisé, c'est-à-dire qu'on n'a pas besoin de l'implémenter en serveur ;
- il est plus rapide. La séparation entre ses champs d'en-tête et son corps du message facilite le traitement des messages et diminue le temps de transition dans le réseau ;
- etc.

Avantages de H323 :

- il est plus utilisé car il est adopté par de grandes sociétés telles que SISCO, IBM, Intel, Microsoft) ;
- il est utilisé par les principaux logiciels de visioconférence sur IP (Picturel 550, Proshare 500, Trinicon 500, Smartstation et Cruiser 150) ;
- il a un niveau d'interopérabilité très élevé, ce qui permet d'échanger les données audio ou vidéo sans faire attention aux types de média utilisés ;
- etc.

	SIP	H323
Nombre d'échanges pour établir une connexion	1 à 5 allers-retours	6 à 7 allers-retours
Maintenance du code protocolaire	Simple par sa nature textuelle à l'exemple de HTTP	Complexe et nécessite un compilateur
Evolution du protocole	Protocole ouvert à de nouvelles fonctions	Ajout d'extensions propriétaires sans concertation entre vendeurs
Fonction de conférence	Distribuée	Centralisée par l'unité MCU
Fonction de télé services	Oui par défaut	H323 v2+H450
Détection d'un appel en boucle	Oui	Inexistant sur la version 1 un appel routé sur l'appelant provoque une infinité de requêtes
Signalisation multicast	Oui, par défaut	Non

**Tableau 3: Comparaison entre H323et SIP**

## V. Qualité de service (QoS)

### 1. Les critères de QoS

#### 1.1 Latence

La maîtrise du délai de transmission est un élément essentiel pour bénéficier d'une bonne qualité de conversation vocale, or la durée de traversée d'un réseau IP dépend de nombreux facteurs tels que le débit de transmission sur chaque lien, le nombre d'éléments réseaux traversés (notamment les routeurs), le délai de propagation de l'information etc. La latence est donc due au retard causé par ces différents facteurs. Notons que pour la voix, en plus de ces facteurs, il y a le temps de codage et la mise en paquets de celle-ci qui contribuent à augmenter ce délai (surtout dans le cas de réseaux VoIP

hétérogène interconnectés entre eux). Si le temps de latence est important cela crée un écho qui perturbe la voix. L'UIT-T recommande un délai inférieur ou égal à 300 millisecondes ( $\leq 300$  ms), au-delà, la communication devient « half duplex » voire impossible.

## **1.2 Pertes de paquets**

La perte des paquets est due au fait que les différents nœuds réseaux IP (lorsqu'ils sont congestionnés) peuvent, en fonction de la configuration, libérer automatiquement de la bande passante en se débarrassant de certains paquets IP entrants. Les paquets de voix étant véhiculés au dessus d'UDP, aucun mécanisme de contrôle de flux ou de retransmission des paquets perdus n'est offert au niveau du transport. Si le nombre de paquets perdus est important cela produit des ruptures au niveau de la conversation et une impression de hachure de la parole. Généralement, si le taux de perte dépasse 20% le signal n'est plus audible.

## **1.3 Gigue ou jitter**

La gigue est due à la variation des temps de parcours des différents paquets sur le réseau, c'est-à-dire elle mesure la variation de temps entre la date d'arrivée théorique de deux paquets et la date d'arrivée effective. Cette variation est due à l'existence de plusieurs routes, à la congestion de certains nœuds, à l'encapsulation de paquets etc. On utilise souvent des mémoires tampons (buffer de gigue) pour corriger les irrégularités causées par la gigue.

## **2. Comment augmenter la QoS ?**

Pour le bon fonctionnement d'un réseau VoIP, il faut apporter certaines améliorations au réseau IP telles que réduire les délais de transmission, compenser les variations de délais, réduire le nombre de paquets perdus etc. Ainsi on utilise certains modèles d'architecture de QoS.

### **2.1 RSVP**

RSVP (Resource ReserVation Protocol) est un protocole de contrôle entre deux équipements du réseau : station/routeur ou routeur/routeur. Il spécifie une QoS de bout en bout du réseau avant l'envoi

de l'information. VoIP utilise RSVP pour réserver les ressources auprès des routeurs pour que la bande passante demandée soit disponible jusqu'à la fin de la session. C'est un protocole de signalisation et il est chargé de rafraîchir périodiquement les informations au cas où il aura changement de route empruntée par le flux.

## **2.2 IntServ (Intregrated Service)**

IntServ est un modèle qui permet de garantir le taux de perte et le délai d'acheminement observés par un flux individuel, tout en contrôlant la distribution de ressources entre les flux. Ce modèle définit deux services : le service garanti (guaranteed service) et la charge contrôlée (controlled load). Sa politique est basée sur le contrôle d'admission et la réservation de ressources sur tous les nœuds traversés par le flux concerné. Pour la réservation, le protocole RSVP est utilisé. Avec l'augmentation du volume d'informations en transit, ce modèle s'est révélé inefficace pour les réseaux WAN, d'où la naissance de DiffServ.

## **2.3 DiffServ (Differentiated Service)**

Ce modèle consiste à accorder un traitement particulier aux paquets qui le nécessitent, à attribuer différentes classes de services aux paquets, il n'y a plus de réservation de ressources auprès des nœuds comme IntServ. Par exemple les paquets voix vont recevoir une classe qui leur permettrait d'avoir un délai de transmission faible. Tous les paquets qui portent la même classe sont traités de la même manière par les nœuds réseaux. Le traitement peut porter sur la priorité, sur la garantie etc.

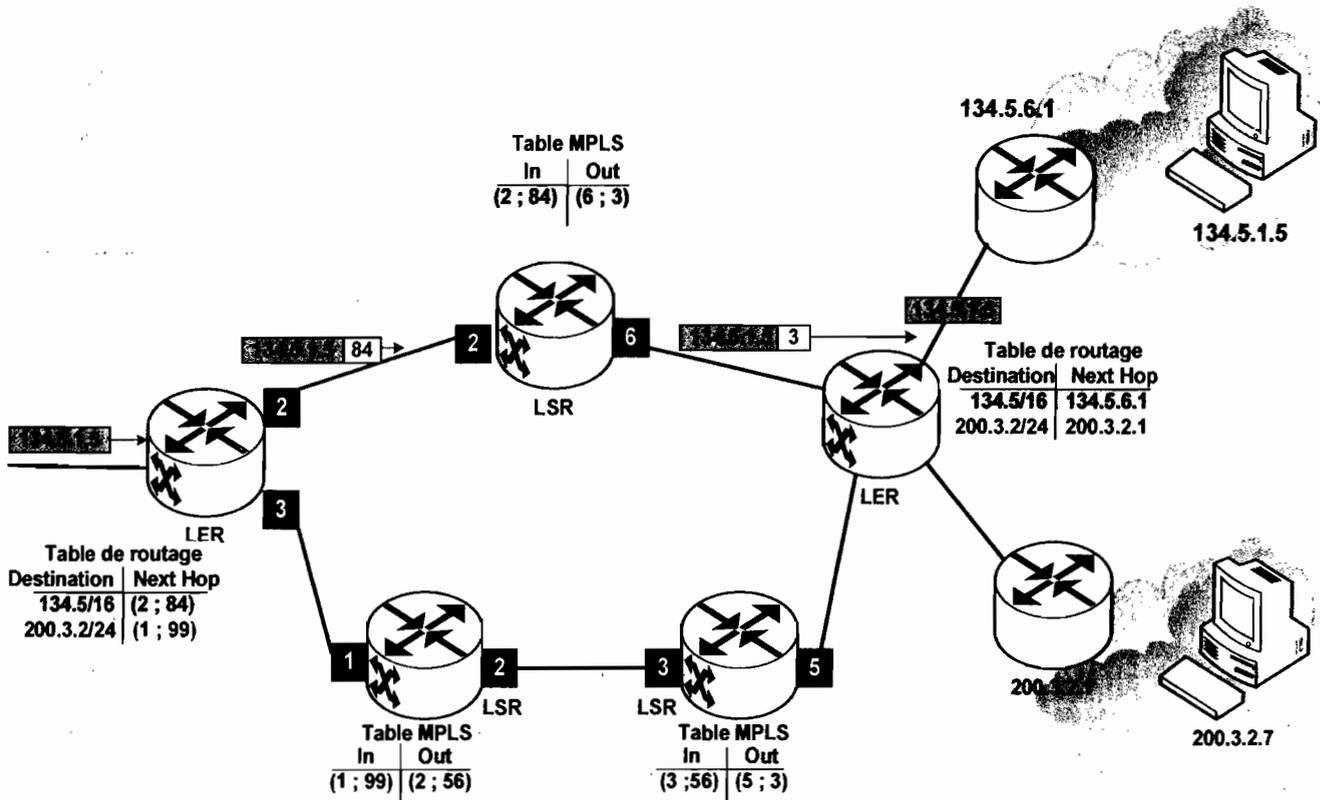
Les deux modèles IntServ/DiffServ peuvent être combinés pour avoir une bonne QoS. Dans ce cas on implémente IntServ dans l'intranet et DiffServ pour les communications distantes.

## **2.4 MPLS**

MPLS (Multi Protocol Label Switching) est une solution développée par l'IETF pour améliorer les performances des réseaux IP. A la différence d'un routage basé sur les adresses IP, MPLS introduit la commutation en utilisant des labels ou étiquettes. Ainsi MPLS utilise les terminologies suivantes :

- Label : c'est une étiquette servant à identifier un paquet et son acheminement ;

- LER (Label Edge Router) : il se situe à l'entrée et à la sortie du réseau MPLS et est chargé de donner ou de supprimer les labels en fonction des flux entrants ou sortants ;
- LSR (Label Switching Router) : c'est un routeur situé au cœur du réseau MPLS qui a pour rôle de commuter les paquets en fonction des labels ;
- FEC (Forward Equivalence Class) : c'est l'ensemble des paquets qui ont reçu un même label, et ils seront traités de la même manière par les LSR.



**Figure 5: Acheminement dans un réseau MPLS**

## VI. Sécurité VoIP

### 1. Les types d'attaques

ToIP étant basée sur le réseau IP, hérite donc de tous les problèmes de sécurité de ce dernier. Mais on peut retenir que les risques suivants sont fréquents dans ces réseaux.

- Intrusion : il est quasi-impossible de faire un filtrage dans un réseau VoIP lorsqu'on utilise le protocole H323. En effet la multiplication des flux, les mécanismes d'établissement d'appel, les

extensions à la norme, et la transmission des adresses IP au niveau applicatif empêchent tout filtrage.

- Ecoute : les protocoles RTP et RTCP font l'acheminement simple des paquets, un espion qui arrive à intercepter ces paquets peut les décoder facilement et avoir le contenu des données.
- Usurpation d'identité : la mobilité qu'apporte ToIP introduit un problème d'authentification. Un délinquant peut voler le nom/numéro d'un utilisateur ainsi que son mot de passe et donc s'enregistrer à sa place.
- Dénier de service : les attaques par déni de service visent souvent à occuper toute la bande passante du réseau. Par exemple un nombre trop élevé de messages SIP INVITE peut créer un déni de service. Ce type d'attaques peut paralyser le téléphone, le système d'exploitation, le réseau etc.
- Etc.

## 2. Les solutions

La sécurité d'un réseau VoIP est basée sur celle du réseau IP sur lequel il est implémenté. Donc toutes les mesures prises pour sécuriser ce dernier doivent s'appliquer au réseau VoIP. En plus de ces mesures standards, on peut noter qu'il est nécessaire d'apporter certaines améliorations à un réseau VoIP. Il s'agit :

- la mise en place des protocoles AAA (Authentication Autorization Accounting) : ces protocoles permettent aux utilisateurs ou aux équipements de s'authentifier auprès du système, de donner ou restreindre les droits de certains utilisateurs, de créer un compte pour chaque utilisateur. Le protocole RADIUS (Remote Authentication Dial In User Service) est un exemple de protocole AAA qui, en plus de la sécurité, permet d'établir la liste de tous les appels en vue d'une taxation des utilisateurs. Il est normalisé par l'IETF ;
- l'utilisation des protocoles SRTP et SPTCP qui sont respectivement les versions sécurisées de RTP et RTCP. Ils ajoutent ainsi les options de chiffrement et de cryptographie dans ces protocoles. La mise en place de ces versions permet de résoudre le problème d'écoute ;
- mise en place des VPN (Virtual Private Network) ou réseaux privés virtuels entre les sites dans le cas d'une société multi-site. Une entreprise pour sécuriser ses trafics peut mettre en place un VPN administré par un opérateur télécom, plutôt que de transiter par le réseau public où elle peut être interceptée et écoutée ;
- utilisation d'un analyseur de protocole : tcpdump, wireshark, ... ;

➤ Etc.

### 3. Exemple d'un analyseur de protocole : Wireshark

Wireshark est un logiciel libre d'analyseur de protocole sous licence GPL (General Public Licence). Il était connu sous le nom d'Ethereal, mais son développeur, Gerald Combs ayant changé d'employeur, a perdu tous les droits sur ce dernier. Il a donc renommé son produit Wireshark. C'est un logiciel compatible Linux et Windows. Wireshark examine les données d'un réseau en direct ou à partir d'une capture de fichier enregistré sur le disque. C'est un logiciel assez complet qui reconnaît jusqu'à 759 protocoles différents.

#### ➤ Installation

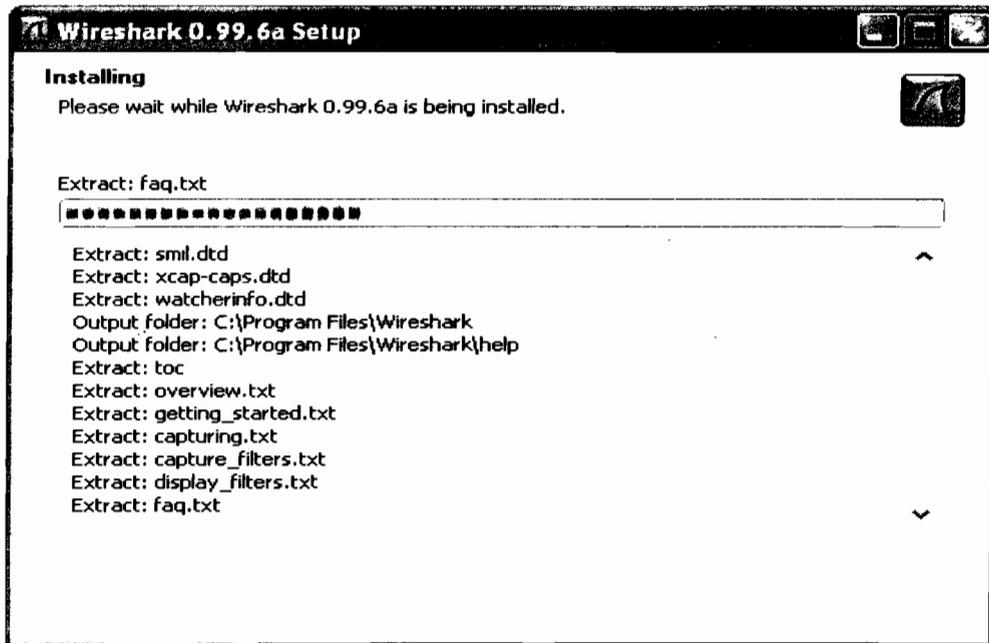
Wireshark est téléchargeable sur le site suivant : <http://www.wireshark.org>. La version que nous avons utilisée est Wireshark 0.99.6a.

