

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

P0007/05A

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE
Département d'Electronique



المركز الوطني للتقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

Projet de fin d'études

Pour l'obtention du titre
d'Ingénieur d'Etat en Electronique

THEME :

**CONTRIBUTION A LA CONCEPTION D'UN
TERMINAL IP**

Présenté par :

Melle : DJAFRI Kahina

Melle : HADDAR Lamia

Proposé par :

Mr R.SADOUN

Résumé :

Ce projet de fin d'étude porte sur la conception d'un terminal téléphonique IP , adoptant comme protocole de communication H.323 élaborée par l' Union International de Télécommunication (IUT). Ce travail commence par une introduction générale montrant l'évolution du monde des télécommunication et l'arrivé de la ToIP (Telephony Over IP), suivi par le premier chapitre illustrant les réseaux téléphoniques prédécesseurs à ToIP, à savoir RTC et ISDN et leurs mode de signalisation .Ainsi nous arrivant à la téléphonie sur IP ,un chapitre consacré à exposer l'architecture ,le déploiement et essentiellement l'intérêt qu'elle apporte.En troisième lieu ,nous avons étudié le standard H .323 , une norme certifiée par IUT , et constituée d'un ensemble de protocoles ayant comme fonctions principales : la signalisation ,le contrôle et le transfert de la voix à travers le réseau IP . Le dernier chapitre donne l'approche méthodique de conception du terminal virtuel IP avec les outils logiciels et matériel utilisés afin d'accomplir ce travail ,on termine par une conclusion générale et perspectives .

Mots clés : Téléphonie , réseaux IP , ToIP ,VoIP , RTC , signalisation ,openh323 , pwlilb , langage C++ orienté Objet , Linux ,terminal , protocole et la norme H.323 .

Abstract :

This project of end of study relates to the design of a terminal IP phone , adopting the protocol of communication H.323 developed by the International Telecommunication Union (ITU). This project starts with a general introduction, showing the evolution of the world of telecommunication and the appearance of ToIP (Telephony Over IP), followed by the first chapter illustrating the telecommunication networks before ToIP like PSTN and ISDN and their mode of signalling . like that we arrive to introduce the telephony over IP, a chapter witch expose the architecture, the deployment and essentially the advantages which it brings. In the third place, we have studied the standard H 323, a standard certified by ITU, it consistes of some protocols having the principal functions: the signalling, the control and the transfer of the voice over network IP. The final chapter gives the methodical approach of design of virtual terminal IP with the software tools and materials used in order to achieve this work, we finish by a general conclusion and prospects.

Key words: Telephony, networks IP, ToIP, VoIP, PSTN, signalling, openh323, pwlilb, language C++ directed Object, Linux, terminal, protocol and the standard H.323.

ملخص

في إطار ما تجاز مذكرة نهاية التمدرس، المتعلقة بائجاز هاتف يعتمد على شبكة الأئثرنات لنقل الإرسال الصوتي، هذا الهاتف يعتمد على النظام (H.323) ال لإئصال ، المنجز و المطور من طرف (IUT) الدولية. في مقدمة هذا العمل، تطرقنا إلى دراسة سطحية لشبكتي الهاتف ذو الإشارة المستمرة و الهاتف ذو الإشارة الرق [RTC, RNIS] وبعد ذلك، لفتنا إهتمامنا إلى دراسة معمقة للنظام H.323. وفي النهاية نعطي الطريقة المتبعة لتصميم الهاتف المبرمج باللهجة (C++).

الكلمات المفتاحية

البرمجة، النظام، الإشارة، H.323، البرتوكول، ال لإئصال، Openh323، الهاتف.

Dédicaces de Lamia

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
المكتبة — BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique

Je dédie ce travail :

A mes très chers parents ;

A mes très chères sœurs : Lyfia et Assia ;

A mes très chers grands parents ;

A toute ma famille grands et petits ;

A mes meilleurs amis Sana , Nassim et flichem ;

A tous mes ami(e)s ;

Et toute personne chère à mon cœur ;

A ma chère Binôme Kahina pour qui je souhaite toute la réussite .

Dédicaces de Kahina

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
المكتبة — BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique

Je dédie ce travail :

A mes très chers parents ;

A mes très chers frères et sœurs : Bachir, Sofiane, Hakima et Syhame ;

A mes très chers grands parents ;

A mes oncles Farid, abd NOur ,chafaia, Mouhand, Larbi et Said ;

A toute ma famille grands et petits ;

A mes deux meilleurs amies Sabrina et Farida ;

A tous mes professeurs ;

A tous mes ami(e)s ;

Et à mon chère binôme Lamia .

Remerciements



Ce travail s'est effectué dans le Centre De Calcul sous la direction de Monsieur *R.SADOUN*, chargé de cours à l'Ecole Nationale Polytechnique. On tient à le remercier vivement en lui exprimant ici toute notre reconnaissance et qu'il veuille accepter l'expression de notre profonde et respectueuse gratitude pour son aide, son soutien, ses directives et conseils judicieux et son suivi régulier, ce qui a permis l'accomplissement de ce modeste travail.

On tient à remercier tout particulièrement, Madame *L.HAMAMI*, docteur à l'Ecole Nationale Polytechnique, d'avoir accepté de présider le jury de notre mémoire.

J'adresse également mes plus vifs remerciements à Mademoiselle *A.MOUSSAOUI*, chargé de cour à l'Ecole Nationale Polytechnique et, pour l'honneur qu'elle nous a fait en acceptant de juger ce travail.

Nos remerciements vont à tout le personnel du Centre de Calcul de l'Ecole Nationale Polytechnique, pour leur aide et encouragements.

Enfin, tous mes remerciements à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à l'aboutissement de ce travail. On leurs est très reconnaissant.

La liste des abréviations

ACD	Automatic Call Distribution .
ATM	Asynchronous Transfert Mode.
BER	Basic Encoding Rules.
CAA	Commutateur à Autonomie d'Acheminement
CAR	Committed Access Rate .
CTI	Computer Telephony Integration.
DNS	Domain Name Server.
DSP	Digital Signal Processor.
DTMF	Dual Tone Multi Frequency.
GSM	Groupe Spécial Mobiles.
IETF	Internet Engineering Task Force.
IP	Internet Protocol.
IPBX	IP Branche eXchange.
ISO	International Standard Organisation .
LAN	Local Area Network.
MC	Multipoint Controller.
MIC	Modulation par Impulsion et Codage.
MCU	Multipoint Conference Unit.
PAM	Pulse AMPLitude Modulation.
PABX	Private Automatic Branch eXchange.
PBX	Private Branch eXchange.
PCM	Pulse Code Modulation.
PCME	Packet Circuit Multiplexing Equipment.
PER	Basic Encoding Rules.
PSTN	Public Switched Telephony Network.
Pwlib	Portable Windows Library.
QoS	Quality of Service.
RAS	Registration, Admission, Status.
RNIS	Réseau Numérique à Intégration de Services.

RSVP	Resource reSerVation Protocol.	
RTC	Réseau Téléphonique Commuté.	
RTCP	Real-time Transport Control Protocol.	
RTP	Real-time Transport Protocol.	
RNIS	Réseau numérique à integration de service .	
SAP	Session Announcement Protocol.	
SDP	Session Initialisation Protocol.	
SIP	Session Initialisation protocol.	
TCP	Transport Control Protocol.	
TIPHON	Telecommunications & IP Harmonization Over the Net.	
ToIP	Telephony over IP.	
TOS	Type Of Service.	
UAC	User Agent Client.	
UDP	User Datagram Protocol.	
UIT	Union Internationale des Télécommunications.	
VoIP	Voice over IP.	
WAN	Wide Area Network.	
ZU	Zone Urbaine.	
ZAA	Zone à Autonomie d'Acheminement .	

LISTE DES TABLEAUX

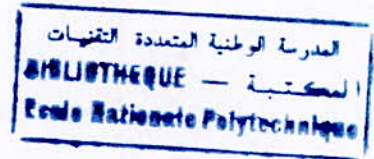


Tableau II-1 : Classes de qualité UIT-T pour les retards de transmission	27
Tableau II-2 : Convergence des réseaux voix et données	37
Tableau III-1 : Les codecs audio utilisés dans la norme H.323	57
Tableau III-2 : Les standards de la vidéo	58
Tableau III-3 : Les formats vidéo pour la visioconférence	58
Tableau III-4 : La structure des messages TPMT	65
Tableau III-5 : L'ensemble des ports définis par la norme H.323	76

Chapitre III

Figure III-1 : Les éléments de un réseau H.323	83
Figure III-2 : Le Gateway dans H.323	84
Figure III-3 : Le Gatekeeper dans H.323	85
Figure III-4 : Le MCU dans H.323	86
Figure III-5 : Exemple d'une zone H.323	89
Figure III-6 : La pile protocolaire du terminal	90
Figure III-7 : Le terminal H.323	91

LISTE DES FIGURES



Chapitre I

Figure I-1 : Représentation de la chaîne de communication dans RTC.....	05
Figure I-2 : Organisation administrative du réseau RTC.....	07
Figure I-3 : La structure du circuit d'un terminal classique.....	08
Figure I-4 : Les différents types d'appels.....	09
Figure I-5 : L'ouverture de la boucle de courant.....	11
Figure I-6 : Numérotation au clavier.....	13
Figure I-8 : L'architecture d'un PABX.....	15

