

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université 8Mai 1945 – Guelma
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département d'Electronique et Télécommunications

664



**Mémoire de Fin d'Etude
pour l'obtention du Diplôme de Master Académique**

Domaine : **Sciences et Techniques**
Filière : **Télécommunications**
Spécialité : **Systemes de Télécommunications**

Téléphonie sur IP

Présenté par :
Ali Ahmadaye Moussa
Abderaman Youssouf Chidi

Sous la direction de :
Mr. M.T.TABA



JUIN 2011



Remerciements

Nous adressons tout d'abord nos remerciements à l'état Algérien qui a bien voulu nous accueillir et qui nous a pris en charge durant tout le long de notre cursus universitaire, à l'état Tchadien qui nous a permis d'avoir ces bourses d'études et qui nous a fourni une formation de base conséquente.

*Nous adressons nos remerciements à l'université 08 mai 45 du Guelma, à l'administration et à nos professeurs qui ont collaboré à notre formation depuis notre premier cycle d'étude jusqu'à la fin de notre cycle universitaire. Et nous tenons à remercier notre encadreur **Mr. M.T.TABA** pour sa contribution dans l'élaboration de ce mémoire aussi tous les professeurs qu'on ne saurait citer qui nous ont apporté leur aide.*

Nos remerciements les plus vifs s'adressent aussi à monsieur le président et les membres de jury d'avoir accepté d'examiner et d'évaluer notre travail.

Et nous ne saurons finir sans lancer un grand merci à tous nos amis, aux étudiants de la promotion du département de télécommunication et à tous ceux qui nous ont aidé de près ou de loin que ce soit pour leur soutien moral ou physique.

Abderaman youssouf chidi
Ali ahmadaye moussa



Sommaire

Remerciement et dédicace
Sommaire
Liste des figures
Liste des tableaux
Résumé
Introduction générale
Plan de travail

CHAPITRE I

RTC et PABX

Introduction	3
I. Principes généraux de la téléphonie.....	3
I.1 .La transmission de la voix sur réseau téléphonique commuté numérique.....	4
I.2.Technologies de codage utilisé dans un réseau téléphonique commuté.....	5
I.3.Raccordement des usagers	5
I.3.1.La mise en relation usager/usager.....	6
I.3.2.Les modes de signalisation.....	7
I.4.Organisation du réseau téléphonique.....	8
I.4.1.Architecture traditionnelle.....	8
I.5.Gestion du réseau.....	9
I.6.Les services RTC.....	9
I.7 Généralité sur le PABX.....	11
I.7.1.Description fonctionnelle des PABX.....	11
I.7.2.Les fonctions de raccordement.....	12
I.7.3.Les fonctions de commutation.....	13
I.7.4.les fonctions de signalisation et d'adressage.....	13
I.7.5.Les fonctions de commande.....	13
I.7.6.Fonctionnalités des PABX.....	14
I.7.6.1.Fonctionnalités standard.....	14
I.7.6.2.Fonctionnalités particulières.....	15
I.8.La signalisation.....	15
I.9.Intégration Téléphonie/Informatique.....	16
I.10.Sécurité dans un réseau téléphonique commuté.....	16
Conclusion.....	17

CHAPITRE II

TCP/IP

Introduction.....	18
II. Description du modèle OSI et TCP/IP.....	18
II.1. Le Modèle OSI et Le modèle TCP/IP.....	18
II.1.1. La couche hôte réseau.....	20
II.1.2. La couche internet.....	20
II.1.3. La couche transport.....	20
II.1.4. La couche application.....	21
II.2. Les principaux protocoles et applications de l'environnement TCP/IP.....	21
II.2.1. Le protocole TCP (Transmission Control Protocol).....	22
II.2.1.1. Fonctionnement.....	22
II.2.1.2. L'en-tête du segment TCP.....	23
II.2.2. Le protocole UDP (User Datagram Protocol).....	23
II.2.3. Le protocole IP.....	24
II.2.3.1. Les datagramme IP.....	24
II.3. Les avantages de TCP.....	25
II.4. La sécurité dans les réseaux IP.....	25
II.5. Les différent classe IP.....	25
II.6.1. Le Routage des Data grammes IP.....	28
II.6.2. Le routage.....	28
II.6.3. Les types de routage.....	28
II.6.4. Les protocoles de routage.....	28
II.6.4.1. Le protocole RIP (Routing Information Protocol).....	28
II.6.4.2. Le protocol IGRP (Interior Gateway Routing Protocol).....	28
II.6.5. Les Tables de Routage.....	29
II.7. Le protocol NAT (Network Address Translation).....	29
II.8. Le DNS (Domain Name System).....	29
II.9. Le DHCP (Dynamics Host Configuration Protocol).....	30
5. Conclusion.....	30

CHAPITRE III

téléphonie sur IP

Introduction.....	31
III.1. La problématique de base de la téléphonie.....	31
III.1.1. La téléphonie sur IP (ToIP).....	32
III.1.2. Définitions importantes.....	33
III. 2. Principe de technique de transfert de paquets.....	33
III. 3. Comparaison ToIP avec la téléphonie classique.....	34
III. 4. Les cinq problèmes clés de la ToIP.....	35
III. 5. Architecture Téléphonie sur IP.....	35
III.5.1. Les différents aspects de la téléphonie IP.....	36
III. 6. Les enjeux de la Voix sur IP.....	38
III.7. Contraintes de la ToIP.....	40
III.8. Solution de la téléphonie IP.....	41

III.9. Techniques de transmissions.....	43
III.10. Les codeurs à bas débit utilisés.....	44
III.10.1. Codage temporel PCM ou MIC.....	45
III.10.2. Le codage différentiel DPCM, ADPCM et ADM.....	45
III.10.3. Le codage paramétrique.....	45
III.10.4. Le codage par analyse et synthèse.....	46
III.11. Architectures de la ToIP dans différents types de réseaux.....	47
III.11.1. La téléphonie sur Ethernet.....	47
III.11.2. La téléphonie sur réseaux sans fil.....	47
III.11.3. La téléphonie sur ATM.....	47
III.12. Les différents éléments pouvant composés un réseau VoIP.....	47
III.12.1. Le PABX-IP.....	47
III.12.2. Le serveur de communications.....	48
III.12.3. La passerelle (Gateway).....	48
III.12.4. Le routeur.....	48
III.12.5. Le Switch.....	49
III.12.6. Le Gatekeeper.....	49
III.12.7. L'IP-PHONE.....	49
III.12.8. Le SOFTPHONE.....	50
Conclusion.....	50

CHAPITRE IV

Les Protocoles de la téléphonie IP

Introduction.....	51
IV.1. Les protocoles de signalisation.....	51
IV.1.1. La signalisation H.323.....	51
IV.1.2. Architecture et fonctionnalités du protocole H.323.....	52
IV.1.2.1. Les quatre entités d'une architecture H.323.....	52
IV.1.3. La pile de protocoles H.323.....	53
IV.1.4. Conférence de données.....	54
IV.1.4.1. La visioconférence sur IP.....	54
IV.2. Le protocole SIP (Session Initiation Protocol).....	56
IV.2.1: Fonctionnement.....	56
IV.2.2 : Architecture de SIP.....	57
IV.2.3. Scénario d'appel de base.....	58
IV.2.4. Comparaison avec H323.....	60
IV.3. Le protocole SCCP (Skinny Call Control Protocol).....	61
IV.4. Le protocole MGCP.....	62
IV.5. Les protocoles de transport en temps réel.....	63
IV.5.1. Le protocole RTP (Real Time Transport Protocol).....	63
IV.5.2. Le protocole RTCP (Real-time Transport Control Protocol).....	65
Conclusion.....	66

CHAPITRE V

Application

Introduction.....	67
V.1.Présentation de la plateforme.....	67
V.2.Organigramme de la réalisation de la plateforme.....	68
V.3. Configuration du modem D-link.....	69
V.4 Installation et configuration du serveur VMware workstation.....	70
V.4.1 Installation.....	70
V.4.2.Ajout des utilisateurs.....	75
V.5 Configuration des softphones.....	75
V.5.1.Tests de la configuration.....	78
V.6. Présentation de Wireshark.....	78
V.6.1. Etapes de capture des paquets.....	78
V.6.2. Le message RINGING.....	82
V.6.3. Une trame de données vocales.....	83
Conclusion.....	84
Conclusion générale.....	85
Bibliographie.....	86
Abréviations.....	87

Liste des figures

Figure I.1 .Principe de la commutation temporelle.....	4
Figure I.2. Principe de raccordement des abonnés.....	5
Figure I.3. Diagramme d'une communication téléphonique.....	6
Figure I.4. Signalisation Voie par Voie.....	7
Figure I.5. Signalisation par canal sémaphore.....	7
Figure I.6. Organisation du réseau téléphonique.....	8
Figure I.7. Schéma général d'un PABX.....	12
Figure I.8 .Le PABX et la signalisation.....	15
Figure I.9. Architecture générale du concept CTI sur micro ordinateur.....	16
Figure .II .1 .Le model TCP/IP et le model OSI.....	19
Figure. II .2 . La couche réseau.....	20
Figure. II .3 . La couche internet.....	20
Figure .II .4. La couche transport.....	20
Figure .II .5. La couche application.....	21
Figure .II.6 . Protocoles et applications de TCP/IP.....	22
Figure .II .7. Entête TCP.....	23
Figure .II .8. L'en-tête UDP.....	23
Figure .II.9. Datagramme IP.....	24
Figure .II .10 . Format d'adresse du class A.....	26
Figure .II.11. Format d'adresse du class B.....	26
Figure .II.12. Format d'adresse du class C.....	27
Figure .II.13. Format d'adresse du class D.....	27
Figure .II.14. Format d'adresse du class E.....	27
Figure III.1.Schéma synoptique de La téléphonie sur IP.....	32
Figure III.2. VoIP vs ToIP.....	33
Figure III.3. La technique de transfert de paquets.....	34
Figure III.4. La voix sur IP dans l'entreprise.....	36
Figure III.5.Téléphonie sur IP de type Ordinateur à Ordinateur (PC to PC).....	36
Figure III.6.Téléphonie sur IP de type Téléphone à Téléphone en utilisant des passerelle.....	37
Figure III.7.Téléphonie sur IP de type Ordinateur à Téléphone (PC to Phone).....	37
Figure III.8. Différentiation de trafic par un modem ADSL de première génération.....	39
Figure III.9. Différentiation de trafic par un modem ADSL de nouvelle génération.....	39
Figure III.10. Difficultés associées à la transmission de la voix sur IP.....	41
Figure III.11. Le triple Play.....	42
Figure III.12. Le Quadruple-Play.....	42
Figure III.13. Le Penta-Play.....	43
Figure III.14. La transmission de la voix par paquets.....	44
Figure III.15.Mise en paquet de l'information	44

Figure III.16. Fonctions d'un PABX.....	46
Figure III.17. Téléphone IP.....	49
Figure IV.1 Architecture du réseau H.323.....	52
Figure IV.2 La pile H323.....	53
Figure IV.3 Visio conférence unicast.....	55
Figure IV.4 Visio conférence multicast.....	55
Figure IV.5 Architecture SIP.....	57
Figure IV.6 Etablissement d'un appel SIP.....	59
Figure IV.7 Etablissement d'une session entre PC à PC avec un serveur de Proxy et de redirection.....	60
Figure IV.8 Rôle fédérateur du protocole MGCP.....	62
Figure V.1 architecture de la plateforme.....	67
Figure V.2 organigramme de la réalisation de la plateforme.....	68
Figure V.3 interface du modem D-Link.....	70
Figure V.4 page d'accueil de VMware Workstation.....	71
Figure V.5 interface GUI du serveur AdminsParadise Linux PBX de la VoIP.....	73
Figure V.6 interface d'AdminsParadise VoIP.....	73
Figure V.7 page d'accueil du serveur AdminsParadise PBX.....	74
Figure V.8 Ajout de l'utilisateur.....	75
Figure V.9 interface de waresark.....	79
Figure V.10 la capture avec waresark.....	80
Figure V.11 différents étapes de la communication.....	81
Figure V.12. Capture d'une trame d'un message RINRING.....	82
Figure V.12. Capture d'une trame de donnée vocale.....	83

Liste des tableaux

Tableau II.1. Les adresses privées.....	29
Tableau III.1. Classes de qualité UIT pour les retards de transmission.....	40
Tableau III.2. Les codecs audio.....	46
Tableau IV.1 Comparaison H.323 et SIP.....	61
Tableau IV.2. Format de l'en-tête RTP.....	64

Résumé

Pour tirer profit du développement d'Internet pour le grand public, des sociétés ont développé des logiciels de " téléphonie IP ". Avec ces programmes, il est possible de transporter de la voix entre deux ordinateurs et ainsi de communiquer. Bien que cela puisse paraître révolutionnaire, cela est devenu insuffisant. En effet, pour pouvoir être viable, un tel réseau de " téléphonie IP " doit être interconnecté avec le réseau téléphonique commuté, le réseau de téléphonie classique.

La téléphonie sur IP constitue une tentative d'unifier les réseaux en utilisant une seule technologie pour le transport des services de téléphonie et de données. Trois types de signalisation ont été définis. H.323 Celui-ci a longtemps fait office de référence en matière de protocole de signalisation pour le multimédia en général, et pour la téléphonie sur IP en particulier. Porteur d'un fort héritage du monde des télécoms, il s'est imposé sur le marché. SIP son rôle est d'ouvrir, modifier et libérer les sessions. L'ouverture de ces sessions permet de réaliser de l'audio, de la vidéoconférence, de l'enseignement à distance, de la voix (téléphonie) et de la diffusion multimédia sur IP essentiellement. Le protocole SIP, concurrent du protocole H.323 et disposant d'atouts remarquables qui favorisent son émergence. En fait, H.323 et SIP pour offrir un service de téléphonie à l'utilisateur final. Le MGCP (Media Gateway Control Protocol), pour la commande de passerelle entre le réseau de données et le réseau téléphonique.

Alors même que la ToIP n'est pas encore suffisamment déployée pour être pleinement concurrentielle, les opérateurs de téléphonie classique se livrent à une guerre des prix. Il est donc probable que les avantages financiers des solutions de ToIP paraîtront moins pertinents à l'avenir, d'autant que le ticket d'entrée reste conséquent. Une fois alignée sur les autres tarifs, la ToIP devra se démarquer par la richesse de services à valeur ajoutée qui restent encore à inventer. En constatant l'intérêt suscité par Wi-Fi aujourd'hui, on peut imaginer que le sans-fil devienne l'atout différenciateur pour l'émergence des technologies de ToIP. En cas de doute, la convergence des données vers un modèle tout-IP, pour la voix, la vidéo et les données à la fois, deviendra une évidence pour favoriser dans l'avenir l'essor de la ToIP sans fil.

Introduction générale

La téléphonie est un des moyens de communication préférés des êtres humains, et le nombre de terminaux téléphoniques vendus dans le monde ne cesse d'augmenter. L'émergence de nouvelles technologies peut parfois être effrayante pour les entreprises qui ne savent pas toujours déterminer la voie à suivre. Bien souvent, elles sont en retard dans l'évolution de leurs réseaux ou de leur matériel informatique.

Aujourd'hui, des standards sont en train d'émerger et des entreprises commencent à satisfaire le marché en fournissant des passerelles faisant le lien entre le monde IP et le monde RTCP.

La voix sur IP (Voice over IP) constitue actuellement l'évolution la plus importante du domaine des Télécommunications. Avant 1970, la transmission de la voix s'effectuait de façon analogique sur des réseaux dédiés à la téléphonie.

La voix sur IP est une technologie de communication vocale en pleine émergence .elle fait partie d'un tournant dans le monde de la communication. En effet, la convergence du triple play (voix, données et vidéo) fait partie des enjeux principaux des acteurs de la télécommunication aujourd'hui. Au lieu de disposer à la fois d'un réseau information et d'un réseau téléphonique commuté (RTC), l'entreprise peut donc, grâce à la VOIP, tout fusionner sur un même réseau. Cela part du fait que la téléphonie devient de la « data ».

Différents standards et protocoles de communications ont été élaborés pour rendre possible cette communication numérique. Parmi ces protocoles notons les protocoles de signalisation SIP et H.323 ainsi que les protocoles de transport en temps réel RTP et RTCP que nous avons étudiés et comparés dans ce mémoire. Les contraintes que doivent être tenues en compte en plus du coût de la téléphonie classique, sont le déplacement fréquent des téléphonies (de management, aménagement de nouveau bureaux ...) et la gestion de câblage.

Ce travail a, notamment, pour objectifs de fournir des renseignements permettant de mieux connaître cette nouvelle technologie, d'identifier ses atouts, ses inconvénients, et d'évaluer si elle constitue une voie d'avenir pour les centres de relations clientèle des grands organismes.

Plan de travail

- ✚ Le chapitre I décrit certains aspects de la téléphonie classique à travers l'étude du réseau téléphonique classique. Nous aborderons, ensuite les réseaux de Télécommunications privés (PABX).
- ✚ Nous décrivons dans le chapitre suivant, l'architecture générale des réseaux IP et les protocoles qui permettent à cet environnement de gérer les problèmes d'adressage et routage et plus généralement tous les protocoles associés au protocole IP et se trouvant dans le niveau paquet ; à travers les points suivants :
Description du modèle TCP/IP, Le protocole IP ,Le protocole TCP et UDP ,La sécurité dans les réseaux IP.
- ✚ Dans le chapitre troisième, la partie est dédiée aux notions fondamentales de la VoIP. Elle expose ses fondements théoriques et couvre un vaste état de l'art des normalisations adoptées pour le contrôle et la gestion du multimédia en général et de la voix sur IP en particulier. Elle détaille l'ensemble des spécificités des flux de téléphonie sur IP et s'attarde sur les architectures déployées ainsi que sur la manière dont les communications sont établies entre les interlocuteurs.
- ✚ Le chapitre IV présente les différents protocoles de la téléphonie sur IP et Nous discuterons dans ce chapitre à travers les points suivants :
 - Les protocoles de signalisation :
 - Le protocole H.323
 - Le protocole SIP
 - Le protocole SCCP
 - Le protocole MGCP
 - Les protocoles de transport en temps réel :
 - Le protocole RTP
 - Le protocole RTCP
- ✚ Après avoir évoqué les caractéristiques principales des protocoles supportant la téléphonie sur IP ; nous décrivons dans le cinquième chapitre une étude pratique par la réalisation d'une plate-forme de la VoIP utilisant le protocole SIP. Signalons aussi qu'on a adopté l'outil logiciel « Wireshark » comme étant un analyseur de trafic réseau..

La fin du mémoire se fera sur une conclusion générale suivie d'une bibliographie .

Chapitre : I : RTC et PABX

Introduction

Le réseau téléphonique public, PSTN ("Public Switched Telephone Network") ou RTPC (Réseau Téléphonique Public Commuté) constitue l'un des plus importants réseaux au monde ayant quelques centaines de millions d'abonnés. Essentiellement analogique au départ, le réseau s'est progressivement numérisé la transmission dans le réseau d'abord, suivie par la commutation ensuite. La dernière partie numérisée reste la partie locale, c'est-à-dire la connexion de l'abonné au réseau c'est un des objectifs du RNIS.

Les opérateurs téléphoniques de part le monde opèrent chacun dans un sous réseau du réseau téléphonique mondial. A fin d'assurer le service de communication universel entre l'ensemble de leurs abonnés respectifs, ils doivent s'interconnecter entre eux et se mettre d'accord sur un système unique et cohérent de désignation de leurs abonnés. L'exigence de la qualité de service implique que les ressources mobilisées soient adéquates à savoir la capacité des circuits, la vitesse de transmission et les traitements de gestion le réseau téléphonique commuté présente une infrastructure universelle sur laquelle repose plusieurs technologies et permet une interopérabilité avec divers réseaux.

Dans ce qui suit nous faisons un aperçu général sur le réseau téléphonique commuté, à travers les points suivants:

- ❖ Principes généraux de la téléphonie.
- ❖ Les techniques mises en place pour le transport de la voix dans un réseau à commutation de circuits.
- ❖ Le raccordement des usagers.
- ❖ L'organisation d'un réseau téléphonique commuté.
- ❖ Les différents services offerts par le RTC.
- ❖ Les PABX.
- ❖ La sécurité dans le réseau téléphonique classique.

I. Principes généraux de la téléphonie

Le réseau téléphonique public commuté (RTPC, ou simplement RTC) est un outil de communication composé de nœuds (commutateurs) a essentiellement pour objet la transmission de la voix. L'échange d'informations se fait au moyen de protocoles de communication appelés systèmes de signalisation. Ils sont basés la plupart du temps sur l'émission de fréquences. L'ensemble des données du réseau doit être géré localement au niveau de chaque commutateur. Utilisant le principe de la commutation de circuits, le réseau téléphonique met en relation deux abonnés à travers une liaison dédiée pendant toute la durée de l'échange.

La commutation de circuits ou commutation spatiale, consiste à juxtaposer bout à bout des voix physiques de communication, la liaison étant maintenue durant tout l'échange. La numérisation de la voix a permis le multiplexage temporel des communications. La

commutation spatiale a été remplacée par la commutation d'intervalles de temps ou commutation temporelle. En mettant en relation un IT d'une trame en entrée avec un IT d'une autre trame en sortie, la commutation temporelle émule un circuit. La communication est full duplex, une bande passante de 64 Kbits/s, dans chaque sens, est donc réservée, durant toute la communication.

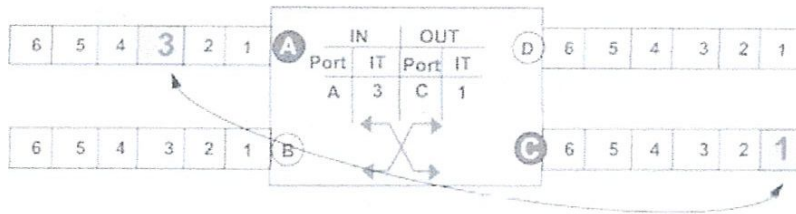


Figure I.1 .Principe de la commutation temporelle.

Les supports de transmission sont constitués de voies numériques multiplexées selon une hiérarchie appelée hiérarchie plésiochrone (Plesiochronous Digital Hierarchy, PDH). Actuellement, on utilise le système SDH (Synchronous Digital Hierarchy), qui a beaucoup d'avantages sur le premier et permet des débits allant jusqu'à des dizaines de Go/s. Malgré la numérisation du réseau, la liaison des abonnés résidentiels est restée essentiellement analogique. C'est le commutateur de rattachement qui réalise la fonction de numérisation et de dénumérisation de la voix.

I.1. La transmission de la voix sur réseau téléphonique commuté numérique

La voix est au départ transformée en un signal analogique à variation continue, c'est la conversion acoustique électrique réalisée par le microphone. Pour transmettre ce signal, il faut le numériser, c'est-à-dire en prélever des échantillons, les quantifier puis les coder selon une loi de compression donnée. Ces échantillons serviront à l'autre extrémité à recréer le signal continu de départ, la voix.

En téléphonie classique, on utilise la modulation par impulsions et codage (MIC) conforme à la recommandation G.711 avec 8 000 échantillons par seconde, chaque échantillon étant codé selon une quantification logarithmique sur 8 bits. Par conséquent, le signal en téléphonie classique correspond à un débit de 64 Kbit/s. Les délais de codage et de transit nécessaires à ces opérations étant peu perceptibles par les utilisateurs, les conversations demeurent donc fluides et sans interruption.

I.2. Technologies de codage utilisées dans un réseau téléphonique commuté

Le domaine de fréquences (largeur de bande) que peuvent transmettre les lignes téléphoniques est officiellement compris entre 300 et 3400 Hz. Les Codecs (codeurs-décodeurs) modernes utilisés dans les centraux téléphoniques actuels ont une bande passante de l'ordre de 200 à 3700 Hz et la qualité des lignes des abonnés s'en trouve généralement améliorée. On applique donc au signal de départ un filtre passe-bande qui restreint l'espace de fréquence attribué à la transmission du signal sur cette liaison.

Cependant, malgré cette largeur de bande limitée, la fréquence de la numérisation de la parole du téléphone est assez élevée, de 32 à 64 Kbit/s. En effet, pour les applications de stockage numérique, fréquence élevée implique plus de mémoire, pour les applications de transmission numérique, fréquence élevée implique plus de largeur de bande, de puissance et d'argent.

C'est pour remédier à cela que les systèmes de codage et de compression ont été introduits notamment dans les systèmes de transmissions longues distance.

Actuellement, les réseaux téléphoniques à commutation de circuits utilisent principalement les systèmes de codage mettant en œuvre la technique temporelle qui se caractérise par la préservation de la forme d'onde du signal à coder. Selon la méthode de quantification utilisée, nous pouvons distinguer deux types de codage : le codage PCM simple et le codage différentiel.

I.3. Raccordement des usagers

L'utilisateur est raccordé au réseau via une unité de raccordement (URA, Unité de Raccordement d'Abonnés). Celle-ci peut être locale ou distante (URAD, Unité de Raccordement d'Abonnés Distants). Le commutateur de raccordement assure les fonctions de réception et de mémorisation de la numérotation (Enregistreur), celle-ci est analysée et traduite par un traducteur qui va définir les conditions de taxation et déterminer le routage. Enfin le sélecteur cherche une ligne disponible (joncteur) et affecte les ressources (circuits ou IT).

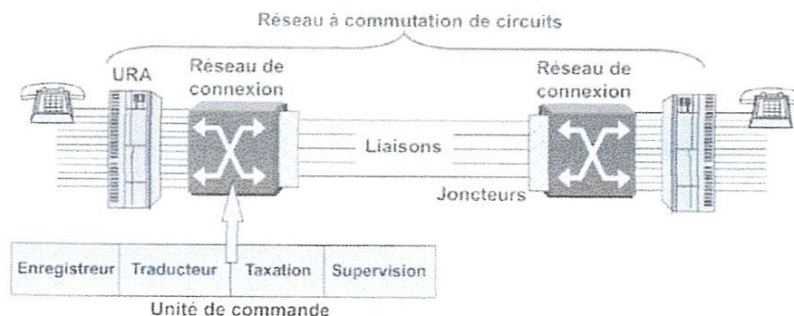


Figure I.2 . Principe de raccordement des abonnés.

I.3.1. La mise en relation usager/usager

La mise en relation de deux abonnés répond à un protocole qui organise le dialogue entre les terminaux d'utilisateurs et le réseau (signalisation Usager/Réseau). Elle comporte deux ensembles de mécanismes. Le premier correspond à un échange d'informations hors communication destiné à établir celle-ci ou à libérer les ressources, c'est la signalisation. Le second est la communication téléphonique proprement dite.

La mise en relation de deux abonnés est résumée en cinq étapes :

- ❖ Décroché du combiné, détection de la boucle de courant, envoi de la tonalité d'invitation numéroté (signal à 440 Hz, le « La » des musiciens).
- ❖ Numérotation, le numéro composé est mémorisé et décodé par le commutateur de rattachement. Le système établit le lien.
- ❖ Envoi du signal de sonnerie à l'appelé et attente du décroché de celui-ci. L'appelant reçoit le signal de retour d'appel appelé communément sonnerie.
- ❖ Le correspondant décroche. Le central de rattachement détecte le décroché (boucle de courant), il arrête les signaux de sonnerie, les signaux de retour d'appel et déclenche la taxation.
- ❖ L'échange d'informations (voix ou données) peut commencer.

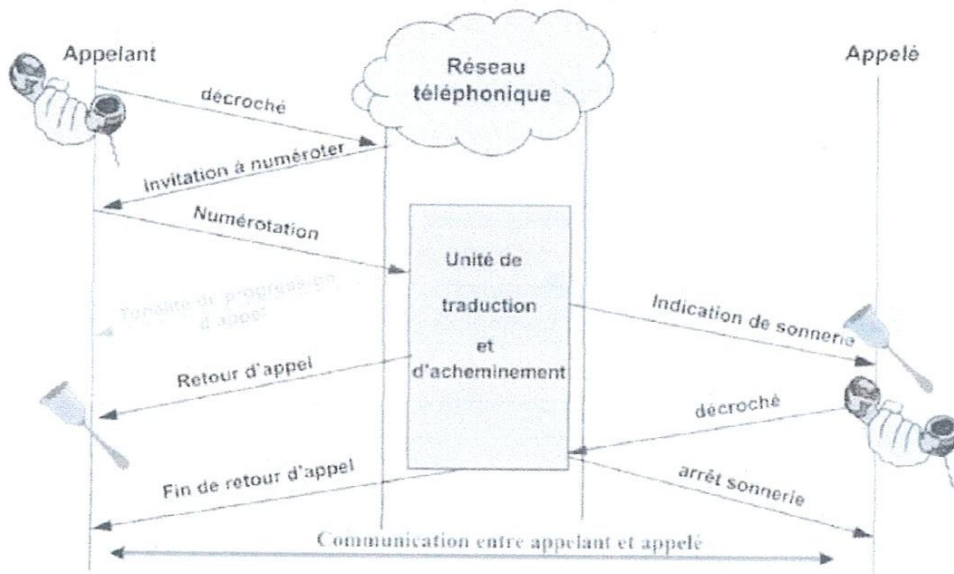


Figure I.3. Diagramme d'une communication téléphonique.

- ❖ La fin de la communication est détectée par le raccroché (ouverture de la boucle de courant).

I.3.2. Les modes de signalisation

Dès le décroché jusqu'au raccroché, de nombreuses informations gèrent la communication téléphonique. Ces informations constituent la signalisation. Lors de l'établissement d'une communication, des informations de signalisation sont échangées entre l'utilisateur et le réseau.