Certaines distributions Linux l'intègre directement en version ligne de commande (appelé tethereal) et en gnome (interface graphique).

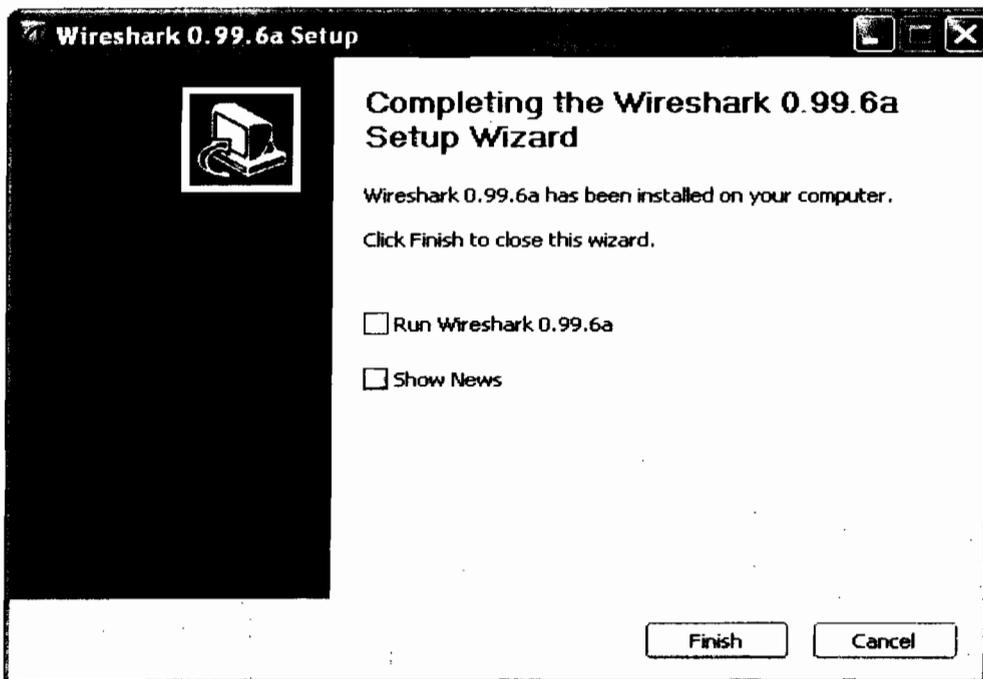
Après avoir téléchargé Wireshark on lance l'installation en double-cliquant sur l'exécutable, et on suit les étapes présentées dans les fenêtres qui suivent.



**Figure 6: Lancement de l'installation de Wireshark.**



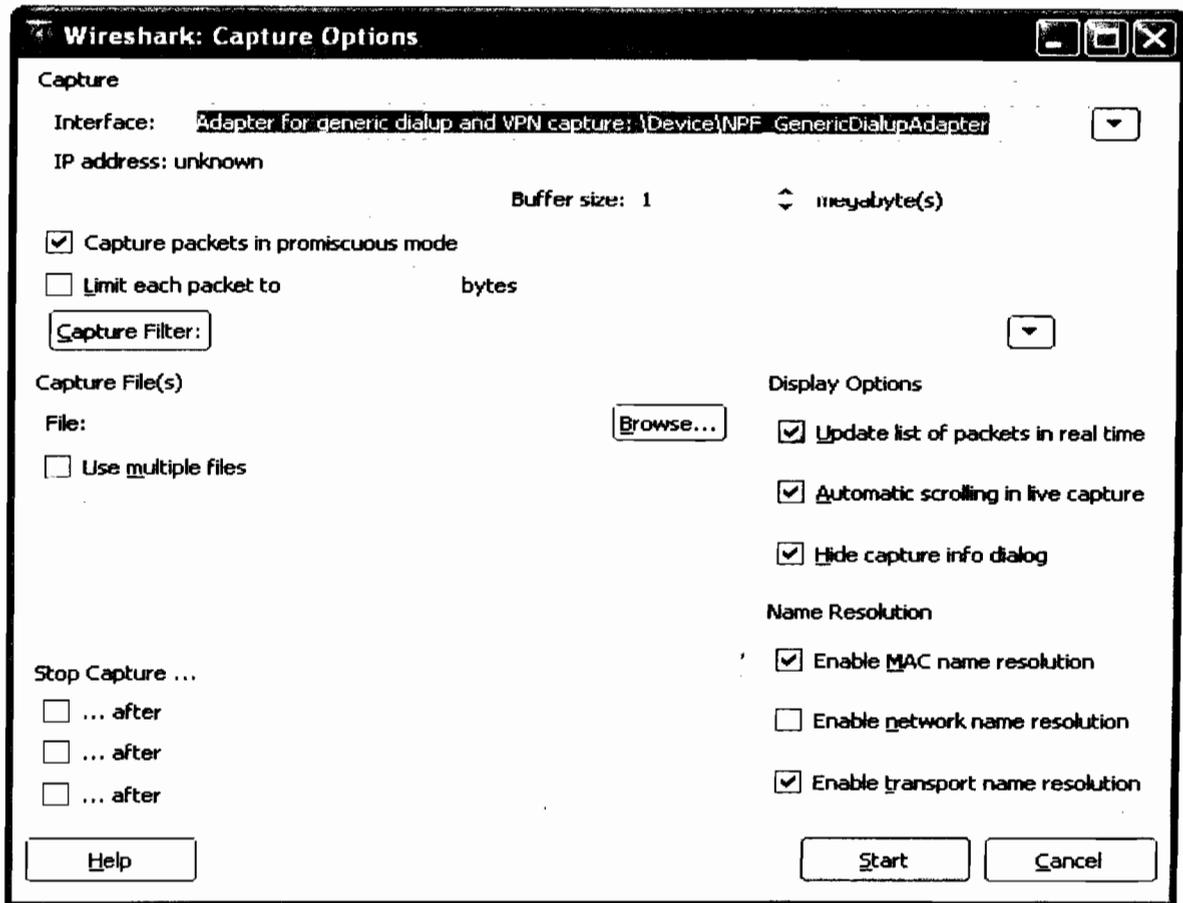
**Figure 7: Avancement de l'installation de Wireshark**



**Figure 8: Fin de l'installation de Wireshark**

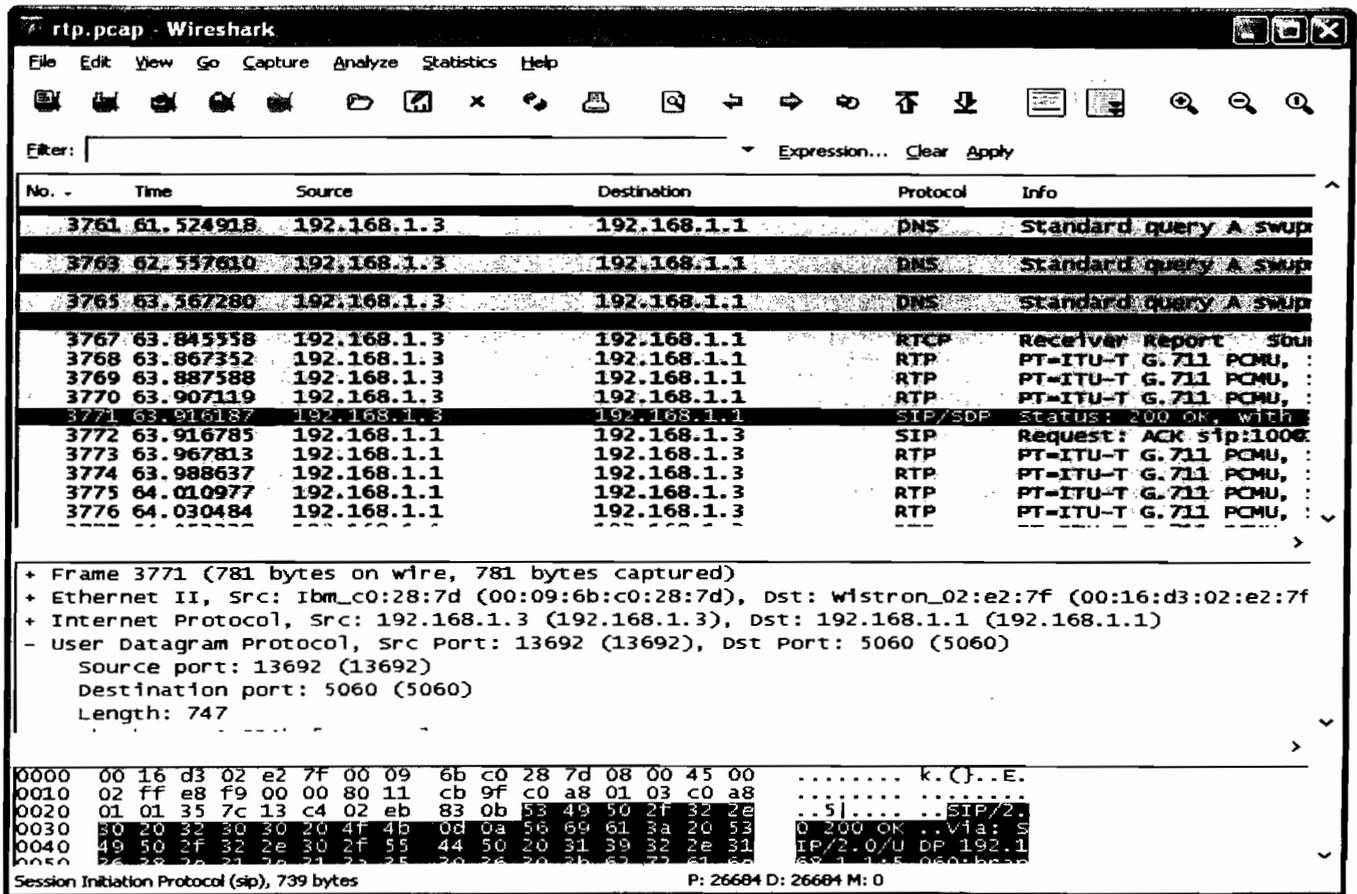
➤ **Utilisation**

Son usage est simple. Pour capturer les trames, on lance Wireshark. Dans le Menu capture on clique sur Option et on a alors la fenêtre présentée ci-dessous. Dans cette fenêtre on peut choisir l'interface de capture, filtrer les paquets, puis on lance la capture en cliquant sur Start. Pour arrêter la capture on clique sur Stop. La fenêtre ci-après montre les différentes options de capture.



**Figure 9: Fenêtre de lancement de Wireshark**

Après la capture, la fenêtre de Wireshark se présente comme suit :



**Figure 10 : Fenêtre de capture de Wireshark**

Cette fenêtre est subdivisée en trois panneaux :

- **le premier panneau** : c'est le panneau principal, il présente toutes les trames que Wireshark a capturées en précisant le nom des protocoles utilisés, ainsi que les adresses des machines qui ont dialogué ;
- **le deuxième panneau** : il reprend la trame sélectionnée dans le premier panneau et donne tous ses détails dans le modèle OSI ou TCP/IP. Ici, il est possible de voir les différents messages de signalisations, les protocoles utilisés. On peut voir également les différents ports utilisés pour l'émission et la réception... ;
- **le troisième panneau** : il donne la valeur en hexadécimale de la trame sélectionnée dans le premier panneau. Il est contrôlé par le deuxième.

Après avoir fait la capture, notons qu'il est possible d'enregistrer le fichier sur un disque, pour des éventuelles analyses. Ces analyses peuvent consister à rechercher la date, l'heure et la durée de la communication, les responsables de certaines communications suspectes etc. Il est aussi possible de

réseau c'est-à-dire un réseau pour la voix et les données donc un seul fournisseur et un contrat de maintenance.

- **Mobilité** : contrairement au RTC, où les numérotations se font par pays voire par région, VoIP permet à son utilisateur de garder son téléphone (numéro). La seule contrainte est d'avoir une connexion Internet. Le numéro de téléphone peut être conservé quelque soit l'endroit où l'on se trouve. Le ROAMING qu'intègre le GSM permet de résoudre ce problème, mais il faut que tous les réseaux concernés signent des accords de ROAMING.
- **De nouveaux services** : avec l'architecture unique de VoIP, le nombre de services pourra augmenter. Par exemple on peut citer les mails vocaux, la musique d'attente, le rappel automatique etc. En sus les entreprises bénéficieront de service de fax unifié ; c'est-à-dire au lieu d'avoir un numéro de fax unique dans le cas du RTC, chaque utilisateur peut recevoir son fax sur son IP phone, ce qui permet de garder la confidentialité des documents.

#### ➤ **Les inconvénients de VoIP**

- **Le passage à la VoIP** a un coût dû à l'installation de l'infrastructure et l'achat des équipements. En pratique les entreprises existantes passent généralement de manière progressive à la VoIP, via les adaptateurs FXO<sup>1</sup> ou FXS<sup>2</sup>. contrairement aux entreprises naissantes qui ont la possibilité d'installer dès le départ une infrastructure reposant sur VoIP.
- **L'architecture** : en utilisant un réseau de données existant, c'est aussi retrouver les problèmes déjà présents sur ce réseau. En effet, il faut faire attention à la sécurité, les attaques réseaux et aussi à la disponibilité. On note que les IP phones sont alimentés sur place, ce qui n'est pas le cas des téléphones analogiques dont l'alimentation est assurée par les commutateurs de l'opérateur téléphonique, donc il suffit que celui-ci ait des onduleurs et son réseau marchera, même en cas de coupure d'électricité. Cependant dans le cas de ToIP la coupure d'électricité peut provoquer une indisponibilité du réseau.
- **La qualité et la fiabilité** : les flux de données (voix) utilisent un réseau existant sur lequel existent déjà des problèmes pouvant nuire à la qualité du service téléphonique. En effet les problèmes de latence, de délais, perte de paquets peuvent beaucoup faire baisser la qualité et la fiabilité du service. Le délai des réseaux RTC et GSM sont environ 150 ms de latence. Cela n'est pas encore une réalité dans la plupart des réseaux VoIP, donc la qualité de la voix reste à désirer.

---

<sup>1</sup> FXO : Foreign eXchange Office

<sup>2</sup> FXS : Foreign eXchange Station

Cependant la comparaison n'a vraiment de sens que pour des supports de transport comparables.

## **Conclusion**

La voix sur IP est une technologie en pleine émergence qui intéresse de plus en plus les entreprises. A l'origine avec les problèmes liés au protocole IP, sa qualité restait à désirer. L'implication des organismes (UIT, IETF) dans le développement des codecs de compression de la voix, des protocoles VoIP (H323, SIP), a permis à cette technologie de gagner le marché des télécommunications. De plus, avec l'avènement des IPBX, les entreprises ont trouvé en elle une solution de réduction des coûts de leurs factures téléphoniques.