Chapitre II

Figure II-1 : Le modèle d'OSI.....	21
Figure II-2 : Transmission de données au travers du modèle OSI.....	23
Figure II-3 : Illustration des différents problèmes liés à IP.....	28
Figure II-4 : Exemple de voix sur IP.....	32
Figure II-5 : Exemple de la téléphonie sur IP.....	32
Figure II-6 : Schéma de convergence de réseau.....	34
Figure II-7 : L'architecture de voix sur IP inter - sites.....	40
Figure II-8 : Architecture de la Téléphonie sur IP inter-sites.....	41
Figure II-9 : Architecture de téléphonie sur IP de type Centrex.....	42
Figure II-10 : Les leviers de la migration ToIP.....	42
Figure II-11 : L'architecture Protocolaire SIP.....	44
Figure II-12 : L'ouverture d'une communication SIP.....	46

Chapitre III

Figure III-1 : Les éléments d'un réseau H.323.....	53
Figure III-2 : Le Gateway dans H.323.....	54
Figure III-3 : Le Gatekeeper dans H.323.....	55
Figure III-4 : La MCU dans H.323.....	55
Figure III-5 : Exemple d'une zone H.323.....	56
Figure III-6 : La pile protocolaire du terminal.....	56
Figure III-7: Le terminal H.323.....	62

Figure III-8 : Création d'une connexion TCP.....	63
Figure III-9 : Schéma d'échanges des messages Q.931.....	65
Figure III-10 : Les négociations H.245.....	69
Figure III-11 : Ensemble des signaux échangés pour l'ouverture des canaux média.....	70
Figure III-12 : L'ensemble des canaux utilisés lors d'une connexion point à point.....	73

Chapitre IV

Figure IV-1 : Le modèle en couche utilisé.....	79
Figure IV-2 : Hiérarchie des différentes classes de H.323.....	82
Figure IV-3 : La structure d'un projet OpenH323.....	83
Figure IV-4 :L'architecture de la bibliothèque openH323.....	85
Figure IV-5 : Les différentes étapes pour l'établissement de connexion point à point.....	88
Figure IV-6 : L'organigramme du déroulement du programme.....	89
Figure IV-7 :Liaison point à point.....	91
Figure IV-8 :Liaison avec un GK.....	91
Figure IV-9 : Zone H.323.....	92
Figure IV-10 :Gatekeeper routed call.....	102
Figure IV-11 :Direct routed call.....	102

SOMMAIRE



Dédicaces	I
Remerciements	III
Liste des abréviations	IV
Liste des tableaux	VI
Liste des figures	VII
Introduction générale	01
Chapitre I : Les réseaux téléphoniques RTC et ISDN	
I-1-Introduction.....	03
I-2-Réseau Téléphonique à Commutations.....	03
I-2-1- Organisation du réseau RTC.....	04
I-2-1-1 Organisation technique.....	04
I-2-1-2- Organisation géographique.....	06
I-2-1-3- Organisation administrative.....	07
I-2-2- Etablissement d'une communication téléphonique.....	08
I-2-2-1-Principe d'un poste téléphonique.....	08
I-2-2-2- La mise en relation Usager à Usager.....	09
I-2-2-3- Les modes de signalisation RTC.....	11
I-2-2-3-1- Les informations de signalisation.....	11
I-2-2-3-2-Les types de signalisation.....	12
I-2-3-La téléphonie d'entreprise.....	14
I-2-3-1- Généralités.....	14
I-2-3-2- Architecture générale.....	15
I-2-3-3- Compliments autour du PABX.....	16
I-3-Réseau numérique à intégration de services ISDN.....	16
I-3-1-Introduction.....	16
I-3-2-Présentation générale du réseau ISDN.....	17
I-4-Conclusion	18

Chapitre II : Structure d'un réseau de téléphonie IP

II-1- Historique.....	19
II-2-Architecture d'un réseau.....	19
II-2-1-Le modèle d'OSI.....	19
II-2-1-1-Les différentes couches du modèle OSI.....	20
II-2-2-Le protocole IP.....	23
II-2-2-1-Description fonctionnelle.....	23
II-2-2-2-Spécification du protocole.....	24
II-2-3-La voix sur un réseau de donnée.....	26
II-2-4- Les divers protocoles associés à IP dans le concept de la téléphonie	28
II-2-4-1-Transmission Control Protocol (TCP).....	28
II-2-4-2- Le protocole User Datagram Protocol (UDP).....	29
II-2-4-3- Real Time Protocol /Real Time Control Protocol (RTP/RTCP).....	30
II-2-5-La qualité de service QoS sur IP.....	30
II-3- La téléphonie sur IP (ToIP).....	31
II-3-1-La voix sur IP (VoIP).....	32
II-3-2-La téléphonie sur IP (ToIP).....	32
II-3-3-Convergence vers un réseau unique.....	33
II-3-4-La téléphonie sur IP en entreprise.....	34
II-3-4-1-Le marché et les enjeux de ToIP pour les entreprises.....	35
II-3-4-2-La téléphonie IP dans l'entreprise.....	36
II-3-4-2-1-Réseaux de sites.....	38
II-3-4-2-2-Réseaux inter-sites	38
II-3-5-La finalité.....	42
II-4-La signalisation dans la téléphonie sur IP.....	43
II-4-1- Aperçu sur l'architecture SIP (RFC 2543).....	43
II-4-2-MGCP.....	46
II-5-Conclusion	47
Chapitre III : le standard H.323	
III-1- Introduction.....	48
III-2-Historique	48
III-3- Structure de la norme H.323.....	50

III-4- Format ASN.1.....	51
III-5- Pourquoi le standard H.323 ?.....	52
III-6- Les éléments du standard H.323.....	53
III-6.1- Le terminal	53
III-6-2- Le Gateway (passerelles).....	54
III-6-3- Le Gatekeeper (Garde-barrière).....	54
III-6-4 L'unité de control Multipoint Control Unit (MCU).....	55
III-7-La pile du standard H.323.....	56
III-7-1-Les codecs Audio.....	57
III-7-2- CODEC Vidéo Standardisé.....	58
III-7-3 -Pourquoi UDP (User Datagram Protocol) pour la vidéo ?.....	59
III-7-4- Mécanismes de contrôle et de signalisation.....	59
III-7-4-1 La signalisation.....	60
III-8- Architecture du terminal H.323	61
III-9- L'appel de base d'un terminal A à un terminal B (sans Gatekeeper).....	62
III-9-1- création d'une connexion TCP.....	62
III-9-2-L'établissement du canal de contrôle.....	67
III-9-2-1- Les négociation des capacités.....	67
III-9-3-La négociation maître esclave.....	68
III-9-4- Ouverture des canaux média	69
III-9-5-Le dialogue.....	71
III-9-6- Relâchement de l'appel.....	71
III-9-7- Les ports utilisés.....	72
III-10-Le principe de fonctionnement avec Gatekeeper.....	73
III-11- Utilisation d'une MCU.....	74
III-11-1- Utilisation direct du MCU.....	75
III-12- Les limitations du H.323.....	75
III-13- Les avantages du H.323.....	77
III-14- Conclusion.....	77

Chapitre IV : Implémentation du terminal H.323

IV-1-Introduction	78
IV-2- les deux approches méthodiques	78
IV-2-1- La première approche :	78
IV-2-2- La deuxième approche	78
IV-3- Présentations et définitions des bibliothèques utilisées.....	79
IV -3-1-PWLIB.....	79
IV -3-2-OPENH323.....	80
IV-4-L'Utilisation des produits OpenH323	83
IV-4-1- Utilisation de PWLIB.....	83
IV-4-2- Utilisation de OPENH323.....	84
IV-4-2-1- Description de la structure des classes.....	84
IV-5 - Architecture d'une application OpenH323.....	86
IV-6- Le principe de fonctionnement du terminal H.323.....	88
IV-7-Analyse des signaux échangés entre les deux terminaux virtuels.....	90
IV-7-1- La liaison point à point (sans gatekeeper).....	93
IV-7-2-Liaison avec un gatekeeper	102
Conclusion générale	105
Références bibliographie	107
Annexe A	

Introduction générale

Avec le développement des nouvelles technologies informatiques ces dernières décennies, le monde des télécommunications est entré dans une phase d'effervescence que nous n'avons jamais connue auparavant. Parmi les nouvelles technologies de télécommunications, il en existe une qui s'est laissée progressivement découvrir par le grand public ; l'Internet .Aujourd'hui le monde entier est relié au moyen de routes virtuelles qui constituent la toile mondiale. D'après les statistiques, on évalue environ plusieurs centaines de millions de postes connectés à l'Internet .Nous sommes arrivés à une société de l'information [6].

La problématique est comment exploiter le réseau Internet, quels moyens dispose-t-il pour pouvoir lui intégrer la téléphonie ?.

Un des moyens pour pouvoir faire de la téléphonie sur IP est de disposer d'un terminal IP. Notre travail est inclut dans ce contexte. Il se résume à une contribution pour la conception d'un client IP. Pour y arriver, plusieurs facteurs se présentent à nous :

- Nouveauté de la technologie qui est la VoIP ;
- La complexité des protocoles de signalisation;
- Un langage de programmation, le C++ orienté objet.

Partis de ces facteurs, on procédait par étape pour pouvoir arriver à terme de ce projet. Premièrement, on a commencé par étudier les réseaux téléphoniques classiques et suivre leurs évolutions sous l'angle des technologies utilisées et des services fournis .Deuxièmement, on a entamé l'étude du réseau Internet, ses protocoles, son architecture et son fonctionnement.

Essentiellement donc, on s'est intéressé à la compréhension des mécanismes et principes nous permettant d'y tirer profit dans la perspective de les exploiter dans le cadre d'un client de téléphonie IP.