Le décroché, l'invitation à numéroté, la numérotation, le retour d'appel, le décroché du correspondant, cette signalisation est dite signalisation Usager/Réseau (signaux de ligne). D'autres, nécessaires à l'établissement du circuit et à la supervision du réseau, n'intéressent que le réseau, c'est la signalisation réseau (signaux d'enregistreurs).

Deux modes de transport de la signalisation réseau sont utilisés en téléphonie.

Dans la signalisation voie par voie ou signalisation CAS (Channel Associated Signalling), une voie de communication correspond une voie de signalisation, la signalisation est associée à la communication. Elle nécessite donc un circuit pour sa transmission. Cette signalisation est dite en mode événement, c'est-à-dire qu'un événement spécifique est associé à un état électrique.

La signalisation voie par voie peut être dans la bande ou hors bande. La numérotation est transmise sur les deux fils de la voix.

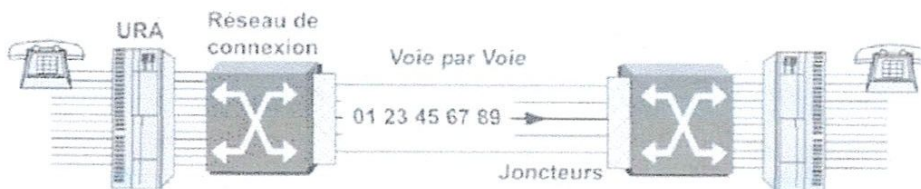


Figure I.4. Signalisation Voie par Voie

La signalisation par canal sémaphore ou signalisation CCS (Common Channel Signalling) utilise un canal dédié (multiplexage avec les voies de communication) pour signaler tous les événements relatifs à un ensemble de circuits, la numérotation est acheminée sur le canal sémaphore en mode message. Les informations de signalisation sont transmises hors communication, ce qui autorise de nombreux télé-services. Le protocole de signalisation peut être normalisé ou propriétaire (propre à un constructeur).

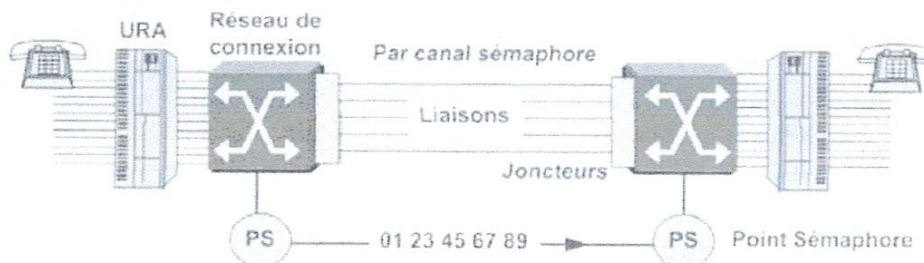


Figure I.5. Signalisation par canal sémaphore.

I.4. Organisation du réseau téléphonique

I.4.1. Architecture traditionnelle

Le réseau téléphonique a une organisation hiérarchique à trois niveaux. Il est structuré en zones, chaque zone correspond à un niveau de concentration et de taxation. On distingue

- ❖ Zone de transit principal (ZTP), cette zone assure la commutation des liaisons longues distances. Chaque ZTP comprend un Commutateur de Transit Principal (CTP). Au moins, un commutateur de transit principal est relié au Commutateur de Transit International (CTI).
- ❖ Zone de Transit Secondaire (ZTS), cette zone comporte des Commutateurs de Transit Secondaires (CTS). IL n'y a pas d'abonnés reliés directement aux CTS. Les CTS assurent le brassage des circuits Le réseau étant imparfaitement maillé lorsqu'un CAA ne peut atteindre directement le CAA destinataire.
- ❖ Zone à autonomie d'acheminement (ZAA), cette zone, la plus basse de la hiérarchie, comporte un ou plusieurs Commutateurs à Autonomie d'Acheminement (CAA) qui eux même desservent des Commutateurs Locaux (CL). Les commutateurs locaux ne sont que de simples concentrateurs de lignes auxquels sont raccordés les abonnés finals. La ZAA (Zone à Autonomie d'Acheminement) est un réseau étoilé, elle constitue le réseau de desserte.

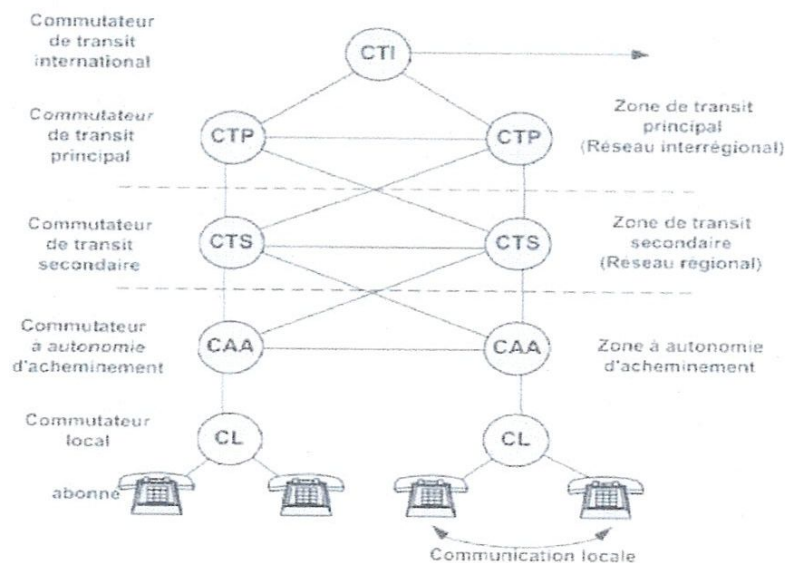


Figure I.6. Organisation du réseau téléphonique

Le réseau étant partiellement maillé, plusieurs itinéraires sont généralement possibles pour atteindre un abonné. Afin d'optimiser l'utilisation des faisceaux, on distingue deux types de faisceaux : les faisceaux de premier choix et les faisceaux de second choix ; les faisceaux de second choix constituent des faisceaux de débordement. Pour un numéro donné, le faisceau de premier choix est choisi de telle manière qu'il conduise l'appel vers le commutateur le plus proche de l'abonné appelé en empruntant les faisceaux de plus faibles hiérarchie.

I.5. Gestion du réseau

La gestion générale du réseau discerne trois fonctions :

- ❖ **La distribution**, celle-ci comprend essentiellement la liaison d'abonné ou boucle locale (paire métallique) qui relie l'installation de l'abonné au centre de transmission de rattachement. Cette ligne assure une transmission de la voix, la numérotation et de la signalisation générale.
- ❖ **La commutation**, c'est la fonction essentielle du réseau, elle consiste à mettre en relation deux abonnés, maintenir la liaison pendant tout l'échange et libérer les ressources à la fin de celui-ci. C'est le réseau qui détermine les paramètres de taxation et impute le coût de la communication à l'appelant ou à l'appelé.
- ❖ **La transmission**, c'est la partie support de télécommunication du réseau, cette fonction est remplie soit par un système filaire cuivre, par de la fibre optique ou par des faisceaux hertziens.

I.6. Les services RTC

La voix et les données sont les deux services essentiels basés sur le RTC. Leurs exigences divergent en fonction de la qualité de service considérée comme « acceptable ». Dans le cas de la voix, par exemple, on admet une certaine dégradation tant que la parole reste compréhensible, et on tolère un peu de bruit ; parallèlement, le retard est inadmissible, car cela reviendrait à entendre les mots un à un, à des intervalles variables. Dans le cas des données, à l'inverse, le retard est acceptable. Lorsque le site Web que nous visitons s'affiche par portion dans des laps de temps variables, cela ne nous gêne pas. En revanche, le « bruit » est intolérable, car même un peu de bruit accompagnant la transmission des données rendrait ce site Web « bizarre ». Cette exigence spécifique, ainsi que la nature même du réseau RTC, expliquent sa lenteur dans la transmission de données. L'introduction de techniques de compression réduisant le volume des données, avant leur envoi par le réseau RTC, est le seul moyen de pallier cet inconvénient.

Durant les années 70, les centraux téléphoniques informatisés a permis aux opérateurs de mettre au point des services d'abonnés nouveaux et totalement différents. Un opérateur peut aujourd'hui, plus facilement, se façonner une image distinctive et augmenter ses recettes.

Certains services sont payants et d'autres gratuits. De nombreux services gratuits aident à augmenter le nombre d'appels qui aboutissent, générant ainsi du bénéfice en retour. Ces services sont généralement appelés services supplémentaires ou services à valeur ajoutée. Plusieurs opérateurs dans différents pays ont décidé de mettre en place divers services RTC. Les services RTC varient donc en fonction des pays et même des choix de l'opérateur dans un même pays. La liste suivante regroupe quelques services qu'un opérateur peut proposer :

- ❖ Affichage du numéro de l'appelant: ce service, encore appelé identification de l'appelant, permet à la personne appelée de voir le numéro de l'appel entrant sur un écran raccordé à la ligne téléphonique. Il existe deux modes de transmission usuels de l'information par DTMF (Dual Tone Multi-Frequency) ou MDF (Modulation par Déplacement de Fréquence).
- ❖ La déviation d'appel : ce service permet de réacheminer un appel entrant vers un autre numéro.
- ❖ Le rappel (pour appeler un abonné occupé): si l'abonné appelé est déjà en ligne, l'appelant peut demander un service de rappel. Il est alors mis sur une liste d'attente pour se connecter au numéro occupé. Lorsque la ligne se libère, le réseau établit la connexion et avertit l'appelant.
- ❖ Signal d'appel : en cours d'appel, un signal spécifique avertit l'utilisateur qu'un tiers essaie de le joindre. Pour accéder à ces services et les contrôler par téléphone, on utilise des codes de service. Par exemple, le code de service 21 est assigné à la déviation d'appel permanente. L'abonné active en principe ce service en décrochant et en composant une séquence de touches (étoile – chiffres – dièse). Le bouton de rappel (R) permet le va-et-vient entre deux communications et la conférence à trois. Le système confirme en principe l'exécution d'un service en envoyant une tonalité ou un message enregistré.

En plus des services purement vocaux, l'abonné peut se servir du téléphone comme d'un outil extrêmement efficace pour envoyer un message, procéder à une transaction financière, ou simplement envoyer un message texte court (SMS) à un autre téléphone.

Le RTC traite ce type de services comme n'importe quelle autre communication téléphonique, en établissant la connexion avec la bonne destination quand l'abonné a composé le numéro du service. Lorsqu'on répond à l'appel, un contact direct est établi avec la destination, un ordinateur ou une passerelle de message par exemple. La signalisation par codes clavier DTMF est l'outil le plus utilisé pour le transfert d'informations de l'abonné par la connexion établie. Cependant, le DTMF ne pouvant satisfaire certains services comme le SMS, la modulation de déplacement de fréquence (MDF).

I.7 Généralité sur le PABX

Le PABX actuel, est une machine qui utilise les mêmes technologies de base que l'informatique, mais il met en œuvre des programmes d'applications spécifiques au domaine de la communication vocale, fournissant ce qu'il est habituel d'appeler services de communication (en informatique « applications »). Ces services restent centrés sur la communication « de personne à personne » (dérivé du terme anglais Person to Person communication), mais ils débordent largement la simple liaison vocale, pour offrir toute une panoplie de services dits « complémentaires », justement par rapport à la pure liaison vocale. Le PABX est maintenant étroitement associés aux équipements et applications informatiques sur lesquels il s'appuie pour les fonctions orientées vers la gestion, que l'informatique est mieux placée pour traiter.

Si l'on veut décrire très simplement la forme que prend l'installation téléphonique privée, on pourrait dire qu'il s'agit d'un ensemble d'entités fonctionnelles interconnectées entre elles, dont on distinguera trois types :

- ❖ Le terminal d'utilisateur : poste téléphonique, poste multifonction, micro-ordinateur, téléphone IP
- ❖ Le nœud de communication, plate-forme PABX.
- ❖ Les serveurs, qui sont des ordinateurs portant des applications qui entrent dans le cadre des services offerts par les installations téléphoniques privées.

I.7.1 . Description fonctionnelle des PABX

Un autocommutateur privé de téléphonie, PABX (Privat Automatic Branch eXchange) est l'interface entre le service téléphonique de l'entreprise et le réseau téléphonique (public ou privé). Sa fonction essentielle consiste à mettre temporairement en relation deux usagers (commutation de circuits). Cette relation peut être interne à l'établissement ou établie à travers le réseau téléphonique public (RTC ou RNIS) ou privé. Donc, un autocommutateur privé assure une liaison temporaire entre deux lignes d'abonnées interne (communication locale) ou entre une ligne d'abonnée et une jonction allant vers un autre autocommutateur.

L'autocommutateur se subdivise en deux sous-ensembles principaux. Le réseau de connexion à travers le quel s'effectue la connexion, et les organes de commandes qui effectuent les différents dialogues permettant l'établissement de la communication.

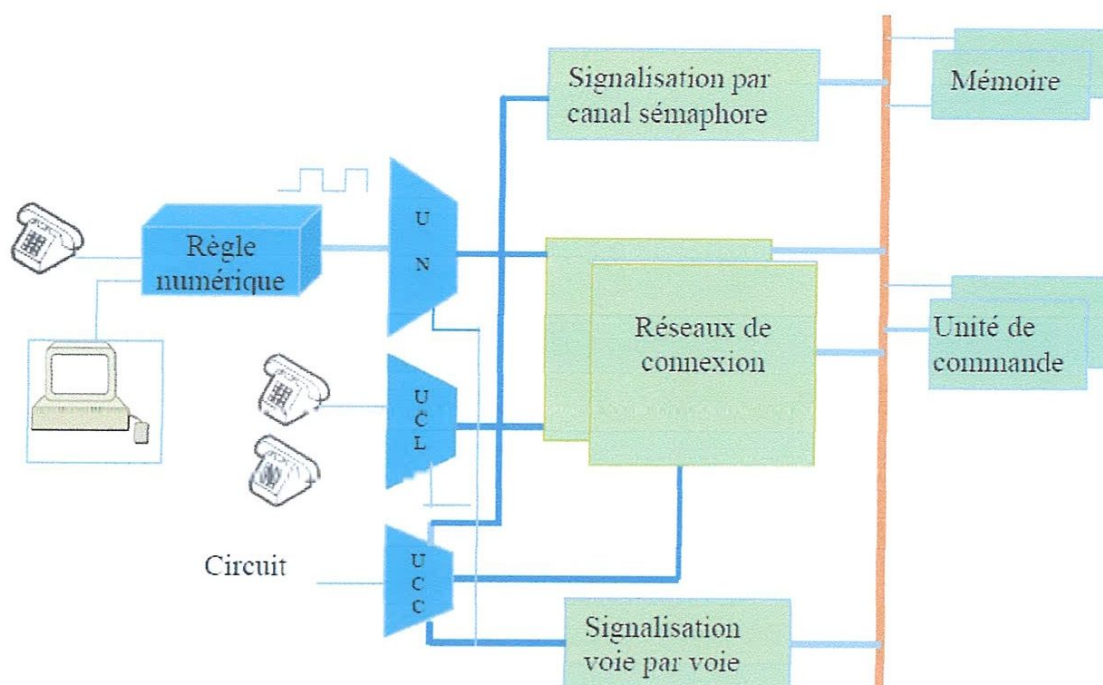


Figure I.7. Schéma général d'un PABX

UCL : unité de concentration de ligne.

UN : unité numérique.

UCC : unité de concentration de circuits.

On considère les PABX comme offrant quatre types de fonctions:

I.7.2. Les fonctions de raccordement

Les fonctions de raccordement consistent à adapter les signaux circulant entre les entités constitutives des installations téléphoniques privées, aux contraintes des lignes de transport qui les relient entre elles.

Les fonctions de raccordement sont réalisées par des sous ensembles spécifiques comportant une part importante de matériel. On distingue :

- ❖ Le raccordement des terminaux, avec un dispositif d'interface dans le terminal lui-même et une partie dans le central (joncteur de ligne terminale).
- ❖ Le raccordement aux réseaux, offrant des interfaces de raccordement (joncteur de circuit) entre les plates-formes ou entre plates-formes et les réseaux extérieurs.
- ❖ Le raccordement informatique, qui relie la plate-forme PABX et les serveurs informatiques qui lui sont éventuellement associés.

I.7.3. Les fonctions de commutation

Les fonctions de commutation consistent à aiguiller en transparence les signaux acheminés par le système (signaux vocaux, images, etc.) en fonction des demandes des utilisateurs émetteurs et destinataires. Les PABX réalisent les fonctions de commutation en mode circuit et en mode paquet. Le mode circuit consiste à commuter des échantillons multiplexés de manière synchrone sur une trame d'entrée, vers une trame de sortie du même type. La commutation en mode paquets est utilisée pour acheminer les informations de signalisation en mode message dans les PABX.

I.7.4. les fonctions de signalisation et d'adressage

Les fonctions de signalisation et d'adressage consistent à élaborer et à échanger les informations nécessaires à l'invocation et à la fourniture des services, entre le système et les utilisateurs, les réseaux extérieurs et entre les nœuds du système lui-même.

La signalisation téléphonique telle qu'elle se présente au niveau de l'utilisateur comporte deux aspects.

- ❖ Les signaux destinés à être perçus par l'utilisateur : sonnerie (indication d'appel), tonalités et annonces vocales.
- ❖ Les signaux de commande et de contrôle destinés à se propager à travers une chaîne hétérogène (numérotation dans les réseaux publics...), et devant conserver de ce fait leur nature traditionnelle.
- ❖ Les signaux directement liés à la commande du PBX, qui sont traduits en mode message dès que possible.

I.7.5. Les fonctions de commande

Qui incluent d'une part la commande des fonctions de commutation à partir du traitement des signalisations échangées et d'autre part les opérations de gestion, d'administration, de maintenance et d'exploitation.

Les fonctions de commande sont réalisées d'une part par des unités de traitement construites à partir de sous-ensembles informatiques et, d'autre part, dans les modules périphériques et les terminaux eux-mêmes pour toutes les tâches propres aux fonctions de ces modules. Les commandes périphériques travaillent sous le contrôle de l'unité centrale de traitement qui fournit les messages de commande et télécharge les modifications de programme nécessaires.

I.7.6. Fonctionnalités des PABX

I.7.6.1. Fonctionnalités standard :

- ❖ Conférence (interne/externe) : permet d'établir une communication entre plusieurs utilisateurs.
- ❖ double appel : vous êtes en communication avec une ligne, et vous avez besoin d'un Renseignement sur une question de votre interlocuteur, vous mettez alors votre premier correspondant en attente, et reprenez une autre ligne, vous avez alors deux appels sur votre poste.
- ❖ Groupe de postes :
 - Groupement d'appel . permet de faire sonner plusieurs postes.
 - En mode parallèle : tous les postes sonnent en même temps.
 - En mode cyclique : les postes sonnent les un après les autres dans un ordre préalablement définit, et identique à chaque appel
- ❖ En mode séquentiel : les postes sonnent les uns après les autres dans un ordre tenant compte de l'occupation des postes.
 - Groupement d'interception: permet par la composition d'un code, ou une touche de prendre une communication arrivant sur un autre poste du groupe.
 - Groupement de diffusion : permet par l'intermédiaire de l'équipement des postes numériques de diffuser une annonce dans un service de l'entreprise.
- ❖ Musique d'attente : déclenchement d'une musique au niveau de l'utilisateur mis en attente.
- ❖ Parcage : permet de stocker un usager externe sur un dispositif de musique en vue de la libération de son correspondant intérieur et de la reprise éventuelle de cet usager par celui -ci
 - Prise de ligne (automatique)
 - Rappel automatique en cas d'occupation et de non-réponse
 - Renvoi de nuit/renvoi de jour
 - Renvoi de poste
 - Renvoi temporisé sur non-réponse
 - Retour d'appel
 - Transfert de communication (interne/externe)

I.7.6.2. Fonctionnalités particulières

- ❖ Annuaire interne et externe (tous les numéros de postes sont répertoriés dans l'annuaire interne du système, avec le nom qui correspond.
- ❖ Entrée en tiers : les postes autorisés peuvent intervenir directement dans la communication en cours.
- ❖ Interception : un abonné peut intercepter sur son propre poste les appelants destinés à un groupe ou à certains collègues.
- ❖ Liste des appelants : sur les postes numériques à afficheur, les appels sont inscrits avec la date et l'heure dans une liste à partir de laquelle un rappel peut être réactivé.

I.8. La signalisation

La signalisation intervient avant l'appel (établissement de l'appel), éventuellement pendant l'appel (fonctions avancées, signal de double appel par exemple), et après l'appel (fin de la communication). Elle est acheminée via un ou plusieurs protocoles de signalisation. Les protocoles de signalisation sont bien évidemment différents selon que l'on travaille en analogique ou en numérique. Dans le premier cas, que ce soit entre PABXs ou entre un PABX et un terminal, les protocoles sont normalisés : FXS FXO notamment (possibilités limitées, essentiellement numérotation (pas de fonctionnalités avancées), par impulsion ou fréquence vocale).

En revanche, vers les postes téléphoniques numériques, on a en général un protocole propriétaire, ce qui fait que les postes téléphoniques doivent être du même constructeur que l'autocommutateur. On comprend d'ailleurs ici pourquoi les modems et autres télécopieurs doivent forcément être reliés sur des lignes analogiques.

Par contre, du fait de la problématique d'interconnexion vers l'extérieur, il a bien fallu normaliser les protocoles de signalisation pour la communication numérique entre les PABX. Un des protocoles les plus répandus est le protocole QSIG. Il existe en deux déclinaisons : QSIG de base et QSIG étendu. Quelle que soit la déclinaison, il est évident que l'ensemble de fonctionnalités proposées est très souvent largement moindre que celui disponible sur les protocoles propriétaires des constructeurs. On notera également que c'est le QSIG de base qui est le plus répandu. On ne précise d'ailleurs généralement pas « de base » lorsque l'on parle de QSIG, c'est implicite, tant le QSIG étendu semble rare !

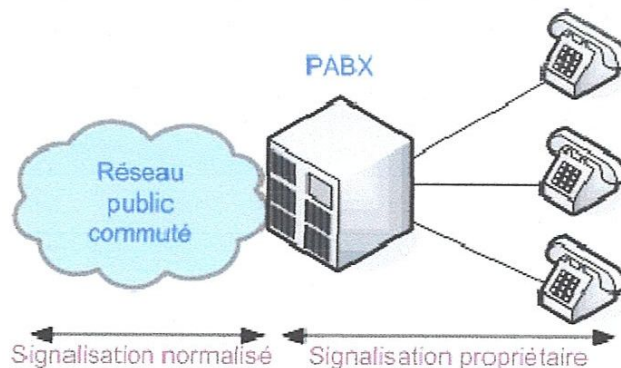


Figure I.8 .Le PABX et la signalisation

I.9. Intégration Téléphonie/Informatique

❖ CSTA (Computer Supported Telephony Integrated) :

Ayant pour origine les travaux de DEC, concept de CTI (Computer Telephony Integrated) organise les échanges entre PABX et un ordinateur. Il a donné naissance à la norme CSTA publiée par l'ECMA. La recommandation CSTA organise le dialogue de la couche application du modèle OSI entre serveur CTI et un PABX. Elle décrit un ensemble de services, mais ne précise aucune API.

❖ Les API TAPI et TSAPI :

D'origine Microsoft, les API TAPI (Telephony Application Programming Interface) permettent de développer, sur des micro-ordinateurs, des applications qui accèdent, au moyen de la souris et du clavier, aux fonctions essentielles du PABX telles que :

- L'annuaire et la numérotation automatique,
- L'interception d'appel,
- La supervision de poste,
- La consultation de messagerie,
- L'établissement de statistiques téléphoniques personnelles.

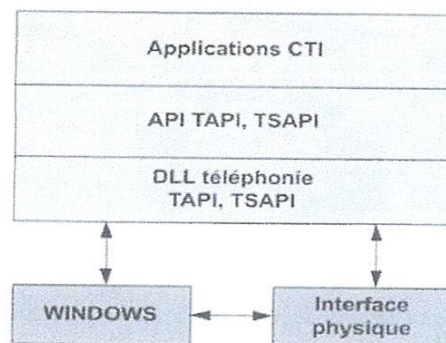


Figure I.9. Architecture générale du concept CTI sur micro-ordinateur.

I.10 Sécurité dans un réseau téléphonique commuté

Dans un réseau téléphonique commuté, la concentration de l'intelligence et des traitements se situe au niveau des nœuds de commutation (commutateurs). Cela veut dire que la sécurisation et la protection sont entièrement à la charge du réseau et non pas les usagers. Le fait que l'intelligence soit localisée dans les commutateurs réduit considérablement le risque des attaques malveillantes. En effet, pour qu'une personne malintentionnée puisse causer un dysfonctionnement du réseau, il lui faut impérativement avoir accès à ces commutateurs publics. Malgré cette difficulté, nous ne pouvons guère, prédire que le réseau téléphonique classique à commutation de circuits est aujourd'hui totalement épargné de délits et de piratages informatiques. En effet, depuis une dizaine d'années, le réseau Télécom a connu une évolution fondamentale en introduisant le réseau

intelligent qui utilise le système de signalisation sémaphore n°7 (SS7). Cette évolution a permis au réseau d'acquérir une grande souplesse par l'introduction des nouveaux services ; simultanément, elle a augmenté sa vulnérabilité au détournement de ces services comme, par exemple, le libre appel. Par ailleurs, certains services sont plus susceptibles d'être exposés aux menaces car leur utilisation nécessite que l'utilisateur ait accès à des informations de gestion.

Conclusion

À l'issue de ce que nous avons mentionnés dans ce chapitre, et malgré l'énorme déploiement des réseaux informatiques à l'échelle mondiale, notamment à travers l'Internet, le réseau téléphonique classique n'a pas perdu sa place et le téléphone demeure toujours le moyen de communication le plus sollicité dans le domaine de télécommunication. Ainsi que le PABX améliore considérablement l'accueil téléphonique et aussi la communication au sein de l'entreprise. Mais la nécessité de mettre en place un système pour joindre cette technique de communication avec un réseau purement informatique, a causé la naissance d'une solution basée sur IP.

Chapitre : II TCP/IP

Introduction

TCP/IP, du nom de ses deux protocoles principaux (TCP, Transmission Control Protocol et IP, Internet Protocol), est un ensemble de protocoles permettant de résoudre les problèmes d'interconnexion en milieu hétérogène. A cet effet, TCP/IP décrit un réseau logique (réseau IP) au-dessus des réseaux physiques réels auxquels sont effectivement connectés les ordinateurs.

Internet protocole IP est un protocole de communication qui correspond au niveau 3 de l'architecture du modèle OSI, ce protocole a pour but d'acheminer les paquets de données appelés datagrammes un par un entre deux ordinateurs proches ou distants à travers un réseau.

Ce qu'on entend par "modèle TCP/IP", c'est en fait une architecture réseau en quatre couches dans laquelle les protocoles TCP et IP jouent un rôle prédominant, car ils en constituent l'implémentation la plus courante.

II. Description du modèle TCP/IP

Les réseaux de données sont caractérisés par une certaine neutralité par rapport aux applications supportées. C'est-à-dire que l'architecture du réseau n'est pas conditionnée par une application spécifique. Ceci offre l'avantage d'avoir un réseau multiservice et surtout évolutif, pouvant servir ultérieurement pour des applications futures TCP/IP utilise le principe de l'encapsulation qui consiste à transporter les données d'une couche dans une unité de données de la couche inférieure. Un en-tête contient les informations nécessaires à l'entité homologue pour extraire et traiter les données. Dans le modèle TCP/IP, les données de l'application constituent des messages, ceux-ci sont transportés dans des segments qui seront émis sur le réseau sous forme de datagrammes. L'unité de transport élémentaire est la trame qui constitue au niveau physique un train de bits.

II.1. Le Modèle OSI et Le modèle TCP/IP

En réalité le modèle TCP/IP a été développé à peu près au même moment que le modèle OSI (Open Systems Interconnection), c'est la raison pour laquelle il s'en inspire mais n'est pas totalement conforme aux spécifications du modèle OSI. Les couches du modèle OSI sont les suivantes :

La couche physique transfère les bits à travers un canal de communication. Ses bits encodés peuvent être en numérique mais aussi en analogique. Cette couche transmet les bits venant de la couche de données à l'interface physique et inversement. (support physique : Paire torsadée, coaxial, FO...)

La couche liaison donnée prend les données de la couche physique et fournit ses services à la couche réseau. Les bits reçus sont assemblés en trames. (liaison possible : Ethernet, Frame Relay, X.25, PPP...)

La couche réseau gère les connexions entre les nœuds du réseau. Un routeur, par exemple, travaille au minimum dans cette couche. Dans le modèle TCP/IP, la fonction de la couche réseau est assurée par IP (IPv4 ou IPv6)

La couche transport offre des services supplémentaires par rapport à la couche réseau. Cette couche garantit l'intégrité des données. Son travail consiste à relier un sous-réseau non fiable à un réseau plus fiable. Dans le modèle TCP/IP, la fonction de la couche transport est assurée par TCP et par le protocole UDP.

La couche session gère les connexions entre les applications coopérantes.

Le modèle TCP/IP ne possède pas de couche de session car TCP fournit une grande partie des fonctionnalités de session. Mais le service NFS, par exemple, peut utiliser le protocole RPC qui lui, est dans la couche de session. Beaucoup d'applications TCP n'utilisent pas les services de la couche session.