## I. Introduction

Les télécoms, pour la redirection des paquets vers les artères spécifiques utilisent un élément centrale ; le PABX (PBX). Le PABX constitue le centre du réseau de télécommunication d'entreprise. Aussi appelé autocommutateur ou central téléphonique, Il intègre une multitude de services, et ajoute ainsi à la communication interne de la société sa touche personnelle. Il est de part sa conception et des améliorations technologiques apportées au cours de son constant développement, capable de gérer et de transporter de la voix, des données et de la vidéo par des routes de plus en plus nombreuses.

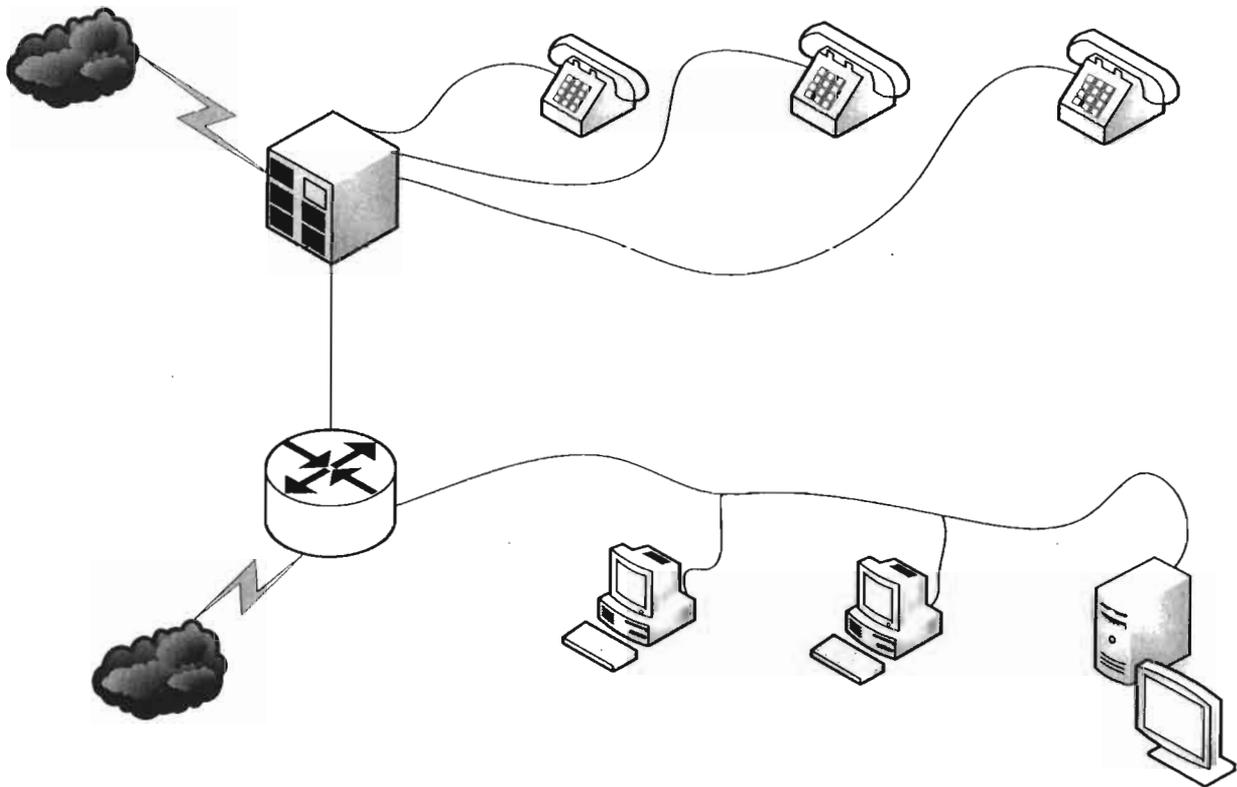
Le PABX, très prisé par les petites et moyennes entreprises, est celui qui aujourd'hui permet à toute entreprise de gérer ses communications internes comme elle l'entend. Elle permet par le Centrex de pouvoir gérer des communications décentralisées (c'est-à-dire gérer en interne les communications de l'entreprise avec sa succursale). Cependant malgré l'évolution des moyens de téléphonie et de l'informatique, il subsiste encore une difficulté qui est comment relier des PABX de marques différentes ? Pour se faire, on utilise généralement les protocoles QSIG, et SIP (lorsqu'il s'agit de VoIP) ; Que sont-ils ?

En 1990, un Forum fut tenu entre les principaux constructeurs de PABX (le Forum IPNS) avec pour but de promouvoir des équipements sur un même protocole permettant l'interconnexion de PABX hétérogènes ; et QSIG est le protocole vers lequel L'IPNS évoluera.

Le protocole QSIG<sup>1</sup> (signalisation à l'interface Q) est une norme ETSI ETS372 et ECMA/43 créée en 1992. QSIG est basé sur le protocole RNIS, avec quelques ajouts tenant compte des contraintes spécifiques aux réseaux privés. Les services QSIG, en plus des appels de bases, permettent l'identification de l'appelant, les renvois (inconditionnel, sur non réponse, sur occupation), les transferts d'appels, le reroutage pendant une communication. SIP (Session Initiation Protocole) est un standard de l'IETF. SIP, est un protocole qui permet de créer et de gérer des sessions entre participants pour échanger des données. Il est indépendant de la nature des données et du protocole de transport. Il peut donc servir à établir des conversations téléphoniques et des conférences. (cf. IV.3 de la partie I)

---

<sup>1</sup> Protocole de signalisation compatible avec le système de signalisation permettant l'interconnexion de PABX hétérogènes



**Figure 11:** Schéma d'un réseau classique reliant le réseau téléphonique et le réseau informatique.

## II. PABX

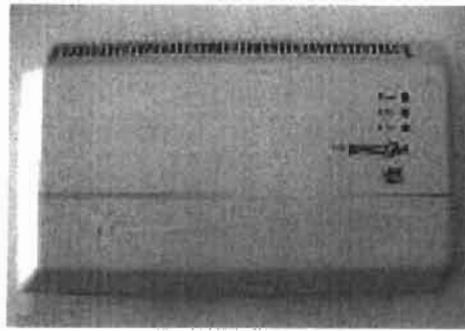
### 1. Définition et historique

#### 1.1 Définition

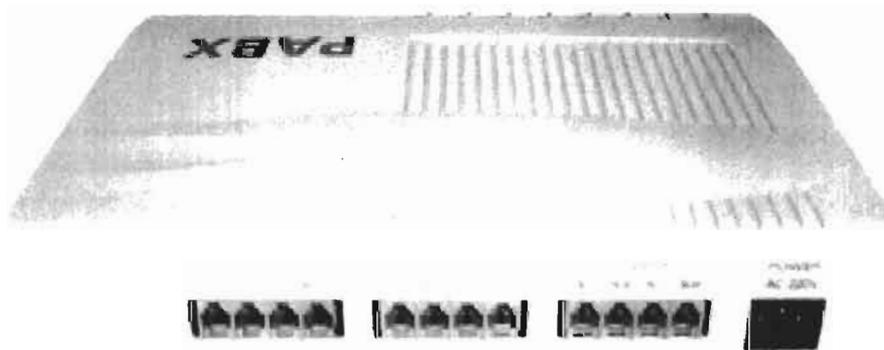
Le PABX (Private Automatic Branch eXchange) est un autocommutateur téléphonique privé. Il assure l'alimentation et la commutation des postes téléphoniques d'entreprise numériques et/ou analogiques, ainsi que la connexion aux opérateurs de téléphonies ; effectuant ainsi la redirection de la voix vers les artères spécifiques.

On distingue plusieurs gammes et modèles de PABX, avec des capacités biens distinctes qui leurs sont associés :

- les micro-commutateurs : pouvant gérer entre 1 et 5 postes filaires en analogique ;

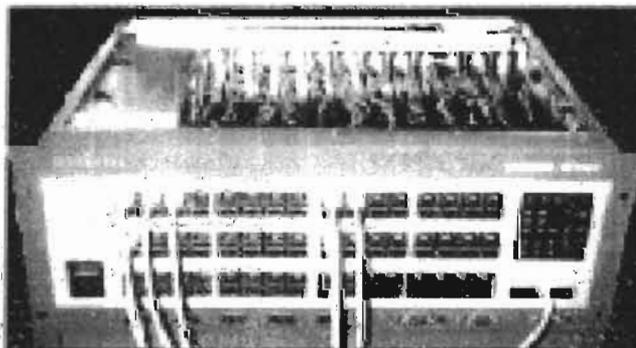


**Figure 12: Micro-commutateur**



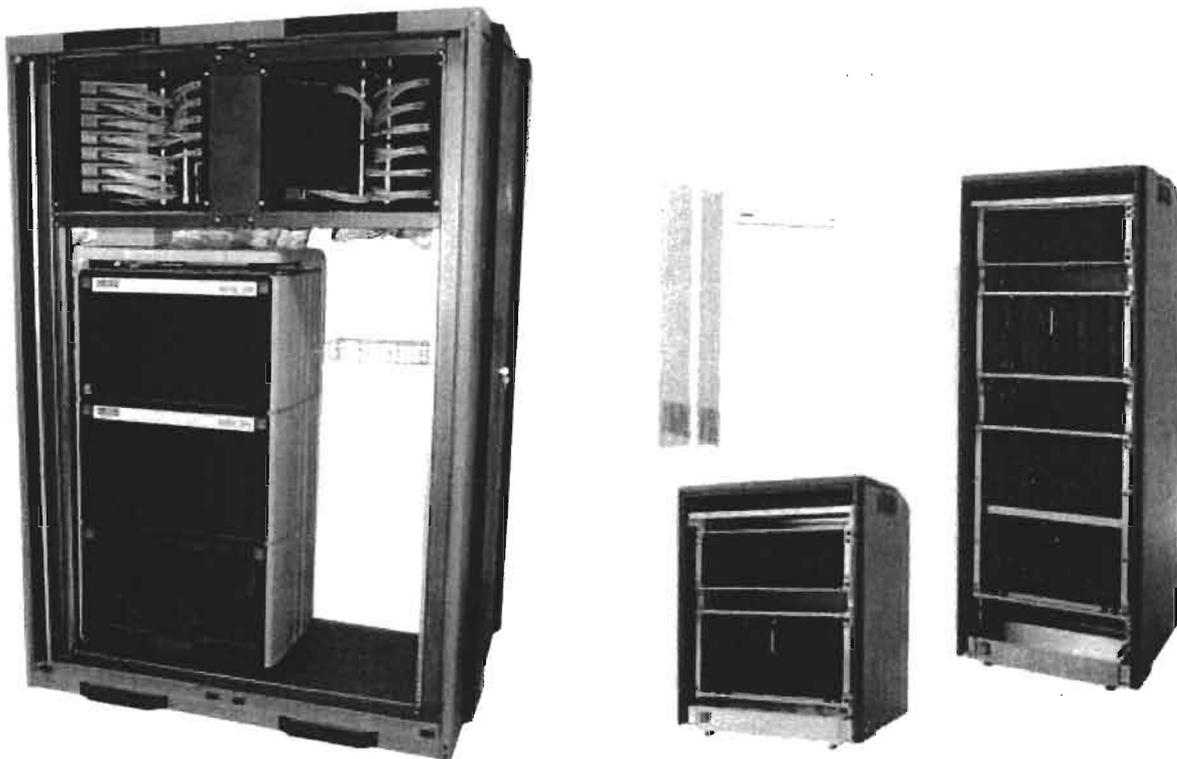
**Figure 13 : PABX de petite capacité**

- les autocommutateurs de moyenne capacité : gérant un nombre de postes inférieurs à 50, et comportant des extensions pour l'installation d'éventuelles cartes ;



**Figure 14: PABX de moyenne capacité**

- les autocommutateurs de forte capacité : c'est le même principe que les moyennes capacités, mais avec des aptitudes de mise en réseau.



**Figure 15: PABX utilisé pour les backbones et pour les sorties PABX**

## 1.2 Historique

Les PABX sont nés du besoin des entreprises face à l'insuffisance des offres des opérateurs téléphoniques en services adaptés à leurs besoins. Ces autocommutateurs leur auraient permis non seulement de pouvoir gérer la communication en interne, mais aussi de bénéficier des options intéressantes qui ne sont pas offertes par les opérateurs. Ils sont nés aussi du besoin de communiquer à moindre coût en interne.

Notons qu'il existe plusieurs générations de PABX :

- commutation mécanique (commutateur utilisant un tambour rotatif qui en fonction des appelants adopte une position pour permettre la liaison) ;
- commutation spatiale (première génération), utilisation de matrice de commutation ;
- commutation de données temporelles (deuxième génération) ;
- commutation temporelle avec multiplexage de la voix et des données (troisième génération) autorisant des liaisons MICs opérateurs à 2Mbps ;

- Et maintenant avec l'appui de l'informatique, la commutation numérique IP (fonctionne par tri et commutation des paquets TCP/IP entre les différentes interfaces) ;

## **2. Rôle et fonctionnalités**

### **2.1 Rôles**

Les rôles du PABX sont multiples. Il a un rôle :

- de relation (réception des demandes, envoi des réponses... via signalisation)
- de commande : il décide de la commutation vers les terminaux appropriés. Gère la taxation, et la rupture de communication ;
- de connexion : car il réalise la mise en place d'un système de communication ;
- de surveillance : s'assurant du bon fonctionnement de la communication au sein de l'entreprise ;
- de maintenance (tests, taux d'erreurs, localisation des défauts) ;
- de services particuliers à travers le CTI (Couplage Téléphonie Informatique).

### **2.2 Fonctionnalités**

Le PABX distribue les appels téléphoniques arrivés, autorise les appels téléphoniques départs, gère les terminaux téléphoniques, gère toutes les autres fonctionnalités ou options tel que :

- le renvoi d'appel ;
- la numérotation abrégée ;
- le signal d'appel ;
- le double appel ;
- Le transfert d'appel en cours de conversation ;
- Le transfert d'appel sur non-réponse ;
- identification du nombre d'appels reçus et non répondus ;
- la conférence ;
- la messagerie vocale ;
- la sélection directe à l'arrivée (SDA), qui permet à un appelant externe d'appeler directement un poste interne du PABX sans passer par un standard quelconque.

Le PABX intègre aussi les Interfaces RNIS, permettant de raccorder sur le PABX un ou plusieurs liens RNIS (T0<sup>1</sup> ou T2<sup>2</sup>). Les liens RNIS permettent en supplément de faire transiter des données en plus de la voix, ainsi que toutes les informations de signalisation, de taxation et la SDA. Ils permettent aussi d'apporter des services de couplage téléphonie Informatique.

Bien Entendu, les fonctionnalités attendues d'un autocommutateur privé dépendent entièrement du budget, du choix du constructeur et du modèle.

### **3. Le couplage Téléphonie informatique**

#### **3.1 Introduction**

Le CTI (couplage Téléphonie informatique) est un volet de la téléphonie plutôt mentionné dans cette partie. Le CTI est important du fait qu'il sied en situation transitive à l'IPBX que nous évoquerons plus bas. Des interrogations suscitées depuis le début de cette partie, des réponses vous permettant de mieux comprendre le sujet vous seront données ici.