D'ici part l'idée de l'implémentation de la ToIP.

La ToIP est une application qui nous fournit le service de téléphonie sur le réseau IP. Elle est gérée par différents protocoles ; on cite SIP, MGCP et H323. Chacun a ses avantages et ses inconvénients. Nous avons opté pour le protocole H323 de l'International Telecommunication Union.

Après l'étude poussée du protocole H323, on a pu schématiser toutes les étapes nécessaires afin d'établir une communication audio supportée par ce protocole. De là, l'étape de conception a été abordée. Une étape très délicate à mettre en œuvre vu le manque d'une documentation explicite. C'est ainsi que dans un premier temps, une approche qui consistait à étudier l'ensemble des messages générés par la norme H323 pour par la suite les programmer à partir d'une classe ou librairie de base; une tâche longue et fastidieuse à mettre en place

Plusieurs recherches ont été effectuées. Une implémentation basée sur des bibliothèques spécialisées et en open source (www.openh323.org) nous a semblé plus opportune pour la mise en œuvre de notre application. Le site associé propose en téléchargement des bibliothèques permettant de développer une application s'appuyant sur le standard H323.

KLH323, notre terminal IP virtuel, permettra à des utilisateurs de communiquer à travers un réseau LAN comme s'ils étaient au téléphone depuis leurs stations de travail. De plus, par l'intégration d'une passerelle, il sera possible depuis ce terminal d'accéder au réseau téléphonique classique RTC.

Notre mémoire se divise en quatre chapitres. Le premier chapitre traite les réseaux téléphoniques classique RTC et ISDN. Le deuxième présente l'architecture d'un réseau de données, ce qui nous amena par la suite à la téléphonie sur IP. En troisième lieu, un chapitre regroupant la description du standard H323 et les différents protocoles supportés par ce dernier, tandis que le quatrième présente l'approche méthodologique pour laquelle on a opté pour la conception d'un terminal IP .

Chapitre I : L'évolution des réseaux téléphoniques

I-1- Introduction

Dans le but de montrer l'évolution des technologies de télécommunications existants , de savoir leurs principes de fonctionnement . On a introduit un chapitre traitant les deux réseaux téléphoniques classiques, à savoir Le Réseau Téléphonique à Commutation (RTC) et le Réseau Numérique à Intégration de Services.

Le réseau téléphonique commuté (en anglais PSTN : *Public Switched Telephony Network*) assure la mise en relation momentanée, une à une des installations terminales, afin de mettre en relation deux abonnés. C'est un moyen de communication pratique pour des communications interactives. Ce réseau est actuellement le plus utilisé aussi bien par les particuliers que par les industriels. Le RTC est très étendu, il atteint tous les pays de la planète et compte plusieurs centaines de millions d'abonnés ; il est composé de nœuds (commutateurs) qui s'échangent des informations au moyen de protocoles de communications basés la plus part du temps sur l'émission de fréquences.

Vers des années 70, les réseaux de télécommunications se sont développés sur la base de réseaux spécialisés. A chaque usage à part le transport de la parole, correspondait un réseau spécifique et pour chaque application, l'utilisateur était obligé de disposer d'une connexion particulière. Ce système n'était optimal ni pour l'opérateur de réseau ni pour l'utilisateur. Aujourd'hui, les applications multimédia utilisent en même temps la parole, les images animées, le graphisme, des assistances diverses et des transferts de données. Elles nécessitent donc le transport de différents types de données en même temps. De là est née l'idée d'intégration de services : une seule connexion pour toutes les applications. C'est le concept du RNIS (Réseau Numérique à Intégration de Services), ISDN en anglais (Integrated Services Digital Network).

I-2-Réseau Téléphonique à Commutations

Le RTC est composé de systèmes hétérogènes, provenant de fabricants divers et utilisant des technologies différentes. Cette coexistence de technologies provient de la longue durée de vie de ces dispositifs, souvent une vingtaine d'années, voire plus.

Les équipements téléphoniques sont conçus pour assurer les relations de télécommunications, soit :

- En empruntant les lignes du réseau public RTC ; ce sont des communications extérieures.
- Soit au sein d'une même entreprise ; il s'agit alors de communications internes traitées par un autocommutateur privé. L'accès au réseau public se fait alors en composant un préfixe supplémentaire.

I-2-1- Organisation du réseau RTC

Un réseau téléphonique est organisé autour de structures techniques, géométriques et administratives.

I-2-1-1- Organisation technique

L'organisation technique est une image du chemin que doit parcourir une communication pour relier deux postes téléphoniques (voir la figure I-1) et les équipements qu'elle met en œuvre, cette dernière est définie en trois grandes parties ;

- **La distribution** : C'est la partie du réseau qui se trouve entre le poste téléphonique et son commutateur de rattachement, on y rencontre successivement, dans le cas usuel :
 - Le poste d'abonné,
 - Le câble de branchement,
 - Des câbles de distribution qui regroupent les câbles de branchement,
 - Des câbles de transport, regroupant les câbles de distribution,
 - Un répartiteur général qui est l'interface entre les câbles de transport et le commutateur ; son rôle est de permettre de connecter par une jarrettière la paire de fils qui provient de l'abonné pour qu'il soit modifiable au niveau du commutateur.

Cela permet, par exemple, de récupérer pour un nouvel abonné l'équipement téléphonique laissé libre par le départ d'un autre abonné de la même zone de rattachement, ou de conserver le même numéro d'annuaire à un abonné qui déménage à l'intérieure de cette zone de rattachement.

De la même façon, dans certains réseaux téléphoniques, on installe entre câbles de distribution et câbles de transport un répartiteur qui est appelé un sous-répartiteur. Ceci

autorise une plus grande souplesse de gestion des câbles, et leur assure un meilleur taux d'utilisation.

On appelle **branchement** la partie du réseau de distribution qui va de l'abonné au point de concentration ou les câbles de branchement sont rassemblés en câbles de distribution. La partie du réseau située entre point de concentration et sous-répartition (ou se trouve le sous-répartiteur) est le réseau de distribution proprement dit [3].

La partie du réseau qui va des sous-répartitions au commutateur constitue le réseau de transport comme l'illustre la figure I-1 .

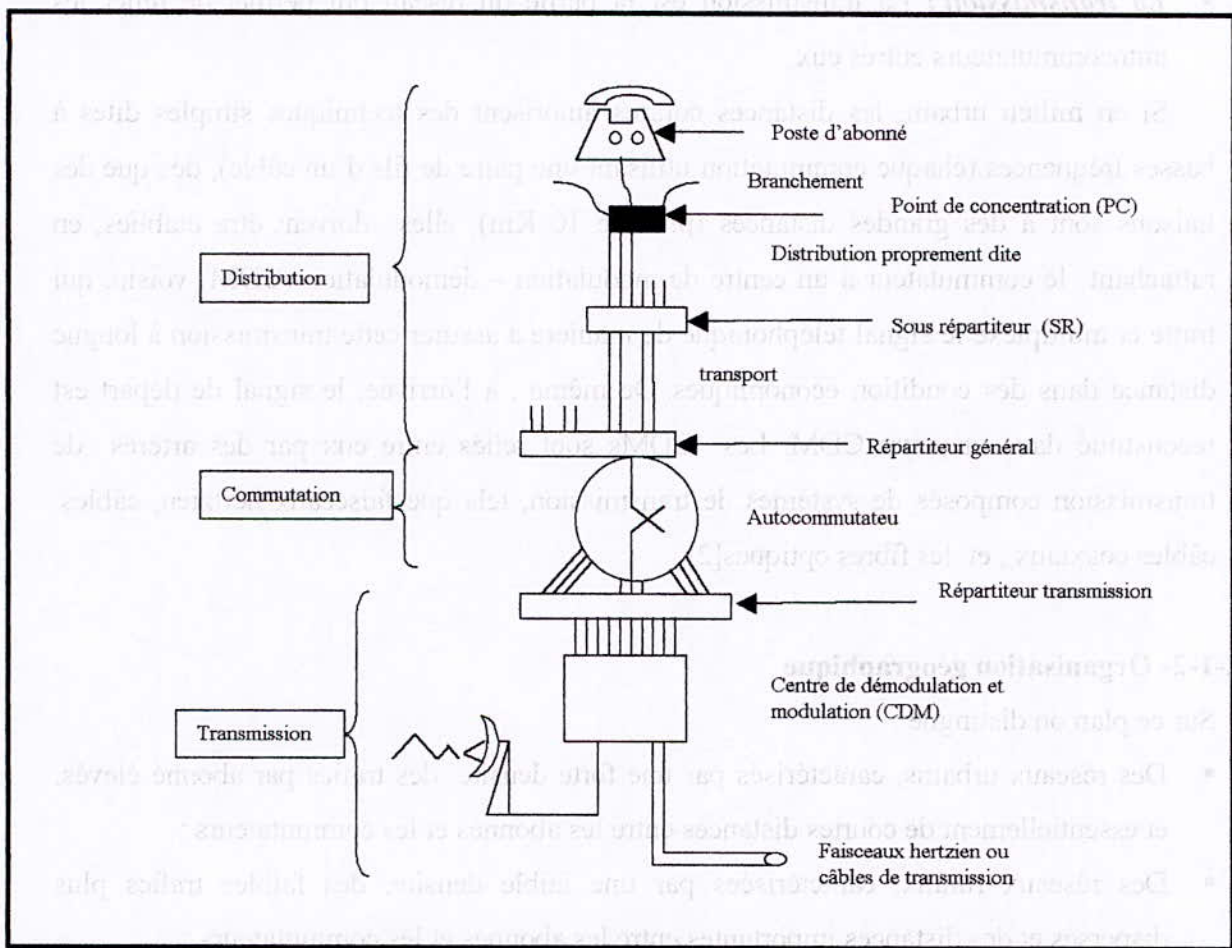


Figure I-1 : Représentation de la chaîne de communication dans RTC .