La couche présentation gère la représentation des données.

Pour représenter les données, il existe ASCII, EBCDIC... Un langage commun doit être utilisé pour une bonne compréhension entre les différents nœuds du réseau.

La couche application fournit les protocoles et les fonctions nécessaires pour les applications clients. Il existe un nombre important de services fournis par la couche d'application. Dans le modèle TCP/IP, on peut citer comme services : FTP, SMTP, HTTP.

Le modèle TCP/IP peut en effet être décrit comme une architecture réseau à 4 couches :

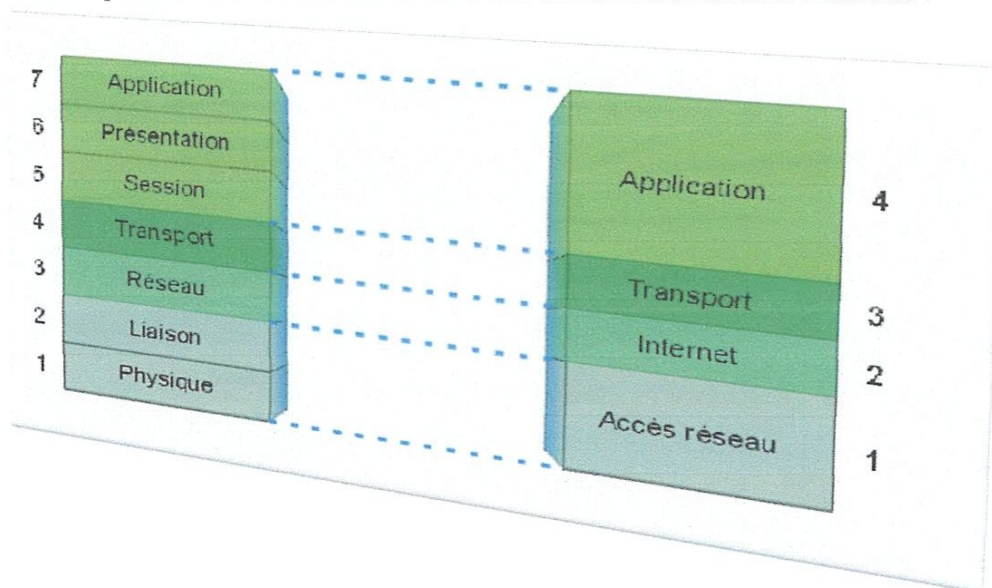


Figure .II .1 .Le model TCP/IP et le model OSI

Le modèle OSI a été mis à côté pour faciliter la comparaison entre les deux modèles. Il y a 4 couches principales dans l'environnement TCP/IP :

II.1.1. La couche Hôte Réseau

Assure la transmission d'un datagramme venant de la couche IP en l'encapsulant dans une trame physique et en transmettant cette dernière sur un réseau physique.

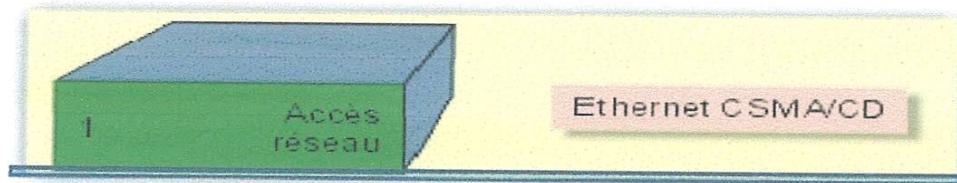


Figure. II .2 . La couche réseau

II.1.2. La couche internet

La couche Internet est la couche "la plus importante" car c'est elle qui définit les datagrammes, et qui gère les notions d'adressage IP. Elle permet l'acheminement des datagrammes (paquets de données) vers des machines distantes ainsi que de la gestion de leur fragmentation et de leur assemblage à réception.

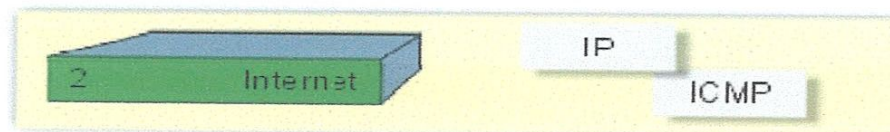


Figure. II .3 . La couche internet

II.1.3. La couche transport :

Chargé de fournir un moyen de communication de bout en bout entre 2 programmes d'application. Agi en mode connecté et en mode non connecté. Elle divise le flux de données venant des applications en paquets, transmis avec l'adresse destination IP au niveau IP.



Figure .II .4. La couche transport

II.1.4. La couche application

Les applications interagissent avec les protocoles de la couche Transport pour envoyer ou recevoir des données.

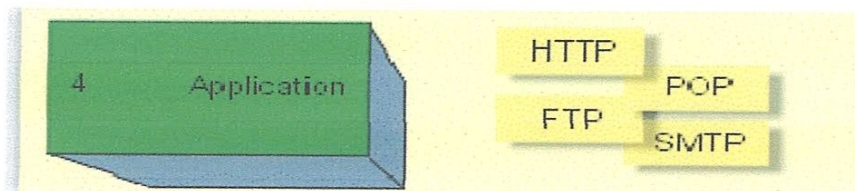


Figure .II .5. La couche application

II.2. Les principaux protocoles et applications de l'environnement TCP/IP :

- ❖ HTTP, HyperText Transport Protocol, assure le transfert de fichiers hypertextes entre un serveur Web et un client Web.
- ❖ FTP, File Transfert Protocol, est un système de manipulation de fichiers à distance (transfert, suppression, création...).
- ❖ TELNET, TELtypewriter NETwork protocol ou TERminal NETwork protocol, système de terminal virtuel, permet l'ouverture de sessions avec des applications distantes.
- ❖ SMTP, Simple Mail Transfert Protocol, offre un service de courrier électronique.
- ❖ TFTP, Trivial FTP, est une version allégée du protocole FTP.
- ❖ DNS, Domain Name Server, est un système de base de données réparti assurant la correspondance d'un nom symbolique et d'une adresse Internet (adresse IP).
- ❖ RIP, Routing Information Protocol, est le premier protocole de routage (vecteur distance) utilisé dans Internet.
- ❖ SNMP, Simple Network Management Protocol, est devenu le standard des protocoles d'administration de réseau.
- ❖ ICMP, Internet Control and Message Protocol, assure un dialogue IP/IP et permet notamment : la signalisation de la congestion, la synchronisation des horloges et l'estimation des temps de transit. Il est utilisé par l'utilitaire PING qui permet de tester la présence d'une station sur le réseau.
- ❖ ARP, Adress Resolution Protocol, est utilisé pour associer une adresse logique IP à une adresse physique MAC (Medium Access Control, adresse de l'interface dans les réseaux locaux).
- ❖ RARP, Reserve Adress Resolution Protocol, permet l'attribution d'une adresse IP à une station.
- ❖ OSPF, Open Shortest Path First, est un protocole de routage du type état des liens, il succède à RIP.
- ❖ SLIP, Serial Line Interface Protocol, protocole d'encapsulation des datagrammes IP, il assure la délimitation des trames.

- ❖ PPP, Point to Point Protocol, protocole d'encapsulation des datagrammes IP, il assure la délimitation des trames, identifie le protocole transporté et la détection d'erreurs.

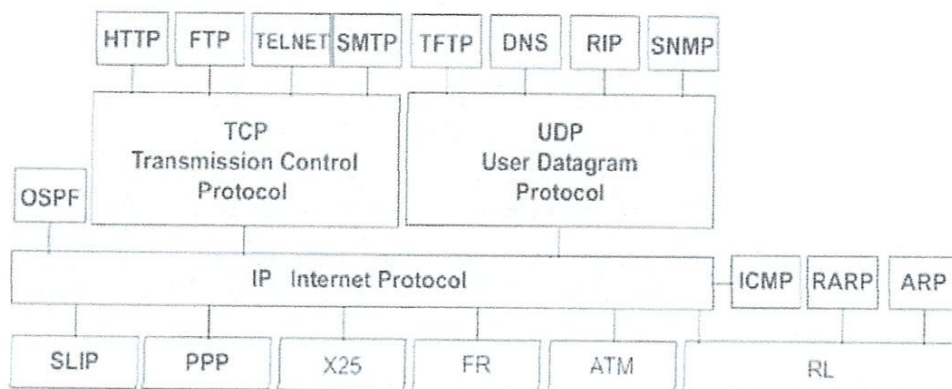


Figure .II.6 . Protocoles et applications de TCP/IP

II.2.1. Le protocole TCP

TCP a été spécialement conçu pour traiter de bout en bout des données de manière fiable sur un ensemble de réseaux non fiable. Un réseau se distingue d'un réseau simple par la grande hétérogénéité de ses composants en termes de topologie, de largeur de bande, de délai de transmission ou encore de taille maximale de paquets. TCP a été conçu pour s'adapter dynamiquement à ces variations et pour résister à toutes sortes de pannes.

Toute machine qui supporte TCP possède une entité de TCP, processus utilisateur ou partie du noyau qui gère les flots TCP et l'interface avec la couche IP. Lorsque des datagrammes IP contenant les données TCP arrivent sur une machine IP, ils sont remis à l'entité TCP qui reconstruit le message d'origine. Par souci de simplification, nous utiliserons le terme « TCP » pour désigner aussi bien l'entité de transport TCP (du logiciel) que protocole TCP (un ensemble de règle).

La couche IP ne donnant aucune garantie de bonne remise des datagrammes, TCP doit gérer un temporisateur et retransmettre, si nécessaire les données perdues. De plus, les datagrammes peuvent très bien arriver dans le désordre ; TCP doit donc être capable de les rassembler en message ordonné. Bref, TCP doit assurer la fiabilité qu'exigent la plupart des utilisateurs mais qu'IP n'est pas en mesure d'offrir.

II.2.1.1. Fonctionnement

Comme notifié ci-avant, TCP est conçu pour fournir un service de transmission de données sécurisé entre deux machines raccordées sur un réseau de paquets. Pour pouvoir assurer ce service même au dessus d'une couche de protocole moins fiable, les fonctionnalités suivantes sont nécessaires:

- ❖ Transfert de données de base.
- ❖ Correction d'erreur.
- ❖ Contrôle de flux.
- ❖ Multiplexage.

- ❖ Gestion de connexions.
- ❖ Priorité et Sécurité.

II.2.1.2.L'en-tête du segment TCP

La figure (II .7) illustre la découpe d'un segment TCP. Chaque segment débute par un en-tête d'une longueur fixe de 20 octets. Cet en-tête fixe peut être suivi par des options. On peut avoir des segments sans données, notamment pour les accusés de réception et les messages de supervision.

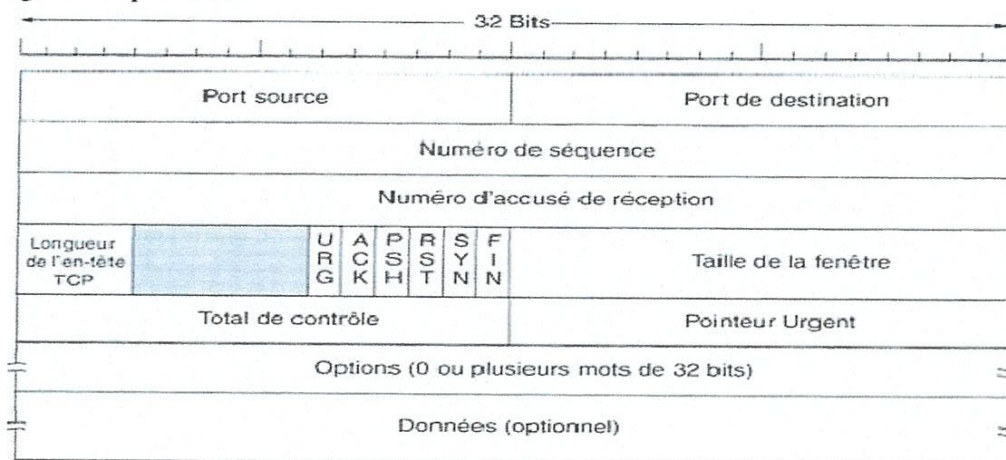


Figure .II .7. Entête TCP

II.2.2. Le protocole UDP

La pile de protocole d'Internet comporte également un protocole de transport en mode non connecté UDP. Avec UDP, les applications peuvent encapsuler des datagrammes IP et envoyer sans établir de connexion. Dans de nombreuses applications client-serveur on préfère utiliser UDP plutôt que d'avoir à établir puis à libérer une connexion pour chaque couple de question/réponse.

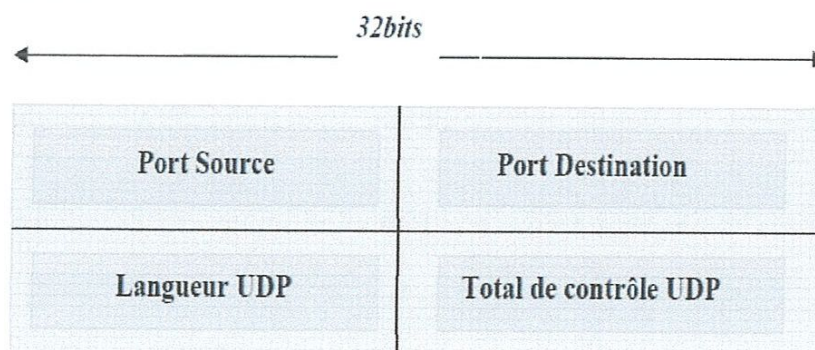


Figure .II .8. L'en-tête UDP

Un segment UDP comporte un en-tête de 8 octets suivi des données. L'en-tête est décrit dans la figure (II .8) . Les deux ports ont la même fonction que TCP : identifier les points

d'extrémité au niveau des machines source et destination. La valeur du champ longueur UDP comporte à la fois l'en-tête de 8 octets et les données. Le total de contrôle UDP inclut un pseudo en-tête de format identique au pseudo en-tête incluant le total de contrôle TCP, l'en-tête UDP et les données UDP complétées par un octet de bourrage pour obtenir un nombre pair d'octets. Ce total de contrôle est optionnel, et pour valeur 0 s'il n'est pas calculé (dans le cas d'une véritable valeur nulle calculée tous les bits sont à 1, ce qui revient au même dans le cas d'un complément à 1). Il est très risqué de le désactiver, sauf si la qualité des données n'a que peu d'importance.

II.2.3. Le protocole IP

Le protocole IP fait partie de la couche Internet de la suite de protocoles TCP/IP. C'est un des protocoles les plus importants d'Internet car il permet l'élaboration et le transport des datagrammes IP (les paquets de données), sans toutefois en assurer la « livraison ». En réalité, le protocole IP traite les datagrammes IP indépendamment les uns des autres en définissant leur représentation, leur routage et leur expédition.

II.2.3.1. Les datagrammes

Les données circulent sur Internet sous forme de datagrammes. Les datagrammes sont des données encapsulées, c'est-à-dire des données auxquelles on a ajouté des en-têtes correspondant à des informations sur leur transport (telles que l'adresse IP de destination). Les données contenues dans les datagrammes sont analysées (et éventuellement modifiées) par les routeurs permettant leur transit.

Voici ce à quoi ressemble un datagramme :

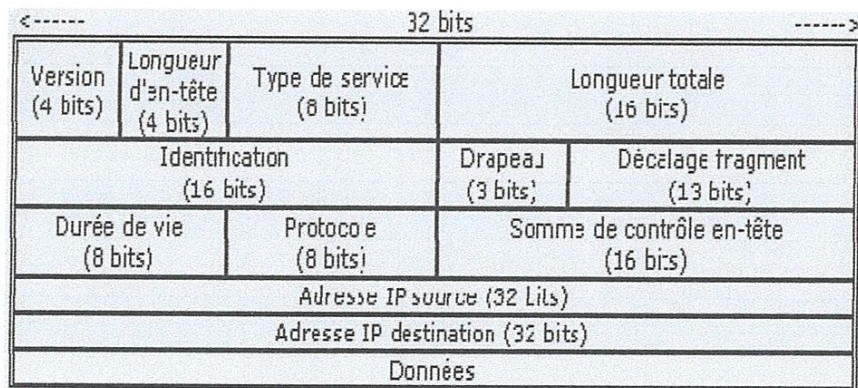


Figure .II.9. Datagramme IP

II.3. L'avantage de TCP

- ❖ C'est un protocole orienté connexion.
- ❖ Il assure des transferts fiables.
- ❖ C'est un protocole ordonné.
- ❖ Il permet le contrôle de flux, contrôle d'erreurs et de congestion.
- ❖ Il offre un mode de transmission full duplex.

II.4. La sécurité dans les réseaux IP

Dans les réseaux IP, la grande partie des traitements nécessaires à l'établissement des communications est déléguée aux équipements terminaux chez les usagers. De ce fait, l'intelligence est déportée aux extrémités et non plus aux nœuds du réseau comme c'est le cas dans les réseaux Télécom.

Donc, il est bien clair que les services de sécurité seront eux aussi assurés en grande partie par usagers, et éventuellement les routeurs d'extrémités et non pas les équipements du cœur de réseau.

Deux solutions ont prévalu, pour la sécurité du trafic transporté sur IP : le protocole TLS, protocole de sécurisation de la couche commande de transmission (TCP) et ne peut donc protéger que le trafic applicatif transporté sur TCP. Tandis qu'IP Sec s'applique au niveau IP. Ainsi, il est plus générique que TLS peut donc être utilisé pour sécuriser n'importe quel type de trafic sur IP en l'occurrence les transmissions UDP utilisées par la téléphonie sur IP.

IP Sec est une norme qui définit une extension de sécurité pour le protocole Internet (IP) afin de permettre la sécurisation des réseaux basés sur ce protocole. Les services de sécurité fournis sont la confidentialité, l'authentification et l'intégrité des données et le contrôle d'accès. Ces services sont basés sur des mécanismes cryptographiques qui leur confèrent un niveau de sécurité élevé lorsqu'ils sont utilisés avec des algorithmes forts. La sécurisation se faisant au niveau d'IP, IP sec peut être mis en œuvre sur tous les équipements du réseau et fournir un moyen de protection unique pour tous les échanges de données. Des exemples d'utilisations typiques d'IP sec sont la création de réseaux privés virtuels, la sécurisation des accès distants à un intranet et la protection d'un serveur sensible.

II.5. Les différents classe IP

L'Internet est donc un réseau basé sur un ensemble de protocoles : les protocoles de la famille TCP/IP. La version actuelle est nommée IPV4 (version 4).

Pour localiser les machines, on fait usage d'adresses. Ces dernières sont utilisées à de nombreux niveaux dans les paquets qui transitent sur le réseau.

Les adresses IP peuvent donc être représentées sur 32 bits. Ces 32 bits sont séparés en deux zones de bits contiguës :

Network ID : une partie décrit le numéro du réseau local auquel est rattachée la station.

Host ID : une partie correspond au numéro de la station dans le réseau local lui-même, appelée numéro d'hôte.

Selon l'adresse IP on définit différentes classes d'adresses. Il existe cinq classes d'adresses avec la version 4 (version courante) des protocoles TCP/IP, car les parties réseau et hôte n'ont pas toujours la même taille.

Ainsi, 5 classes d'adresse ont été définies. Les premiers bits du champ adresse réseau (Net ID) permettent de distinguer la classe d'adressage. :

Les adresses de classe A

Les adresses de classe B

Les adresses de classe C

Les adresses de classe D

Les adresses classe E

- ❖ Les adresses de **classe A** s'étendent de 1.0.0.1 à 126.255.255.255. Elles permettent d'adresser 120 réseaux et plus de 16 millions de machines.

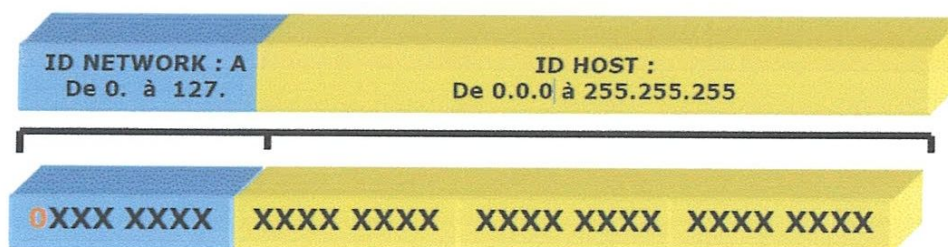


Figure .II .10 . Format d'adresse du class A

- ❖ Les adresses de **classe B** vont de 128.0.0.1 à 191.255.255.254, ce qui correspond à plus de 16 384 réseaux de 65533 machines. Cette classe est la plus utilisée et les adresses sont aujourd'hui pratiquement épuisées.

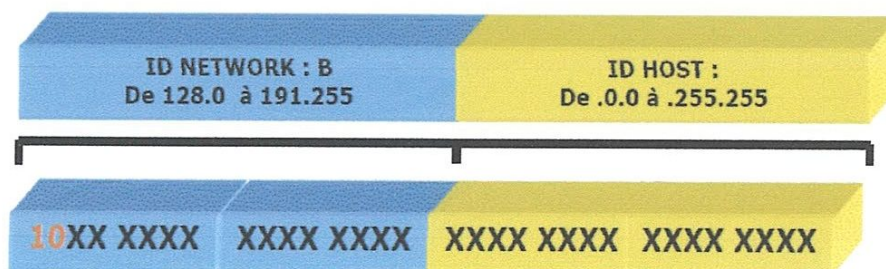


Figure .II.11. Format d'adresse du class B

- ❖ **La classe C** couvre les adresses 192.0.0.1 à 223.255.255.254, elle adresse plus de 2 millions de réseaux de 254 machines.

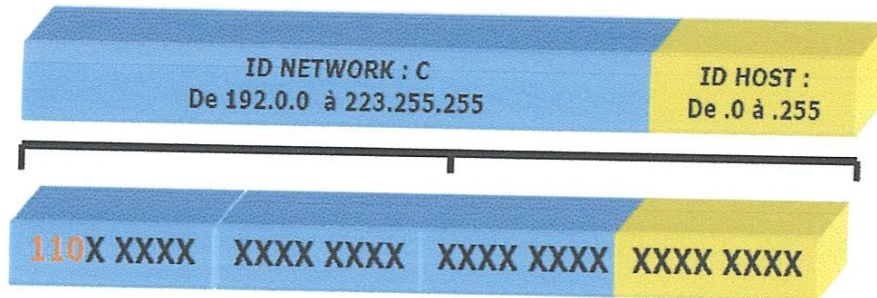


Figure .II.12. Format d'adresse du class C

- ❖ Les adresses de **classe D** sont utilisées pour la diffusion (multicast) vers les machines d'un même groupe. Elles vont de 224.0.0.0 à 239.255.255.255. Ce groupe peut être un ensemble de machines mais aussi un ensemble de routeurs (diffusion des tables de routage). Tous les systèmes ne supportent pas les adresses de multicast.

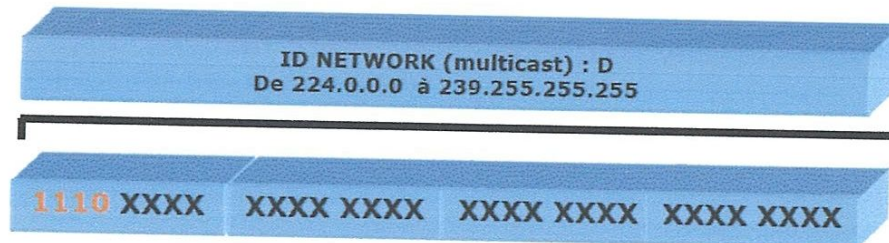


Figure .II.13. Format d'adresse du class D

- ❖ Enfin, les adresses de la **classe E** sont réservées aux expérimentations.

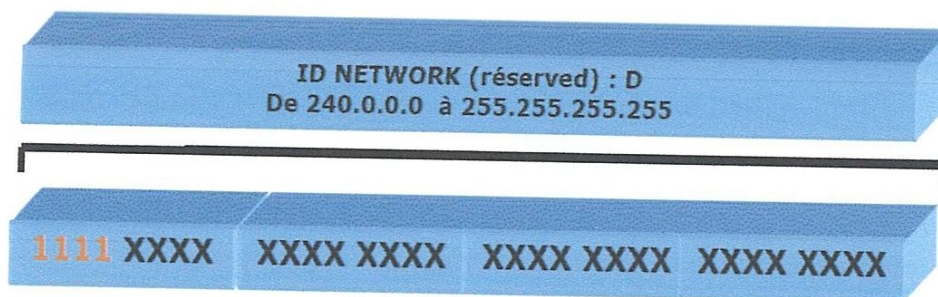


Figure .II.14. Format d'adresse du class E

II.6.1. Le Routage des Datagrammes IP

Au niveau de la couche Internet de l'ensemble de protocoles de la pile TCP/IP, un routeur peut utiliser un protocole de routage IP pour réaliser le routage par la mise en œuvre d'un algorithme de routage particulier. Exemples de protocoles de routage IP :

- *RIP* - Routing Information Protocol.
- *IGRP* -Interior Gateway Routing Protocol.

II.6.2. Le routage

Un Processus qui permettant d'acheminer un datagramme IP de son hôte émetteur Jusqu'à son hôte destinataire. Chaque datagramme est routé Indépendamment des autres.

II.6.3 Les type de routage

Routage direct (intérieur) : Lorsque que l'hôte émetteur et l'hôte destinataire sont sur un réseau Commun. L'hôte émetteur peut donc envoyer directement le Datagramme sans passer par un ou plusieurs routeurs.

Routage indirect (extérieur) : Lorsque que l'hôte émetteur et l'hôte destinataire ne sont pas sur le Même réseau. L'hôte émetteur détermine le premier routeur IP dans la Direction de l'hôte destinataire qui lui transmet la datagramme. Ce Datagramme est transmis de routeur en routeur jusqu'à ce qu'il Atteigne un routeur qui puisse le délivrer directement à son Destinataire.

II.6.4. Les protocoles de routage

II.6.4.1. Le protocole RIP (Routing Information Protocol)

Le protocole RIP a été initialement défini dans la RFC 1058. Ses principales caractéristiques sont les suivantes :

Il s'agit d'un protocole de routage à vecteur de distance, il utilise le nombre de sauts comme métrique de sélection de chemin, le nombre de sauts maximum autorisé est égal à 15, les mises à jour du routage sont diffusées par défaut toutes les 30 secondes.

II.6.4.2. Le protocole IGRP (Interior Gateway Routing Protocol)

Le protocole IGRP est un protocole de routage à vecteur de distance mis au point par Cisco. Il envoie les mises à jour de routage toutes les 90 secondes et donne aux réseaux des informations sur un système autonome particulier.

II.6.5. Les Tables de Routage

Toute décision de routage est prise en fonction de l'adresse du réseau de destination du datagramme. Les tables de routage ne contiennent donc que des adresses réseau.

Une entrée d'une table de routage contient 3 champs :

Network Address : contient l'adresse IP d'un réseau.

Subnet Mask : contient le SubnetMask associé à Network Address.

IP Address : contient soit l'adresse IP du prochain routeur dans la direction du réseau à atteindre, soit la mention Deliver Directly alors la machine est connectée sur le même réseau physique que la machine destination.

II.7. Le protocole NAT (Network Address Translation)

Avec une plage d'adresse IP codée sur 4 octets il est possible d'avoir $256 \times 256 \times 256 \times 256 = 4\,294\,967\,296$ adresses IP différentes. 4 milliards d'adresses IP ne suffisent plus pour affecter des adresses IP à toutes les stations existantes.

Pour remédier en partie à ce problème les plages d'adresses privées ont été créées.

Plages d'adresses Privées		
Début de plage	Fin de plage	Type de réseau
10.0.0.0	10.255.255.255	Réseau de classe A
172.16.0.0	172.31.255.255	Réseau de classe B
192.168.0.0	192.168.255.255	Réseau de classe C

Tableau .II.1. Les adresses privées

Ces plages sont utilisables librement par tous administrateurs pour son réseau. Un accès à ces adresses depuis internet est impossible car ces adresses sont utilisées de nombreuses fois dans de nombreux réseaux privés. Ces adresses ne sont pas routées dans internet : le réseau constitue une île, c'est ici qu'intervient le NAT.

Il s'agit d'un procédé permettant de transcrire des adresses IP en d'autres, sans références directes avec les adresses MAC, traitées quand à elles par le protocole ARP.

NAT utilise l'adresse IP et le N° de port d'une station et les transforme en une adresse IP et un N° de port qui n'est pas attribué à une application standard.

II.8. Le DNS (Domain Name System)

Ce système consiste à identifier une machine par un nom plutôt que par son adresse IP. Cependant pour qu'il n'y soit pas deux machines avec le même nom, il convient d'établir une hiérarchisation.