Le couplage téléphonie informatique est un ensemble de techniques permettant la mise en œuvre d'applications reposant sur un interfonctionnement des applications informatiques et des applications téléphoniques. Ceci est rendu possible par l'automatisation de certaines tâches et la possibilité d'instaurer une personnalisation poussée de la relation avec le client via les informations mises à disposition par ce système. Ce dispositif reliant un centre d'appels interne ou externe au système informatique d'une entreprise, apporte aux sociétés la possibilité d'utiliser les ressources du système d'information et d'Internet, afin d'améliorer le service rendu aux clients et la productivité d'un centre d'appel. Pour établir une relation entre deux environnements hétérogènes (téléphonie et informatique), le CTI s'appuie sur des standards comme le CSTA et des interfaces API.

#### **3.2 Le CSTA et les interfaces API**

##### **➤ Le CSTA**

CSTA est un standard normalisé par l'ECMA, permettant la liaison entre ordinateur et PABX. En effet, il définit un ensemble de services et protocoles pour la communication entre informatique et

<sup>1</sup> Norme de lignes de transfert de données numériques, permettant des débits de 128 Kbps (selon la norme européenne)

<sup>2</sup> Norme de lignes de transfert de données numériques, permettant des débits de 2 Mbit/s (selon la norme européenne)

téléphonie. Indépendamment de la technologie utilisée, le CSTA définit le protocole et les services à mettre en place dans un LAN ou un WAN.

➤ **Les interfaces API**

Les APIs (Application Programming Interface ou API) permettent de définir la manière dont un composant informatique peut communiquer avec un autre.

#### **4. Architecture matériel et fonctionnement**

Un autocommutateur privé possède sa propre intelligence pour faciliter la commutation des appels voix.

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 pile pendant à peu près cinq années).

L'alimentation électrique est indispensable pour faire fonctionner l'ensemble, et une ou plusieurs batteries permettent une certaine autonomie en cas de coupure de courant. L'alimentation régulée peut-être intégrée au boîtier ou externe. Elle permet aussi de générer le courant d'appel pour les postes analogiques, et génère aussi différents potentiels électriques continus indispensables pour tous les éléments.

Un PABX peut fonctionner :

- en stand-alone (tout seul) ou,
- en réseau homogène (mêmes machines, mêmes protocoles, mêmes versions équivalentes, échanges intelligents) ou,
- en réseau hétérogène (un même constructeur, ou des constructeurs différents dialoguant sur des interfaces du même type QSIG ou RNIS avec un routage pseudo-intelligent qui dépend de la complexité du réseau et de la capacité de routage de chaque nœud) ;
- ou un réseau mixte (homogène sur une partie, et hétérogène sur l'autre partie).
- 

##### **❖ Interconnexion des PABX**

Un PABX se raccorde avec un autre PABX par :

- un ou plusieurs QSIG (un RNIS entièrement privé et multi-constructeurs avec 30 canaux B à 64kbits/s) ;
- ou un RNIS (du type entièrement privé ; d'un côté on a le programme maître, et de l'autre on a le programme esclave) ;

- ou un MIC (voix par voix sur 30 IT de 64 Kbits/s avec deux IT de signalisations (0 et 16)).

#### ❖ Extension d'un PABX par le DECT

Le système DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunications) est une technologie de téléphonie sans fils numérique et flexible, développé par l'ETSI (European Telecommunications Standards Institute), vise à instaurer la téléphonie de proximité, autour d'un autocommutateur d'entreprise. La technologie DECT permet dans une entreprise privée d'assurer la couverture total par borne radio et de pouvoir ainsi téléphoner en bénéficiant des facultés du ROAMING et de hand over.

Notons que le DECT n'entre pas en concurrence avec les normes de téléphonie mobile, notamment le GSM, car il ne définit pas une architecture réseau.



**Figure 16: Exemple de téléphone DECT**

## 5. Administration

Un PABX est administrable soit en port V24 sous linux ou terminal, soit en mode TCP/IP par des logiciels, ou en mode Telnet par exemple ; soit les trois simultanément.

Un PABX peut avoir une ou plusieurs adresses IP, et commuter en général à 10 ou 100 Mbits/s, avec un certain type de plan d'adressage IP spécifique.

Ne pas confondre l'administration d'un PABX en TCP/IP et un PABX-IP qui gère la téléphonie sur IP.

Les PABX et Téléphonie filaire sont d'une grande utilité dans nos communications d'entreprise; cependant leur utilisation décroît, et ce à cause de leur manque de souplesse. L'informatique a permis la création de PABX plus optimisés, appropriés à cette ère de transition vers les nouvelles technologies : ce sont les IPBX ; beaucoup plus performants, et plus ouverts aux modifications. C'est de cela que traite la suite du travail.

### **III. Les IPBX**

#### **1. Définition et historique**

##### **1.1 Définition**

L'IPBX ou PABX IP, est un autocommutateur compatible avec la ToIP. Il permet, comme les systèmes de téléphonie à commutation de circuits numériques traditionnels PABX, d'établir une communication téléphonique entre deux (2) abonnés. A l'intérieur d'une entreprise, l'IPBX définit le routage des paquets pour que la communication parvienne à bon port ; et tout cela sur le support du protocole IP. L'IPBX a donc pour fonction principale la commutation des paquets. On distingue deux (2) catégories d'IPBX :

- les IPBX natifs conçus uniquement pour jouer le rôle de PBX. Ce sont des équipements dédiés ;
- les PCBX qui sont des IPBX bâtis sur PC (Personal computer), grâce à des logiciels, équipés de carte électroniques.

##### **1.1.1 Cas des IPBX natifs**

Comme il est dit plus haut, l'IPBX natif est un matériel ayant pour but, dès sa construction de servir de matériel servant à la redirection des flux de la voix vers les clients, par la Voix sur IP (VoIP). De nos jours plusieurs fabricants se partagent le marché dans la commercialisation de ces IPBX, à des prix concurrentiels, en fonction des fonctionnalités.

Exemple d'IPBX natifs.

➤ L'OmniPCX Office d'Alcatel

Alcatel OmniPCX office est un serveur de communications dédié aux petites et moyennes entreprises de 2 à 236 utilisateurs. OmniPCX Office est un Appliance VoIP natif. Il intègre un serveur d'appels et une Média Gateway.

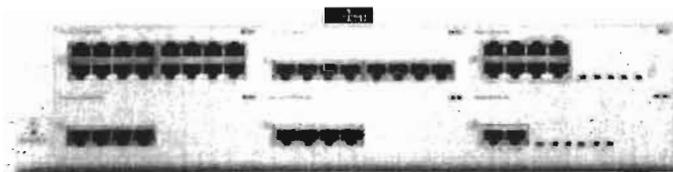
Le Serveur d'appels est la CPU de l'OmniPCX Office qui fonctionne sous Linux. Il intègre aussi un serveur DHCP (Dynamic Host Control Protocol) qui facilite le déplacement ou l'ajout d'un téléphone IP. Possédant nativement les fonctions de VoIP, l'OmniPCX Office offre tous les avantages de la Téléphonie IP et tout particulièrement une souplesse d'évolutivité, une gestion évoluée. S'appuyant sur la richesse de ses logiciels, Alcatel OmniPCX Office évolue simplement par l'ajout de modules et de cartes d'interfaces.

L'Alcatel OmniPCX existe en trois tailles (rack1, 2,3) basés sur une plate-forme unique, une architecture commune et un seul logiciel. Les racks peuvent être combinés, permettant ainsi à l'entreprise d'obtenir ce qu'elle souhaite.

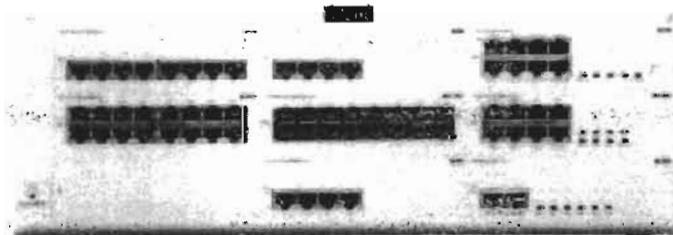
Rack1



Rack2



Rack3



**Figure 17: L'OmniPCX Office d'Alcatel**

➤ **CISCO**

Dans le domaine de la voix sur IP, CISCO propose des solutions telles que :

- le PABX IP SPA9000 : C'est un PABX SIP capable de servir un maximum de 16 utilisateurs. Il incorpore l'ensemble des fonctions de base d'un tel équipement, tel qu'un automate d'accueil vocal, la possibilité de parquer des appels, de programmer des groupes de distributions, le support d'un annuaire local, ainsi que bien d'autres services.
- le Téléphone IP : En complément du SPA9000, Linksys propose 5 combinés de bureau IP compatible avec le standard SIP, ces téléphones sont conçus pour s'interfacer avec le PABX maison, auprès duquel ils sont capables de s'auto enregistrer et de s'auto configurer. Il s'agit du très basique SPA901 ; puis des deux téléphones à écrans standards qui sont le SPA921 et le SPA922 et enfin, les téléphones hauts de gammes, le SPA941 et le SPA942.



**Figure 18 : IPBX CISCO SPA9000**



*SPA901*



*SPA921*

**Figure 19: Exemple de Téléphone IP CISCO**

Notons que la configuration des IPBX varie d'un IPBX à un autre, ainsi que les équipements nécessaires à l'établissement du réseau ; vu que la compatibilité entre les produits des différents constructeurs est relative malgré les normes imposées.

### **1.1.2 Cas des PCBX**

Le second type de PABX-IP est le PCBX. A la différence du PABX natif ou matériel, ici il s'agit d'une implémentation, basée sur une application installée sur un serveur (ordinateur) qui, grâce à ces logiciels et aux cartes électroniques dont il est équipé, assure la fonction de commutation et la gestion de services.

Parmi les PCBX on peut citer.

#### **➤ Call Manager**

C'est un PCBX. Le PC doit avoir comme système d'exploitation Microsoft Windows 2000 (Service Pack 4) ou supérieur, au moins 1 GO de mémoire vive, 3 à 4 GO d'espace disque minimum. La version 5.0 du Call Manager intègre le protocole SIP et fonctionne sous LINUX.

-IPBX CISCO

-Telephone IP CISCO 7912G

#### **➤ Mitel**

L'une des solutions offerte par Mitel est l'IPBX Mitel 3300 Integrated Communication Platform. Les logiciels l'accompagnant sont les logiciels serveurs EVOip (EVOip et EVOip+) spécialement conçus pour s'adapter parfaitement aux solutions Mitel. Ils fonctionnent sur un PC (Pentium 4, 2.8 GHz, 1 Go de RAM, une carte réseau 100 Mbits Ethernet) LINUX ou Windows. Ce sont des solutions d'enregistrement de voix sur IP. L'enregistreur analyse les paquets IP du réseau pour en extraire les données audio des communications IP.

#### **➤ WellX**

Le constructeur WellX offre le WellX Office qui est une solution PCBX avec comme système d'exploitation Windows 2000. WellX Office est conforme au protocole SIP et gère indifféremment des terminaux analogiques et des terminaux SIP. Le nombre de postes est limité à 200 postes IP et 256 postes analogiques.

#### **➤ SipX (open source)**

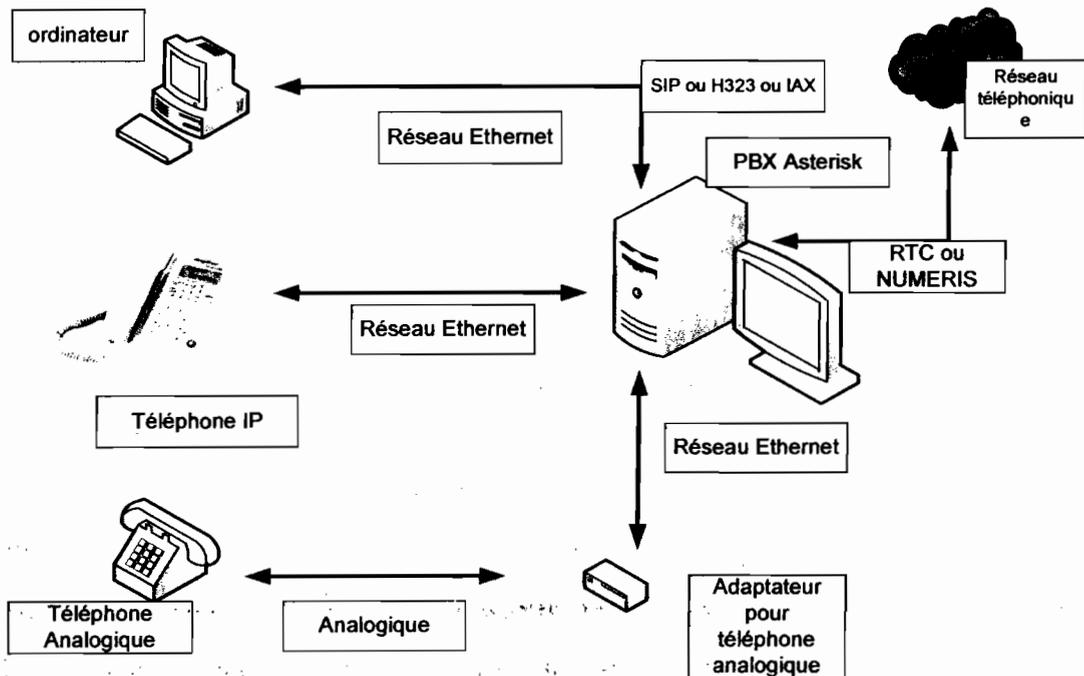
Sipx est un autocommutateur IP libre pour Linux, Il est Open Source. SipX fournit la plupart des services d'un PABX traditionnel et peut s'interfacer avec des passerelles voix sur IP pour interagir

avec le réseau téléphonique commuté (RTC). Sipx fonctionne avec des téléphones ou passerelles utilisant le protocole SIP (Session Initiation Protocol). Ce logiciel est développé par des programmeurs de Pingtel réunis au sein de SIPFoundry. Le logiciel n'est pas le premier PABX Open Source, un titre souvent attribué à Asterisk.

➤ **Asterisk**

Asterisk est un logiciel libre né en 1999, publié sous licence GPL. Très prisé de la communauté Linux, Asterisk est aujourd'hui l'un des PABX les plus déployés au monde et qui attire le plus de développeurs.

Asterisk implémente les protocoles H.323 et SIP, ainsi qu'un protocole spécifique nommé IAX (Inter-Asterisk eXchange). Ce protocole IAX permet la communication entre deux serveurs Asterisk ainsi qu'entre client et serveur Asterisk. Asterisk évolue très rapidement. On trouve de nos jours des distributions qui intègrent des versions aménagées d'Asterisk pour permettre une facilité dans sa configuration, c'est le cas d'AsteriskNow, d'Elastix, et de Trixbox qui sera abordé plus bas à travers Asterisk. Asterisk évolue rapidement, et la 1.4 est sa dernière version.