- **La commutation :** La commutation est la partie intelligent du réseau : celle qui permet de réunir temporairement la ligne de l'abonné demandeur à celle de l'abonné demandé (s'il est raccordé au même commutateur) ou à un circuit aboutissant à un autre commutateur qui soit plus proche de l'abonné demandé.

Un commutateur automatique, encore appelé autocommutateur, comprend deux parties distinctes :

- Le réseau de connexion qui établit la liaison entre les points d'entrée et de sortie (lignes d'abonné et de circuits),
- La commande, qui interprète la signalisation reçue, et émet les signaux nécessaires pour commander la mise en place du réseau de connexion et l'établissement de la suite de la liaison en aval du commutateur (plus près du demandé).

- **La transmission :** La transmission est la partie du réseau qui permet de relier les autocommutateurs entre eux.

Si en milieu urbain, les distances courtes autorisent des techniques simples dites à basses fréquences (chaque commutation utilisant une paire de fils d'un câble), dès que des liaisons sont à des grandes distances (plus de 10 Km), elles doivent être établies, en rattachant le commutateur à un centre de modulation – démodulation (CDM) voisin, qui traite et multiplexe le signal téléphonique de manière à assurer cette transmission à longue distance dans des conditions économiques. De même, à l'arrivée, le signal de départ est reconstitué dans un autre CDM. Les CDMs sont reliés entre eux par des artères de transmission composées de systèmes de transmission, tels que faisceaux hertziens, câbles, câbles coaxiaux, et les fibres optiques[2].

I-2-1-2- Organisation géographique

Sur ce plan on distingue :

- Des réseaux urbains, caractérisés par une forte densité, des trafics par abonné élevés, et essentiellement de courtes distances entre les abonnés et les commutateurs ;
- Des réseaux ruraux, caractérisés par une faible densité, des faibles trafics plus dispersés et des distances importantes entre les abonnés et les commutateurs ;
- Les réseaux urbains et ruraux constituent les réseaux dits locaux.
- Le réseau interurbain qui relie les différents réseaux locaux. Dans ce réseau, on ne considère plus les abonnés et la distribution, mais seulement la commutation de transit et la transmission.

I-2-1-3- Organisation administrative

Bien que la structure administrative varie d'un pays à l'autre, on peut considérer que la figure I-2 , représente généralement l'organisation administrative du réseau :

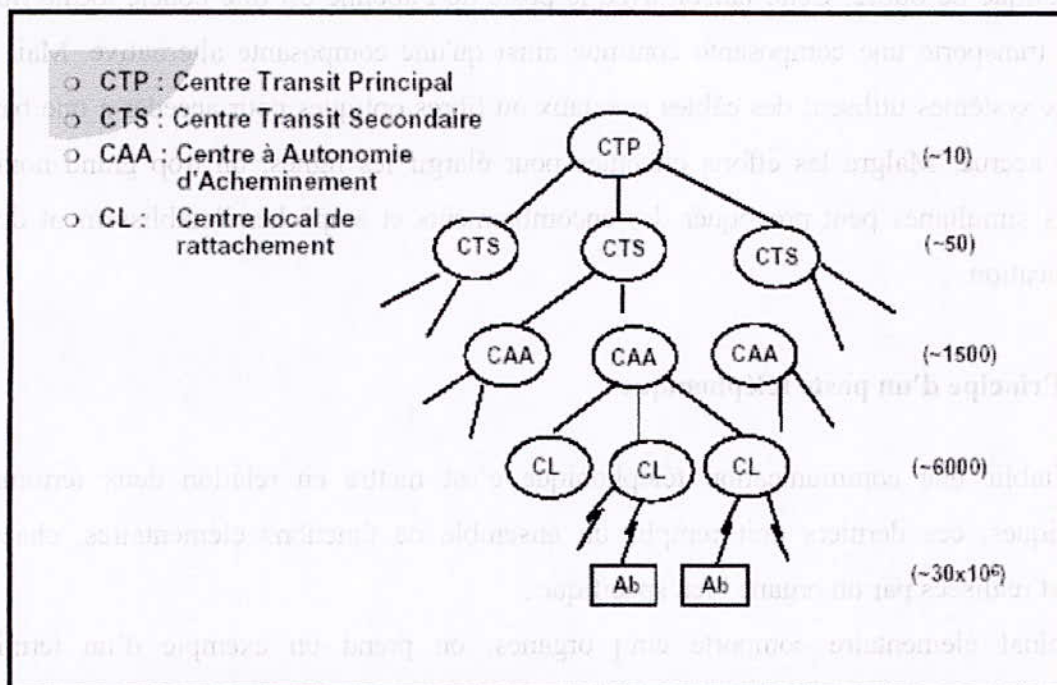


Figure I-2 : Organisation administrative du réseau RTC

- Un **centre à autonomie d'acheminement** (CAA) est un autocommutateur capable d'aiguiller les communications qui lui arrivent dans plusieurs directions, c'est-à-dire sur plusieurs faisceaux de circuits sortants. Un tel centre peut être raccordé aux abonnés par des unités de commutation distantes, appelés **centres locaux**, assurant une concentration du trafic mais n'ayant pas d'autonomie d'acheminement.
- Une **zone urbaine** (ZU) est une zone à forte densité de population où il existe un sous réseau dessiné à l'acheminement des communications propres à cette zone. l'interface entre ce type de zone et le réseau général peut se faire par un centre nodal [4].
- Le réseau interurbain est constitué de l'ensemble des autocommutateurs qui assure l'interconnexion des différentes ZAA (zone à autonomie d'acheminement) ou ZU entre elles. Il ne commute donc que des circuits téléphoniques sur lesquels il y a un fort taux de trafic.

I-2-2- Etablissement d'une communication téléphonique

Chaque téléphone grand public est généralement connecté à un central RTC par une simple paire de fils de cuivre d'un diamètre d'environ 0,5 mm. Ces câbles ont une impédance caractéristique de 600Ω . Cette liaison avec le poste de l'abonné est dite boucle locale (*local loop*) et transporte une composante continue ainsi qu'une composante alternative. Mais les nouveaux systèmes utilisent des câbles coaxiaux ou fibres optiques pour accéder à une bande passante accrue. Malgré les efforts effectués pour élargir les lignes, un trop grand nombre d'utilisateurs simultanés peut provoquer des encombrements et empêcher l'établissement d'une communication.

I-2-2-1-Principe d'un poste téléphonique

Etablir une communication téléphonique c'est mettre en relation deux terminaux téléphoniques, ces derniers doivent remplir un ensemble de fonctions élémentaires, chacune d'elles est réalisée par un organe bien spécifique .

Un terminal élémentaire comporte cinq organes, on prend un exemple d'un terminal téléphonique S63

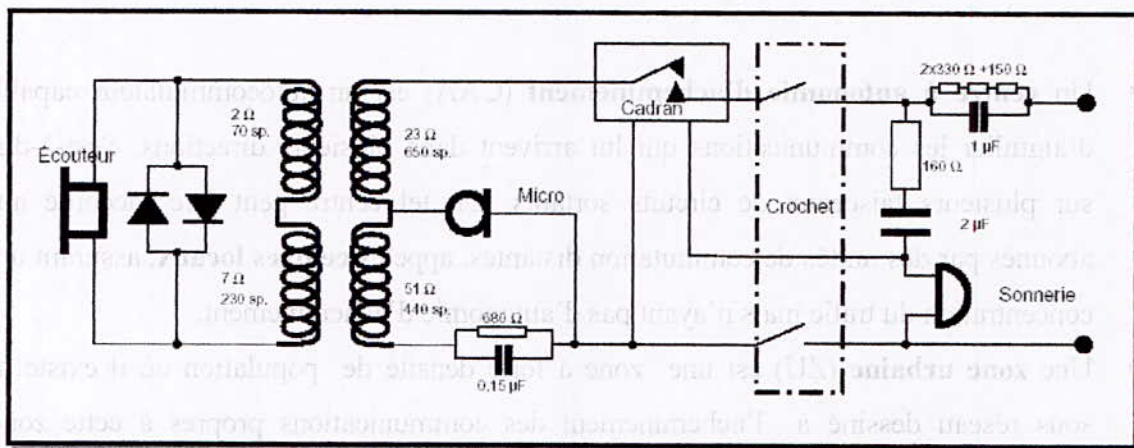


Figure I-3 : La structure du circuit d'un terminal classique .

- les crochets : c'est un support sur lequel le combiné est posé, une fois soulevé les contacts se ferment, le commutateur de rattachement détecte le courant et en déduit que l'abonné désire entrer en communication. De même, lors du raccrochage, le commutateur détecte l'ouverture de la boucle de courant.

- Le micro ou capteur: c'est une membrane qui par ses vibrations, sous l'effet de la pression acoustique (voix), fait varier la résistance interne du micro, les variations de résistances entraînent des variations du courant dans la boucle de courant. Ce sont ces variations, proportionnelles à la pression sur la membrane (voix), qui constituent le signal analogique de voix transmis, après numérisation, à l'utilisateur distant.
- Un cadran, celui-ci en provoquant l'ouverture de la boucle de courant (exemple : numérisation décimale) envoie les impulsions au commutateur. Celles-ci seront interprétées et permettent d'identifier l'appelé.
- Une sonnerie : alimentée en 50 Hz, alerte l'abonné distant et l'invite à décrocher, c'est le commutateur de rattachement qui envoie le signal 50 Hz lors d'un appel.