Le mécanisme qui implante l'adressage hiérarchique nominatif s'appelle DNS (Domain Name system). Un *Domain Name* est une suite de sous-noms appelés labels, séparés par des points. Le réseau Internet propose deux systèmes de hiérarchie :

Organisationnel : basé sur la nature de l'activité de la société, exemple :

- ❖ COM: commercial organizations.
- ❖ EDU: education institutions.
- ❖ GOV: government institutions. Géographique, exemple :
- ❖ DZ: DJAZAIR.
- ❖ FR: FRANCE.
- ❖ UK: UNITED KINGDOM

II.9. Le DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol)

Protocole de service TCP/IP qui offre une configuration louée dynamique d'adresses IP hôte et qui distribue d'autres paramètres de configuration aux clients réseau admissibles. DHCP fournit une configuration de réseau TCP/IP sûre, fiable et simple, qui évite les conflits d'adresse et permet de continuer à utiliser des adresses IP par clients sur le réseau. DHCP utilise un modèle client/serveur dans lequel le serveur DHCP assure la gestion centralisée des adresses IP utilisées sur le réseau. Les clients qui prennent en charge DHCP peuvent ensuite demander et obtenir la location d'une adresse IP auprès d'un serveur DHCP dans le cadre de leur procédure d'amorçage réseau.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons mis l'accent sur les différents adressages, nous avons aussi présenté les différents composants d'une architecture réseau IP, ainsi que les couches de ce modèle et les protocoles utilisés. Chaque couche communique avec ses couches adjacentes afin de permettre la communication entre deux machines du réseau. L'évolution des techniques de routage et l'augmentation des capacités de traitements des routeurs ont permis l'adaptation des réseaux IP (Internet) pour supporter les flux temps réel (voix et vidéo) et par conséquent l'émergence de la téléphonie IP. Dans le prochain chapitre, Nous aborderons, la téléphonie IP en détail.

Chapitre : III : Téléphonie sur IP

Introduction

Les spécialistes déclarent que le marché de l'intégration de la téléphonie et d'Internet est à son âge de pierre. Aujourd'hui, des standards sont en train d'émerger et des entreprises commencent à satisfaire le marché en fournissant des passerelles faisant le lien entre le monde IP et le monde RTC. Mais interconnecter ces deux mondes n'est pas une chose facile, les gens des télécommunications et ceux de l'informatique ne s'étant jamais mis d'accord en matière de protocoles par le passé. En effet, les téléphonistes ont toujours eu un souci de la qualité de service alors que les informaticiens recherchaient un débit maximal.

Le but de la téléphonie sur IP est de finaliser la convergence voix/données autour d'un protocole unique, IP (et Ipv6 dans le futur). En effet, la téléphonie IP se base sur la même architecture que l'Internet et utilise les mêmes infrastructures. De plus en plus d'entreprises sont équipées de réseaux LAN et peuvent donc tirer profit de la voix sur IP à moindre coût. En intégrant voix et données, la téléphonie IP simplifie l'administration du réseau car tout est centralisé dans un unique réseau. Elle procure aussi des facilités pour le développement d'applications utilisant de la voix et des données. En téléphonie, tout est basé sur le matériel alors que la téléphonie IP tire avantage d'une architecture basée sur du logiciel.

III.1. La problématique de base de la téléphonie

La voix sur IP adresse deux types d'applications : celles qui, comme la téléphonie, mettent en jeu une interaction humaine, laquelle implique un temps de transit très court, et celles qui transportent des paroles unidirectionnelles, qui n'exigent pas de temps réel. Cette dernière catégorie rassemble essentiellement des transferts de fichiers contenant de la parole.

La téléphonie transportée par paquets, et plus particulièrement par paquet IP, permet d'intégrer dans un même réseau les services de données et la téléphonie. Les entreprises sont de plus en plus nombreuses à intégrer leur environnement téléphonique dans leur réseau à transfert de paquets. Les avantages de cette intégration sont, bien sûr, la baisse des frais de communication, mais aussi la simplification de la maintenance de leurs réseaux, qui passent de deux (téléphonie et données) à un seul (données).

La difficulté de la téléphonie par paquets réside dans la très forte contrainte temporelle due à l'interaction entre individus. Le temps de latence doit être inférieur à 300 ms si l'on veut garder une interaction humaine acceptable. Si l'on souhaite une bonne qualité de la conversation, la latence ne doit pas dépasser 150 ms.

Un cas encore plus complexe se produit lorsqu'il y a un écho, c'est-à-dire un signal qui revient dans l'oreille de l'émetteur. L'écho se produit lorsque le signal rencontre un obstacle, comme l'arrivée sur le combiné téléphonique. L'écho qui repart en sens inverse est numérisé par un codec (codeur-décodeur) et traverse sans problème un réseau numérique. La valeur normalisée de la latence de l'écho étant de 56 ms, pour que l'écho ne

soit pas gênant à l'oreille, il faut que le temps allé ne dépasse pas 28 ms, en supposant un réseau symétrique prenant le même temps de transit à l'aller qu'au retour. Il faut donc que, dans les équipements terminaux, les logiciels extrémité soient capables de gérer les retards et de resynchroniser les octets qui arrivent. Les équipements modernes, comme les terminaux GSM, possèdent des supprimeurs d'écho évitant cette contrainte temporelle forte.

Une autre caractéristique essentielle de la téléphonie provient du besoin d'avertir par une sonnerie la personne qui est appelée. La communication téléphonique est pour cela décomposée en deux phases : une première permettant d'avertir le destinataire, et une seconde correspondant au transport de la parole proprement dite. Il existe en réalité une troisième phase, qui consiste en la finalisation de la communication lorsqu'un des deux terminaux raccroche. Cette phase utilise le même type de protocole que la première : un protocole de signalisation.

III.1.1. La téléphonie sur IP (ToIP)

La téléphonie sur IP est une transmission de la voix en mode paquets au format TCP/UDP. Pour comprendre le traitement complexe de la voix analogique (signaux électriques) en signaux binaires, voici un synoptique explicatif

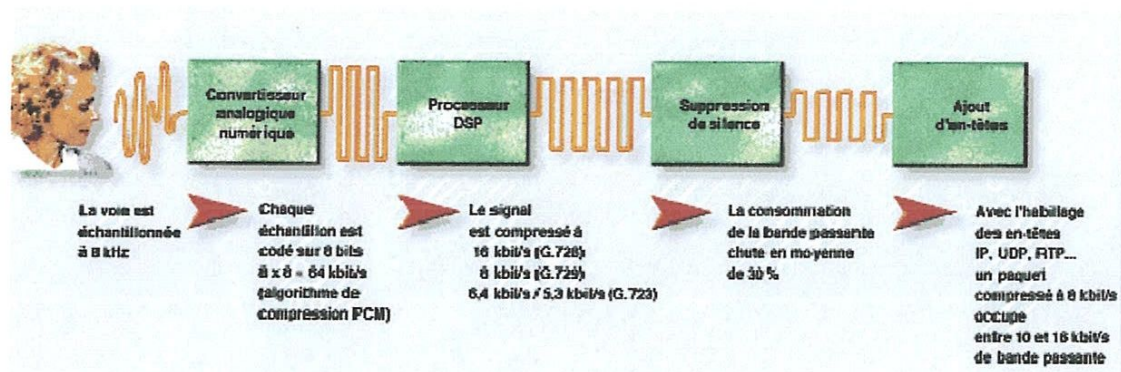


Figure III.1. Schéma synoptique de La téléphonie sur IP

La bande voix qui est un signal électrique analogique utilisant une bande de fréquence de 300 à 3400 Hz, elle est d'abord échantillonnée numériquement par un convertisseur puis codé sur 8 bits, puis compressé par les fameux codecs (il s'agit de processeurs DSP) selon une certaine norme de compression variable selon les codecs utilisés, puis ensuite on peut éventuellement supprimer les pauses de silences observés lors d'une conversation, pour être ensuite habillé RTP, UDP et enfin en IP.

Une fois que la voix est transformée en paquets IP, ces petits paquets IP identifiés et numérotés peuvent transiter sur n'importe quel réseau IP (ADSL, Ethernet, Satellite, routeurs, Switch, PC, Wifi, etc...)

III.1.2. Définitions importantes

Une certaine confusion règne dans la terminologie des services de communication vocale sur Internet. Afin de dissiper toute ambiguïté l'UIT utilise les termes suivants :

Voice over Internet Protocol (VoIP) : est un nom générique définissant le transport de trafic Vocal au moyen de la transmission par paquets sur le protocole Internet (Internet Protocol),elle désigne l'ensemble des techniques permettant le transport de la voix (la parole) et la vidéo, en temps réel, sur un réseau IP.

Telephone over Internet Protocol (ToIP) : également appelée téléphonie Internet, est un service spécifique de la voix sur IP qui, en plus de la parole, permet le transport des fonctions téléphoniques, telles que la signalisation, le fax, le multi appel, sur réseau IP.

Voice over the Net (VoN) : définit le transport de trafic vocal au moyen de la transmission par Paquets sur le réseau Internet public uniquement.

Figure (III.2) suivant illustre la comparaison entre les deux notions :

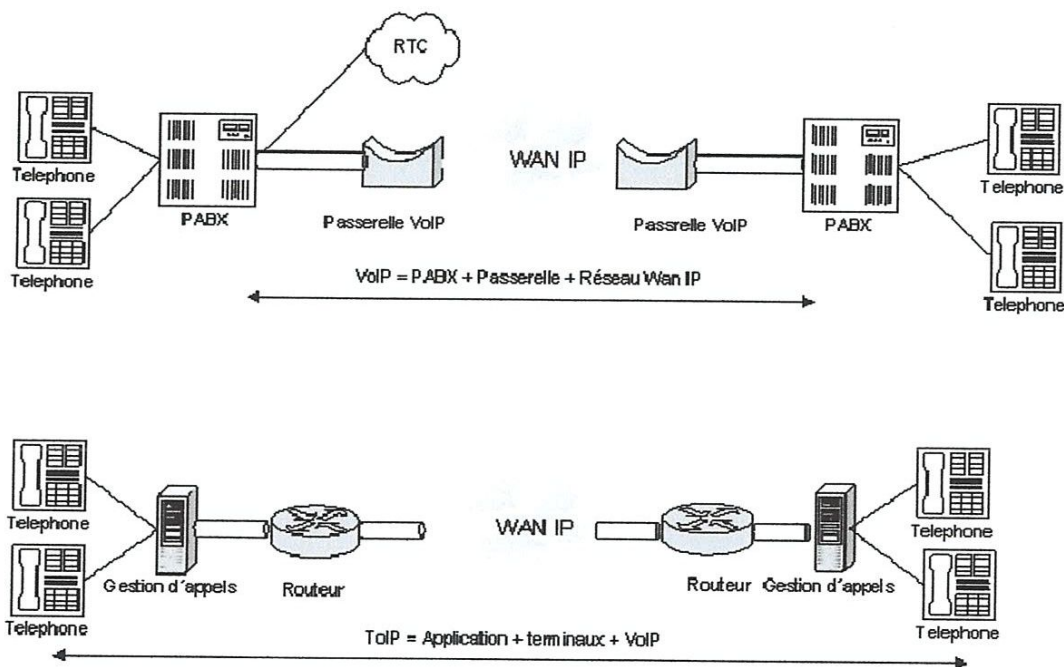


Figure III.2. VoIP vs ToIP

III. 2. Principe de technique de transfert de paquets

Dans la communication à transfert de paquets, toutes les informations à transporter sont découpées en paquets pour être acheminées d'une extrémité à une autre du réseau. L'équipement terminal A souhaite envoyer un message à B. Le message est découpé en trois paquets, qui sont émis de l'équipement terminal vers le premier nœud du réseau, lequel les envoie à un deuxième nœud, et ainsi de suite, jusqu'à ce qu'ils arrivent à l'équipement terminal B. Dans l'équipement terminal les paquets rassemblés reconstituent le message de départ. Le paquet peut en fait provenir de différents médias.

Cette technique est illustrée à la figure suivante.

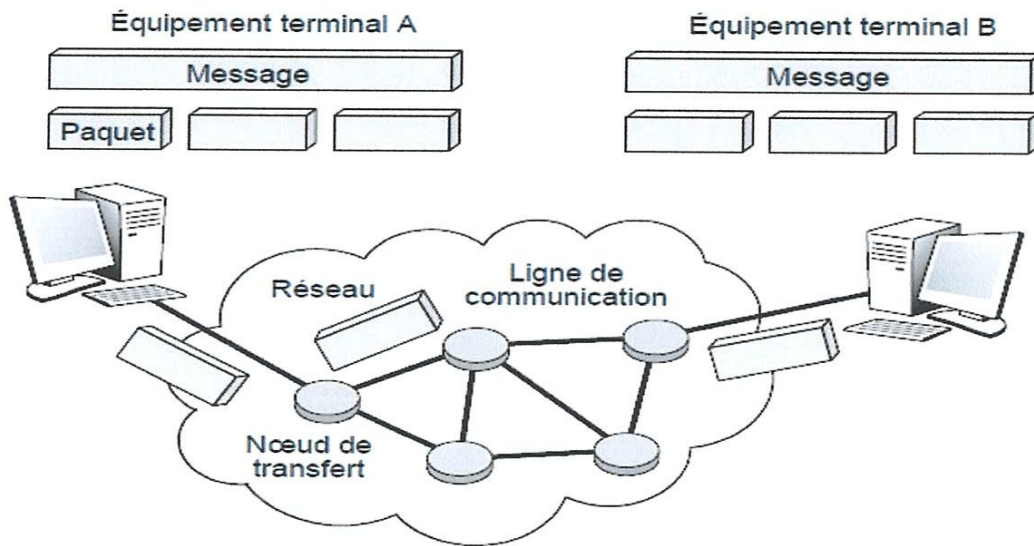


Figure III.3. La technique de transfert de paquets

III. 3. Comparaison ToIP avec la téléphonie classique

La téléphonie classique, dite par circuit, présente les mêmes contraintes temporelles que la téléphonie par paquet. Le temps de transit doit être limité pour satisfaire le besoin d'interactivité entre individus. La limitation du temps de transit entre l'émetteur et le récepteur est relativement simple à réaliser dans une technologie circuit. Les ressources étant réservées, la voie est toujours dégagée sur le circuit, et les ressources appartiennent uniquement aux signaux qui transitent entre l'émetteur et le récepteur. En revanche, dans un transfert de paquets, aucune ressource n'est réservée, et il est impossible de savoir quel sera le temps d'attente des paquets dans les nœuds de transfert.

Dans la première génération de téléphonie, les signaux étaient analogiques. Ils parcouraient le circuit sous la même forme que le son sortant de la bouche et n'utilisaient que 3 200 Hz de bande passante. Ils sont ensuite devenus numériques.

Dans la téléphonie traditionnelle numérique, le signal analogique est numérisé grâce à un codeur-décodeur, appelé codec. Le codec transforme le signal analogique en une suite de 0 et de 1. Le temps de transit est du même ordre de grandeur que le transfert du signal

analogique, car le signal ne s'arrête nulle part. La seule perte de temps pourrait provenir du codec, mais ces équipements très rapides ne modifient pas fondamentalement le temps de transit. En revanche, dans un réseau à transfert de paquets, de nombreux obstacles se dressent tout au long du cheminement des informations binaires.

L'élément le plus contraignant de l'application de téléphonie par paquet reste le délai pour aller d'une extrémité à l'autre, puisqu'il faut traverser les deux terminaux, émetteur et récepteur, de type PC par exemple, ainsi que les modems, les réseaux d'accès, les passerelles, les routeurs, etc.

III. 4. Les cinq problèmes clés de la ToIP

- ❖ **La qualité de service de la ToIP (QoS, Quality of Service)** Bien vrai que pour transporter de la parole téléphonique, il faut que le temps de transport de bout en bout soit limité. Cette limitation est d'une centaine de millisecondes pour obtenir une très bonne qualité et jusqu'à 300 ms pour une conversation passant par un satellite géostationnaire. Mais pour obtenir ces temps de réponse, il faut que le réseau offre une qualité de service.
- ❖ **La sécurité** est un problème capital, bien que trop souvent délaissé pour diminuer les coûts d'investissement, et qui pose des problèmes qui ne sont pas toujours simples à résoudre.
- ❖ **Disponibilité.** Dans la téléphonie classique, la disponibilité est aux 5 « neuf », c'est-à-dire que le système est en état de marche 99,999 % du temps. Dans la ToIP, elle passe aux 3 « neuf », soit 99,9 %, avec un bon fournisseur de service IP et plutôt moins en général. La question est de savoir comment prendre en compte cette problématique pour revenir à des disponibilités plus acceptables.
- ❖ **Gestion.** La gestion du réseau téléphonique commuté est relativement simple, puisqu'elle consiste à maintenir des circuits téléphoniques. Avec l'intégration de la ToIP dans le réseau de données, la gestion de l'environnement téléphonique devient beaucoup plus complexe. Comment la nouvelle génération de réseaux intégrant la ToIP va-t-elle pouvoir répondre à cette question ?
- ❖ **Contrôle.** Comme la gestion, le contrôle de la téléphonie est assez simple dans l'environnement unique des circuits numériques. L'intégration de la ToIP dans un réseau de données global complexifie grandement le contrôle, alors même qu'il s'agit d'un service crucial compte tenu des contraintes temps réel de l'application de téléphonie.

III. 5. Architecture Téléphonie sur IP

Figure (III.4) ci-dessus, décrit de façon générale la topologie d'un réseau de téléphonie IP. Elle comprend toujours des terminaux, un serveur de communication et une passerelle vers les autres réseaux. Chaque norme a ensuite ses propres caractéristiques pour garantir une plus ou moins grande qualité de service.

III. 6. Les enjeux de la Voix sur IP

La téléphonie sur IP va inéluctablement remplacer la téléphonie numérique classique. Les enjeux sont considérables puisque l'ensemble des entreprises auront adopté cette technologie dans les dix années à venir. Plusieurs raisons expliquent le succès de la téléphonie par paquet, et plus spécifiquement de la téléphonie sur IP.

Cependant, plusieurs raisons expliquent le succès de la téléphonie par paquet, et plus spécifiquement de la téléphonie sur IP.

- ❖ **Convergence.** Quel que soit le type de données véhiculées, le réseau est unique, les flux de voix, de vidéo, de textes et d'applicatifs transitent sur le même réseau. Les communications deviennent plus riches, et sans avoir besoin de multiplier les canaux de transport. Les utilisateurs peuvent, par exemple, envoyer un compte rendu d'activité en même temps qu'ils téléphonent à leur correspondant. Pour les utilisateurs, la convivialité est accrue. En entreprise, la productivité est améliorée. Pour les administrateurs, un seul réseau est à administrer, ce qui simplifie grandement la gestion.
- ❖ **Optimisation des ressources.** Le réseau IP utilisant un transfert de paquets, l'utilisation des ressources est optimisée en comparaison des solutions de type commutation de circuits. Dans le réseau RTC, qui est à commutation de circuits, des ressources sont dédiées pour toute la durée de la communication, qu'elles soient utilisées ou non. Or les très nombreux silences d'une conversation téléphonique rendent le dimensionnement du canal réservé systématiquement trop grand.
- ❖ **Coût de transport quasiment nul.** Grâce à l'intégration de la téléphonie parmi de nombreuses autres applications, le coût du transport devient pratiquement nul. Le réseau permettant d'effectuer le transport est le réseau cœur des opérateurs, celui qui effectue tous les transports de données. Ces opérateurs, qui étaient auparavant obligés de maintenir au moins deux réseaux, celui de téléphonie et celui de données, n'en ont plus qu'un seul à maintenir. L'intégration supplémentaire de la télévision dans le réseau de données fait également chuter les coûts de transport de cette application.
- ❖ **Services exclusifs.** Certains services sont propres aux réseaux IP. Par exemple, le service de présence, consistant à détecter si un utilisateur est connecté au réseau ou non, ne nécessite aucune réservation de ressources dans un réseau IP, à la différence du réseau RTC. De façon analogue, pour le nomadisme des utilisateurs, il est plus simple de passer, partout dans le monde, par le réseau IP plutôt que par le réseau RTC.
- ❖ **Disparition des commutateurs locaux.** Liée à la précédente, cette nouvelle donne résulte de la possibilité de gérer les téléphones depuis le réseau de l'opérateur (système Centré). Des solutions intermédiaires, comme les PBX-IP, permettent de passer petit à petit des circuits numériques aux liaisons paquet IP. La téléphonie devient ainsi une application du réseau IP comme une autre, si ce n'est qu'elle

nécessite une qualité de service particulière. De ce fait, les modems ADSL qui amènent chez l'utilisateur la connectivité IP constituent la porte d'entrée de la téléphonie IP. Le modem l'intègre avec les applications de données (messagerie, transfert de fichiers, P2P), la télévision, la visiophonie, etc.

Cette intégration n'était pas encore finalisée puisque la plupart des postes téléphoniques ne sont pas encore des postes IP capables d'émettre directement des paquets IP. Il faut un point de connexion spécifique sur le modem pour indiquer que le flux est une parole téléphonique. De même, le flux de télévision se distingue des autres applications par un accès spécifique sur le modem. Cependant, dès que les téléphones et les télévisions seront IP, le réseau domestique ne distinguera plus ces applications particulières, et ce sera le modem qui, en filtrant les flux, découvrira les paquets de téléphonie et les paquets de télévision pour les traiter en conséquence. Cette différenciation est illustrée aux Figure (III.8) et Figure (III.9). La première présente l'état actuel, où les flux de données, de vidéo et de téléphonie sont différenciés par la prise par laquelle ils transitent, et la seconde celui de demain, où tous les flux sont intégrés sur le réseau domestique et sont différenciés par le biais d'un filtre applicatif dans le modem ADSL.

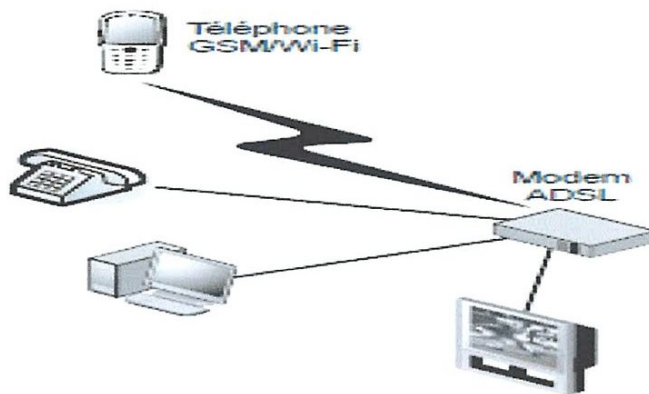


Figure III.8. Différenciation de trafic par un modem ADSL de première génération

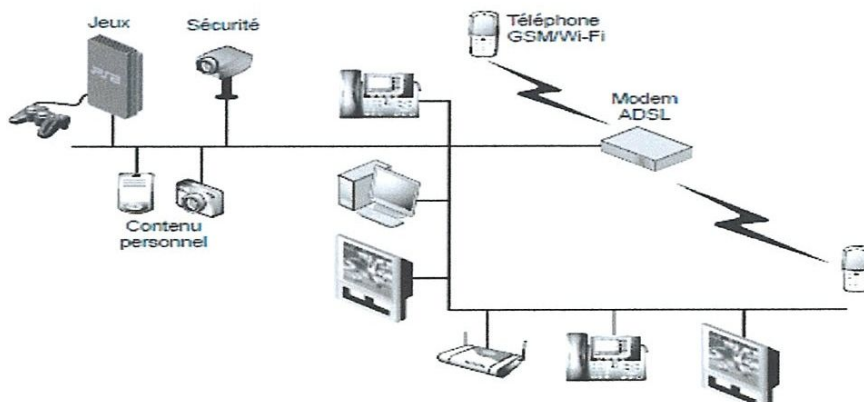


Figure III.9. Différenciation de trafic par un modem ADSL de nouvelle génération

III.7. Contraintes de la ToIP

- ❖ **Les contraintes temporelles** : La principale difficulté pour réaliser de la téléphonie par paquet provient de la contrainte temporelle très forte due à l'interaction entre individus. Le temps de latence, c'est-à-dire le temps qui s'écoule entre l'entrée d'un paquet dans le réseau et son temps de sortie du réseau doit être inférieur à 300 ms si l'on veut garder une interaction humaine acceptable. Si l'on souhaite une bonne qualité de la conversation, il ne faut pas que la latence soit supérieure à 150 ms.

Le tableau (III.1) suivant illustre les classes de qualité et d'interactivité en fonction du retard de transmission dans une conversation téléphonique. ces chiffres suivants (tirés de la recommandation UIT-T G.114) sont donnés à titre indicatif pour préciser les classes.

Classe n°	retard par sens	commentaires
1	0 à 150 ms	acceptable pour la plupart des conversations ; seules quelques tâches hautement interactives peuvent souffrir
2	150 à 300 ms	acceptable pour des communications faiblement interactives (voir satellite 250 ms par bond)
3	300 à 700 ms	devient pratiquement une communication half duplex
4	au delà de 700 ms	inutilisable sans une bonne pratique de la conversation half duplex (militaire)

Tableau III.1. Classes de qualité UIT pour les retards de transmission.

- ❖ **Perte de paquets** : Lorsque les routeurs IP sont congestionnés, ils "libèrent" automatiquement de la bande passante en se débarrassant d'une certaine proportion des paquets entrants en fonction de seuils prédéfinis. Cela permet également d'envoyer un signal implicite aux sources TCP qui diminue d'autant leur débit au vu d'acquittements négatifs émis par le destinataire qui ne reçoit plus les paquets.
- ❖ **Gigue** : Correspond à une variation du délai de transmission de l'information. Elle est due au mode de mise en paquets par les codeurs, à l'encapsulation des paquets IP dans des protocoles support tels que le Frame Relay ou l'ATM, et à la variation de routes dans le réseau : chaque paquet est en effet susceptible de transiter par des combinaisons différentes de routeurs entre la source et la destination. Pour compenser la gigue, on utilise des mémoires tampons qui présentent l'inconvénient de rallonger d'autant le temps de traversée global du signal et contribue à empêcher un mode conversationnel normal.
- ❖ **L'écho** : sur le chemin, différents équipements peuvent induire des phénomènes d'écho. Les passerelles H323, par exemple, assurent la transmission du signal entre un réseau 4 fils (Ethernet) et un réseau 2 fils (téléphone analogique), ce qui provoque des phénomènes électroniques d'écho. Il faut que les équipements disposent d'annuler d'écho. En règle générale, les téléphones IP ou les ordinateurs personnels possèdent des supprimeurs d'écho évitant la contrainte temporelle forte.
- ❖ **Bande passante** : sans compression, la voix nécessite 64 kbps de bande passante. Avec compression on peut descendre jusqu'à 5 kbps. Dans ce dernier cas la qualité du son est moins bonne et le temps de traitement pour la compression et la décompression au départ et à l'arrivée augmente ainsi le temps de latence.

Figure (III.10) ci- dessous reprend les difficultés évoquées et permet de comprendre quels sont les effets indésirables impliqués.

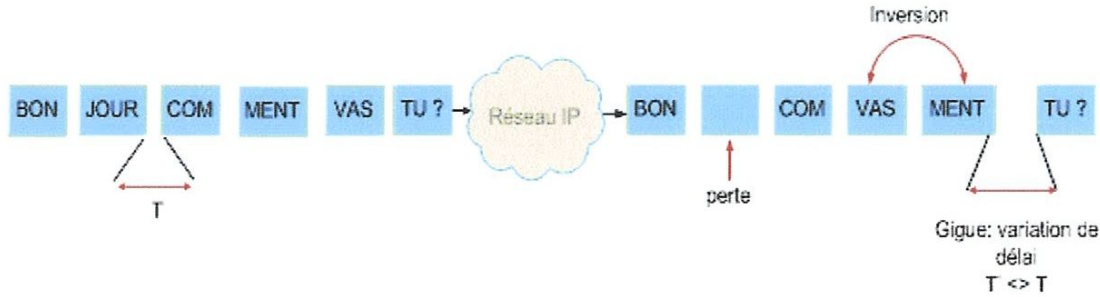


Figure III.10. Difficultés associées à la transmission de la voix sur IP

III.8.Solution de la téléphonie IP

Triple Play : voix, données et vidéo

Avec l'arrivée massive d'ordinateurs personnels suffisamment puissants pour émuler un téléphone IP, la ToIP est devenue une téléphonie de bout en bout gratuite, puisque la téléphonie devient une application comme une autre transitant par l'intermédiaire du modem ADSL. Du fait de cette configuration, de nouvelles applications ont fait leur apparition pour proposer des services grand public. Parmi celles-ci, Skype ou MSN (Microsoft Network) proposent de la téléphonie sur IP de bout en bout. Il faut dans les deux cas disposer d'un modem ADSL aux deux extrémités de la communication afin que le débit soit acceptable sur la boucle locale. Skype fait appel à une technique P2P (peer-to-peer) à des fins de simplicité et pour ne pas avoir à implémenter un contrôle centralisé. La signalisation de MSN est gérée par une base de données centralisée mais qui peut être distribuée sur plusieurs sites.