**Figure 20: Exemple de schéma d'une installation IPBX (Asterisk)**

## **1.2 Historique**

La téléphonie s'est inspirée de l'informatique dans un souci d'optimisation. Les IPBX sont un exemple à cela, Permettant de corriger le manque de souplesse des PABX classiques.

Les IPBX, de par leurs modernités et des apports aux niveaux des différentes fonctionnalités, permettent :

- une réduction des coûts au niveau du câblage. On pourra alors utiliser un même câblage pour l'Intranet et pour le téléphone. Aussi, cela permettra également une économie en longueur de câble du fait que l'on évite une topologie en étoile au profit d'une topologie en bus.
- à travers le protocole IP la qualité de l'IPBX est améliorée, pour l'utilisateur au niveau de la communication, pour le prestataire au niveau de la malléabilité de la configuration et de la facturation des coûts. Aussi, l'heure est à la numérisation, et l'utilisation des moyens et procédés analogiques tend à disparaître, et l'IPBX est le commutateur idéal à cette transition.
- une Administration simplifiée et une plus grande ouverture.

Ces différents avantages des IPBX font d'eux une référence au détriment des PABX classiques.

## **2. Rôles et fonctionnalités**

### **2.1 Rôle**

L'IPBX, en plus des rôles des PABX classiques, peut aussi servir de routeur ou de Switch ou encore que de serveur DHCP dans certains modèles. C'est l'équivalent des PABX traditionnels mais utilisés dans un réseau IP.

### **2.2 Fonctionnalités**

Les IPBX intègrent bons nombres de fonctionnalités en plus de ceux des PABX classiques. Ils permettent :

- un Couplage avec la vidéo ;
- visiophonie ;
- la création d'un centre d'appel ;

- l'usage DECT, Possibilité d'une communication DECT sans fil dans un réseau téléphonique d'entreprise ;
- communication déportée ; ou le Centrex IP.

## IV. Le Centrex IP

### 2.2.1 Présentation

L'IP Centrex est une offre d'externalisation de l'autocommutateur IP destinée en premier lieu aux PME (Petites et Moyennes Entreprises). En effet, le service Centrex IP consiste pour l'entreprise à externaliser les fonctions de PABX auprès d'un prestataire qui héberge pour elle le système de téléphonie. L'IP Centrex a pour avantage, outre le fait d'éviter une infrastructure figée et encombrante, de simplifier l'administration du réseau, car cette responsabilité incombe maintenant au prestataire. L'entreprise privée doit être équipée sur son site d'un routeur connecté sur la liaison (xDSL<sup>1</sup>, ligne spécialisée, WIFI...) à laquelle elle est rattachée.

- **Délégation de l'aspect technique** : Le Centrex IP permet à l'entreprise de déléguer tout l'aspect technique du central téléphonique à son opérateur VoIP tout en conservant la maîtrise fonctionnelle des services via une interface d'administration.
- **Délégation des équipements** : Le Centrex IP ne nécessite plus de disposer d'un PABX dans les locaux de l'entreprise. C'est le fournisseur VoIP qui héberge le central téléphonique dans ses propres locaux.
- **Gestion des appels** : Le Centrex IP permet une meilleure gestion des appels au sein d'une entreprise.
- **Location des services** : Bénéficier d'une solution Centrex IP ne nécessite pas l'achat du matériel. Les opérateurs VoIP proposent généralement de louer ce service.

---

<sup>1</sup> xDSL : x Digital Subscriber Line (Famille des technologies DSL)

## **2.2.2 Les Avantages du Centrex IP**

- Réduction du coût des appels téléphoniques.
- Réduction des infrastructures pour la gestion téléphonique.
- Economies en matière d'investissements, puisqu'on se passe du PABX et du câblage téléphonique.
- Possibilité pour les petites et moyennes entreprises de bénéficier des services d'un BPX.
- Possibilité aux opérateurs de fournir leurs offres partout dans le monde.

# TROISIEME PARTIE : IMPLEMENTATION D'UN CENTREX IP AVEC ASTERISK



## I. Les objectifs

Ici il s'agit de présenter nos objectifs à atteindre ainsi que les contraintes éventuelles. Dans notre implémentation, les objectifs que nous nous fixons sont les suivants :

- la mise en place d'une infrastructure de communication intra et inter entreprises, c'est-à-dire permettre aux entreprises de communiquer à l'interne gratuitement, de réduire les coûts des communications distantes entre les sites pour les entreprises multi-sites d'une part et de permettre aux petites et moyennes entreprises de s'abonner auprès des opérateurs VoIP pour bénéficier des services d'un IPBX d'autre part ;
- la mutualisation des infrastructures tout en séparant les ressources (différents accès opérateur). Les entreprises utiliseront un même réseau pour les données et la voix ;
- l'intégration dans un réseau existant avec une facilité d'adaptation : cette intégration ne changera pas l'habitude des utilisateurs, au contraire ces derniers verront le nombre de services s'augmenté ;
- l'apport d'innovation, et la personnalisation au service voix : la voix pourra être compressée pour éviter le gaspillage de la bande passante, et cryptée pour assurer une intégrité et une confidentialité maximum.

La solution qui nous paraît la plus intéressante est Asterisk. En effet c'est un projet qui évolue vite en termes de fonctionnalités, car tous les programmeurs du monde libre contribuent à son développement. Ensuite la société de son développeur, Digium fabrique des cartes compatibles qui permettent son intégration facile dans les réseaux GSM, RTC etc. Enfin sa configuration devient de plus en plus simple grâce à son intégration dans certaines distributions Linux telle qu'AsteriskNow, Elastix et Trixbox. Dans notre implémentation, la distribution Trixbox sera utilisée.

## II. Asterisk

### 1. Présentation

Asterisk est un IPBX privé à part entière d'implémentation logicielle, compatible avec Linux, qui permet d'interconnecter en temps réel des réseaux de voix sur IP via plusieurs protocoles (SIP, IAX, H323, MGCP) et des réseaux de téléphonies classiques via les cartes d'interface téléphonique.

Il a été développé par Mark Spenser en 1999. Il trouvait le prix des PABX traditionnels très élevé, et initia donc le projet Asterisk, Son nom vient du symbole « \* » qui représente le « **joker** » en ligne de commande Linux ou DOS (**wildcard**). Quelque temps après Mark Spenser Créa la société Digium, fournisseur de cartes FXO (Foreign eXchange Office) et FXS (Foreign eXchange Station) compatibles Asterisk et qui permettent l'interconnexion de son IPBX avec des réseaux RTC, RNIS, GSM etc. Asterisk fournit donc toutes les fonctionnalités attendues d'un PABX mais aussi la voix sur IP et n'a besoin d'aucun matériel supplémentaire pour l'assurer.

Asterisk est composé d'un noyau central de commutation, de quatre API de chargement modulaire des applications téléphoniques, des interfaces matérielles, de traitement des formats de fichier, et des codecs. Il assure la commutation transparente entre toutes les interfaces supportées, permettant à cette commutation de relier entre eux, une diversité de systèmes téléphoniques en un unique réseau.

IL offre à la fois les fonctionnalités classiques d'un PBX et des fonctionnalités innovantes et émergentes. Ainsi les services suivants peuvent être implémentés sur un serveur Asterisk :

- messagerie vocale ;
- conférence téléphonique ;
- répondeur vocal interactif ;
- mise en attente d'appels ;
- services d'identification de l'appelant ;
- VoIP ;
- musique d'attente ;
- etc.

Asterisk est un produit Open Source sous GNU distribué sous la licence GPL (General Public Licence.)

## 2. Architecture

Asterisk est conçu pour une compatibilité et une flexibilité maximales. Les APIs sont définies autour d'un noyau central PBX. Ce noyau permet l'interconnexion interne du PBX indépendamment des protocoles, des codecs et des interfaces matérielles des applications de téléphonie. Cela lui permet d'être compatible avec une gamme variée de matériels. Ainsi les modules suivants sont implémentés dans le noyau.

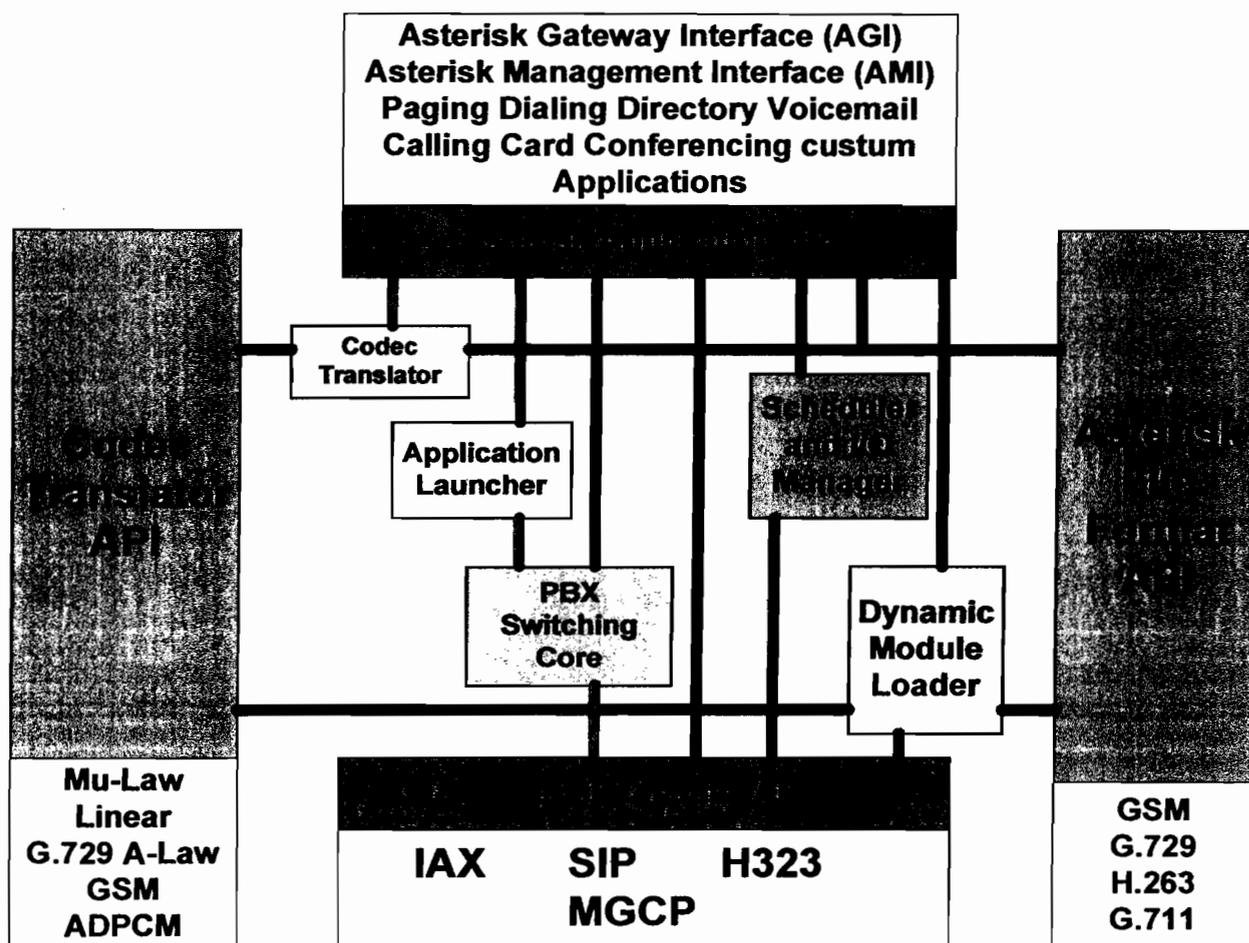
- La commutation de PBX (PBX Switching Core) : l'essence naturelle Asterisk, est de jouer le rôle d'un système de commutation de central téléphonique privé, reliant ensemble les appels entre divers utilisateurs et des tâches automatisées. Le noyau de commutation relie d'une manière transparente des appels arrivant sur de diverses interfaces de matériel et de logiciel.
- Lanceur d'applications (Application Launcher) : il lance les applications qui assurent des services pour des usages, tels que la messagerie vocale, la lecture de messages et le listage de répertoires (annuaires).
- Traducteur de codec (Codec Translator) : utilise des modules de codec pour le codage et le décodage de divers formats de compression audio utilisés dans la téléphonie. Un certain nombre de codecs est disponible pour palier les divers besoins et pour arriver au meilleur équilibre entre la qualité audio et l'utilisation de la bande passante.
- Planificateur/manager d'I/O (Scheduler & I/O Manager) : ils traitent la planification des tâches de bas niveau et la gestion du système pour une performance optimale dans toutes les conditions de charge.

Quatre API (Interface de programmation d'applications) sont définies pour les modules chargeables (dynamiquement), facilitant l'abstraction du matériel et du protocole.

- L'API Canal (Asterisk Channel API) : cette API gère le type de raccordement sur lequel arrive un appelant, que ce soit une connexion VoIP, un RNIS, ou une autre technologie. Des modules dynamiques sont chargés pour gérer les détails de la couche basse de ces connexions.
- L'API application (Asterisk Application API) : elle autorise différents modules de tâches à être lancés pour exécuter diverses fonctions. Communication, audioconférence, liste d'annuaire, messagerie vocale, transmission de données intégrée, et n'importe quelle autre tâche qu'un système PBX standard exécute, sont mises en œuvre par ces modules distincts.
- L'API traducteur de Codec (Codec Translator API) : elle charge les modules de codec pour supporter divers formats de codage et de décodage audio tels que le GSM, la Mu-Law, l'A-Law, et même le MP3.

- L'API de format de fichier (Asterisk File Format API) : elle permet la lecture et l'écriture de divers formats de fichiers pour le stockage de données dans le système de fichier.

Les APIs sont organisées autour du noyau Asterisk comme illustrer sur le schéma ci-dessous.



**Figure 21: Architecture logicielle d'Asterisk**

### 3. Le protocole IAX

IAX (Inter-Asterisk eXchange) est le protocole alternatif à SIP et H323 de par ses avantages par rapport à ces derniers. C'est le protocole propre à Asterisk bien que celui-ci supporte plusieurs autres protocoles VoIP tels SIP. IAX crée un canal entre deux serveurs Asterisk et permet le dialogue (signalisation et voix). Il utilise un port UDP unique : le port UDP 4569. L'utilisation d'un port bien connu permet d'implémenter facilement IAX derrière une NAT<sup>1</sup>, ce qui marque une grande différence avec SIP et H323, car ces deux protocoles traversent difficilement une NAT. Grâce au Trunk qu'intègre IAX, Asterisk mêle progressivement la voix et le trafic de données à travers des réseaux

<sup>1</sup> NAT : Network Address Translation

disparates. Asterisk implémente actuellement la version 2 d'IAX (IAX2). Les deux protocoles que sont IAX et SIP sont généralement combinés, en ce sens que SIP est utilisé en interne ; et IAX, pour faire le trunk, c'est-à-dire l'interconnexion entre les sites VOIP.

### III. Mise en œuvre

#### 1. Installation

##### 1.1 Pré requis

###### ➤ La distribution Trixbox

Trixbox est une distribution Linux comprenant un ensemble d'éléments permettant de créer facilement un IPBX. L'élément principal est le logiciel Asterisk, entouré d'un ensemble d'autres logiciels pour le gérer. Trixbox est téléchargeable sur le site <http://www.trixbox.org>. Une fois le téléchargement fait il faut le graver sur un CD.