I-2-2-2- La mise en relation Usager à Usager

Avant de traiter les différentes phases d'un appel, on va d'abord donner quelques définitions des différents types d'appels traités par un commutateur.

Dans un commutateur universel, on peut distinguer quatre types d'appels. On peut les illustrer par un schéma explicite.

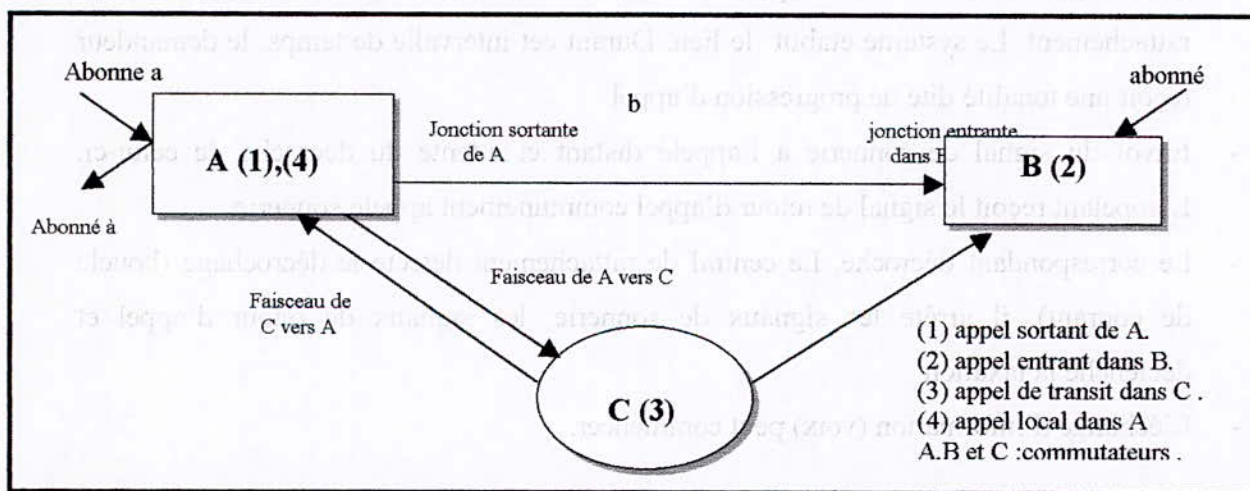


Figure I-4 : Les différents types d'appels.

- **Appel sortant :** Pour le commutateur A, c'est un appel de départ, émis par l'abonné a qui lui est raccordé à une destination d'un abonné b raccordé à un commutateur distant B. A devra relier la ligne d'abonné appelante à une jonction vers le commutateur B ou un commutateur de transit C.

- **Appel entrant** : Dans les mêmes conditions, pour le commutateur B, l'appel est dit entrant ou d'arrivée.
- **Appel de transit** : Un appel de transit est un appel reçu sur une jonction, n'est pas à destination d'un abonné raccordé au même commutateur. Donc c'est relation entre jonction entrante et une jonction sortante.
- **Appel local** : C'est un appel émis par un abonné raccordé sur un commutateur A à destination d'un autre abonné raccordé au même commutateur.

La mise en relation de deux abonnés répond à un protocole qui organise le dialogue entre les terminaux d'utilisateur et le réseau. Elle comporte deux ensembles de mécanisme, un correspond à un échange d'information hors communication destiné à établir celle-ci ou à libérer les ressources, l'autre est la communication téléphonique proprement dite. Les phases d'un appel est représentées par le figure I-3.

- Décrochage du combiné, détection de la boucle de courant, envoi de la tonalité d'invitation à numéroté (signal à 440 Hz).
- Numérotation, le numéro composé est mémorisé et décodé par le commutateur de rattachement. Le système établit le lien. Durant cet intervalle de temps, le demandeur reçoit une tonalité dite de progression d'appel.
- Envoi du signal de sonnerie à l'appelé distant et attente du décroché de celui-ci. L'appelant reçoit le signal de retour d'appel communément appelé sonnerie.
- Le correspondant décroche. Le central de rattachement détecte le décrochage (boucle de courant), il arrête les signaux de sonnerie, les signaux de retour d'appel et déclenche la taxation.
- L'échange d'information (voix) peut commencer.

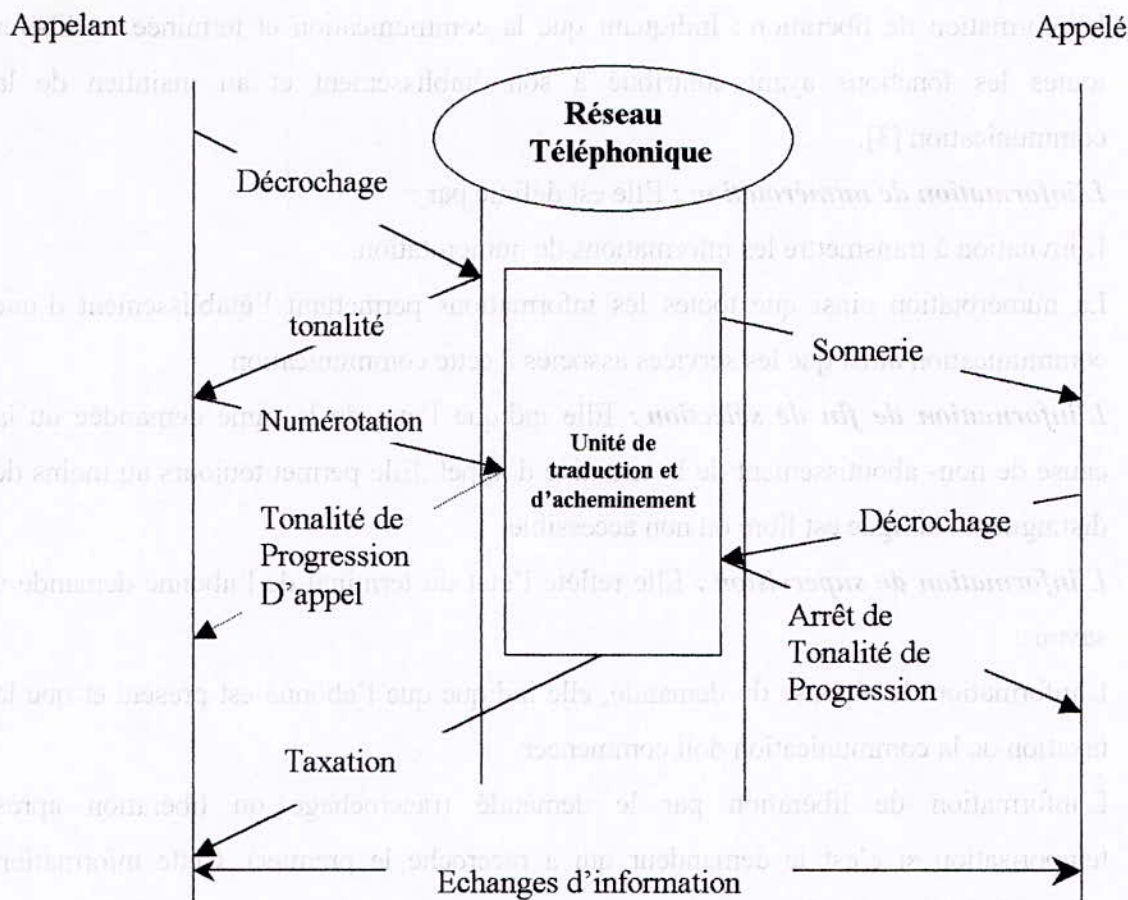


Figure I-5 : L'ouverture de la boucle de courant

I-2-2-3- Les modes de signalisation RTC

Un autocommutateur téléphonique agit en fonction des demandes qui lui sont faites à distance, soit par des postes ou terminaux d'abonnés, soit par des autres autocommutateurs distants.

L'établissement des communications nécessite donc des échanges d'informations entre autocommutateur et son environnement extérieur. Selon qu'il s'agit de relation entre autocommutateur et les abonnés directement ou sur une jonction entre deux autocommutateurs, ces échanges d'informations sont de types différents. L'ensemble des procédures qui régissent ces échanges est appelé signalisation téléphonique [4].

I-2-2-3-1- Les informations de signalisation

On peut classer les principales informations à transmettre en téléphonie en quatre groupes

- **L'information de l'état des liaisons :** Concernant les liaisons participant à une commutation on a :

- L'information de prise : Informant l'autocommutateur de se mettre en position de recevoir la numérotation.
- L'information de libération : Indiquant que la communication est terminée, et libérer toutes les fonctions ayant contribué à son établissement et au maintien de la communication [3].
- **L'information de numérotation** : Elle est définie par :
 - L'invitation à transmettre les informations de numérotation.
 - La numérotation ainsi que toutes les informations permettant l'établissement d'une communication ainsi que les services associés à cette communication.
- **L'information de fin de sélection** : Elle indique l'état de la ligne demandée ou la cause de non- aboutissement de la tentative d'appel .Elle permet toujours au moins de distinguer si la ligne est libre ou non accessible.
- **L'information de supervision** : Elle reflète l'état du terminal de l'abonné demandé à savoir :
 - L'information de réponse du demandé, elle indique que l'abonné est présent et que la taxation de la communication doit commencer.
 - L'information de libération par le demandé (raccrochage ou libération après temporisation si c'est le demandeur qui a raccroché le premier). Cette information permet de libérer complètement la communication.