Le modem ADSL joue le rôle de codec et de paquetsiseur. Le téléphone est branché sur une prise spécifique reliée au codec. La télévision et les données ont leur propre prise spécifique. En cas d'utilisation d'un logiciel de téléphonie sur l'ordinateur portable, le flux de téléphonie est multiplexé avec l'ensemble des données et n'est pas traité de façon spécifique. On appelle cette solution, le Double-Play lorsqu'il y a un canal de données et un canal téléphonique et Triple-Play lorsqu'un canal de télévision est ajouté

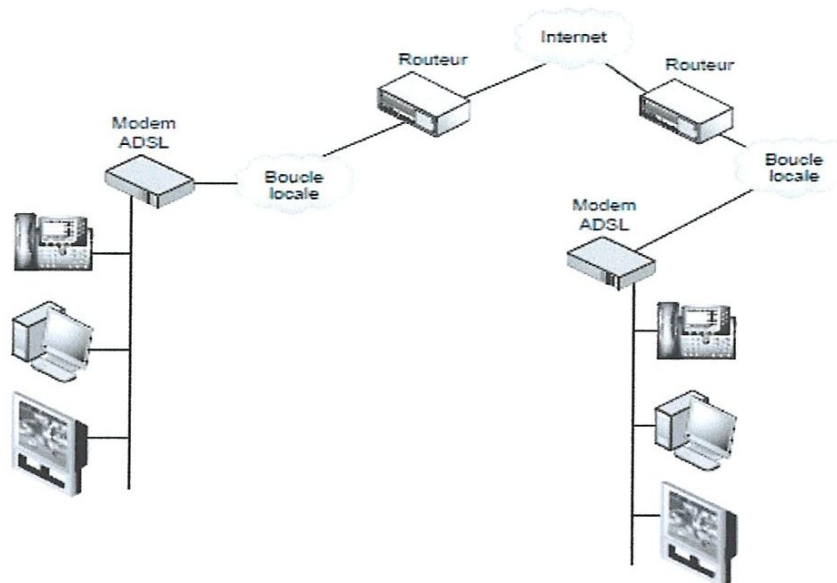


Figure III.11. Le triple Play

Si l'on ajoute un canal supplémentaire, comme le canal de mobilité provenant d'un terminal mobile de type GSM/Wi-Fi, on parle de Quadruple-Play. Lorsque ce téléphone est situé près d'un modem incorporant un réseau Wi-Fi, le mobile se connecte en Wi-Fi.

S'il n'est pas situé dans une zone Wi-Fi, le téléphone utilise le mode GSM. Il est possible de commencer à téléphoner en Wi-Fi et de continuer en GSM lorsqu'on sort de la zone Wi-Fi. En sens inverse, le téléphone peut éventuellement repasser en Wi-Fi.

Cette solution est illustrée à la Figure (III.12).

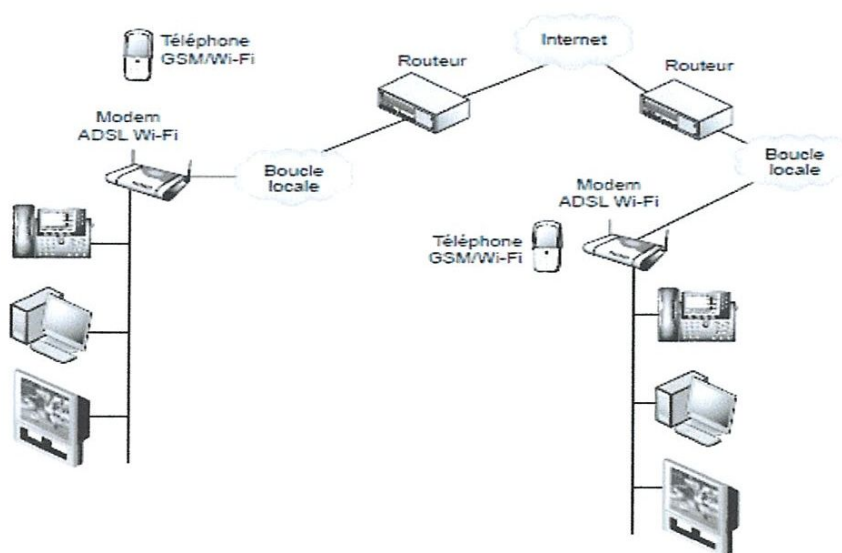


Figure III.12. Le Quadruple-Play

Figure (III.13) illustre la génération suivante, dite Penta-Play, dédiée à la vidéo mobile. Sur un mobile à écran vidéo, un utilisateur peut se connecter sur un réseau Wi-Fi et regarder la télévision. La connexion avec le modem ADSL s'effectue en mode hertzien de type Wi-Fi. Dans cette solution comme dans la précédente, le téléphone GSM/Wi-Fi peut se connecter à tous les modems de l'opérateur Internet auquel l'utilisateur a souscrit. La téléphonie sur IP est encore peu présente dans le monde de la communication mobile, mais elle devrait se généraliser dès que les accès Internet lui seront ouverts, ce que les opérateurs interdisent aujourd'hui. Ce déploiement s'effectuera par l'intermédiaire de l'Internet hertzien, mais prendra son essor véritable avec l'arrivée des produits WiMax.

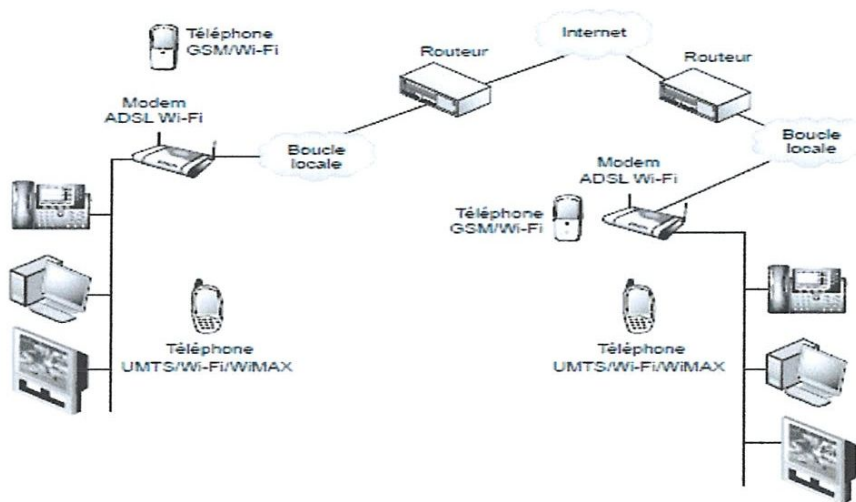


Figure III.13. Le Penta-Play

Pour le moment, les réseaux de mobiles peuvent transporter des paquets IP, qui ne sont jamais qu'un ensemble d'éléments binaires au même titre que toutes autres suites d'éléments binaires. Il est donc possible de mettre en place des applications de téléphonie sur un terminal mobile assez puissant. Le coût de la communication étant celui du transport des données, la téléphonie n'est plus qu'une application parmi les autres.

III.9. Techniques de transmissions

En téléphonie classique, la transmission pose peu de problèmes grâce à la commutation de circuit. Un canal est réservé aux deux locuteurs et la qualité du signal est constante. Sur Internet, rien de tel, la réservation de ressources n'existe pas. C'est un réseau à commutation de paquets, sur lequel tous les trafics ont la même priorité. En apparence, toutes ces contraintes ne sont pas vraiment compatibles avec la téléphonie. Pour qu'un bon flux soit envisageable, il faut élaborer des algorithmes de compression capables d'adapter l'information au canal de transmission restreint et capricieux qu'est Internet.

Ainsi, il est impossible de gérer les délais de transmission et donc la fluidité du trafic. Il existe seulement quelques mécanismes pour décongestionner un nœud du réseau saturé ce

qui n'offre aucune garantie de débit. Envisager de faire de la téléphonie, qui nécessite des transmissions en temps réel, est donc en théorie difficile.

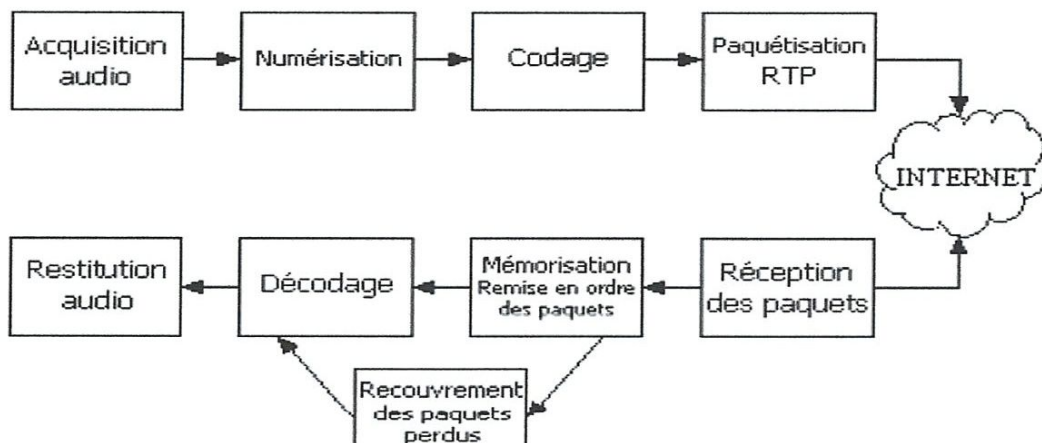


Figure III.14. La transmission de la voix par paquets

Pour une communication en VoIP, le signal vocal doit être compressé à l'aide d'algorithmes beaucoup plus élaborés qu'en téléphonie classique, l'information à transmettre est découpée par une procédure de paquetisation, à raison de 20 à 30 millisecondes de parole par paquet, avant l'envoi sur le réseau IP. Les paquets d'informations, qui circulent sur Internet, empruntent des chemins différents et arrivent fréquemment dans le désordre. Les paquets sont alors stockés dans des mémoires tampons, ou buffer, pour être ré-séquencés et permettre la décompression de l'information et sa transformation en signal sonore.

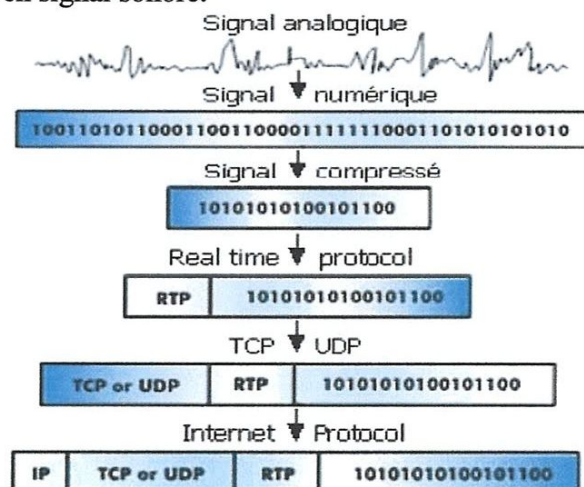


Figure III.15. Mise en paquet de l'information

III.10. Les codeurs à bas débit utilisés

Le signal analogique est transformé en un signal numérique grâce au codec qui délivre une suite de données binaires. Le signal numérique est transmis et à l'arrivée, l'opération inverse est effectuée. Il s'agit de reconstituer correctement le signal sachant que la transformation

analogique/numérique engendre toujours des pertes. Les codeurs de parole utilisés dans les logiciels de téléphonie IP peuvent être classés suivant trois grandes techniques de codage :

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

III.10.1.Codage temporel PCM ou MIC

C'est l'algorithme de codage le plus simple utilisé pour coder la voix dans le réseau téléphonique commuté et le réseau RNIS. Il revient à échantillonner un signal analogique à une fréquence d'échantillonnage fixe de 8 KHz et à quantifier les échantillons par une valeur de 8 bits représentant l'amplitude du signal à l'instant précis suivants des standards de compression non linéaire. Etant donné que la digitalisation assigne un nombre binaire spécifique à chaque amplitude du signal, et qu'il n'existe que 256 amplitudes pour les digitalisations à 8 bits, il est probable que le nombre assigné ne correspond pas exactement à la valeur réelle du signal. Cette erreur est appelée erreur de quantification et produit un bruit de quantification dans le signal de sortie. Ce système de codage correspond à la norme G.711 de l'UIT et a un débit binaire de 64 Kbit/s.

III.10.2.Le codage différentiel DPCM, ADPCM et ADM

Le codage différentiel (DPCM, ADPCM, ADM) est basé sur l'observation que des échantillons successifs d'une source audio sont fortement corrélés. Par conséquent, il est plus rentable d'encoder non pas les échantillons eux même mais la différence entre des échantillons successifs.

Les codeurs de type ADPCM codent les échantillons de manière différentielle avec une composante estimée par extrapolation des valeurs intervenues précédemment. Ce système de codage correspondant à la norme G.721 utilise seulement 32 Kbits/s par canal de voix.

Les deux autres variantes du codage différentiel (DPCM et ADM) se distinguent par la méthode employée pour la prédiction de la valeur de l'échantillon suivant à partir de la valeur de l'échantillon précédent. Il existe des variantes du codage différentiel permettant des débits binaires de 16, 24 et 40 Kbit/s, mais la qualité de parole se dégrade très vite quand le débit chute à 16 Kbit/s.

III.10.3.Le codage paramétrique

La technique paramétrique consiste à modéliser sous forme simplifiée à l'aide de paramètres pertinents le signal de parole à la source, et de les transmettre sous forme numérique au récepteur qui se charge de reconstituer un signal proche du signal initial. Cette technique ne conserve pas la forme temporelle du signal mais préserve le spectre à court terme, reproduit à l'arrivée grâce à un circuit d'excitation et un filtre prenant en compte les paramètres en question. Dans cette classe, les codeurs de type LPC utilisent une excitation mixte : train d'impulsions pour les signaux voisés et bruit blanc pour les signaux

non voisés. Si cette technique permet en pratique des débits très bas (2,4 Kbit/s) elle peut effectivement recevoir le qualificatif de “militaire” car la parole reproduite n’est pas très fidèle.

III.10.4. Le codage par analyse et synthèse

Le codage par synthèse est très différent du codage différentiel. L'idée n'est plus de manipuler les échantillons pour éliminer la redondance et les corrélations entre échantillons, mais au contraire de considérer des blocs d'échantillons et de construire un modèle qui produise des échantillons statistiquement identiques (ou proches) des échantillons originaux. Ce modèle donc permet de synthétiser des échantillons avec des propriétés statistiques données, d'où le nom de codage par synthèse. Les codeurs par analyse et synthèse sont à l'heure actuelle les plus performants et les plus utilisés.

Ils utilisent de façon complémentaire les avantages des techniques temporelles et des techniques paramétriques pour obtenir des faibles débits tout en préservant la qualité de restitution. Trois types de codage entrent dans cette catégorie :

- ❖ Les codeurs CELP.
- ❖ Le codeur UIT-T G.729 CS-ACELP.
- ❖ Le codeur UIT-T G.723.1.

Il est à noter que les codeurs UIT G.729 et G.723.1 sont des codeurs récents qui se distinguent par leur débit, retard de transmission, par leur qualité de parole et par leur gamme d'applications. Les codeurs RPE-LTP comme celui utilisé dans les radios mobiles numériques de type GSM à 13 Kkbit/s (norme ETSI GSM 06-10) sont les plus anciens, les plus simples et certainement les plus utilisés de cette classe de codeurs par les logiciels de téléphonie sur IP.

Le Tableau (III.2) suivant englobe les différents codecs avec leurs normes respectives

Codeur	Standard / norme	Débit	Qualité de parole (MOS)	Retard Codeur/découreur	Complexité Mips
Temporel PCM	G.711	64 Kbit/s	4,2	125 µs	0,1
Temporel ADPCM	G.726	32 Kbit/s	4,0	300 µs	12,0
Analyse / Synthèse RPE-LTP	ETSI – GSM 06-10	13 Kbit/s	3,6	50 ms	2,5
Analyse/Synthèse CELP	DD FS1016	4,8 Kbit/s	3,5	50 ms	16,0
Analyse / Synthèse LD-CELP	G.728	16 Kbit/s	4,0	3 ms	33,0
Analyse / Synthèse CS-ACELP	G.729	8 Kbit/s	4,0	30 ms	20,0
Analyse / Synthèse MP-MLQ-ACELP	G.723.1	6,3 et 5,3 Kbit/s	3,9 à 3,7	90 ms	16,0
Paramétrique LPC	DOD LPC10 FS1015	2,4 Kbit/s	2,3	50 ms	7,0

Tableau III.2. Les codecs audio

III.11. Architectures de la ToIP dans différents types de réseaux

Nous commençons par examiner la téléphonie sur Ethernet, puis la téléphonie sur Wi-Fi et enfin sur ATM.

III.11.1. La téléphonie sur Ethernet

La téléphonie sur Ethernet concerne les entreprises qui souhaitent se doter d'un environnement de ToIP. Selon la taille de l'entreprise, cela peut concerner quelques postes de travail connectés à un même réseau local, jusqu'à des infrastructures internationales permettant à des milliers de postes de travail de communiquer.

III.11.2. La téléphonie sur réseaux sans fil

Si la ToIP a pour principale vocation d'offrir une solution de rechange à moindre coût à la téléphonie sur circuit classique, le sans-fil offre bien d'autres avantages. Les réseaux sans fil permettent aux utilisateurs de s'abstraire des contraintes de câblage sur les derniers mètres de raccordement jusqu'à leur poste. La zone de couverture devient étendue, ce qui procure une souplesse d'utilisation accrue. Le gain se traduit également par une facilité de déploiement et d'extensibilité du réseau, ce dernier devenant ambiant.

C'est donc presque naturellement que la ToIP a donné naissance à la téléphonie sur réseaux sans fil, ou ToWLAN (Telephon over Wireless LAN).

La technologie de ToIP sans fil a pour objectif de permettre aux utilisateurs de téléphoner directement en IP, donc à un coût extrêmement bas et depuis de nombreux points sans avoir besoin d'une connexion physique. Elle représente un pas supplémentaire vers la convergence des flux audio, vidéo et données sur un médium unique.

III.11.3. La téléphonie sur ATM

La technique de transfert ATM a été conçue pour transporter de la parole téléphonique de type G.711 à 64 Kbit/s. C'est la raison de la petite taille de la cellule ATM.

III.12. Les différents éléments pouvant composer un réseau VoIP :

III.12.1. Le PABX-IP

Lorsqu'il existe deux réseaux distincts pour la voix et les données, l'environnement de téléphonie est géré par un PABX tel que celui illustré à la Figure (III.19). En cas de réseau unique, ce PABX centralisé est remplacé par un PABX distribué adapté au monde IP, appelé un PBX-IP

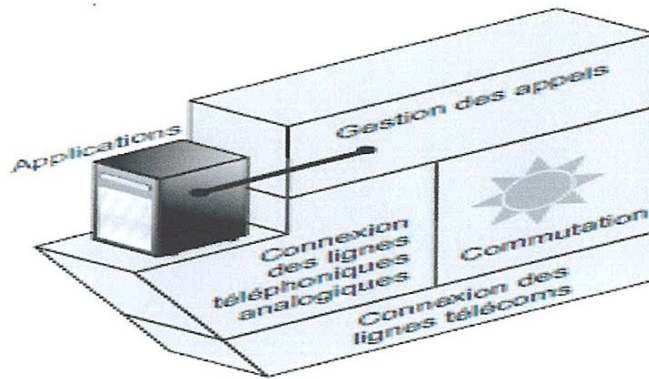


Figure III.16. Fonctions d'un PABX

En plus C'est lui qui assure la commutation des appels et leurs autorisations, il peut servir aussi de routeur ou de Switch dans certains modèles, ainsi que de serveur DHCP. Il peut posséder des interfaces de type analogiques (fax), numériques (postes), numériques (RNIS, QSIG) ou opérateurs (RTC-PSTN ou RNIS). Il peut se gérer par IP en intranet ou par un logiciel serveur spécialisé que ce soit en interne ou depuis l'extérieur.

Dans la nouvelle génération de PBX-IP, la gestion des appels est réalisée par un microordinateur qui peut se trouver n'importe où dans l'entreprise, sur n'importe lequel de ses sites. Il peut également être situé chez l'opérateur (solution Centre). La fonction de commutation est réalisée par l'ensemble des commutateurs de l'entreprise, de même que les connexions des lignes téléphoniques et des lignes télécoms. Seule la signalisation passe par une machine centralisée.

III.12.2. Le serveur de communications

Il gère les autorisations d'appels entre les terminaux IP ou softphones et les différentes signalisations du réseau. Il peut posséder des interfaces réseaux opérateurs (RTC-PSTN ou RNIS), sinon les appels externes passeront par la passerelle dédiée à cela (Gateway). Exemple : (Call Manager de Cisco)

III.12.3. Le passerelle (Gateway)

C'est un élément de routage équipé de cartes d'interfaces analogiques et/ou numériques pour s'interconnecter avec soit d'autres PABX (en QSIG, RNIS), soit des opérateurs de télécommunications local, national ou international. Plusieurs passerelles peuvent faire partie d'un seul et même réseau, ou l'on peut également avoir une passerelle par réseau local (LAN). La passerelle peut également assurer l'interface de postes analogiques classiques qui pourront utiliser toutes les ressources du réseau téléphonique IP (appels internes et externes, entrants et sortants).

III.12.4. Le routeur

Il assure la commutation des paquets d'un réseau vers un autre réseau.

III.12.5.Le Switch

Il assure la distribution et commutation de dizaines de port Ethernet à 10/100 voire 1000 Mbits/s. Suivant les modèles, il peut intégrer la télé alimentation des ports Ethernet à la norme 802.3af pour l'alimentation des IP phones ou des bornes WIFI en 48V.

III.12.6.Le Gatekeeper

Il effectue les translations d'adresses (identifiant H323 et @ IP du référencement du terminal) et gère la bande passante et les droits d'accès. C'est le point de passage obligé pour tous les équipements de sa zone d'action.

III.12.7.L'IP-PHONE

Le téléphone IP est capable de placer le bon niveau de priorité dans le paquet IP et de le traduire dans la trame Ethernet. Le téléphone IP dispose généralement d'une ou plusieurs sorties Ethernet pour connecter le téléphone à un commutateur Ethernet, à un ordinateur personnel et à une autre machine IP.

C'est un terminal téléphonique fonctionnant sur le réseau LAN IP à 10/100 Avec une norme soit propriétaire, soit SIP, soit H.323. Il peut y avoir plusieurs codecs pour l'audio, et il peut disposer d'un écran monochrome ou couleur, et d'une ou plusieurs touches soit programmables, soit préprogrammées.



Figure III.17. Téléphone IP

IL est en général doté d'un hub passif à un seul port pour pouvoir alimenter le PC de l'utilisateur (l'IP PHONE se raccorde sur la seule prise Ethernet mural et le PC se raccorde derrière l'IP PHONE).

III.12.8. Le SOFTPHONE

C'est un logiciel qui assure toutes les fonctions téléphoniques et qui utilise la carte son et le micro du PC de l'utilisateur, et aussi la carte Ethernet du PC. Il est géré soit par le Call Manager, soit par le PABX-IP.

La téléphonie sur softphone présente des avantages indéniables sur la téléphonie par ADSL, et ce pour les raisons suivantes :

- ❖ En moyenne, moins d'un tiers des abonnés ADSL disposent de la téléphonie dans leur forfait. Compte tenu de la progression du dégroupage, ce nombre devrait augmenter, mais ceux qui n'en bénéficient pas resteront tout de même majoritaires et devraient être intéressés par les services des softphones.
- ❖ Propre au réseau Internet, le service de présence permet aux utilisateurs de connaître en permanence la disponibilité de leur interlocuteur.
- ❖ Avec l'abonnement ADSL, une fois le fournisseur d'accès choisi, il est bien difficile d'en changer, tant les délais et les coûts sont importants. Avec les softphones, par ailleurs souvent moins chers que l'ADSL, on ne rencontre pas de tels problèmes.
- ❖ Tous les médias, audio, vidéo, textes et applicatifs, peuvent transiter sur un même support, alors que la visiophonie reste marginale dans le réseau téléphonique traditionnel.
- ❖ L'utilisateur devient nomade puisque les connexions IP sont facilement disponibles partout dans le monde, et aux mêmes coûts.

Conclusion

On peut en déduire que le coût d'installation d'un réseau de téléphonie sur IP est relativement important puisqu'il faut mettre en place tout un nouvel environnement, incluant des terminaux de type téléphone IP ou PC, un système de signalisation pour mettre en place les connexions et un contrôle du réseau pour que les temps de réponse restent faibles. La rentabilité d'un tel environnement n'est possible que sur plusieurs années.

En outre, la téléphonie entre les PC via l'Internet commence à prendre une part importante dans le monde des télécommunications. Dans un avenir proche, l'utilisation coûteuse du réseau de téléphonie fixe ne sera plus nécessaire, surtout avec la possibilité de transférer la voix, la vidéo et les données sur le même support via Internet. D'où la nécessité d'évoluer vers des solutions IP ce qui provoque l'émergence de nouveaux standards.

Pour certains, actuellement le seul frein à l'essor de la téléphonie sur IP serait la qualité. Or, comme celle-ci s'améliore de plus en plus grâce à l'augmentation conjointe de la bande passante d'Internet, de la vitesse de commutation, de la performance des CPU et enfin des algorithmes de compression, la téléphonie sur IP ne peut que se développer.

Dans le prochain chapitre, nous étudierons les différents protocoles intervenant lors d'une communication sur un réseau IP, depuis l'initiation de l'appel jusqu'à son aboutissement.

Chapitre: IV : Les Protocoles de la téléphonie IP

Introduction

Aujourd'hui, la technologie de la téléphonie sur IP a produit plusieurs services basés sur les différents scénarios de communication (téléphonie PC à PC, téléphonie entre un PC et un poste téléphonique et téléphonie entre postes téléphoniques ou fax). En conséquence, cette technologie est devenue un outil de communication multimédia basé sur le réseau Internet, intégrant des outils d'interfaces avec les réseaux téléphoniques traditionnels.

L'importance de cette technologie et l'avenir qui lui est réservé nous a encouragés à s'impliquer dans ce domaine avec enthousiasme. L'échange de données dans le cas de la téléphonie est soumis à des contraintes temps-réel fortes, contrairement à un échange de fichiers. Dans ce cadre, les protocoles utilisés autour d'IP sont principalement UDP et RTP. Toutefois, ces protocoles ne s'occupent que du transport des données entre deux points établis. La définition des points à interconnecter est confiée à une autre couche au-dessus, cette tâche est assurée par les protocoles de signalisation. Les protocoles de signalisation ont pour but d'initier, de modifier et terminer des sessions. Plusieurs possibilités existent pour offrir ces fonctionnalités et de nombreux protocoles de signalisation existent avec des caractéristiques différentes. A l'heure actuelle, quatre protocoles sont prédominants : H323, SIP, MGCP et SCCP élaboré par Cisco. Ce chapitre se propose de faire un tour d'horizon complet sur Les protocoles de la téléphonie sur IP.

IV .1.Les protocoles de signalisation

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

IV.1.1.La signalisation H.323

Dans le modèle OSI, la signalisation téléphonique correspond à une fonctionnalité de niveau 7 (couche applicative). Elle n'est donc jamais assurée par les entités réseau de routage pur, comme les routeurs et commutateurs, qui fonctionnent à des couches inférieures.

Des entités dédiées sont exploitées à ces fins : il s'agit de serveurs au niveau du cœur du réseau et des terminaux (téléphone, ordinateur) en bordure de réseau, au niveau de l'utilisateur. Pour être comprise et correctement interprétée de l'ensemble des entités participant aux mécanismes de signalisation, celle-ci doit respecter une syntaxe particulière. C'est tout l'objet de la spécification d'un protocole de signalisation.

Le protocole H.323 figure parmi les plus réputés des protocoles de signalisation pour la téléphonie sur IP. H.323 n'est en réalité que la référence du protocole. Son nom complet est Packet-based Multimedia Communications Systems, ou « Systèmes de communication

multimédia fonctionnant en mode paquet ». Comme ce nom l'indique, il peut être utilisé pour tous les réseaux à commutation de paquets, en particulier IP.

Ce protocole est spécifié pour le traitement de la signalisation des données multimédias avec de fortes contraintes temporelles, comme la voix ou la vidéo, mais aussi la réalité virtuelle ou les jeux en réseau.

IV.1.2. Architecture et fonctionnalités du protocole H.323

L'architecture concentre les fonctionnalités autour d'entités, ce qui explique pourquoi le protocole H.323 est considéré comme fortement centralisé.

Le protocole H.323 est utilisé pour l'interactivité en temps réel, notamment la visioconférence (signalisation, enregistrement, contrôle d'admission, transport et encodage). C'est le leader du marché pour la téléphonie IP. Il s'inspire du protocole H.320 qui proposait une solution pour la visioconférence sur un réseau RNIS. Le protocole H.323 est une adaptation de H.320 pour les réseaux IP. H.320 qui propose une solution pour la visioconférence sur un réseau numérique à intégration de service (RNIS ou ISDN en anglais).

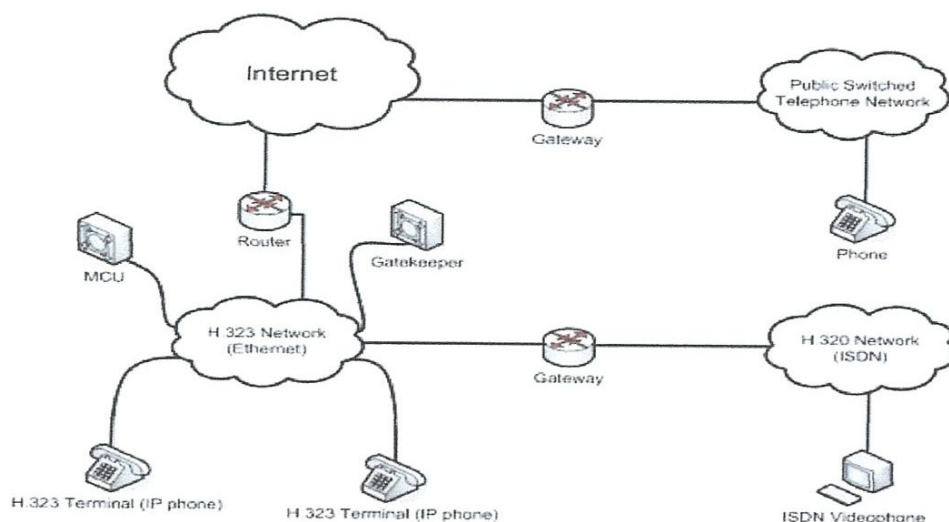


Figure IV.1 Architecture du réseau H.323

IV.1.2.1. Les quatre entités d'une architecture H.323

- ❖ Terminaux (au minimum deux). Ce sont les équipements de traitement destinés aux utilisateurs, leur permettant d'émettre et de recevoir des appels. Deux terminaux doivent au minimum être présents pour qu'une communication ait lieu.
- ❖ Gatekeeper, ou garde-barrière. C'est l'équipement permettant la localisation des utilisateurs. Ces derniers peuvent s'identifier entre eux par des noms, auxquels il faut attribuer l'adresse IP correspondante dans le réseau ou, si l'appelé n'est pas situé dans un réseau IP, la localisation de l'entité intermédiaire à joindre pour l'appel. Outre cette fonction primordiale, un gatekeeper remplit tout un ensemble de fonctions complémentaires de gestion et de contrôle des communications, certaines étant indispensables et d'autres facultatives.