###### ➤ Le matériel

Pour l'installation de Trixbox on a besoin d'une machine avec une unité centrale qui a moins 256Mo de RAM et un disque dur de 10Go.

##### 1.2 Installation

L'installation est automatique. Il suffit de booter sur le CD contenant Trixbox et il s'installera tout seul sur l'intégralité du disque dur (Trixbox ne cohabite pas avec un autre système sur un même disque dur). Une fois l'installation terminée, il rebootera et sera directement utilisable.

Après l'installation il faut mettre à jour le système, car tous les modules nécessaires à la configuration n'y sont pas. Pour cela on clique sur l'onglet « **Tools** » puis sur « **Module Admin** ». On peut profiter ajouter les modules comme « **conferences** » qui ne sont pas utiles pour une utilisation standard.

## 2. Configuration

### 1.1 Connexion à l'interface de configuration

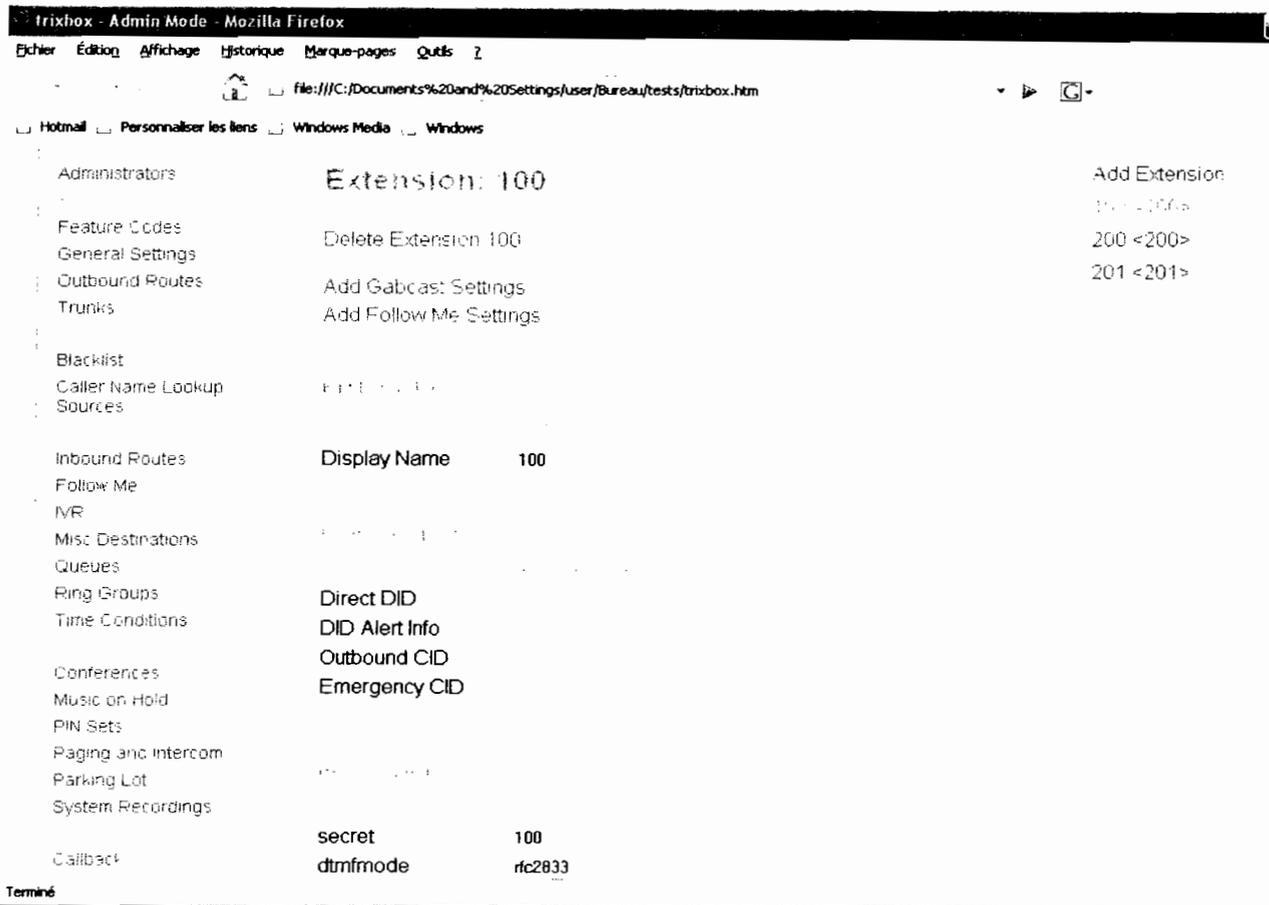
La configuration se fait par une interface graphique accessible via un navigateur web, en se connectant à l'adresse IP de la machine sur laquelle Trixbox est installé. Après avoir affiché la page web on clique ensuite sur « **system Administration** » puis on se logue. Le login par défaut est « **maint** » et le mot de passe est « **password** ». Après la connexion on clique sur l'onglet « **Asterisk** » puis sur « **FreePBX** » qui est l'interface web de configuration permettant de générer les fichiers de configuration Asterisk. Une fois qu'on a accès aux différents fichiers de configuration, on peut passer à la configuration des terminaux.

### 1.2 Ajout des extensions

Ici on crée des extensions pour chaque terminal téléphonique (hard phones et soft phones), les terminaux sont généralement SIP. Pour cela on clique sur l'onglet « **extensions** » puis « **Add extensions** » et on remplit les différents champs de la fenêtre suivante. Les principaux champs sont :

- Extension number : le numéro qui sera utilisé pour les appels ;
- Display name : on peut utiliser le numéro ou le nom pour appeler un poste. Ce nom sera afficher à coté du numéro, si ce champ est rempli ;
- Secret : pour le mot de passe du compte ;
- etc.

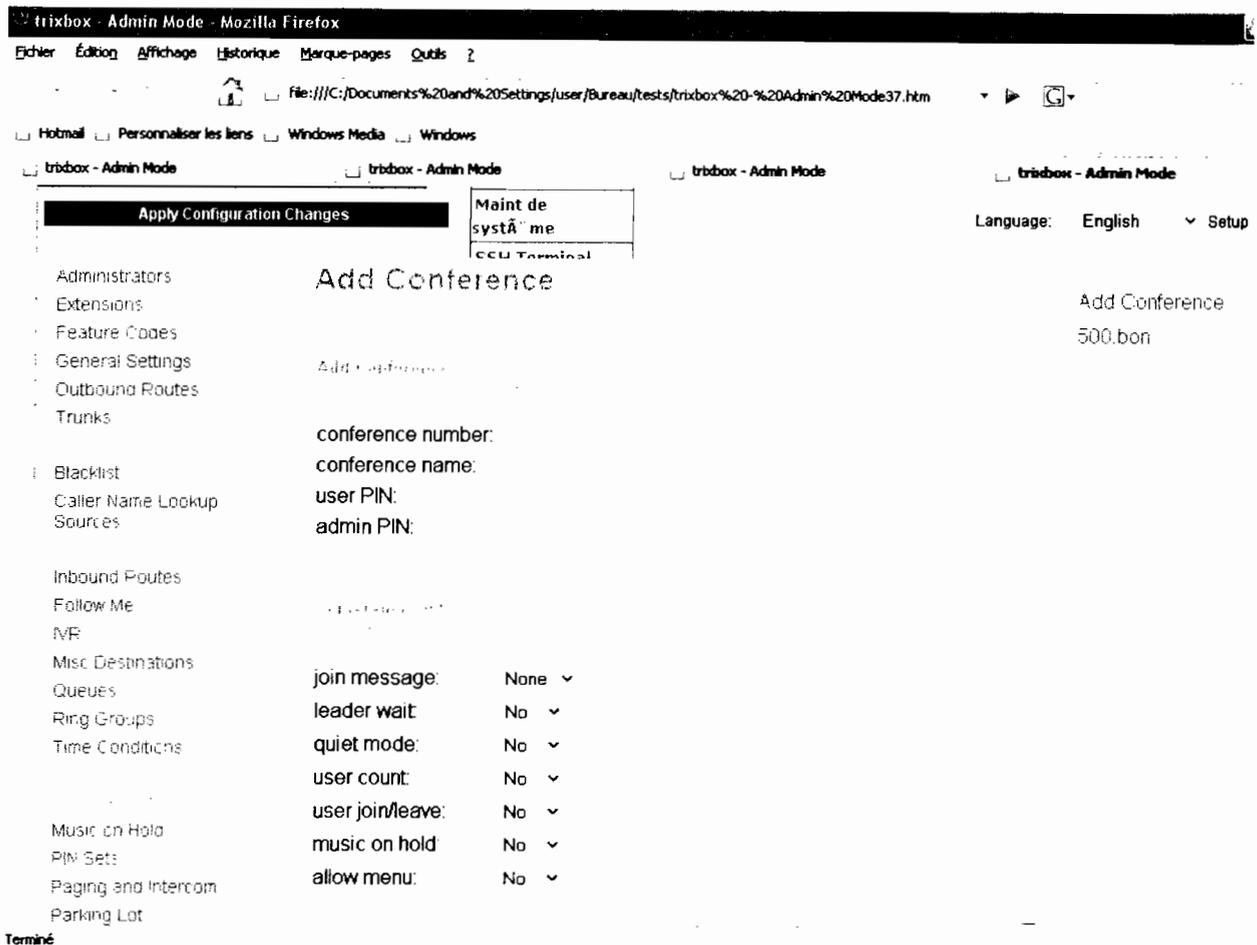
Notons que tous les champs cités dans la fenêtre ne sont pas obligatoires.



**Figure 22: Fenêtre de configuration des extensions**

### 1.3 Configuration de la conférence

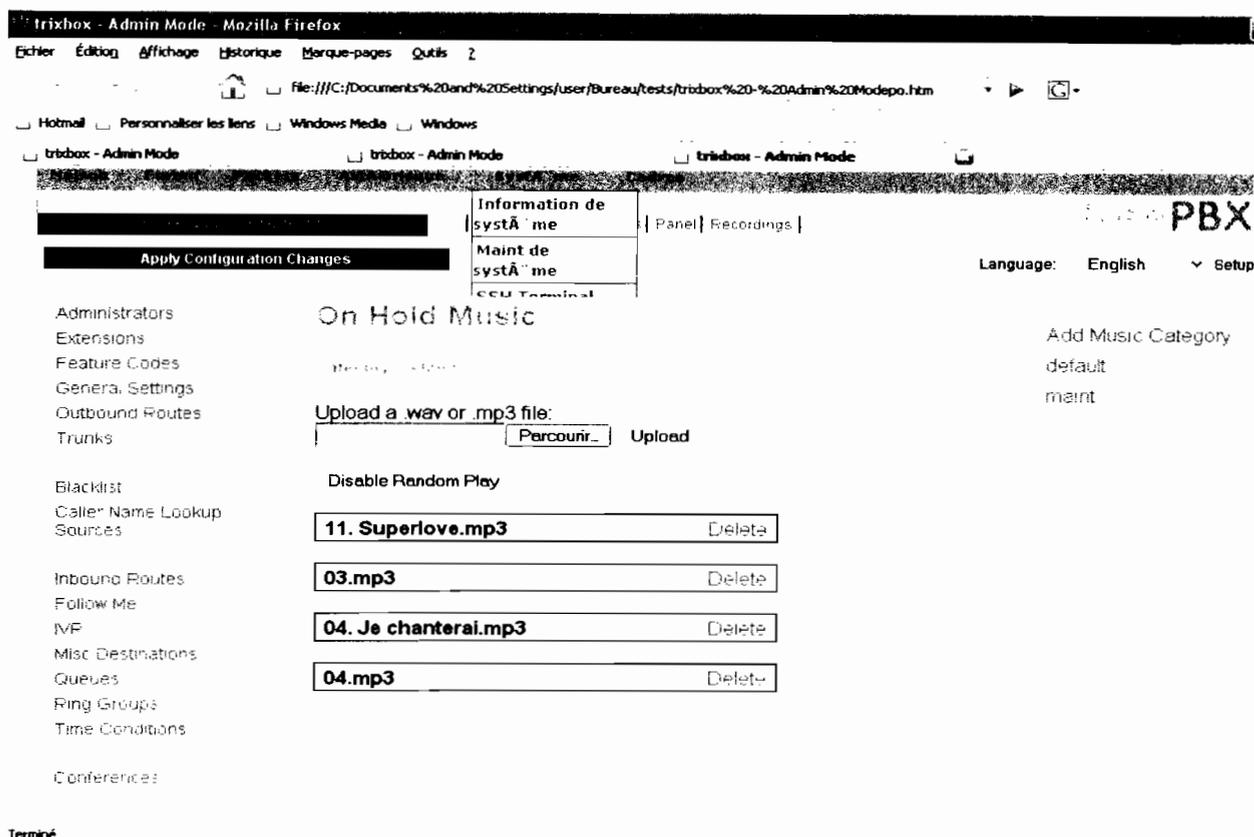
La configuration de la conférence se fait seulement par l'ajout d'un numéro de conférence. Dans la fenêtre « FreePBX » on clique sur « **conferences** » puis sur « **Add conferences** » et on remplit les champs de la fenêtre. Pour participer à une conférence chaque conférencier appelle le numéro de conférence et il est mis directement en contact avec les autres conférenciers.



**Figure 23: Fenêtre de configuration de la conférence**

## 1.4 Musique d'attente (music On Hold)

Dans l'option « **music on hold** » on peut télécharger la musique de son choix ou même enregistrer sa voix pour que les correspondants mis en attente écoutent. Pour ce faire dans cette option on indique le chemin d'accès de la musique à ajouter en cliquant sur « **parcourir** », pour que le système la télécharge.