I-2-2-3-2-Les types de signalisation

On distingue deux types de signalisation :

- La signalisation d'abonné.
- La signalisation réseau.

➤ La signalisation d'abonné

Dans les réseaux téléphoniques automatiques, la puissance nécessaire au fonctionnement du terminal téléphonique est fournie par l'autocommutateur à travers la lignes de raccordement, est parcourue par un courant continue de quelques dizaines de milliampères. Cette caractéristique est largement mise à profit pour transmettre les principaux signaux échangés sur la ligne d'abonné appelante ou appelée [3].

▪ **numérotation au cadran**

La numérotation au cadran utilise les variations du courant de ligne provoquées par le décrochage ou le raccrochage du crochet de l'abonné, pour les informations de prise, de supervision et de libération. Par contre pour la numérotation, ce sont les impulsions formées par les ruptures calibrées de l'alimentation de ligne sous action mécanique sur le cadran de numérotage.

Ceci permet à l'autocommutateur de distinguer les chiffres successifs transmis par le poste téléphonique. Ce mode de numérotation est relativement lent puisqu'il permet au mieux, de transmettre en moyenne 1 chiffre par seconde. Enfin, il ne permet pas de transmettre d'information autre que les dix chiffres 0 à 9.

▪ **Numérotation au clavier multifréquence :**

L'évolution de la technologie, nous a amené à la signalisation multifréquence. Dans ce type de signalisation les informations de prise, de supervision et de libération c'est toujours le courant de ligne d'abonné qui permet de les transmettre. En revanche, pour les signaux de numérotation, chaque action sur le clavier permet d'envoyer deux fréquences, dans la bande du signal téléphonique; ainsi on va avoir 16 signaux distincts qui correspondent aux 10 chiffres (0 - 9), et à 6 signaux additionnels permettant de donner des commandes particulières à l'autocommutateur pour le traitement de services supplémentaires. Le schéma qui va suivre illustre le codage des touches du clavier avec leurs fréquences.

	1209 Hz	1336 Hz	1477 Hz	1633 Hz
697 Hz	1	2	3	A
770 Hz	4	5	6	B
852 Hz	7	8	9	C
941 Hz	*	0	#	D

Figure I-6 : Numérotation au clavier.

➤ **La signalisation réseau**

La signalisation réseau permet les échanges d'information entre les commutateurs et plus largement entre les divers nœuds d'un réseau de communication.

L'information de signalisation dans ce cas est transmise sur le même chemin physique que la conversation téléphonique, elle utilise soit la bande de fréquences réservées à la transmission

de la parole, soit un support de transmission indépendant associé néanmoins à la voie de conversation d'où l'appellation signalisation voie par voie. Dans le premier cas, on dit que la signalisation est «dans la bande», dans le second, qu'elle est «hors bande». Cela implique que le commutateur ait accès à chaque voie par des équipements plus en moins décentralisés. De même que la signalisation abonné, la signalisation réseau a connue la même évolution, à titre d'exemple on citera les deux principales formes de signalisation voie par voie :

- Signalisation décimale.
- Signalisation multifréquence Socotel.

I-2-3-La téléphonie d'entreprise

I-2-3-1- Généralités

Un autocommutateur privé de téléphonie, **PABX** (*Private Automatic Branch eXchange*) est l'interface entre le service de téléphonie 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. La variété des services offerts par les PABX conduit à les intégrer de plus en plus aux systèmes d'information de l'entreprise.

La téléphonie d'entreprise reste organisée autour d'un PABX—sur lequel sont raccordés une grande variété de terminaux, téléphoniques ou autre, ainsi que des serveurs d'application complémentaire de la téléphonie (messagerie, distribution automatique d'appels, serveur vocal interactif...). L'extension des services est souvent assurée par une plateforme informatique couplée au PABX selon le concept CTI (Computer Telephony Integration). Cette extension peut porter sur des services purement téléphoniques ou encore sur des services de gestion, mais surtout sur des associations entre services vocaux et applications informatiques ; elle constitue une première réponse à un besoin de plus en plus important d'intégration des applications à base de voix, de données et d'images, dont la généralisation du transport IP, doivent permettre de répondre plus facilement.

I-2-3-2- Architecture générale

Les PABX classiques sont des commutateurs numérique dont l'architecture, bâtie autour d'un réseau de connexion numérique à 64Kbit/s, comporte les éléments suivants :

1. *les raccordements filaires de terminaux téléphoniques.* Les postes téléphoniques analogiques utilisés avant l'avènement du numérique ont fait à des signalisations de type décimal puis à fréquence vocales DTMF (Dual Tone Multifrequency). Aujourd'hui, ces postes constituent l'entrée de gamme des offres constructeurs alors que des services plus évolués ont été développés sur des terminaux numériques dont les interfaces débit, signalisation sont presque toujours propriétaires.
2. *les raccordements radio de terminaux téléphonique.* la téléphonie mobile d'entreprise s'appuie en Europe le plus souvent sur la norme DECT. Les terminaux communiquent avec des bases d'émission -réception raccordées au PABX dans lequel sont intégrées les cartes d'interfaces radio et assurées les fonctions liées à la mobilité des terminaux (localisation, gestion du « handever », etc). dans certains cas, les fonctions de contrôle des stations de base sont assurées par un module externe au PABX.

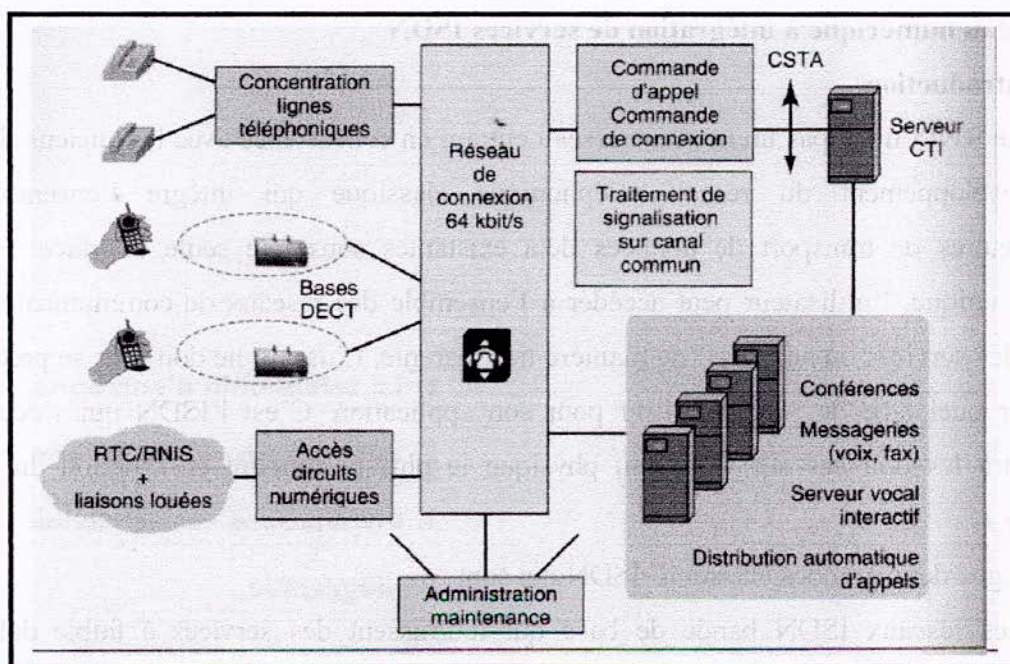


Figure I-7 : L'architecture d'un PABX

3. *les raccordements d'accès au réseau téléphoniques public commutés.* Bien qu'il existe encore des raccordements PABX aux réseaux publics sous forme analogique, la plus part de ces raccordements se font en numérique par des multiplex primaire (EI/TT) pour les plus grosses installations et des accès de base RNIS pour les installations de petites et moyenne capacité. Sur les succès numériques, la signalisation est de type canal commun et répond à la norme Q.931 (protocole D) des accès RNIS.
4. *un module de commande qui assure la commande des appels de base et divers compléments de service de filtrage, renvois, etc., traditionnels en téléphonie d'entreprise ainsi que la commande des connexions.*
5. *un module d'administration et de maintenance qui regroupe les fonctions de configurations et de gestion des fautes, des performances et de sécurité ainsi que la gestion des coûts (remontée des relevés de taxation Call Detail Record)*

I-2-3-3- Compléments autour du PABX

Divers compléments sont progressivement apparus autour des PABX traditionnels pour enrichir la palette de services téléphoniques et para-téléphoniques : CTI, serveur vocal interactif, distributions automatique des appels.

I-3- Réseau numérique à intégration de services ISDN

I-3-1- Introduction

Le RNIS n'est pas un nouveau réseau entrant en concurrence avec les anciens. Il s'agit d'un développement du réseau téléphonique classique qui intègre l'ensemble des infrastructures de transport de données déjà existantes sous une seule interface. Par une interface unique, l'utilisateur peut accéder à l'ensemble des réseaux de communication (vus comme des services ou supports) de manière transparente. L'utilisateur ne doit plus se préoccuper de savoir quel type de réseau utiliser pour son application. C'est l'ISDN qui s'occupe de transmettre les données sur le réseau physique le plus performant en fonction du service demandé.

On distingue deux grandes classes d'ISDN qui sont :

- Les réseaux ISDN bande de base qui fournissent des services à faible débit : de 64Kbps à 2Mbps.
- Les réseaux RNIS large bande pour les services à haut débit : de 10Mbps à 622Mbps.