- ❖ Passerelle, ou Gateway. C'est l'équipement permettant à des utilisateurs du réseau IP de joindre les utilisateurs qui sont actifs sur d'autres types de réseaux téléphoniques, RTC, RNIS ou ATM. On peut avoir autant de passerelles différentes que nécessaire, suivant la nature des réseaux non-IP à interconnecter.
- ❖ MCU (Multipoint Control Unit), ou unité de contrôle multipoint, parfois appelée pont multipoint. C'est l'équipement permettant la gestion des conférences, c'est-à-dire les communications multimédias mettant en jeu plus de deux interlocuteurs. Ces derniers doivent préalablement se connecter à la MCU, sur laquelle s'établissent les demandes et négociations des paramètres à utiliser lors de la conférence.

IV.1.3. La pile de protocoles H.323

La figure(IV.2) montre la pile des protocoles spécifiés par le standard H323

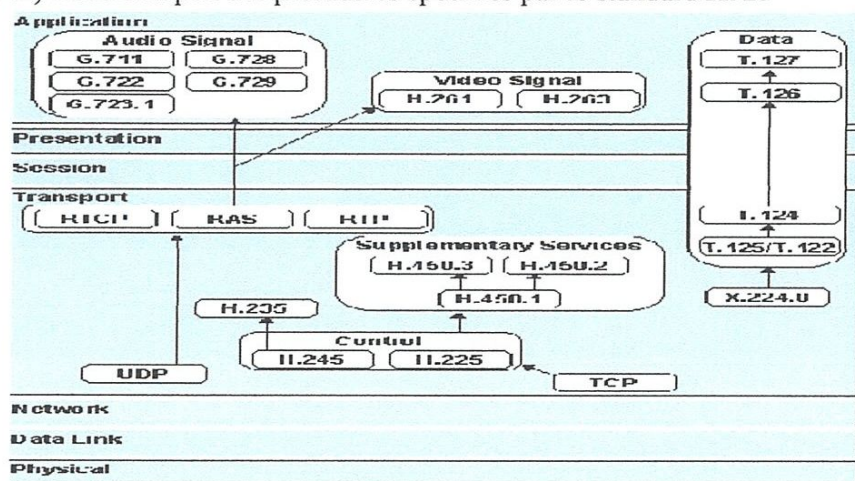


Figure IV.2 La pile H323.

Cette pile est indépendante des réseaux et des protocoles de transport utilisés. Si le protocole IP est utilisé (ce qui est le plus souvent le cas) alors les paquets audio, Vidéo et H.225.0 RAS utilisent UDP comme protocole de transport alors que les paquets de contrôle (H.245 et H.225.0 call signaling) utilisent TCP.

Trois protocoles de signalisation sont spécifiés dans le cadre de H.323 à savoir :

- ❖ **RAS** : Ce protocole est utilisé pour communiquer avec un Gatekeeper. Il sert notamment aux équipements terminaux pour découvrir l'existence d'un Gatekeeper et s'enregistrer auprès de ce dernier ainsi que pour les demandes de traduction d'adresses. La signalisation RAS utilise des messages H.225.0 transmis sur un protocole de transport non fiable (UDP, par exemple).
- ❖ **Q.931** : H.323 utilise une version simplifiée de la signalisation RNIS Q.931 pour l'établissement et le contrôle d'appels téléphoniques sur IP. Cette version simplifiée est également spécifiée dans la norme H.225.0.
- ❖ **H.245** : Ce protocole est utilisé pour l'échange de capacités entre deux équipements terminaux. Par exemple, il est utilisé par ces derniers pour s'accorder sur le type de codec à activer.

Une communication H.323 se déroule en cinq phases :

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

IV.1.4. Conférence de données

Les capacités des conférences de données en temps réel sont requises pour des activités telles que le partage d'applications, le transfert de fichiers, la transmission de fax, la messagerie instantanée. La recommandation T.120 fournit ces capacités optionnelles au H323.

IV .1.4.1. La visioconférence sur IP

Tout d'abord, au niveau économique, la visioconférence sur IP s'avère moins coûteuse que celle sur liaison RNIS car d'un côté, l'équipement d'un PC est relativement peu cher : ce système ne nécessite pas l'installation de prises RNIS spéciales. D'autre part, une liaison RNIS a un coût calculé selon la longueur de l'appel, le débit, et la distance.

Alors que dans une liaison IP, le prix est forfaitaire selon le débit. En fin de compte, la visioconférence par IP s'avère souvent moins onéreuse que par liaison RNIS. Ensuite, qualitativement parlant, la visioconférence sur IP peut utiliser des débits supérieurs et ainsi avoir une image et un son meilleurs qu'avec une liaison RNIS.

En effet, la visioconférence sur Numeris utilise des débits allant de 128Kb/s à 384Kb/s, alors qu'en mutualisant certaines liaisons IP, on peut obtenir des lignes haut débit allant jusqu'à plusieurs Mb/s. Malheureusement, le problème majeur de la visioconférence sur IP est l'absence d'une Qualité de Service (QoS) sur les réseaux IP. C'est également ce qui fait l'avantage des réseaux RNIS.

Cependant, avec l'évolution des réseaux IP, on sait désormais qu'il est possible qu'on puisse disposer d'une QoS sur ceux-ci tel que RSVP, gestion de file d'attente. On pourrait donc avoir des flux avec priorité sur ces réseaux.

En dehors du protocole H.323, il existe des normes de visioconférence sur IP ayant des possibilités analogues à H.323 telles que IP multicast, qui est particulièrement adaptés au téléenseignement et à la diffusion de séminaires et conférences car il permet la connexion de plusieurs dizaines de sites voire plus.

Pour pouvoir suivre une visioconférence, il faut bien entendu le matériel adéquat. Ce peut être un matériel dédié contenant tout ce qu'il faut : moniteur, micro, et caméra vidéo. Ou alors, un ensemble matériel et logiciel sur un poste de travail normal (PC, etc.). Si la visioconférence ne compte que deux interlocuteurs, alors la liaison est point à point (unicast) comme illustré sur le schéma ci-dessous :

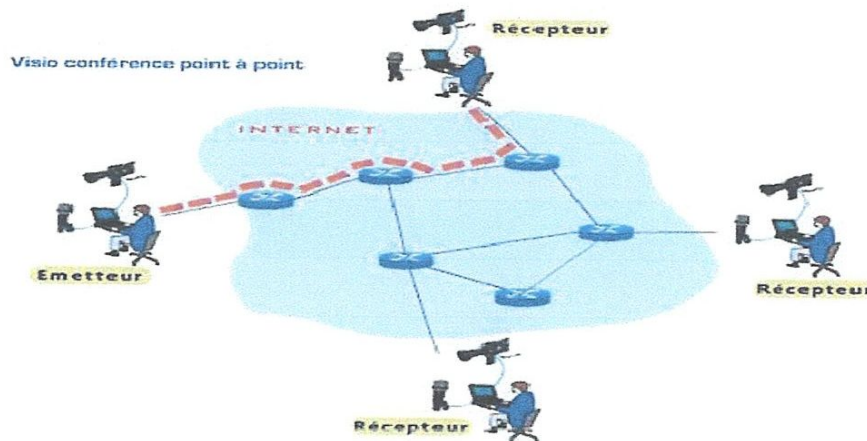


Figure IV.3 Visio conférence unicast.

Dans le cas où il y a plus de deux interlocuteurs, la visioconférence nécessite l'utilisation d'un pont multipoint comme illustré sur le schéma ci-dessous:

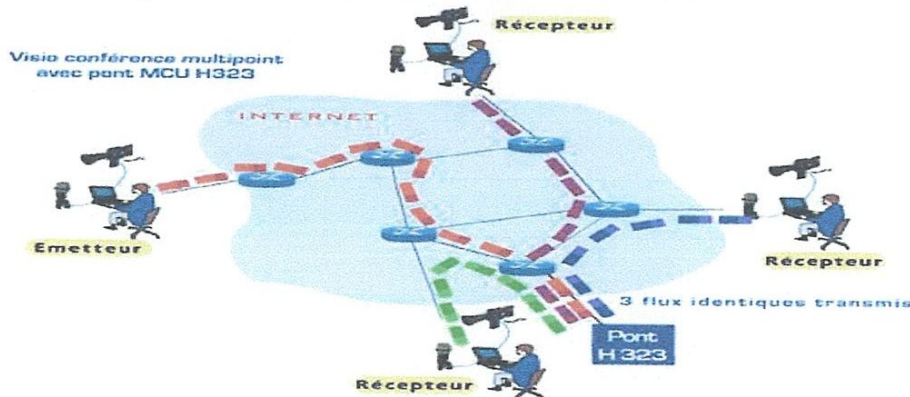


Figure IV.4 Visio conférence multicast.

Pour se connecter entre eux, les interlocuteurs sont identifiés par un numéro ou une adresse E.164. Elle est composée de numéros et est structurée comme un numéro de téléphone. En particulier, un numéro de téléphone est une adresse E.164. « E.164 » est le nom de la norme qui définit ces adresses.

Pour router un appel H.323 dans le réseau, il est nécessaire d'avoir un « GateKeeper ». C'est un élément logiciel qui fonctionne dans un PC, ou encore dans un pont multipoint ou dans un routeur IP (Exemple dans les routeurs Cisco). En fonction de l'adresse destinataire contenue dans l'appel H.323, les différents GateKeeper vont établir la communication entre émetteur et destinataire et mettre en place le routage. Par ailleurs, le protocole H.323 intègre la norme T.120 qui permet le partage d'applications. On peut, par exemple, afficher des documents sur les postes de travail des autres interlocuteurs.

IV.2. Le protocole SIP (Session Initiation Protocol)

Le protocole SIP est un protocole léger qui permet d'établir rapidement une session entre deux entités selon un mode client serveur. Le protocole SIP est au sens propre un protocole de signalisation hors bande pour l'établissement, le maintien, la modification, la gestion et la fermeture de sessions interactives entre utilisateurs pour la téléphonie et la vidéoconférence, et plus généralement pour toutes les communications multimédias.

Le protocole n'assure pas le transport des données utiles, mais a pour fonction d'établir la liaison entre les interlocuteurs. Autrement dit, il ne véhicule pas la voix, ni la vidéo, mais assure simplement la signalisation. Il se situe au niveau de la couche applicative du modèle de référence OSI et fonctionne selon une architecture client-serveur, le client émettant des requêtes et le serveur exécutant en réponse les actions sollicitées par le client.

SIP fournit des fonctions annexes évoluées, comme la redirection d'appel, la modification des paramètres associés à la session en cours ou l'invocation de services. En fait, SIP ne fournit pas l'implémentation des services, mais propose des primitives génériques permettant de les utiliser. De cette manière, l'implémentation des services est laissée libre, et seul le moyen d'accéder aux services est fourni.

IV.2.1. Fonctionnement

SIP intervient aux différentes phases de l'appel :

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

IV.2.2. Architecture de SIP

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

L'architecture de SIP s'articule principalement autour des cinq entités suivantes :

- ❖ terminal utilisateur ;
- ❖ serveur d'enregistrement ;
- ❖ serveur de localisation ;
- ❖ serveur de redirection ;
- ❖ serveur proxy.

La figure(IV.5) illustre de façon générique les communications entre ces éléments. Un seul terminal étant présent sur cette figure, aucune communication n'est possible. Nous nous intéressons en fait ici aux seuls échanges entre le terminal

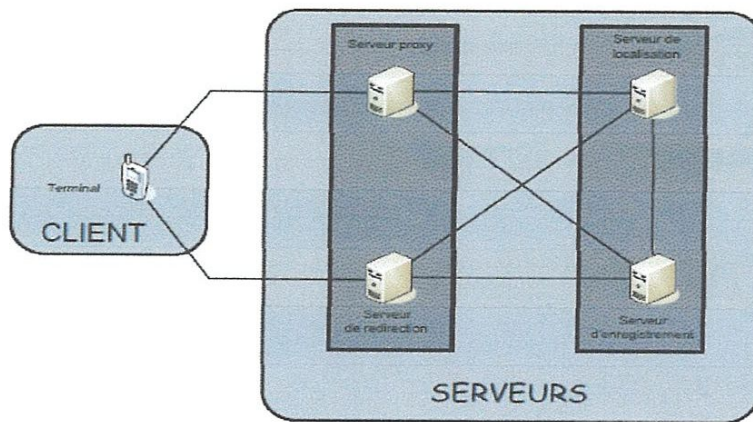


Figure IV.5 Architecture SIP

- ❖ Le terminal est l'élément dont dispose l'utilisateur pour appeler et être appelé. Il doit donc permettre de composer des numéros de téléphone. Il peut se présenter sous la forme d'un composant matériel (un téléphone) ou d'un composant logiciel (un programme lancé à partir d'un ordinateur).
- ❖ Le serveur d'enregistrement (Registrar Server) offre un moyen de localiser un correspondant avec souplesse, tout en gérant la mobilité de l'utilisateur. Il peut en outre supporter l'authentification des abonnés.
- ❖ Le serveur de localisation (Location Server) joue un rôle complémentaire par rapport au serveur d'enregistrement en permettant la localisation de l'abonné. Ce serveur contient la base de données de l'ensemble des abonnés qu'il gère. Cette base est renseignée par le serveur d'enregistrement. Chaque fois qu'un utilisateur s'enregistre auprès du serveur d'enregistrement, ce dernier en informe le serveur de localisation.
- ❖ Le serveur de redirection (Redirect Server) agit comme un intermédiaire entre le terminal client et le serveur de localisation. Il est sollicité par le terminal client pour contacter le serveur de localisation afin de déterminer la position courante d'un utilisateur.
- ❖ Le serveur proxy (parfois appelé serveur mandataire) permet d'initier une communication à la place de l'appelant. Il joue le rôle d'intermédiaire entre les terminaux des interlocuteurs et agit pour le compte de ces derniers. Le serveur proxy remplit les différentes fonctions suivantes :
 - Localiser un correspondant ;
 - réaliser éventuellement certains traitements sur les requêtes ;
 - Initier, maintenir et terminer une session vers un correspondant.

IV.2.3. Scénario d'appel de base

Dans un système SIP on trouve deux types de composantes, les usagers agents (UAS, UAC) et un réseau de serveurs :

- ❖ L'**UAS (User Agent Server)** Il représente l'agent de la partie appelée. C'est une application de type serveur qui contacte l'utilisateur lorsqu'une requête SIP est reçue. Et elle renvoie une réponse au nom de l'utilisateur.
- ❖ L'**UAC (User Agent Client)** Il représente l'agent de la partie appelante. C'est une application de type client qui initie les requêtes.
 1. Le terminal A (l'UAC) initialise une session en invitant le terminal B. Une requête **INVITE** est générée au terminal B. le message **INVITE** contient les paramètres **SDP** qui définissent les types de média que l'appelant peut accepter et où seront-ils envoyés.
 2. La requête **INVITE** est envoyée au Proxy Server .
 3. Le serveur reçoit et traite l'invitation, et cherche l'abonné du terminal B dans le **Registrier**.
 4. Le **Registrier** renvoie le domaine où l'abonné du terminal B est localisé ;
 5. Le **Proxy Server** génère et envoie une requête **INVITE** au serveur dont l'abonné B est enregistré.

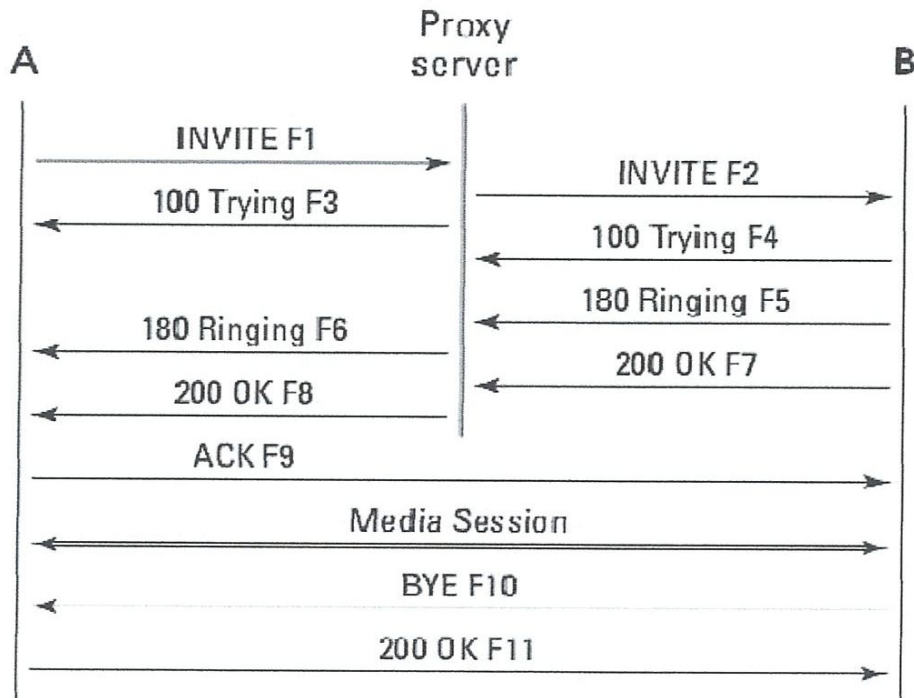


Figure IV.6 Etablissement d'un appel SIP

6. L'UAS de ce serveur demande au terminal B s'il veut accepter l'appel. L'appelant doit écouter, voir un message ou un LED.
7. L'admission de l'appelé est envoyée au Proxy Server.
8. Le Proxy Server envoie une admission à l'appelant.
9. L'UA de l'appelant répond avec un message **ACK** indiquant au Proxy Server et l'UA de l'appelé que l'appelant est prêt à commencer l'appel.
10. A la fin de la conversation, l'appelé raccroche son téléphone. Son UAC envoie un message **BYE** à l'appelant.

11. L'UAC de l'appelant répond avec un message *BYE* qui met fin la session.

A titre d'information, SIP possède d'autres fonctionnalités comme l'indication des appels en attente, le filtrage d'appels, authentification et le chiffrement. Il offre la possibilité d'établir des appels entre PC et téléphone ordinaire si l'infrastructure le permet via une passerelle.

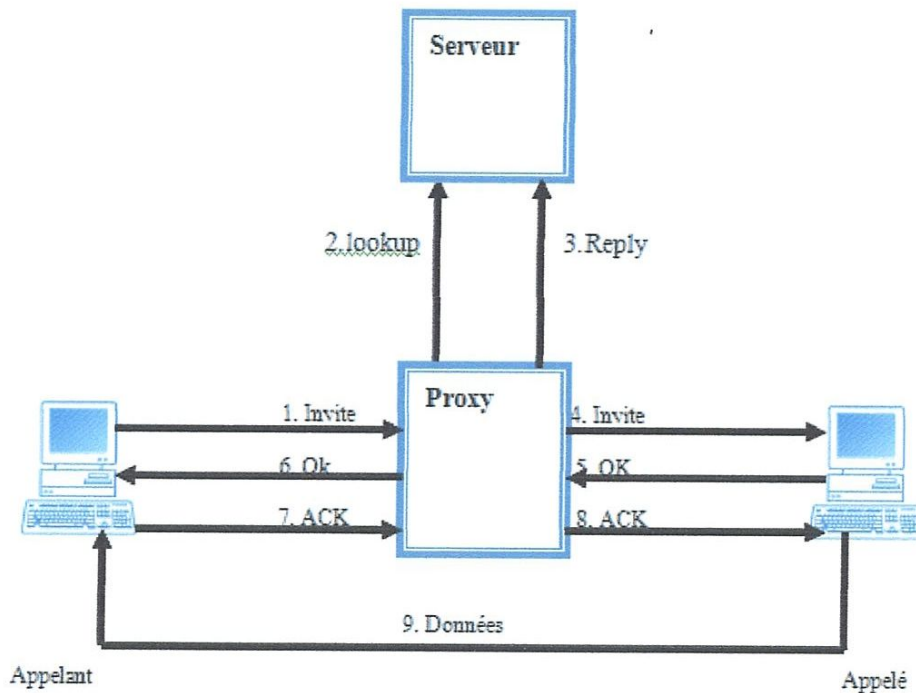


Figure IV.7 Etablissement d'une session entre PC à PC avec un serveur de Proxy et de redirection

Pour effectuer un appel à l'aide du protocole SIP il faut voir quels sont les serveurs implémentés sur le réseau ainsi que les fonctions qu'ils possèdent et la topologie du réseau. Ainsi, il y a 2 façons pour qu'un appel SIP puisse être établi :

S'il y a un Proxy, il aura la tâche de router l'appel en direction du destinataire. Il se peut qu'il ne sache pas où se trouve le destinataire, par conséquent il consultera un serveur de localisation. Il y existe deux sortes de Proxy, les Proxy « statefull » et « stateless ».

La différence est le fait que le Proxy « statefull » enregistre la position du destinataire tandis que le Proxy « stateless » ne le fait pas. Donc le Proxy « statefull » consulte une seule fois le serveur de localisation par destination jusqu'à ce que la destination soit effacée de sa table de routage.

IV.2.4. Comparaison avec H323

❖ Voici les avantages du protocole H.323

Il existe de nombreux produits (plus de 30) utilisant ce standard adopté par de grandes entreprises telles Cisco, IBM, Intel, Microsoft, Netscape, etc. Un niveau d'interopérabilité très élevé, ce qui permet à plusieurs utilisateurs d'échanger des données audio et vidéo sans faire attention aux types de média qu'ils utilisent.

❖ Voici les avantages du protocole SIP

SIP est un protocole plus rapide. La séparation entre ses champs d'en-tête et son corps du message facilite le traitement des messages et diminue leur temps de transition dans le réseau. Nombre des en-têtes est limité (36 au maximum et en pratique, moins d'une dizaine d'en-têtes sont utilisées simultanément), ce qui allège l'écriture et la lecture des requêtes et réponses. SIP est un protocole indépendant de la couche transport. Il peut aussi bien s'utiliser avec TCP qu'UDP. De plus, il sépare les flux de données de ceux de la signalisation, ce qui rend plus souple l'évolution "en direct" d'une communication (arrivée d'un nouveau participant, changement de paramètres...).

Le tableau(IV.1) suivant illustre la différence entre H.323 et SIP :

	SIP	H.323
Nombre d'échange pour établir la connexion	1.5 aller & retour	6 à 7 aller & retour
Maintenance du code protocolaire	Simple par sa nature textuelle à l'exemple de HTTP	Complexe et nécessitant une copulateur
Evolution de protocole	Protocole ouvert à de nouvelle fonction	Ajout d'extension propriétaire sans concentration entre vendeur
Fonction de conférence	distribuée	Centralisée par l'unité MC
Fonction de télé service	Oui, par défaut	H.323 V2 + H.350
Détection d'un appel de la boucle	Oui	Inexistence sur la version 1 un appel routé sur l'appelant provoque une infinité de requête
Signalisation multicast	Oui, par défaut	Nom

Tableau IV.1 Comparaison H.323 et SIP.

IV.3. Le protocole SCCP (Skinny Call Control Protocol)

Le protocole SCCP est un protocole de voix sur IP propriétaire de Cisco utilisé pour faciliter les fonctions de gestion des appels entre des systèmes CallManager et les téléphones IP. Le protocole SCCP utilise le port TCP 2000 aux fins de communications. Le protocole SCCP sécurisé (SCCPS) sur le port 2443 est également affecté. En envoyant une série de paquets spécialement conçus sur le port de service SCCP, il est possible de faire

planter un système CallManager, ce qui entraîne un déni de service touchant les services de voix sur IP.

SCCP offre au moyen de recevoir les événements stimulants du téléphone, comme le décrocher et les compositions des numéros. SCCP offre aussi un moyen d'envoyer les informations au téléphone pour l'acheminer vers l'appelé. SCCP fournit la transmission de messages pour permettre l'enregistrement de téléphone, la commande d'appel, la commande de médias, et le reportage de statistique d'appel. Des messages maigres sont transmis à travers une session TCP établie entre les points finaux de téléphone IP et les serveurs de CallManager. Le processus de fixer ces transactions avec SSL/TLS est presque identique au processus de fixer le trafic de Web de HTTP dans des applications d'e-commerce d'Internet.

IV.4.Le protocole MGCP

L'une des raisons qui expliquent l'émergence et le succès du protocole H.323 est le besoin de regrouper les différents acteurs du multimédia, qu'ils soient équipementiers ou fournisseur de services, autour de normes communes. La concurrence engendrée par le protocole SIP a réduit cet effet d'universalité puisque les réseaux IP ont désormais une solide solution de rechange à H.323.

Dès lors, se pose la question de la communication entre des réseaux de nature différente (ATM, RNIS, RTC ou IP) ou bien de même nature mais exploitant des protocoles de signalisation différents (H.323, SIP ou autre).

Si les passerelles ont déjà été introduites avec le protocole H.323, elles demeurent des entités complexes, onéreuses et non administrables, qui plus est fortement sollicitées alors qu'elles tiennent difficilement la montée en charge. Pour combler ce nouveau besoin, le protocole MGCP (Media Gateway Control Protocol), ou protocole de contrôle des passerelles multimédias, a été proposé. Il fonctionne au niveau applicatif et permet d'offrir une couverture plus large en fédérant toutes les signalisations, qu'elles soient de type IP ou RTC entre autres. C'est le maître d'œuvre de l'interopérabilité entre tous les protocoles de signalisation et tous les réseaux, de quelque nature qu'ils soient.

IV.4.1.Rôle du protocole MGCP

Comme l'illustre la figure (IV.8), qu'il s'agisse de la signalisation SS7, utilisée dans un réseau commuté, H.323 ou SIP, le protocole MGCP est conçu pour relier et faire communiquer l'ensemble de ces réseaux.

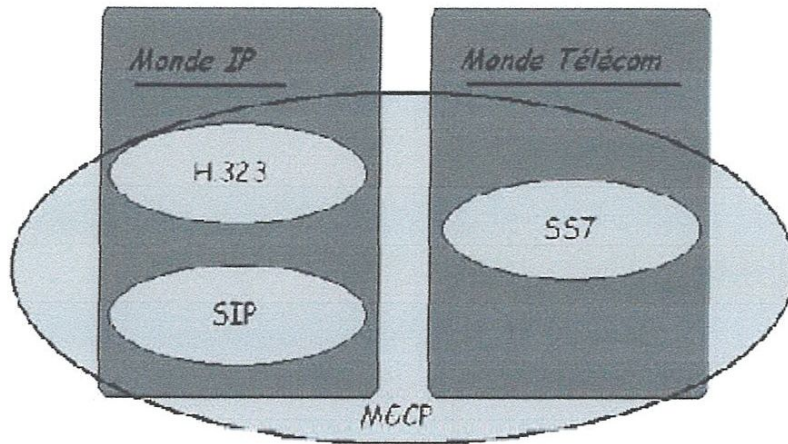


Figure IV.8 Rôle fédérateur du protocole MGCP

MGCP est aujourd'hui massivement utilisé par les fournisseurs d'accès Internet pour assurer le contrôle et l'administration à distance des boîtiers (*box*) mis à disposition de leurs abonnés.

IV.5. Les protocoles de transport en temps réel

Deux protocoles candidats au transport des données multimédias, l'un est « trop complet » et l'autre trop limité. Il est cependant possible de partir du protocole UDP et de lui ajouter des fonctionnalités d'ordonnancement. Le protocole RTP a été proposé à cette seule fin de reconstitution de l'ordre du flux d'origine. Pour sa part, RTCP a été conçu pour offrir une vision de l'état du réseau et permettre à une application d'adapter les flux en conséquence.

Le couple de protocoles RTP/RTCP a été conçu dans le but d'enrichir les fonctions d'UDP et de fournir à ce dernier ce dont il a besoin pour gérer efficacement les données multimédias temps réel. Aujourd'hui, ce couple s'utilise systématiquement dans les applications multimédias interactives, à la fois pour la téléphonie, la vidéo, les jeux vidéo et la réalité virtuelle.

IV.5.1. Le protocole RTP (Real Time Transport Protocol)

RTP a été standardisé par le groupe de travail AVT-WG (Audio Video Transport-Work Group) de l'IETF. Décrit en janvier 1996 dans la RFC 1889, rendue obsolète par la RFC 3550 en juillet 2003, il a été fortement soutenu par de nombreux constructeurs et éditeurs de logiciels, parmi lesquels Intel et Microsoft. Le protocole RTP est un protocole de bout en bout, est volontairement incomplet et malléable pour s'adapter aux besoins des applications.