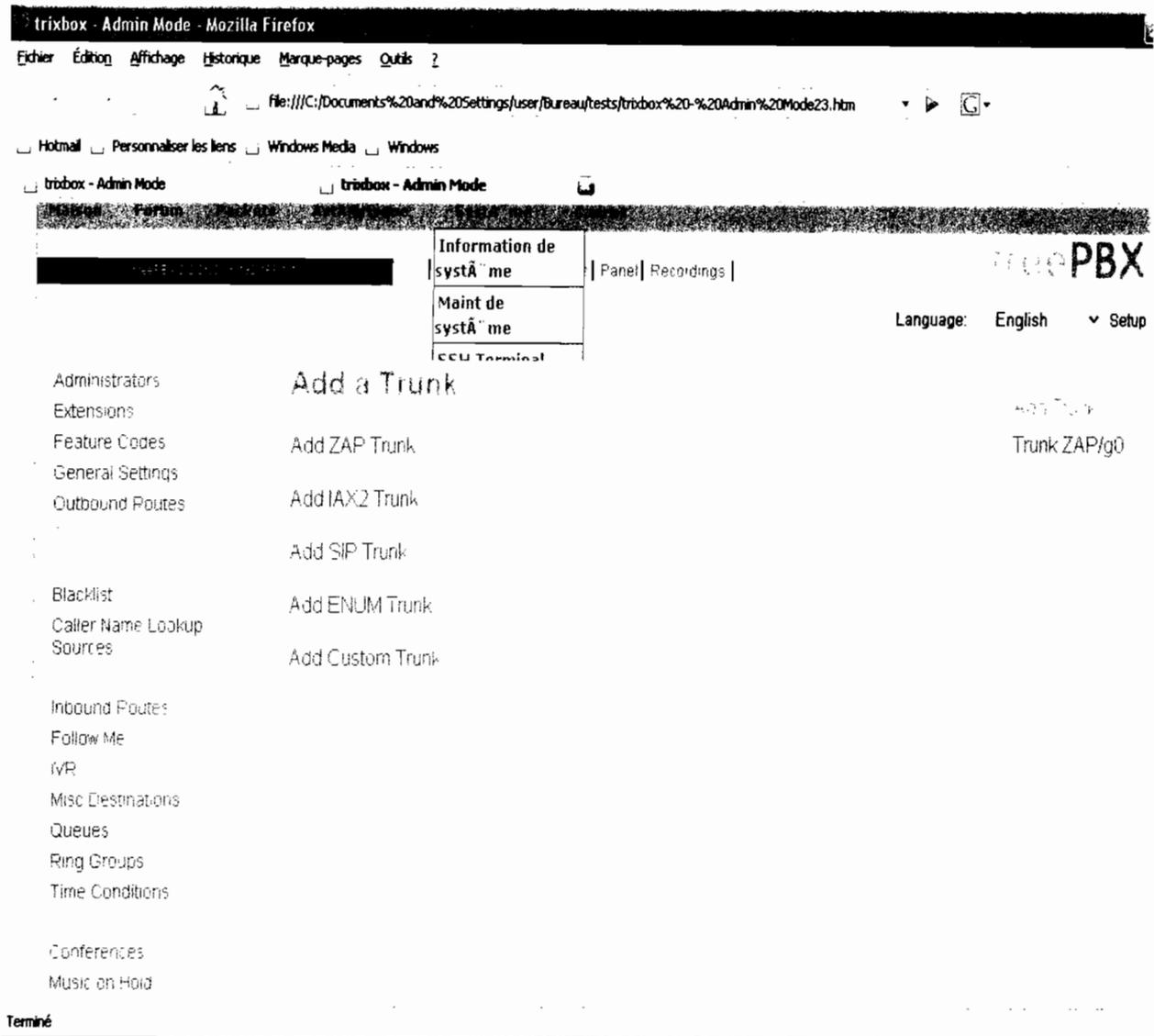
**Figure 24: Fenêtre de configuration de la musique d'attente**

## 1.5 Interconnexion à un ou plusieurs sites

Il est possible d'avoir deux types de connexions à un site externe : on peut se connecter soit par un réseau VoIP étranger ou à un réseau de téléphonie classique (RTC, GSM etc.)

Pour se connecter à un autre site VoIP qui dispose d'un IPBX Asterisk, il faut créer un Trunk IAX. Pour ce faire on va dans l'option « **Trunk** » ensuite sur « **Add IAX2 Trunk** » et on remplit les différents champs nécessaires pour le trunk.

-----Mise en œuvre d'une solution Centrex IP-----



**Figure 25:** Fenêtre de configuration d'IAX2 Trunk

Pour se connecter à un réseau RTC on utilise les cartes FXO et FXS. Ces cartes sont montées sur le serveur Asterisk et on branche les téléphones analogiques au niveau de la carte FXS qui leur génère la tonalité d'où son alimentation. La ligne du RTC est connectée au niveau de la carte FXO.

Pour le réseau GSM on utilise des passerelles GSM avec des bornes Wifi, ce qui permet d'utiliser les téléphones portables.

Il faut noter qu'après chaque configuration ou à la fin de toutes les configurations, il faut valider les paramètres en cliquant sur l'option «**Apply configuration changes**».

Toutes les configurations sont enregistrées dans un fichier accessible à partir de la page de configuration, par le chemin **Asterisk/ Config Edit**. Aussi les informations sur la machine (serveur Asterisk) telles que la mémoire vive, l'adresse IP de la machine..., sont accessibles par le chemin

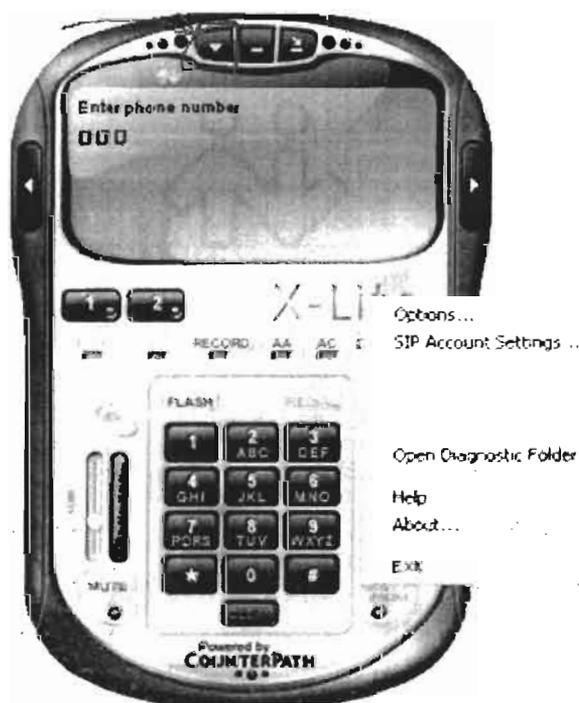
**Asterisk/Information.** L'onglet « Administrators » est réservé à l'administrateur. Il peut créer des comptes pour certains utilisateurs en les donnant les droits sur certaines options.

## 1.6 Configuration des soft phones

Notons qu'il existe une multitude de soft phones, mais notre choix s'est porté sur X-lite, vu qu'il est OPEN. X-lite est un client SIP pour Windows il est téléchargeable sur son site <http://www.x-lite.com>. La version utilisée dans notre implémentation est la version 3.0 ; il est gratuit et facile à l'installation, nous ne nous attarderons donc pas à cela.

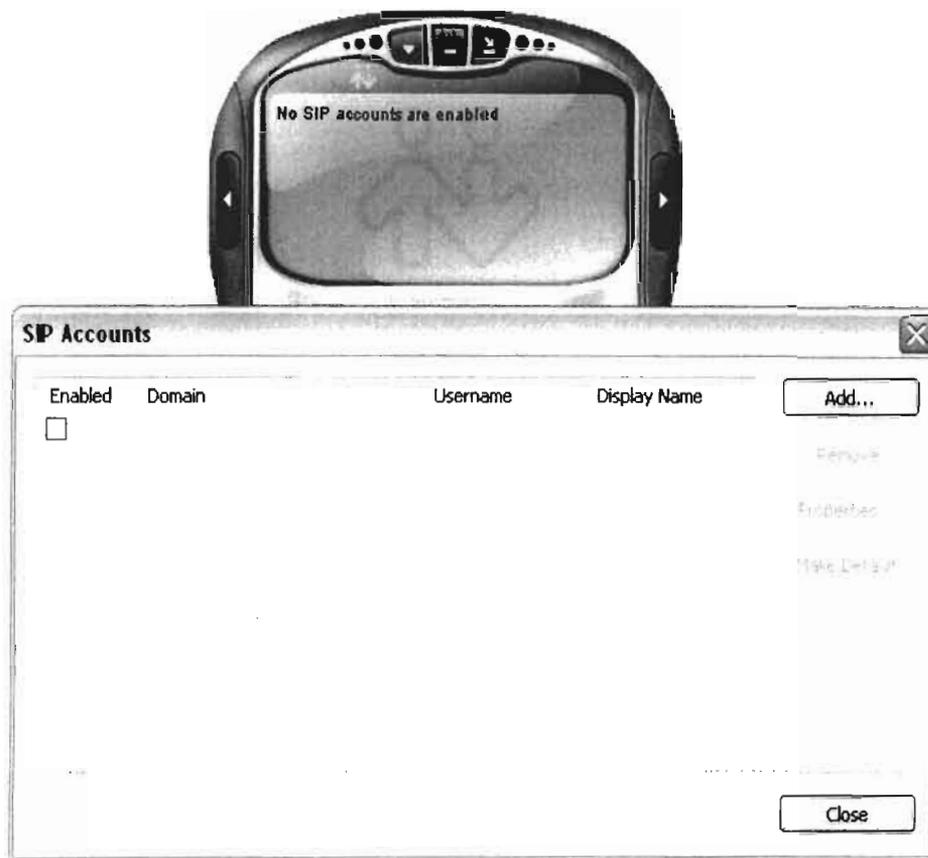
Configuration d'X-lite :

- pour le premier lancement de X-lite, une fenêtre apparaîtra automatiquement. Si elle n'apparaît pas, cliquer sur le bouton d'accès au menu (bouton avec un triangle) indiqué sur le schéma ci-dessous ou, faire un clic droit sur x-lite.



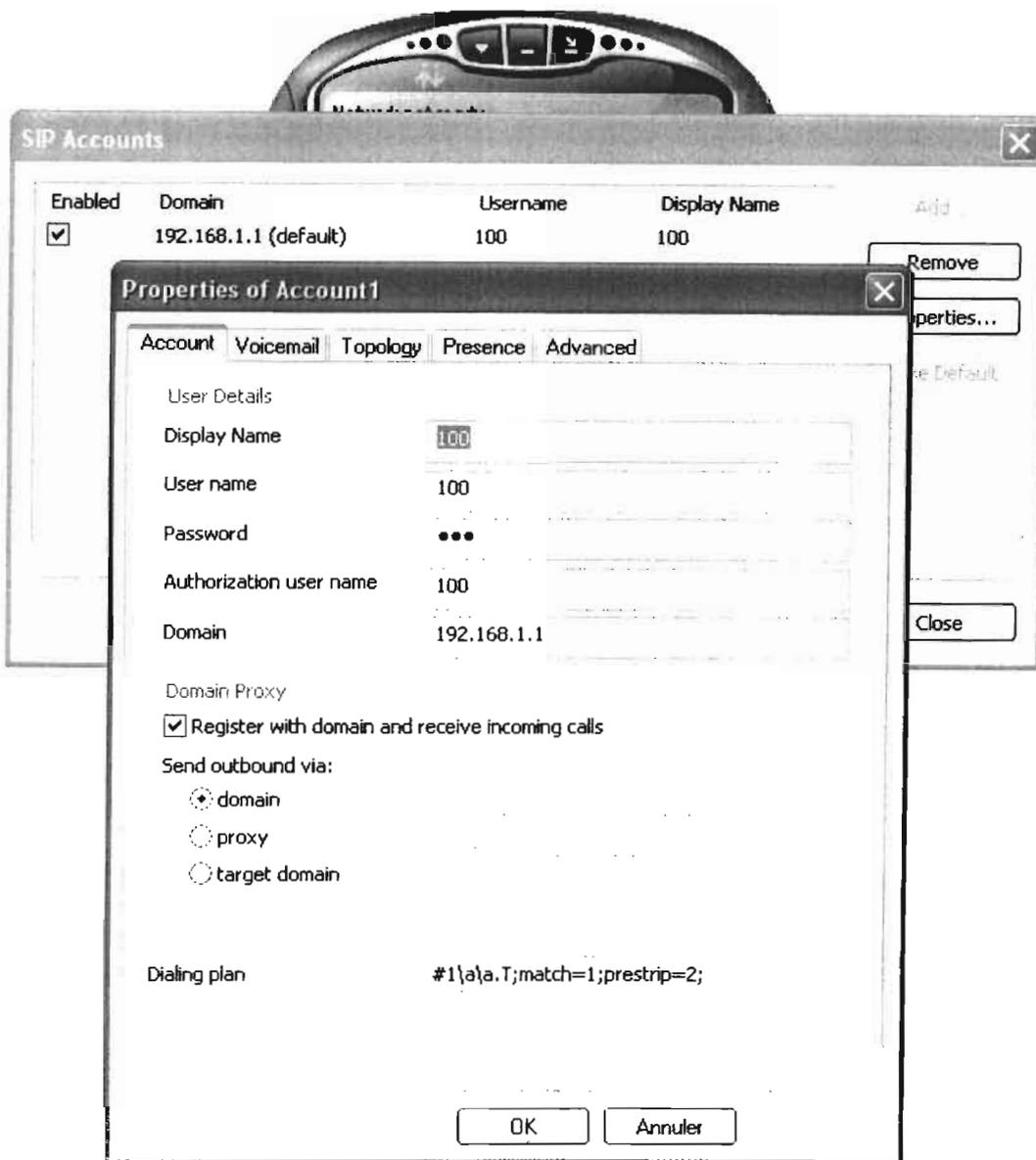
**Figure 26: Fenêtre de lancement de X-lite**

- puis cliquer sur l'onglet SIP Account Settings.



**Figure 27: Fenêtre d'ajout d'utilisateur**

➤ à ce niveau choisir l'option Add ; une autre fenêtre apparaîtra, et permettra l'ajout des comptes.



**Figure 28: Fenêtre de configuration de X-lite**

- remplir et valider la configuration des champs concernés. Notons que les champs ne sont pas obligatoires.

Display name : dans ce champ on peut mettre ce que l'on désire, (un nom, prénom etc.)

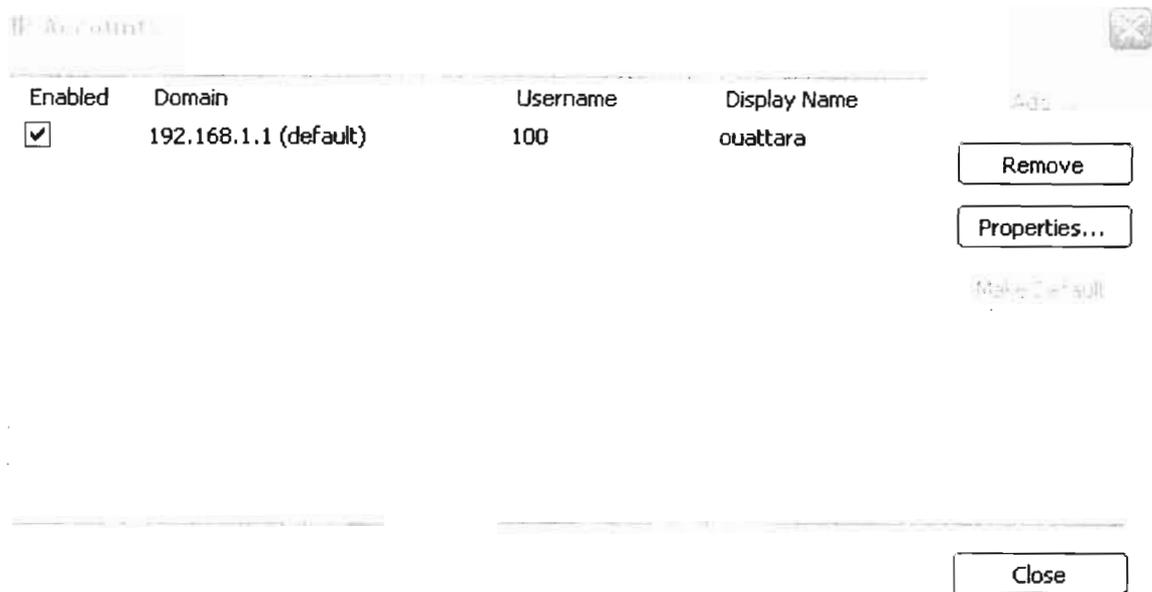
User name : ce champ est réservé au numéro de téléphone. C'est le login SIP utilisé dans la création du compte (le même numéro entré au niveau du champ « display name » du 'module.extension'.)