Union International des télécommunication : (ITU) le définit dans son livre bleu comme étant : « Un réseau Numérique à Intégration de Services est un réseau développé en général à partir d'un réseau téléphonique numérisé, qui autorise une connectivité numérique de bout en bout assurant une large palette de services, vocaux ou non, auxquels les usagers ont accès par un ensemble limité d'interfaces polyvalentes »

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

- Les connexions sont numériques d'une extrémité à l'autre (de bout en bout).
- RNIS définit un jeu de protocoles d'interface utilisateur/réseau standard. De cette façon, tous les équipements ISDN utilisent les mêmes connexions physiques et les mêmes protocoles de signalisation pour accéder aux services.

I-3-2-Présentation générale du réseau ISDN

Dans un réseau téléphonique analogique, une liaison est sur une paire torsadée de fils de cuivre entre le commutateur central et l'abonné supporté par un canal de transmission unique. Ce canal ne traite qu'un seul service simultanément : la voix ou les données. Avec un Réseau Numérique à Intégration de Services, la même paire torsadée est divisée en plusieurs canaux logiques.

De l'extérieur, le RNIS peut être vu comme l'accès, pour l'utilisateur, à un réseau capable de transmettre tous les types de données. Cependant, si les applications supportées peuvent être très diverses, tous les équipements connectés au ISDN doivent avoir une interface de base commune. Dès lors, il a fallu choisir entre les techniques de commutation de paquets et les techniques de commutation de circuits. Les premières sont très efficaces pour les applications fortement asynchrones et à faible débit (données). Les secondes sont plus aptes à gérer de grands débits entre deux points et des applications exigeant des délais garantis telles que le transport de parole. Un circuit autorise facilement le transport de paquets en bipoints. La transposition d'une application circuit dans un système paquet s'avère par contre beaucoup plus délicate en raison des délais à respecter entre autre. Le choix s'est finalement porté sur une prépondérance des techniques circuits en y ajoutant un aspect paquet faible débit pour les applications très asynchrones.

I-4-Conclusion

La diversité des réseaux de télécommunications, et leurs technologies hétérogènes engendrent des problèmes lourds à gérer du point de vue matériels comme la maintenance et économique pour ISDN.

IL faut disposer d'une équipe technique pour RTC, une autre pour le RNIS et une autre pour l'Internet. L'installation de l'ensemble des réseaux est très coûteux. Donc un choix s'impose aux sociétés. Bénéficier d'un réseau ou d'un autre est la question qui se pose.

Ainsi l'idée d'unir l'ensemble des réseaux en un seul a conduit les experts à intégrer la voix et les services dans le réseau le plus étendu qui est l'Internet d'où la téléphonie sur IP.

Chapitre II : La téléphonie sur IP

II-1-Historique

C'est en 1969 que l'agence américaine **D.A.R.P.A.** (Defense Advanced Research Projects Agency) lança le projet de développer un réseau expérimental, à commutation de paquets : **ARPANET**. Ce réseau eut tellement de succès que la majeure partie des organisations qui y étaient rattachées débutèrent à l'utiliser quotidiennement. Ainsi en 1972 on pouvait assister à une démonstration d'**ARPANET** reliant 50 sites, utilisant 20 commutateurs, basé sur **NCP**, ancêtre de **TCP**. Cette même année commença le début des spécifications du protocole **TCP/IP** pour **ARPANET**. Dès 1980, **TCP/IP** est inclu comme protocole standard de communication, mais ce n'est qu'en 1983 que **TCP** remplaça officiellement **NCP** pour **ARPANET**. En même temps le nom d'**Internet** passa dans le langage courant pour désigner la totalité du réseau **ARPANET** et **MILNET** du **DDN** (Defence Data Network).

En 1990 le terme de **ARPANET** fut abandonné et céda la place à **Internet** qui représente de nos jours l'ensemble des réseaux internationaux reliés par le protocole **TCP/IP**. Le succès de ce réseau est tel que le nombre de machines connectées connaît actuellement une croissance exponentielle. Ainsi en 1981, seulement 213 machines étaient enregistrées sur **Internet**, en 1989 on en dénombrait 80 000. En octobre 1990 le chiffre de 313 000 était atteint et trois mois plus tard, en janvier 1991, le nombre de machines alors connectées dépassait les 376 000. Un an plus tard, au mois de janvier 1992, ce nombre avait presque doublé pour atteindre les 727 000 machines. On imagine actuellement le grand nombre de machines enregistrées à **Internet**.

II-2-Architecture générale d'un réseau

II-2-1-Le modèle d'OSI

Le but des réseaux est de faire communiquer plusieurs ordinateurs ensemble. Si les hommes communiquent entre eux grâce aux différentes langues, les ordinateurs utilisent différents protocoles. Les communications sont souvent internationales, et comme pour les hommes, il n'existe pas de protocole universel.

Certains sont plus utilisés que d'autres, il en existe cependant un très grand nombre, chacun cherchant à imposer sa propre norme, cependant le besoin d'interopérabilité des produits, la normalisation est plus que nécessaire, ainsi l'**ISO** (International Standards

Organisation), organisme dépendant de l'ONU et composé de 140 organismes nationaux de normalisation, a développé un modèle de référence appelé **modèle OSI** (Open System Interconnections). Ce modèle décrit les concepts utilisés et la démarche suivie pour normaliser l'interconnexion de **systèmes ouverts** (un réseau est composé de systèmes ouverts lorsque la modification, l'adjonction ou la suppression d'un de ces systèmes ne modifie pas le comportement global du réseau).

Au moment de la conception de ce modèle, la prise en compte de l'hétérogénéité des équipements était fondamentale. En effet, ce modèle devait permettre l'interconnexion avec des systèmes hétérogènes pour des raisons historiques et économiques. Il ne devait en outre pas favoriser un fournisseur particulier. Enfin, il devait permettre de s'adapter à l'évolution des flux d'informations à traiter sans remettre en cause les investissements antérieurs. Cette prise en compte de l'hétérogénéité nécessite donc l'adoption de règles communes de communication et de coopération entre les équipements, c'est à dire que ce modèle devait logiquement mener à une normalisation internationale des protocoles.

- **Un protocole** est une description formelle de règles et de conventions à suivre dans un échange d'informations, que ce soit pour acheminer les données jusqu'au destinataire ou pour que le destinataire comprenne comment il doit utiliser les données qu'il reçoit.

II-2-1-1 Les différentes couches du modèle

Le modèle OSI comporte 7 couches :

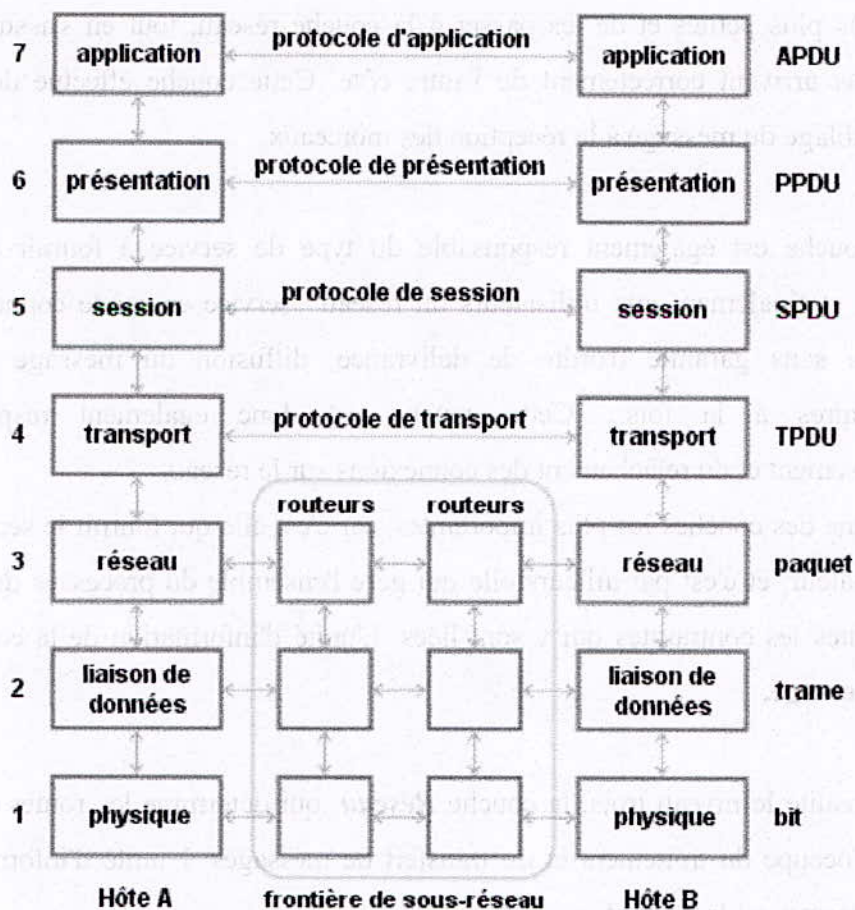


Figure II-1 : Le modèle d'OSI.