Il a pour rôle de :

- ❖ Reconstituer la base de temps des flux (horodatage des paquets, possibilité de resynchronisation des flux par le récepteur)

- ❖ Mettre en place un séquençement des paquets par une numérotation et ce afin de permettre ainsi la détection des paquets perdus.
- ❖ Identifier le contenu des données pour leurs associer un transport sécurisé.
- ❖ L'identification de la source c'est à dire l'identification de l'expéditeur du paquet. Dans un multicast l'identité de la source doit être connue et déterminée.
- ❖ Transporter les applications audio et vidéo dans des trames (avec des dimensions qui sont dépendantes des codecs qui effectuent la numérisation). Ces trames sont incluses dans des paquets afin d'être transportées et doivent de ce fait être récupérées facilement au moment de la phase de dépaquetisation afin que l'application soit décodée correctement. En revanche, ce n'est pas "la solution" qui permettrait d'obtenir des transmissions temps réel sur IP. En effet, il ne procure pas de :
 - Réserve de ressources sur le réseau (pas d'action sur le réseau)
 - Fiabilité des échanges (pas de retransmission automatique, pas de régulation automatique du débit);
 - Garantie dans le délai de livraison (seules les couches de niveau inférieur le peuvent) et dans la continuité du flux temps réel.

IV.5.1.1 Fonctionnalités

RTP est utilisé pour le transport de bout en bout de flux ayant des contraintes temporelles fortes, typiquement pour les flux multimédias avec interactivité, tel le service de téléphonie sur IP. Initialement, RTP était conçu pour un environnement multicast, dans lequel un émetteur diffuse son contenu vers plusieurs récepteurs en parallèle. Le cas d'un flux unicast, dans lequel un émetteur n'émet que pour un unique récepteur, n'est qu'un cas particulier et plus simple d'application multicast.

RTP assure un contrôle spécifique des données temps réel. Il permet de reconstituer les propriétés temps réel des flux médias en opérant sur deux niveaux, la synchronisation des flux d'un côté et la reconstitution de l'ordre des paquets émis et la détection des pertes de paquets de l'autre :

- ❖ Synchronisation des flux. Si l'audio et la vidéo sont transmis séparément, le destinataire doit jouer la séquence audio de façon que cette dernière coïncide avec la séquence vidéo. Pour cela, RTP ajoute aux paquets émis une estampille de date, appelée horodatage, ou timestamp. Cette estampille indique le moment où le paquet a été émis, ce qui permet de reproduire les mêmes délais inter paquet et de jouer les paquets audio et vidéo de manière synchronisée.
- ❖ Reconstitution de l'ordre des paquets émis et détection des pertes de paquets. Les paquets IP sont transmis indépendamment les uns des autres. En conséquence, leur ordre d'arrivée chez le destinataire n'est pas forcément conforme à leur ordre d'émission.

IV.5.1.2 Format des paquets RTP

Le format de l'en-tête d'un paquet RTP est illustré à la Tableau(IV.2)

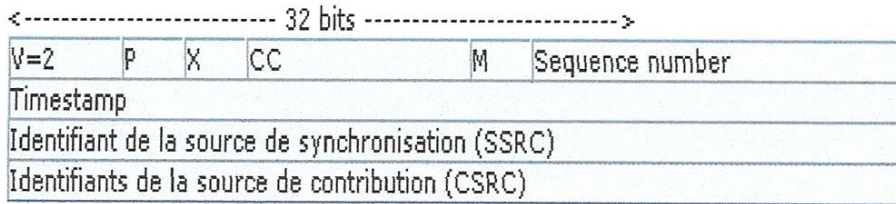


Tableau IV.2 Format de l'en-tête RTP

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

- ❖ V pour version (sur 2 bits) : indique la version du protocole RTP utilisée. Actuellement, c'est la 2 qui est exploitée.
- ❖ P pour padding (sur 1 bit) : bit indiquant si un bourrage est effectué dans les champs de données du flux multimédia.
- ❖ X pour extension (sur 1 bit) : indique si l'en-tête possède une extension d'en-tête à sa suite.
- ❖ CC pour CSRC Count (sur 4 bits) : nombre de sources ayant contribué à la génération du paquet.
- ❖ M pour marker (sur 1 bit) : indique si des descriptifs sont associés.
- ❖ PT (sur 7 bits) : décrit le format de données.
- ❖ Numéro de séquence (sur 16 bits) : compteur incrémenté d'une unité entre chaque paquet.
- ❖ Timestamp (sur 32 bits) : estampille temporelle permettant la synchronisation des flux.
- ❖ SSRC pour synchronisation source (sur 32 bits) : identifie la source de la synchronisation.
- ❖ CSRC pour contributing source (optionnel, sur n fois 32 bits) : identifie les contributeurs à la génération du paquet.

IV.5.2. Le protocole RTCP (Real-time Transport Control Protocol)

Le protocole RTCP est fondé sur la transmission périodique de paquets de contrôle à tous les participants d'une session. C'est le protocole UDP (par exemple) qui permet le multiplexage des paquets de données RTP et des paquets de contrôle RTCP.

Le protocole RTP utilise le protocole RTCP, Real-time Transport Control Protocol, qui transporte les informations supplémentaires suivantes pour la gestion de la session :

- ❖ Les récepteurs utilisent RTCP pour renvoyer vers les émetteurs un rapport sur la QoS.
- ❖ Une synchronisation supplémentaire entre les médias.

- ❖ L'identification car en effet, les paquets RTCP contiennent des informations d'adresses, comme l'adresse d'un message électronique, un numéro de téléphone ou le nom d'un participant à une conférence téléphonique.
- ❖ Le contrôle de la session, car RTCP permet aux participants d'indiquer leur départ d'une conférence téléphonique (paquet Bye de RTCP) ou simplement de fournir une indication sur leur comportement.

IV.5.2.1.Format de l'en-tête RTCP

L'objectif de RTCP est de fournir différents types d'informations et un retour quant à la qualité de réception.

- ❖ Le champ version (2 bits),
- ❖ Le champ padding (1 bits) indique qu'il y a du bourrage dont la taille est indiquée dans le dernier octet,
- ❖ Le champ reception report count (5 bits): nombre de comptes-rendus dans le paquet,
- ❖ Le champ packet type (8 bits) 200 pour SR,
- ❖ Le champ length (16 bits) longueur du paquet en mots de 32 bits,
- ❖ Le champ SSRC (32 bits): identification de la source spécifique à l'émetteur,
- ❖ Le champ NTP timestamp (64 bits),
- ❖ Le champ RTP timestamp (32 bits),
- ❖ Le champ sender's packet count (32 bits),
- ❖ Le champ sender's octet count (32 bits) statistiques,
- ❖ Le champ SSRC-n (32 bits) numéro de la source dont le flux est analysé,
- ❖ Le champ fraction lost (8 bits),
- ❖ Le champ cumulative number of packets lost (24 bits),
- ❖ Le champ extended highest sequence number received (32 bits), Le champ inter arrival jitter (32 bits). C'est une estimation de l'intervalle de temps d'un paquet de données RTP qui est mesuré avec le timestamp et qui est sous forme d'un entier.
- ❖ Le champ last SR timestamp (32 bits), Le champ delay since last SR (32 bits).

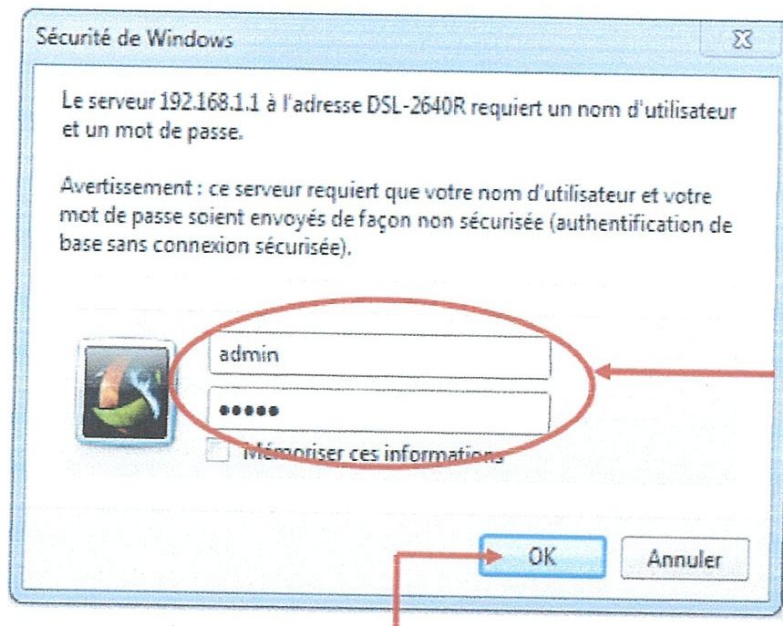
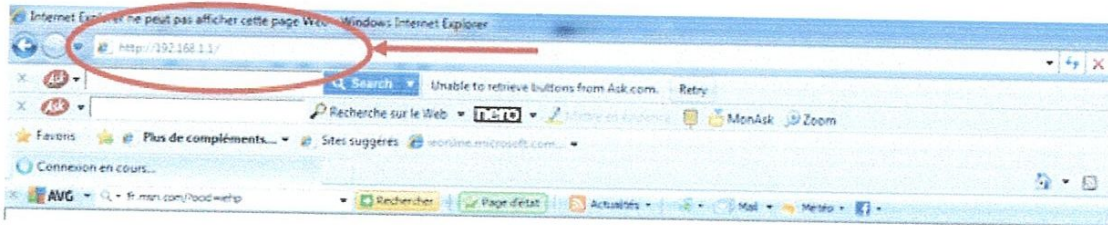
Conclusion

On peut en déduire que le coût d'installation d'un réseau de téléphonie sur IP est relativement important puisqu'il faut mettre en place tout un nouvel environnement, incluant des terminaux de type téléphone IP ou PC, un système de signalisation pour mettre en place les connexions et un contrôle du réseau pour que les temps de réponse restent faibles. La rentabilité d'un tel environnement n'est possible que sur plusieurs années. Le nombre de protocole de signalisation du monde IP est très important du fait que la normalisation s'est effectuée en suivant les services de niveau réseau et application et que chaque technologie a introduit ses propres protocoles de signalisation.

Aujourd'hui, H.323 tend à disparaître et à se marginaliser. Bien souvent, sa présence n'est justifiée que pour des raisons historiques. Le protocole qui devrait s'imposer comme son remplaçant, SIP, a pour sa part été entièrement conçu selon la philosophie du monde IP. L'avenir des protocoles H.323 et SIP semble se profiler avec la spécification d'un protocole de nouvelle génération, H.325, conçu par l'UIT pour simplifier notamment la gestion des équipements de contrôle, de la qualité de service et du passage par les pare-feu d'entreprise, l'avenir de MGCP semble quant à lui serein.

V.3. Configuration du modem D-link

Pour accéder à l'interface et aux paramètres de notre modem routeur D-LINK, nous avons lancé le navigateur Internet Explorer puis sur la barre d'adresse nous avons saisi l'adresse du modem `http:// 192.168.1.1`.



Par défaut nous avons saisi le nom d'utilisateur **admin** et le mot de passe **admin**. Et puis nous avons cliqué sur **OK** pour entrer dans l'interface et accéder aux paramètres de notre modem routeur. Nous obtenons la page suivante :

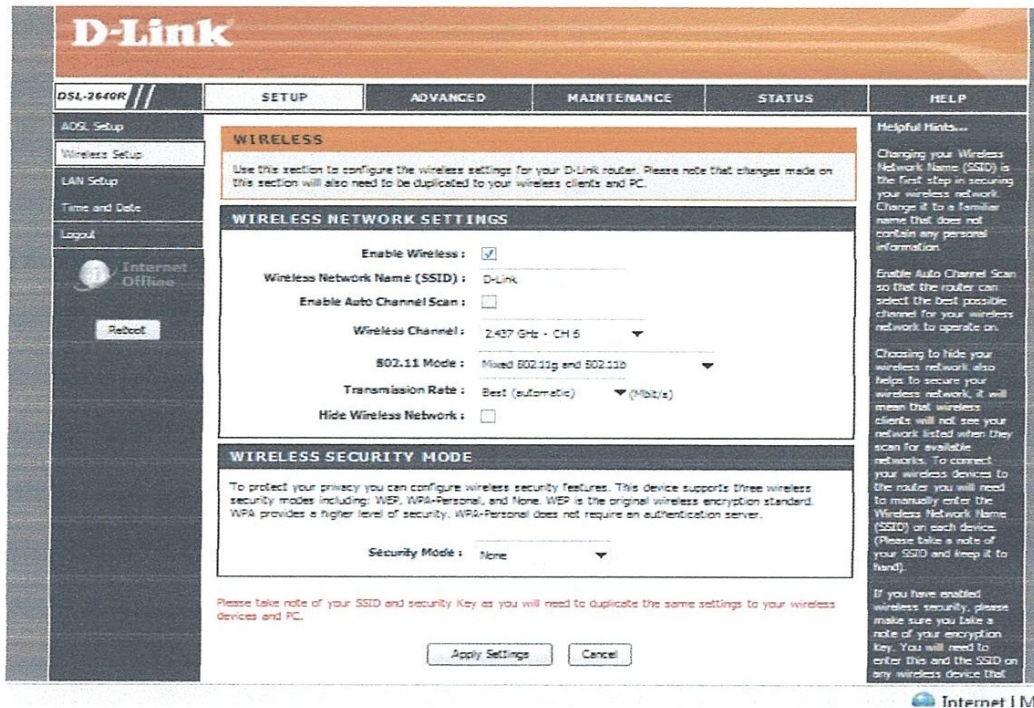


Figure V.3 interface du modem D-Link

Pour que la configuration soit totale et que le champ du modem soit accessible, nous avons cliqué sur apply setting.

V.4 Installation et configuration du serveur VMware workstation

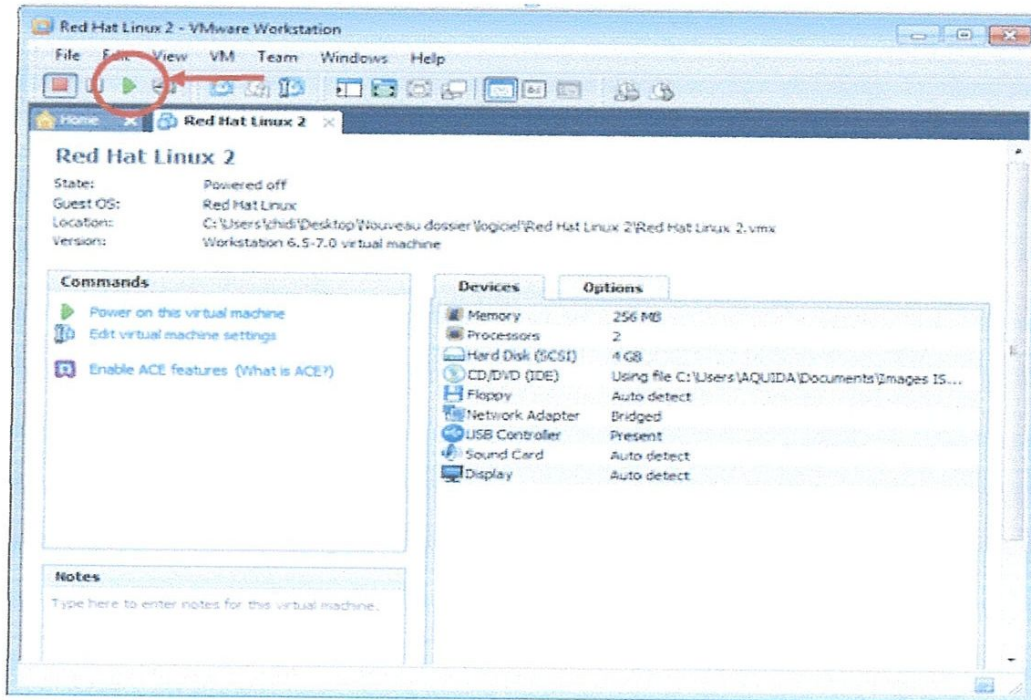
V.4.1 Installation

VMware est un simulateur de PC. (Terme informatique : machine virtuelle). Il permet de simuler un PC en utilisant les ressources de PC réelle. Donc, le microprocesseur, la carte mère, Processeur, Mémoire RAM, Carte graphique, Disque dur bref tout sera partagé entre la machine virtuelle et réelle.

La configuration varie selon la taille du système. par exemple il exige :

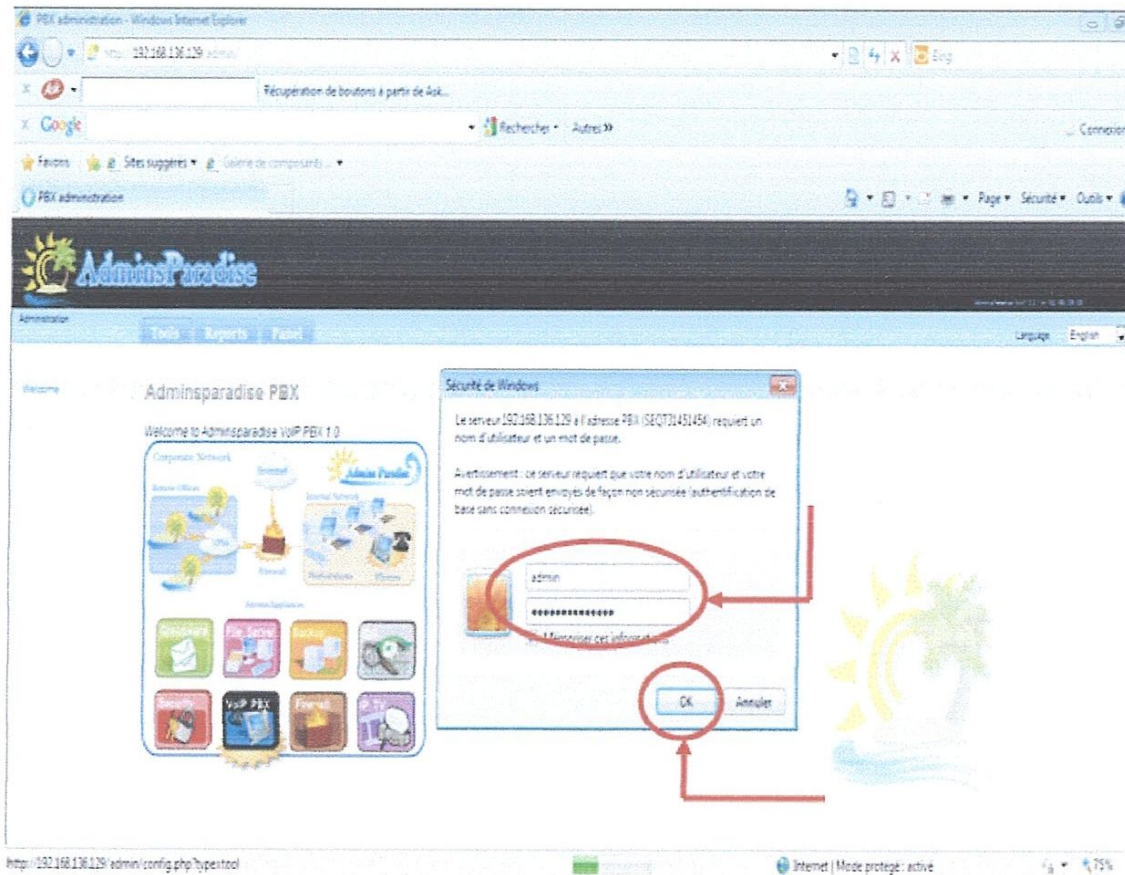
- 192mb de mémoire RAM, donc il va emprunter 192 mb de mémoire réelle
- 5 Gb de disque dur pour la machine virtuelle, VmWare, réservera un gros fichier de 5 Gb sur le disque dur réelle.

Cette configuration correspond bien à la réalisation de la plateforme recommandée par le cahier de charge qui nous a été confiée. La version VMware workstation choisie est VMware workstation 6.5-7.0 compatible avec windows, linux, XP. L'installation se passe en mode console avec le profil administrateur.



Donc en résumé nous aurons un Red Hat linux 2 qui sera installé dans un pc virtuel avec 256 de ram, 4 gb de disque dur. Nous aurons une carte réseau, une carte son virtuelle qui va hériter de la carte son physique, un processeur, un contrôleur USB, un lecteur disquette et aussi un lecteur CD-ROM/

Pour que notre machine virtuelle soit fonctionnelle, il suffit de la sélectionner et de cliquer sur le bouton qui ressemble à la touche "PLAY". La page GUI du serveur VoIP apparaîtra et en introduisant le mot « ROOT » devant sendbox login et « adminparadise » devant password. Nous obtenons la page GUI du serveur VoIP avec son adresse IP « 192.168.136.129 » suivante :



avec le compte « admin » et mot de passe « adminspardise », voici la page suivante :

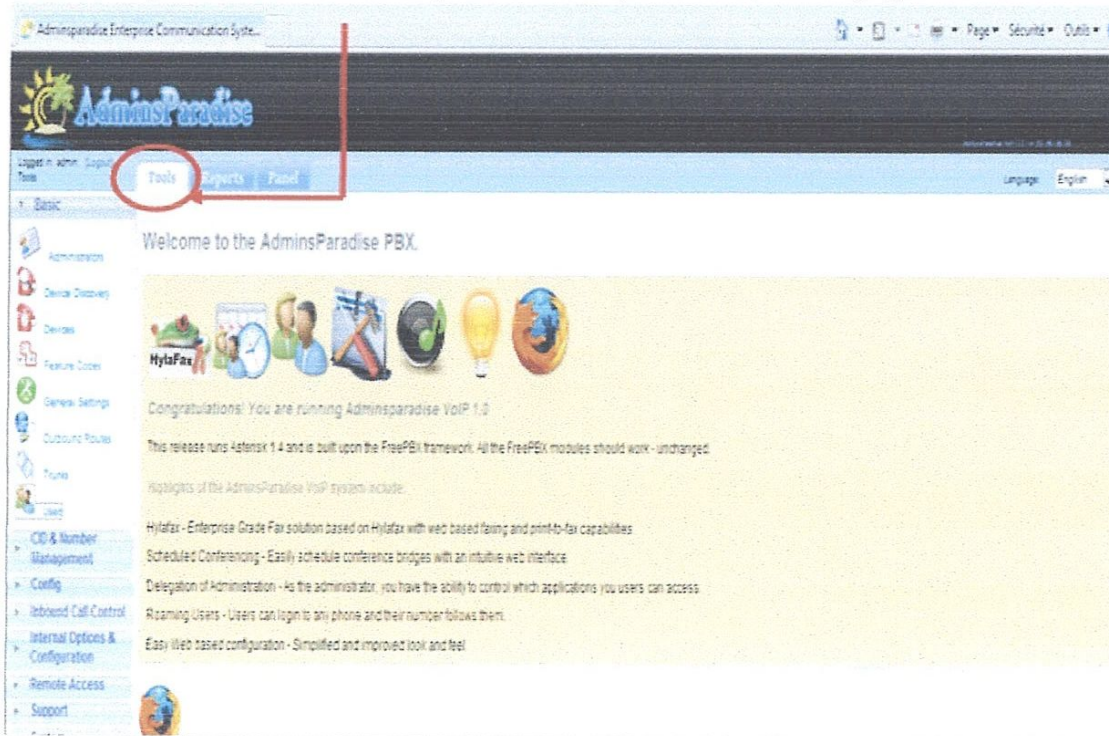


Figure V.7 page d'accueil du serveur AdminsParadise PBX

V.4.2. Ajout des utilisateurs

Pour ajouter le nombre de user ou extension, il suffit de cliquer sur « tools » . Dans notre cas nous avons ajouté 2 extensions SIP « 200 » et « 300 » pour soft phone installé sur 2 ordinateurs différents.

On a donc la possibilité de créer très facilement une extension via le menu "Add user / extension", Click sur l'onglet USER.

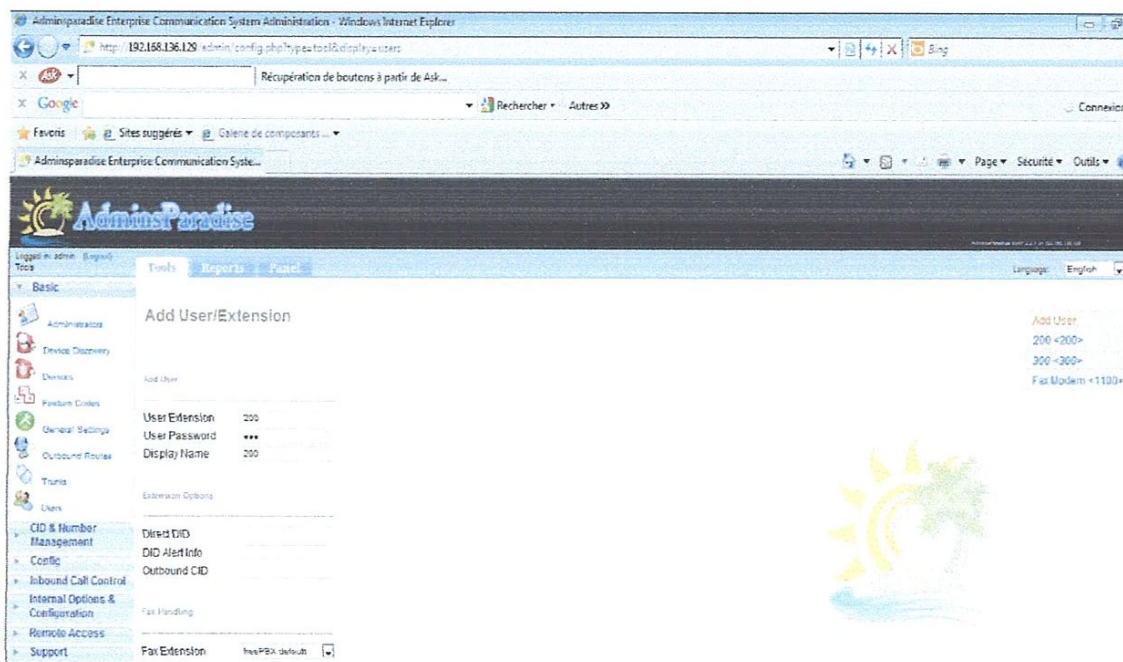


Figure V.8 Ajout de l'utilisateur

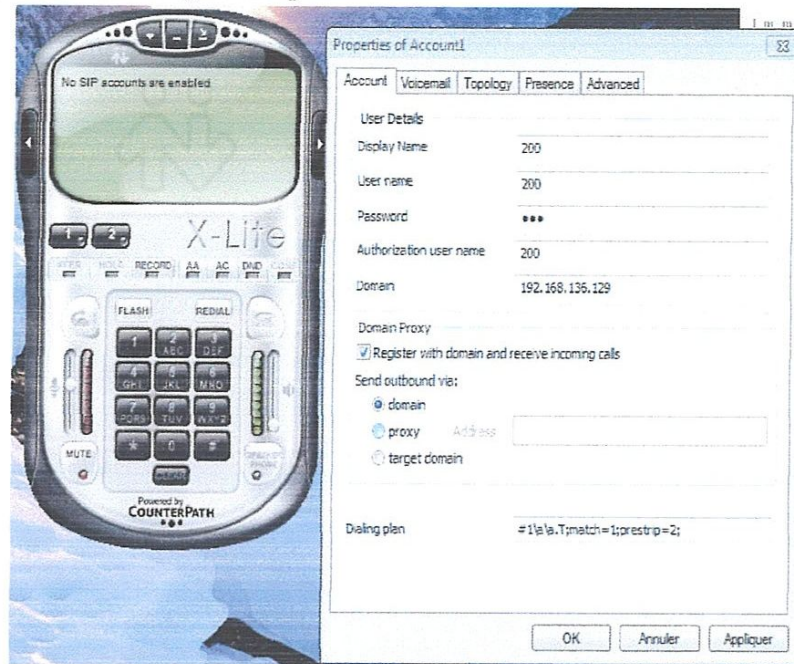
On a aussi la possibilité grâce au formulaire de définir le protocole utilisé par l'extension, le numéro d'extension, le password, le protocole, et le nom d'utilisateur.

V.5 Configuration des softphones

Un softphone est un logiciel qui permet de créer un téléphone sur un ordinateur. Les communications peuvent se faire au moyen d'un microphone et d'un casque ou de haut-parleurs reliés à la carte son, mais il existe aussi un type de périphérique dédié à cette tâche, semblable à un téléphone et se branchant sur un port USB. Dans notre cas nous avons choisi X-Lite, qui est un logiciel propriétaire gratuit client de téléphonie sur IP appelé également softphone, basé sur le protocole standard ouvert SIP .X-Lite est un logiciel multi-plateforme pour, Windows et Linux.

Associé à un compte SIP, il permet aussi de bénéficier de tous les services téléphoniques traditionnels (conférence, double appels, etc...), dans ce cas il faut utiliser de logiciel Asterix et des passerelles.

Après avoir installé le softphone sur le 2 PC, nous avons donc obtenus l'appareil avec un formulaire dont il nous exige à remplir.



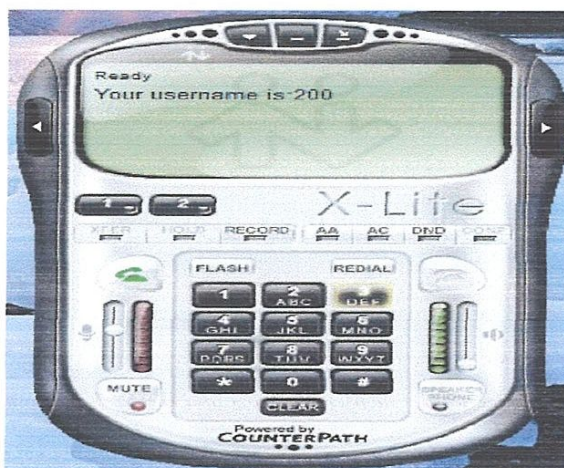
C'est le seul écran qui est exigé pour être rempli.