Password : ce champ est réservé au mot de passe SIP.

Authorization user name : on entre ici aussi le login SIP.

Domaine : on tape ici l'adresse IP du serveur.

-----Mise en œuvre d'une solution Centrex IP-----



**Figure 29 : Fenêtre d'ajout des utilisateurs**

Un compte est ainsi créé et on peut le voir dans « SIP Account »

Pour pouvoir communiquer, la création d'au moins deux comptes SIP est nécessaire

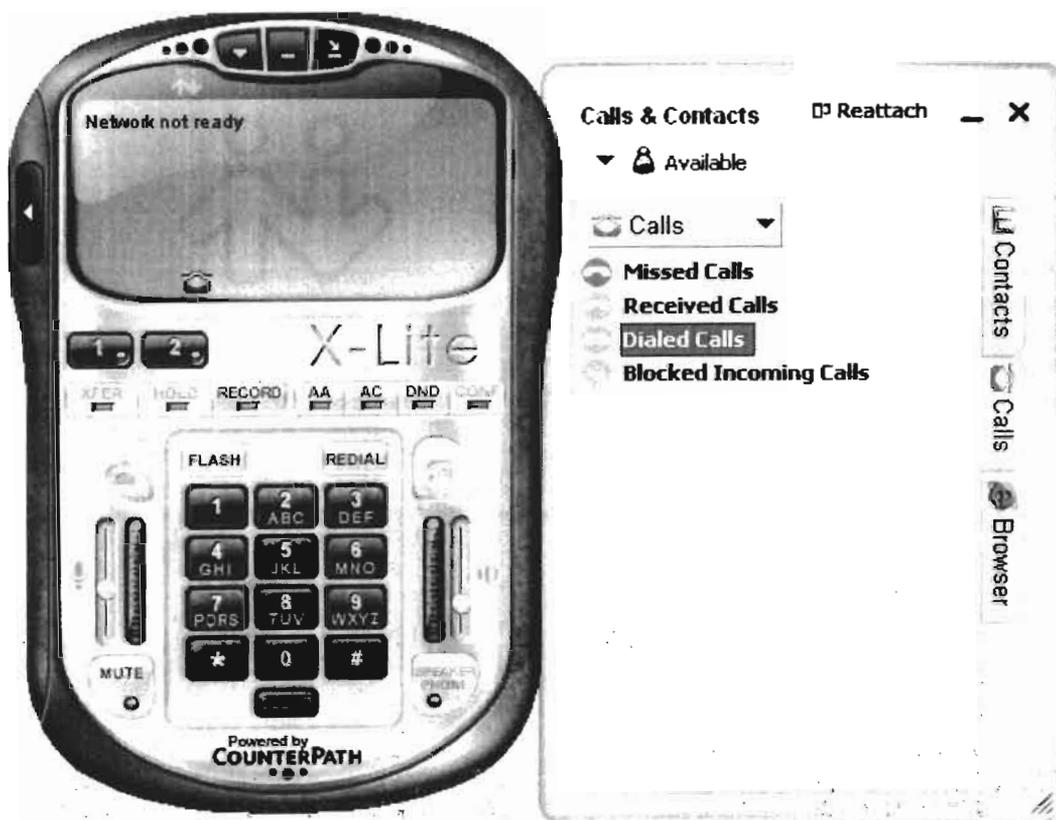


**Figure 30 : fenêtre d'appel**

- Pour lancer un appel, on utilise les boutons du téléphone pour composer le numéro comme pour un téléphone mobile, puis on clique sur le bouton appelé indiqué ici à gauche par la flèche verte
- Le bouton de droite, indiqué par la flèche rouge sert à raccrocher.

Les options de « **double appel** », de « **transfert d'un appel en cours** », de « **mise en attente d'un appel** » de « **conférence** » et bien d'autres sont aussi gérées par x-lite, et de la manière la plus simple possible. S'exercer continuellement à cet outil permettra de mieux le connaître.

X-lite intègre aussi un journal, nous renseignant sur les différents appels ; ce qui est illustré par le schéma ci-dessous.



**Figure 31 : Fenêtre de gestion d'appels**

Sur cette fenêtre, on peut voir les différentes options de ce soft phone telles que Missed calls, Received calls, Dialed calls etc.

Notons en définitive que la quasi-totalité de toutes les options d'un téléphone mobile sont disponibles sur ce soft phone.

## QUATRIEME PARTIE : ASPECTS ÉCONOMIQUES, JURIDIQUES ET PERSPECTIVES POUR LA VOIP

## I. Aspects Economiques et juridiques

### 1. Le bouleversement du modèle économique de la voix

La voix sur IP bouleverse le modèle économique classique du marché de la voix.

- **Au niveau du mode de la facturation du client** il y a un changement : tandis que la voix classique est facturée au temps, l'Internet est habitué aux facturations forfaitaires mensuelles.
- **Au niveau des facturations entre opérateurs** il y a également d'énormes changements : tandis que le marché de la voix classique prévoit des reversements entre opérateurs interconnectés au titre du transport ou de la terminaison d'appel en fonction du nombre de minutes écoulées, l'Internet est plutôt habitué au « bill and keep ». C'est-à-dire qu'il n'y a pas de reversement entre opérateurs : la totalité facturée par un opérateur est conservée par cet opérateur.
- **Au niveau des unités à facturer** : la voix classique mesure le trafic en terme de temps de communication, tandis que l'Internet facture habituellement en fonction de la bande passante souscrite. Dans certains cas, on peut tarifier au volume (nombre de kilooctets) comme dans le cas de l'Internet par GPRS.
- **Au niveau de la modularité des tarifs** : La voix classique distingue des communications locales, des communications longues distances (interurbains et international). De telles modularités sont par essence absurdes dans l'Internet du fait de l'existence de multiples chemins pour l'acheminement d'un trafic entre deux points.
- **Au niveau du gradient horaire** : la tarification de la voix classique comporte des plages horaires (heures creuses, heures pleines). Une telle politique n'est généralement pas utilisée dans le monde de l'Internet où la tarification est forfaitaire.

### 2. Enjeux économiques

On peut ajouter aux bouleversements subis par le modèle économique de la voix, l'arrivée de nouveaux acteurs issue du monde de l'informatique, de l'audiovisuel, et même de l'industrie électrique.

Tout cela constitue une menace pour l'économie classique des télécoms. Il s'agit tout d'un coup d'adopter ou de s'adapter à des modèles imposés par d'autres acteurs ou par l'évolution technologique. L'un des enjeux est de pouvoir faire ce passage en douceur sans trop de dégâts.

La voix sur IP offre des possibilités techniques qui permettent d'ébranler ou de mettre en péril l'équilibre des opérateurs de téléphonie classiques : Nous pouvons citer les techniques de « by-pass » ou contournement des « Gateway » ou passerelles internationales. Ceci peut être très néfaste pour des opérateurs dont une bonne partie du chiffre d'affaire se fait sur les communications internationales.

### 3. Aspects juridiques

Les aspects juridiques découlent des enjeux économiques. En effet les textes juridiques doivent définir les points suivants.

- **Le besoin d'un cahier de charge** : à l'origine la qualité de la VoIP restait à améliorer, donc ce nouveau secteur doit faire l'objet d'un cahier de charge qui va le réglementer et garantir une qualité minimum de service et de couverture.
- **Le besoin de protection des opérateurs en place** : l'autorité de réglementation doit mettre en place des stratégies de mise en vente des licences, limiter le nombre d'opérateurs télécoms. Ceci pour permettre une concurrence saine et loyale entre les opérateurs. Le cadre général de la concurrence est définie dans la **Loi n°033-2001/AN portant modification de la loi n°15/94/ADP du 5 Mai 1994 portant organisation de la concurrence au BURKINA FASO.**
- **La définition du modèle économique de la VoIP** : traditionnellement la facturation en télécommunication se fait par rapport à la durée, mais avec l'Internet celle-ci se fait au forfait. Faut-il facturer VoIP comme les réseaux traditionnels ou définir un autre mode de facturation ? Le **Décret n°2000-083/PRES/PM/MC/MCIA portant modalités d'établissement et de contrôle des tarifs des services de communication** doit évoluer pour prendre en compte les services de VoIP.
- **La politique d'interconnexion** : les opérateurs ont le devoir d'interconnecter les différents réseaux pour permettre aux utilisateurs de communiquer avec tous les internautes des autres réseaux. Le **Décret n°2000-087 PRES/PM/MC/MCIA portant définition des conditions générales d'interconnexion des réseaux et services de télécommunication** doit évoluer pour prendre en compte les services de VoIP.
- **Le besoin en ressources financières de l'Etat** : l'autorité de régulation fonctionne sur la base des redevances versées par les opérateurs téléphoniques. Il y a les redevances de fréquences, de numérotation, ... Par exemple au Burkina les opérateurs payent un (1) dollar (\$) par an à

ARTEL<sup>1</sup> pour chaque numéro de téléphone distribué. Sur quelles bases seront calculées les redevances à verser par les opérateurs VoIP ? **Décret n°2000-409/PRES/PM/MC portant institution des droits et redevances au profit de l'autorité Nationale de Régulation des Télécommunications (ARTEL)** doit lui aussi évoluer.

- **Le besoin de protection des consommateurs** : l'Etat doit protéger les consommateurs en contrôlant les tarifs (D'où le **Décret n°2000-083/PRES/PM/MC/MCIA portant modalités d'établissement et de contrôle des tarifs des services de communication**). L'Etat doit aussi contrôler la qualité de services offerte aux consommateurs. Ce qui signifie que les opérateurs VoIP doivent être en mesure de fournir une QoS minimale qui reste à définir (Ce qui vient accentuer le besoin d'un cahier des charges).
- **Les sanctions à prévoir** : les textes juridiques doivent définir clairement les sanctions à prévoir pour tout opérateur qui aura enfreint aux lois et règles établies par l'autorité de réglementation. Aussi elle doit régler les différents litiges entre les opérateurs téléphoniques.

Nous observons que l'autorité de régulation se doit de règlementé chaque aspect de sorte à ne léser personne. Si la voix sur IP est autorisé, il conviendrait qu'elle ne porte préjudice ni aux consommateurs, ni aux opérateurs installés ni à l'Etat. Or les lois et décrets la concernant n'ont pas encore été établis. Aucun arrêté stipulant son interdiction n'a été créé ; mais à travers les lois et décret existant, il ressort qu'elle soit interdite à la commercialisation.

## **II. Perspectives : NGN ; le Réseau de demain**

Le NGN (**Next Generation Network**) est né du besoin de convergence des réseaux, d'intégration des services multimédias. Elle a pour principe d'utiliser les technologies de transport en mode paquet en incluant différent type de trafics (voix, données, vidéo, multimédia,) sur un accès large bande. NGN utilise les nouvelles technologies de transport en mode paquets pour proposer des services hauts débits.

Le NGN propose des fonctions de service qui sont indépendantes des technologies utilisées pour le transport ; il présente l'aboutissement d'une convergence entre le monde de l'informatique, et celui des télécoms. Le NGN va vers la réalisation d'un « tout en un » ; utiliser un seul réseau pour l'ensemble des services de télécommunication.

---

<sup>1</sup> ARTEL : Autorité Nationale de Régulation des Télécommunications du Burkina Faso

Cette technologie, est la conséquence des handicaps des technologies réseaux précédentes face aux problèmes tels que la gestion de la diversité des flux de trafic issue des différents réseaux télécoms existants ; la difficulté de partager des ressources dans un contexte multiservice et multi réseaux. Ici par exemple le problème de QoS ne se pose pas. Cette solution vers un réseau convergent unique IP et multiservice, permettra la résolution des problèmes que rencontrent les autres technologies, et ce à moindre coût. Les réseaux mono-services sont alors appelés à disparaître.

# Conclusion générale

La VoIP a amenée un grand changement dans le domaine des télécoms, lui apportant des possibilités d'optimisation, avec surtout une diminution des coûts d'investissement. Elle permet, par l'utilisation du protocole IP une convergence des différents services et des technologies ; l'utilisation d'un même réseau pour la voix, les données, et les images. Sa réalisation offre une multitude de solutions parmi lesquels Asterisk, à travers Trixbox, s'est avéré la plus convenable pour nous. D'abord, Il permet une configuration aisée, grâce à l'utilisation de l'interface Web. Ensuite le fait qu'il soit (OPEN) gratuit, entraîne une réduction des coûts. Enfin, il permet l'utilisation des soft phones multi plateforme ; et est un système en pleine évolution. Il est évident que la VoIP requière un minimum au niveau du débit pour permettre un transport optimum en temps réel de la voix.

Notre stage à la G2I (Groupe D'ingénierie Informatique) nous a permis de comprendre cette technologie, et de pouvoir l'implémenter en fonction des exigences du terrain. Il nous a permis de se préparer pour l'ouverture éventuelle du secteur.

Il faut noter que ce stage ne s'est pas passé sans difficulté. En effet l'ESI ne dispose pas d'une structure qui s'occupe de la recherche des stages pour les étudiants. Ces derniers sont laissés à leur sort ; donc peine à trouver des stages. Ensuite, le suivi des étudiants en stage tel que formulé dans les lettres de recommandation n'est pas respecté. Et enfin les étudiants font les stages dans les conditions de travail difficiles, car aucune mesure financière n'est faite pour les accompagner.

Au niveau de la structure d'accueil, on note que c'est une nouvelle entreprise, avec des moyens de fonctionnement modestes. Donc nous ne disposons pas aussitôt le matériel nécessaire pour l'implémentation de notre thème d'étude, malgré la volonté des associés de l'entreprise de nous mettre dans les bonnes conditions de travail.

Vu ces insuffisance nous suggérons à l'UPB et en particulier à l'ESI de mettre en place un comité chargé de la recherche des stages et aussi à accompagner les étudiants dans leurs lieux de stage respectifs tant au niveau de l'encadrement qu'au niveau financier, car les stages sont des activités pédagogiques obligatoires.

Aussi, G2I étant une société de prestation de services, nous l'invitons à inclure l'implémentation de la voix sur IP dans la liste de ses services offerts.

## La Bibliographie

[www.artel.bf](http://www.artel.bf)

[www.asterisk.org](http://www.asterisk.org)

[www.trixbox.org](http://www.trixbox.org)

[www.wireshark.org](http://www.wireshark.org)

[www.voip-info.fr](http://www.voip-info.fr)

[www.ethereal.org](http://www.ethereal.org)

[www.commentcamarche.net](http://www.commentcamarche.net)

<http://esi.bf.refer.org>

[www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)

[www.pabx-fr.com](http://www.pabx-fr.com)