Ceux-ci sont la seule information exigée :

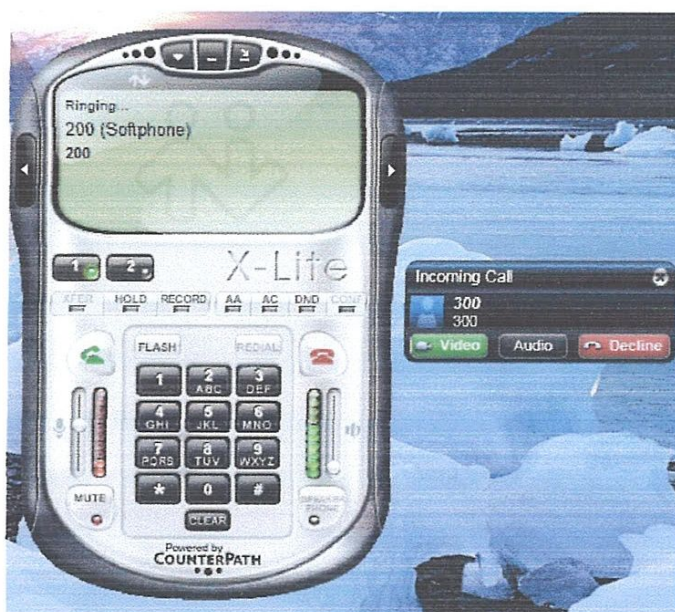
- ❖ Display name : <entre le nom de compte >
- ❖ User name: < entrez le numéro d'extension par exemple 200 >
- ❖ Password: 200 (nous utilisons le même numéro que le mot de passe pour la simplicité).
- ❖ Domain: l'adresse IP du serveur adminsp Paradise linux 192.168.136.129
- ❖ Proxy: < le laisser vide >
- ❖ Puis cliquer sur OK.

V.5.1. Tests de la configuration

Après avoir configuré l'IP phone correctement. C'est à dire lui avoir donné les informations sur le serveur et l'extension qu'il doit utiliser nous allons nous assurer que l'extension fonctionne .On s'assure que l'IP phone arrive à s'identifier



Après avoir faire la même démarche sur l'autre PC avec le compte « 300 ». On appelle une extension existante sur le serveur VoIP. La même tonalité que sur le réseau téléphonique classique doit se faire entendre.



Sur la petite icône à droite, nous avons cliqué sur audio pour initié la communication vocale, si nous souhaitons de faire la communication par vidéo, il suffit de choisir l'icône vidéo.



Après la configuration des softphones nous avons testé notre plateforme en établissant une communication vocale entre les deux postes clients.

Nous allons voir maintenant comment capturer les trames qui sont en train de transit à travers le réseau.

V.6. Présentation de Wireshark

C'est un outil qui permet de capturer et d'analyser les paquets échangés lors de la communication. Wireshark fait partie des logiciels appelés « Sniffers » ou « analyseurs de trafic ».

Avec Wireshark, il est possible de capturer des trames Ethernet et WLAN en temps réel directement sur les interfaces de communication des terminaux, de sauvegarder les résultats de cette capture dans des fichiers qui peuvent être analysés ultérieurement hors ligne. Wireshark supporte un très grand nombre de protocoles de communication et divers formats de fichiers de capture : Ethernet, WiFi, ARP, IP, TCP/UDP, HDLC, etc

V.6.1. Etapes de capture des paquets

Étape 1 :

Lancement de Wireshark. Double-cliquez sur l'icône Wireshark sur le Bureau.

Étape 2 :

Sélection de l'interface à utiliser pour la capture de paquets. Dans le menu « Capture » cliquez sur Interfaces.

Étape 3:

Démarrage d'une capture réseau et Choix d'un adaptateur d'interface (Wireless LAN) réseau local pour la capture du trafic réseau. On clique sur le bouton Start de l'interface choisie. Pour interrompre on clique sur Stop.

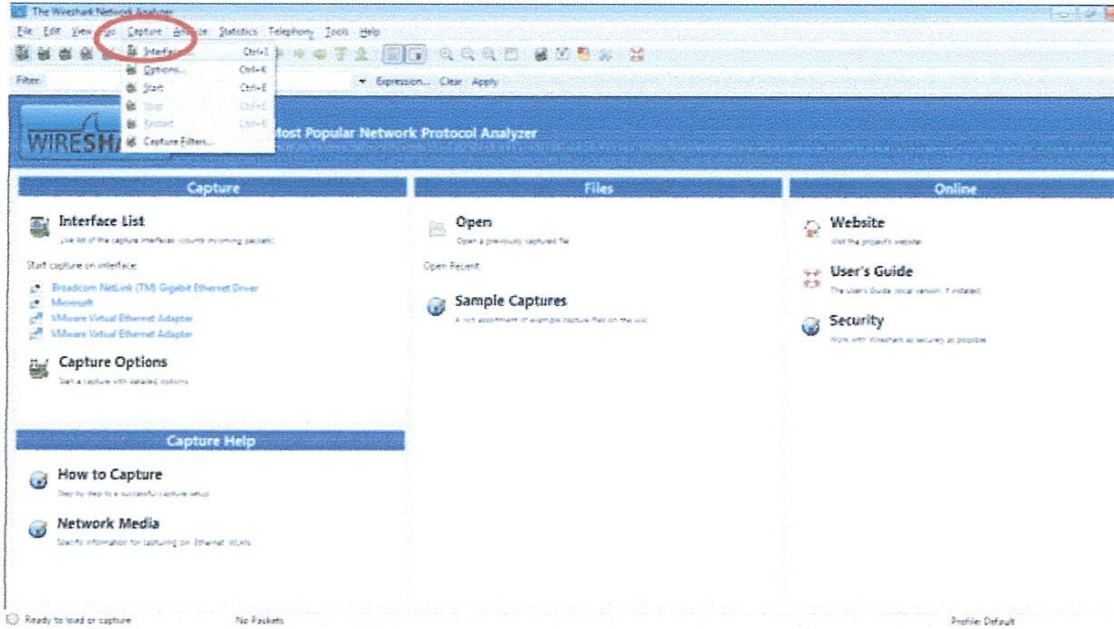
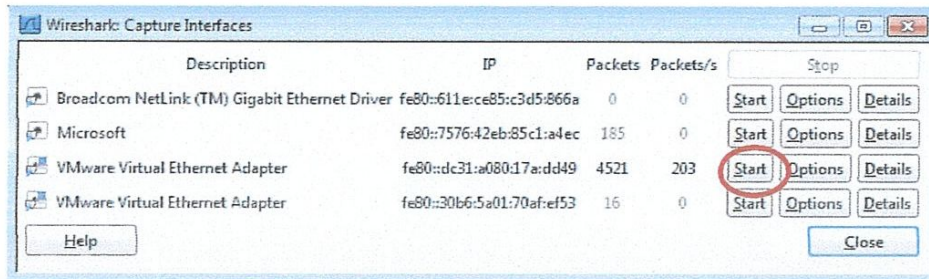


Figure V.9 interface de wareshawk



Après ces étapes la fenêtre de capture est désormais active est représentée ci-dessous.

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Info
1	0.000000	192.168.136.1	192.168.136.129	UDP	Source port: 47896 Destination port: 14726
2	0.000421	192.168.136.129	192.168.136.1	UDP	Source port: 16694 Destination port: 24352
3	0.007750	192.168.136.1	192.168.136.129	UDP	Source port: 24352 Destination port: 16694
4	0.008179	192.168.136.129	192.168.136.1	UDP	Source port: 14726 Destination port: 47896
5	0.020055	192.168.136.1	192.168.136.129	UDP	Source port: 47896 Destination port: 14726
6	0.020543	192.168.136.129	192.168.136.1	UDP	Source port: 16694 Destination port: 24352
7	0.027699	192.168.136.1	192.168.136.129	UDP	Source port: 24352 Destination port: 16694
8	0.028332	192.168.136.129	192.168.136.1	UDP	Source port: 14726 Destination port: 47896
9	0.039698	192.168.136.1	192.168.136.129	UDP	Source port: 47896 Destination port: 14726
10	0.040171	192.168.136.129	192.168.136.1	UDP	Source port: 16694 Destination port: 24352
11	0.047697	192.168.136.1	192.168.136.129	UDP	Source port: 24352 Destination port: 16694
12	0.048095	192.168.136.129	192.168.136.1	UDP	Source port: 14726 Destination port: 47896

* Frame 3: 214 bytes on wire (1712 bits), 214 bytes captured (1712 bits)					
* Ethernet II, Src: Vmware_c0:00:08 (00:50:56:c0:00:08), Dst: Vmware_4c:01:99 (00:0c:29:4c:01:99)					
Destination: Vmware_4c:01:99 (00:0c:29:4c:01:99)					
Address: Vmware_4c:01:99 (00:0c:29:4c:01:99)					
...0... = IG bit: Individual address (unicast)					
...0... = LG bit: Globally unique address (factory default)					
Source: Vmware_c0:00:08 (00:50:56:c0:00:08)					
Address: Vmware_c0:00:08 (00:50:56:c0:00:08)					
...0... = IG bit: Individual address (unicast)					
...0... = LG bit: Globally unique address (factory default)					
* * * * *					
0000	00 0c 29 4c 01 99 00 50	56 c0 00 08 08 00 45 00	..)L...P V....E.		
0010	00 c8 3d a5 00 00 80 11	6a ac c0 a8 88 01 c0 a8	..=.....j.....		
0020	88 81 5f 20 41 36 00 b4	71 9c 80 00 1e 27 00 27	... A6.. q....'		
0030	af 88 55 85 d8 80 7e ff	7f 7f 7f ff ff ff 7f	..U...~.....		
0040	ff fe ff 7f ff 7f 7f 7f	ff ff 7f fe ff ff 7f 7f		
0050	ff 7f ff 7f 7f 7f 7f 7f	ff 7f 7f fe fe ff 7f		

VMware Virtual Ethernet Adapter: <live capt... Packets: 54496 Displayed: 54496 Marked: 0

Figure V.10 la capture avec waresnark

La fenêtre est divisée en trois parties :

1. La première partie est de type général, on y trouve des informations de type adresse IP des machines ou encore protocole utilisé lors de l'échange des données. Sur la première partie les différentes trames capturées s'affichent et suivant les colonnes nous avons les informations suivantes :

Première colonne : numéro de la trame.

Deuxième colonne : temps écoulé depuis le départ de la capture et l'arrivée de la trame.

Troisième colonne : adresse IP ou nom de la machine émettrice.

Quatrième colonne : adresse IP ou nom de la machine réceptrice.

Cinquième colonne : protocole utilisé entre les deux machines.

Sixième colonne : informations complémentaires.

2. La deuxième partie reprend ici la trame sélectionnée et la détaille soit dans les sept couches du modèles OSI soit dans les quatre couches du modèle IP.

3. La troisième et dernière partie est une vision de la trame en codage hexadécimal et ASCII.

V.6.2. Différents étapes de la communication

Le schéma ci-dessous représente les différentes étapes de la communication entre deux hôtes.

Nous analysons et interprétons ici quelque contenu des différents types de paquets échangés entre les deux terminaux. Pour ce faire nous nous servons de Wireshark. Nous avons exécuté la capture pendant le message sonnerie et le flux vocaux.

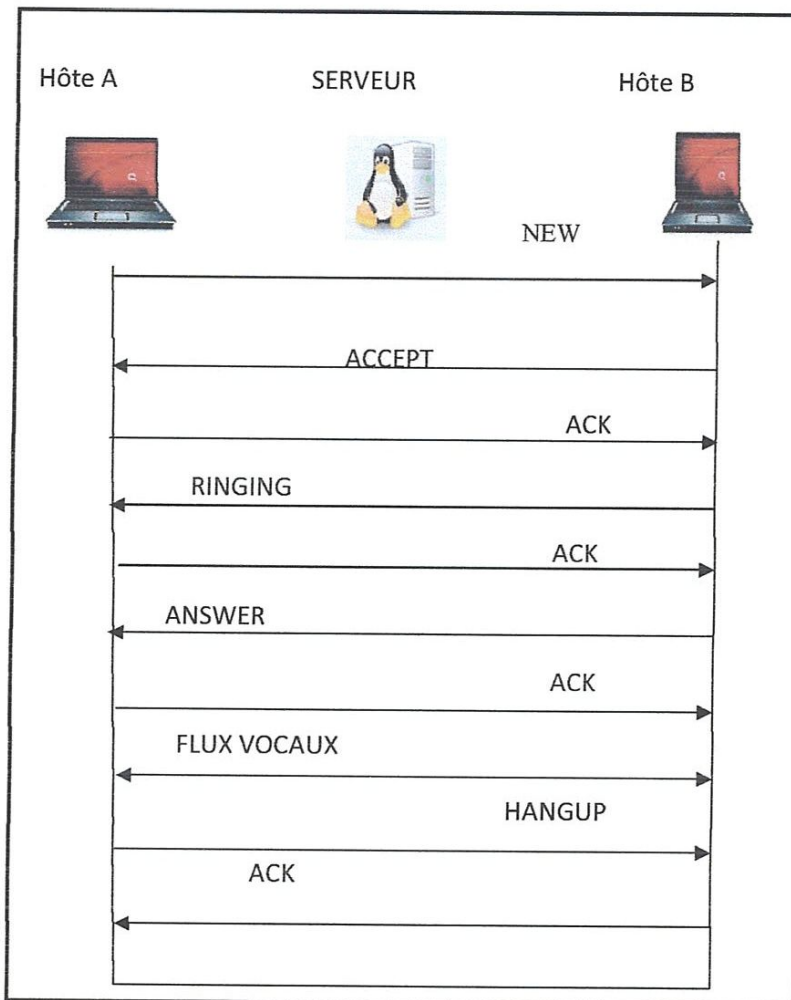


Figure V.11 différents étapes de la communication

❖ **Le message NEW**

Le message NEW est envoyé après avoir composé le numéro de l'appelé pour initier un appel.

❖ **Le message ACCEPT**

C'est une réponse à une demande de connexion.

❖ **Le message ACK**

Il est utilisé dans plusieurs cas pour confirmer la réception d'un message.

❖ **Le message RINGING**

Ce message est envoyé par le terminal de l'appelé lorsque sa sonnerie est activé. Nous allons prendre l'un des messages **RINGING** capturés pour illustrer les différents champs.

❖ **Le message ANSWER**

Ce message est envoyé quand l'appelé décroche son téléphone.

❖ **Une trame de données vocales**

Nous avons sélectionné une trame de transport de données vocales pour analyser et interpréter ses différents champs.

❖ **Le message HANGUP**

Lorsqu'on raccroche, ce message est envoyé pour demander une rupture de la connexion.

V.6.3. Le message RINGING

Ce message est envoyé par le terminal de l'appelé lorsque sa sonnerie est active.

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Info
1	0.000000	fe80::dc31:a080:ff02::c	fe80::dc31:a080:ff02::c	SSDP	M-SEARCH * HTTP/1.1
2	1.288878	192.168.136.1	192.168.136.129	UDP	Source port: 64480 Destination port: sip
3	2.581858	192.168.136.1	192.168.136.129	UDP	Source port: 55749 Destination port: sip
4	3.999698	fe80::dc31:a080:ff02::c	fe80::dc31:a080:ff02::c	SSDP	M-SEARCH * HTTP/1.1
5	6.007444	Vmware_c0:00:08 Vmware_4c:01:99	Vmware_c0:00:08 ARP	ARP	who has 192.168.136.129? Tell 192.168.136.1
6	6.007681	Vmware_4c:01:99 Vmware_c0:00:08	Vmware_c0:00:08 ARP	ARP	192.168.136.129 is at 00:0c:29:4c:01:99
7	7.000413	fe80::dc31:a080:ff02::c	fe80::dc31:a080:ff02::c	SSDP	M-SEARCH * HTTP/1.1
8	10.001119	fe80::dc31:a080:ff02::c	fe80::dc31:a080:ff02::c	SSDP	M-SEARCH * HTTP/1.1
9	14.00165	fe80::dc31:a080:ff02::c	fe80::dc31:a080:ff02::c	SSDP	M-SEARCH * HTTP/1.1
10	17.00260	fe80::dc31:a080:ff02::c	fe80::dc31:a080:ff02::c	SSDP	M-SEARCH * HTTP/1.1
11	20.00392	fe80::dc31:a080:ff02::c	fe80::dc31:a080:ff02::c	SSDP	M-SEARCH * HTTP/1.1
12	23.99928	192.168.136.1	192.168.136.129	SIP	Status: 180 Ringing
13	24.00319	fe80::dc31:a080:ff02::c	fe80::dc31:a080:ff02::c	SSDP	M-SEARCH * HTTP/1.1

* Frame 12: 475 bytes on wire (3800 bits), 475 bytes captured (3800 bits)
 * Ethernet II, Src: Vmware_c0:00:08 (00:50:56:c0:00:08), Dst: Vmware_4c:01:99 (00:0c:29:4c:01:99)
 * Internet Protocol, Src: 192.168.136.1 (192.168.136.1), Dst: 192.168.136.129 (192.168.136.129)
 * User Datagram Protocol, Src Port: 64480 (64480), Dst Port: sip (5060)
 * Session Initiation Protocol
 * Status-Line: SIP/2.0 180 Ringing
 * Message Header
 * Via: SIP/2.0/UDP 192.168.136.129:5060;branch=z9hG4bK0770a2d;rport=5060
 Transport: UDP
 Sent-by Address: 192.168.136.129
 Sent-by port: 5060

0190	49 4e 56 49 54 45 0d 0a	55 3 65 7 2d 41 67 65	INVITE.. User-Age
01a0	0e 74 3a 20 58 2d 4c 69	74 65 20 72 65 6c 65 61	nt: X-LI te relea
01b0	73 65 20 31 30 30 36 65	70 73 74 61 6d 70 20 33	se 1006e stamp 3
01c0	34 30 32 35 0d 0a	43 6f 6e 74 65 6e 74 2d 4c 65	4025.. Co ntent-Le
01d0	6e 67 74 68 3a 20 30 0d	0a 0d 0a	ngth: 0. ...

Figure V.12. Capture d'une trame d'un message RINRING

Ce message ne sert qu'à signaler que la sonnerie est activé et il ne transporte aucune autre information.

V.6.4. Une trame de données vocales

Nous avons sélectionné une trame de transport de données vocales pour analyser et interpréter ses différents champs.

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Info
7	0.024779	192.168.136.1	192.168.136.129	UDP	Source port: 40050 Destination port: 2ping
8	0.025129	192.168.136.129	192.168.136.1	UDP	Source port: 16878 Destination port: 41124
9	0.040010	192.168.136.1	192.168.136.129	UDP	Source port: 41124 Destination port: 16878
10	0.040403	192.168.136.129	192.168.136.1	UDP	Source port: 2ping Destination port: 46636
11	0.043895	192.168.136.1	192.168.136.129	UDP	Source port: 46636 Destination port: 2ping
12	0.044221	192.168.136.129	192.168.136.1	UDP	Source port: 16878 Destination port: 41124
13	0.060005	192.168.136.1	192.168.136.129	UDP	Source port: 41124 Destination port: 16878
14	0.060385	192.168.136.129	192.168.136.1	UDP	Source port: 2ping Destination port: 46636
15	0.064907	192.168.136.1	192.168.136.129	UDP	Source port: 46636 Destination port: 2ping
16	0.065244	192.168.136.129	192.168.136.1	UDP	Source port: 16878 Destination port: 41124
17	0.080022	192.168.136.1	192.168.136.129	UDP	Source port: 41124 Destination port: 16878
18	0.080400	192.168.136.129	192.168.136.1	UDP	Source port: 2ping Destination port: 46636
19	0.084827	192.168.136.1	192.168.136.129	UDP	Source port: 46636 Destination port: 2ping


```

[Time delta from previous captured frame: 0.000350000 seconds]
[Time delta from previous displayed frame: 0.000350000 seconds]
[Time since reference or first frame: 0.025129000 seconds]
Frame Number: 8
Frame Length: 214 bytes (1712 bits)
Capture Length: 214 bytes (1712 bits)
[Frame is marked: False]
[Frame is ignored: False]
[Protocols in frame: eth:ip:udp:data]
[Coloring Rule Name: UDP]
[Coloring Rule String: udp]
0000 00 50 56 c0 00 08 00 0c 29 4c 01 99 08 00 45 68 .PV.... )L...Eh
0010 00 c8 00 00 40 00 40 11 a7 e9 c0 a8 88 81 c0 a8 ...@.@. ....
0020 88 01 41 ee a0 a4 00 b4 0a 47 80 00 f1 8e 00 24 ..A.... .G....$
0030 7d e0 42 97 59 39 ff ff ff ff 7f 7f 7f 7f 7f 7f ff } .B.Y9.. ....
0040 ff ff ff ff ff ff ff ff 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f ff .....
0050 ff 7f ff ff ff 7f 7f ff ff ff ff ff ff ff ff .....

```

Figure V.12. Capture d'une trame de donnée vocale

Dans la première fenêtre de Wireshark, cliquons sur n'importe qu'elle trame (par exemple la trame 15) la ligne sera mise en bleu et les informations décodées provenant de ce paquet s'afficheront dans les deux fenêtres inférieures. La fenêtre du milieu contient le décodage détaillé de la trame des quatre couches du modèle IP.

La dernière fenêtre permet de visualiser le contenu brut de la trame, cette trame est codée en hexadécimale et en code ASCII.

- Arrival Time: le temps ou la trame 8 est arrivée
- Frame Length: la taille de cette trame est de 214 octets soit (1712 bits)
- Frame Number: 8 : il nous indique que la trame capturée est le numéro 8
- Frame is marked: False : il nous indique que cette trame n'a pas été fixée d'avance.
- Frame is ignored: False : la trame n'a pas été ignorée.

Cette trame est transmise de façon non fiable, elle contient un en-tête minimal. L'absence du champ Destination Call Number montre que cette trame passe par le serveur.

Conclusion

L'analyse des paquets échangés nous a permis de constater que :

- tous les échanges se font entre le terminal initiateur de l'appel et le serveur. Cela montre que tous les messages de l'établissement jusqu'à la rupture de la communication passent par le serveur ;
- SIP utilise un port (5060) pour la signalisation et deux ports RTP pour chaque communication audio ;
- le protocole SIP s'appuie sur le protocole UDP et TCP;
- tous les paquets de la signalisation sont de types FULL et sont transmis de façon fiable;
- le passage de tous les flux (signalisation et conversation) par le serveur peut poser un problème de congestion au niveau du serveur quand il ya plusieurs communications simultanées.

Conclusion générale

Ce travail nous a permis d'approfondir nos connaissances sur les différents types des protocoles de signalisations, en particulier la signalisation SIP, de développer nos aptitudes techniques dans le domaine de la téléphonie sur IP.

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

Nous avons pu découvrir le monde de la voix sur IP, qui est le fruit de la convergence des réseaux voix et des réseaux données. C'est dans cette optique que nous avons mis en évidence à travers des logiciels de communication en basant sur SIP et le serveur Adminparadise VoIP, les différentes configurations permettant d'intégrer la voix sur les réseaux de données. Cela nous a permis de choisir la configuration client/serveur qui correspond parfaitement à la plateforme recommandée et de découvrir l'outil d'analyse de protocoles Waresark.

La téléphonie IP est une bonne solution en matière d'intégration, de fiabilité, d'évolutivité et de coût. Elle fera partie intégrante des Intranets d'entreprises dans les années à venir et apparaîtra aussi dans la téléphonie publique pour permettre des communications à bas coût.

L'avenir de la ToIP est tout tracé. Elle s'impose dorénavant partout, aussi bien chez les particuliers que chez les opérateurs. En se projetant plus loin dans le temps, elle va probablement se fondre dans les environnements multimédias et s'enrichir de l'image et de services évolués, la vidéo sur IP ayant des contraintes semblables en cas d'interactivité, mais à un débit beaucoup plus élevé.

Bibliographie

Ouvrage :



Réseau et télécoms Auteur : Claude Servin, Dunod, Paris 2003



Téléphonie sur IP 2^{ème} édition « Eyrolles »
Auteur : Laurent ouakil guypujolle



Architecture des réseaux de télécommunications : Auteur : André Perez et Xavier Lagrange 2^{ème} édition



Transmissions et réseaux : Auteur : Stéphane Iohier et Dominique présent 3^{ème} édition DUNOD



Étude d'un PABX basé sur le protocole IP Elaboré par : Bennaoui ameur et Benkerdagh mohamed

Sites web :

<http://www.voipfr.org>

<http://www.01net.com>

<http://www.reseaux-telecoms.net>

<http://www.ietf.org> (anglais)

<http://www.PABX-IP.fr>

<http://www.voip-info.org> (anglais)

<http://www.alcatel.fr>

Abréviations

- ACELP:** Algebraic Codebook Excited Linear Prediction
ADSL: Asymmetric digital Subscriber line
ATM : Asynchronous Transfer Mode
ADPCM : Adaptive Differential Pulse Code Modulation
ARP: Address Resolution Protocol
ADM: Add Drop Multiplexer (équipement de multiplexage à insertion et extraction utilisé dans les réseaux de transmission SDH)
AVT-WG: Audio Video Transport-Work Group (Audio Vidéo Transport- Groupe de travail)
CSTA: Computer Supported Telephony Integrated (Téléphonie Soutenue Par Ordinateur Intégrée)
CTP : Commutateur de Transit Principal
CSRC contributing source
CS-ACELP: Conjugate-Structure Algebraic-Code-Excited Linear-Prediction
CELP: Code Excited Linear Predictive Coder
CAS: Channel Associated Signalling(Canal d'Associée Signalisation)
CCS: Common Channel Signalling(Commun Canal et Signalisation)
CAA : Commutateurs à Autonomie d'Acheminement
CL : Commutateurs Locaux
CTI : Commutateur de Transit International
CTS : Commutateurs de Transit Secondaires
DTMF: Dual Tone Multi-Frequency (Modulation par Déplacement de Fréquence)
DNS: Domain Name System
DHCP: Dynamic Host Configuration Protocol
DPCM : Differential Pulse Code Modulation
DHCP : Dynamic Host Configuration Protocol (Protocole Dynamique de Configuration et de Centre serveur)
ECMA: European association for standardizing information and communication systems
FXS: Foreign Exchange Station (Station de Devises Étrangères)
FXO : Foreign Exchange Office (Bureau Devises Étrangères)
FTP: File Transfer Protocol (protocole de transfert de fichier)
FAI : fournisseur d'accès à Internet
GSM: groupes systèmes mobiles
HTTP: Hyper Text Transport Protocol
H.323 : Packet-based Multimedia Communications Systems, ou « Systèmes de communication multimédia fonctionnant en mode paquet ».
IP : Internet Protocol
ICMP: Internet Control and Message Protocol (Commande d'Internet et protocole de message d'erreur)

IGRP : Interior Gateway Routing Protocol (Protocole Intérieur de Cheminement de Passage)
IT: intervalle du Temps
IETF: Internet Engineering Task Force
ITSP : service d'un fournisseur de téléphonie sur Internet
LAN: Local Area Network
MIC : modulation par impulsions et codage
MIME : (Multipurpose Internet Mail Extension),
MGCP: (Media Gateway Control Protocol),
MCU : Multipoint Control Unit
MSN : Microsoft Network
NAT : Network Address Translation (Réseau d'adresses et de Translation)
OSI: Open Systems Interconnection
OSPF: Open Shortest Path
PPP: Point to Point Protocol (protocole de point à-point)
PBX-IP : Autocommutateur privé IP
PABX : Private Automatic Branch eXchange (Autocommutateur privé automatique)
PDH : Plesiochronous Digital Hierarchy (Hiérarchie Plesiochronies Digital)
QSIG est un protocole de signalisation assisté par RNIS pour signaler entre les centraux téléphoniques privés (PBXs) dans un réseau intégré privé de services (PISN)
QoS : Quality of Service (qualité de service)
RG : Résidentiel Gateway (Passage de Résidentiel)
RTPC : Public Switched Telephone Network (Réseau Téléphonique Public Commuté).
RNIS : Réseau Numérique à Intégration de Services.
RIP : Routing Information Protocol (Cheminement Information Protocol).
RTSP: (Real-Time Streaming Protocol),
RSVP : Ressource reSerVation Protocol (Ressource de réserVation Protocole)
RTP : Real-time Transport Protocol (Protocole En temps réel de Transport)
RTCP : Real-time Transport Control Protocol (protocole En temps réel de commande de transport)
RARP: Reserve Adress Resolution Protocol,
SDH : Synchronious Digital Hierarchy (Hiérarchie De Synchronies Digital)
SCP : Service Control Point (Service de Point et Commande)
SSP : Service Switching Point (Service Le Point de Commutation)
SP: Signaling Point (Point de Signalisation)
STP : Signaling Transfer Point (Point de Transfert de Signalisation)
SS7: Signaling System 7(Système de Signalisation 7).
SL: Signaling Link (Signalisation de liaison)
SMTP : Simple Mail Transfert Protocol (Protocole Simple de Transfert et de Courrier)
SIP : Session Initiation Protocol
SDP: Session Description Protocol
SAP: Session Advertisement Protocol
SSRC: synchronisation source