- Le septième niveau, la couche **Application** : Cette couche est le point de contact entre l'utilisateur et le réseau. C'est donc elle qui va apporter à l'utilisateur les services de base offerts par le réseau.
- Le sixième niveau, la couche **Présentation** : Cette couche s'intéresse à la syntaxe et à la sémantique des données transmises : c'est elle qui traite l'information de manière à la rendre compatible entre tâches communicantes. Elle va assurer l'indépendance entre l'utilisateur et le transport de l'information.
- Le cinquième niveau, la couche **Session** : Cette couche organise et synchronise les échanges entre tâches distantes et s'occupe de l'établissement, de la gestion et de la coordination des communications.
- Le quatrième niveau, la couche **Transport** : Cette couche est responsable du bon acheminement des messages complets au destinataire. Le rôle principal de la couche transport est de prendre les messages de la couche session, de les découper s'il le faut

en unités plus petites et de les passer à la couche réseau, tout en s'assurant que les morceaux arrivent correctement de l'autre côté. Cette couche effectue donc aussi le réassemblage du message à la réception des morceaux.

Cette couche est également responsable du type de service à fournir à la couche session, et finalement aux utilisateurs du réseau : service en mode connecté ou non, avec ou sans garantie d'ordre de délivrance, diffusion du message à plusieurs destinataires à la fois... Cette couche est donc également responsable de l'établissement et du relâchement des connexions sur le réseau.

C'est l'une des couches les plus importantes, car c'est elle qui fournit le service de base à l'utilisateur, et c'est par ailleurs elle qui gère l'ensemble du processus de connexion, avec toutes les contraintes qui y sont liées. L'unité d'information de la couche réseau est le **message**.

- Vient ensuite le niveau trois, la couche **Réseau**, qui détermine les routes de transport et qui s'occupe du traitement et du transfert de messages. L'unité d'information de la couche réseau est le **paquet**.
- Le niveau deux, la couche **Liaison** de données : Son rôle est un rôle de "liant" : elle va transformer la couche physique en une liaison a priori exempte d'erreurs de transmission pour la couche réseau. Elle fractionne les données d'entrée de l'émetteur en **frames**, transmet ces trames en séquence et gère les trames d'acquiescement renvoyées par le récepteur. De manière générale, un rôle important de cette couche est la détection et la correction d'erreurs intervenues sur la couche physique. Cette couche intègre également une fonction de contrôle de flux pour éviter l'engorgement du récepteur. L'unité d'information de la couche liaison de données est la **trame** qui est composée de quelques centaines à quelques milliers d'octets au maximum.
- Le premier niveau, la couche **physique** : s'occupe de la transmission des bits de façon brute sur un canal de communication. Cette couche doit garantir la parfaite transmission des données (un bit 1 envoyé doit bien être reçu comme bit valant 1). Concrètement, cette couche doit normaliser les caractéristiques électriques (un bit 1 doit être représenté par une tension de 5 V, par exemple), les caractéristiques mécaniques (forme des connecteurs, de la topologie...), les caractéristiques

fonctionnelles des circuits de données et les procédures d'établissement, de maintien et de libération du circuit de données. L'unité d'information typique de cette couche est le **bit**, représenté par une certaine différence de potentiel.

A chacun de ces niveaux, on encapsule un en-tête et une fin de trame qui comporte les informations nécessaires en suivant les règles définies par le protocole utilisé. Sur le schéma ci dessous, la partie qui est rajoutée à chaque niveau est la partie sur fond blanc. La partie sur fond grisé est celle obtenue après encapsulation du niveau précédent. La dernière trame, celle qu'on obtient après avoir encapsulé la couche physique, est celle qui sera envoyée sur le réseau comme le montre la figure II-2.

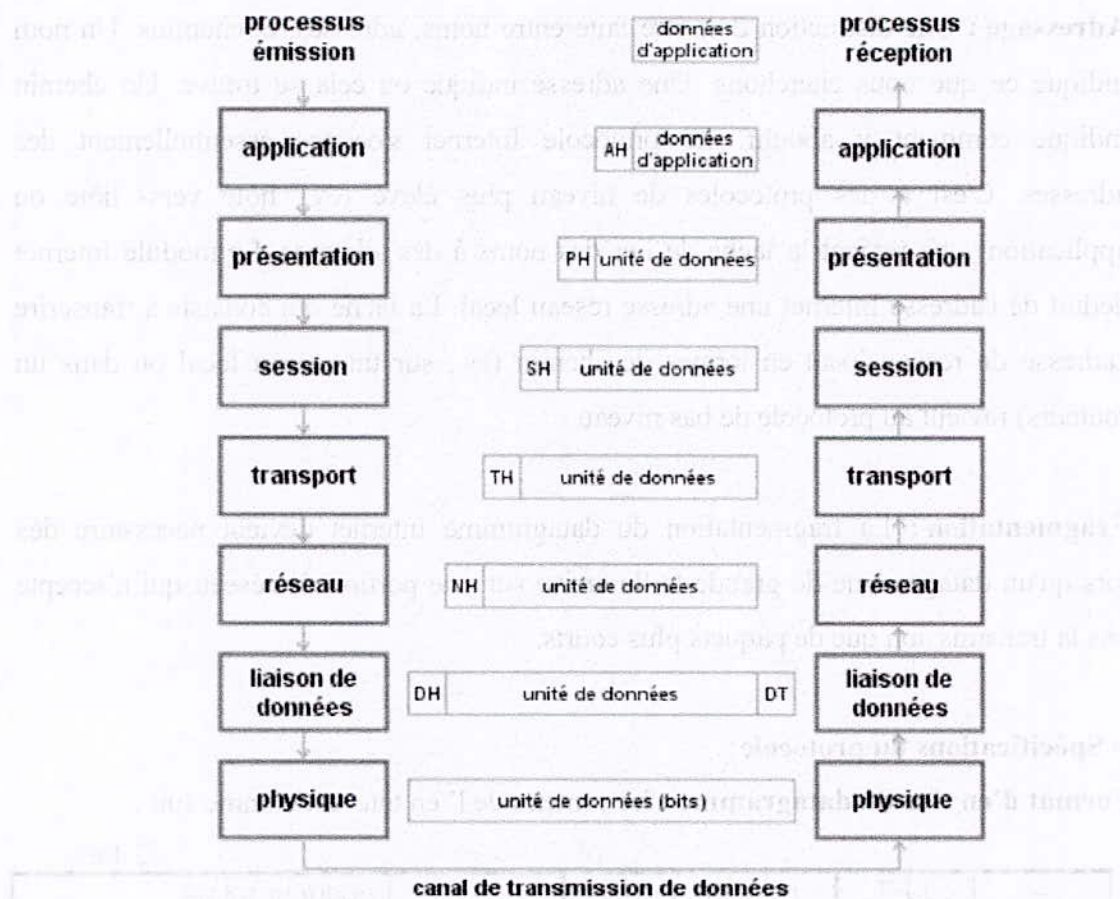


Figure II-2 : Transmission de données au travers du modèle OSI.

II-2-2-Le protocole IP

II-2-2-1- Description fonctionnelle

La fonction ou rôle du Protocole Internet est d'acheminer les datagrammes à travers un ensemble de réseaux interconnectés. Ceci est réalisé en transférant les datagrammes d'un

module Internet à l'autre jusqu'à atteindre la destination. Les modules Internet sont des programmes exécutés dans des hôtes et des routeurs du réseau Internet. Les datagrammes sont transférés d'un module Internet à l'autre sur un segment particulier de réseau selon l'interprétation d'une adresse Internet. De ce fait, un des plus importants mécanismes du protocole Internet est la gestion de cette adresse Internet [6].

Lors de l'acheminement d'un datagramme d'un module Internet vers un autre, les datagrammes peuvent avoir éventuellement à traverser une section de réseau qui admet une taille maximale de paquet inférieure à celle du datagramme. Pour surmonter ce problème, un mécanisme de fragmentation est géré par le protocole Internet.

- **Adressage :** Une distinction doit être faite entre noms, adresses, et chemins. Un nom indique ce que nous cherchons. Une adresse indique où cela se trouve. Un chemin indique comment y aboutir. Le protocole Internet s'occupe essentiellement des adresses. C'est à des protocoles de niveau plus élevé (ex., hôte vers- hôte ou application) que revient la tâche de lier des noms à des adresses. Le module Internet déduit de l'adresse Internet une adresse réseau local. La tâche qui consiste à transcrire l'adresse de réseau local en termes de chemin (ex., sur un réseau local ou dans un routeurs) revient au protocole de bas niveau.
- **Fragmentation :** La fragmentation du datagramme Internet devient nécessaire dès lors qu'un datagramme de grande taille arrive sur une portion de réseau qui n'accepte pas la transmission que de paquets plus courts.

II-2-2-2- Spécifications du protocole

- **Format d'en tête du datagramme :** Le contenu de l' en tête est comme suit :

0	16	32 bits
Ver.	LET	Type de service
Identification		Longueur totale
Durée de vie	Flags	Fragment Offset
Protocole		Checksum d'en-tête
Adresse source		
Adresse destination		
Option + Bourrage		
Data		

- Le champ Version de 4 bits renseigne sur le format de l'en-tête Internet.

- Le champ Longueur d'En-Tête (LET) code la longueur de l'en-tête Internet, l'unité étant le mots de 32 bits, et de ce fait, marque le début des données.
- Le Type de Service de 8 bits, donne une indication sur la qualité de service souhaitée, qui reste cependant un paramètre "abstrait".
- Le champ "Longueur Totale" de 16 bits, donne la longueur du datagramme entier y compris en-tête et données, mesurée en octets.
- Une valeur d'identification de 16 bits, assignée par l'émetteur pour identifier les fragments d'un même datagramme.
- Fragment Offset de 13 bits indique le décalage du premier octet du fragment par rapport au datagramme complet. Cette position relative est mesurée en blocs de 8 octets (64 bits). Le décalage du premier fragment vaut zéro.
- Durée de vie de 8 bits permet de limiter le temps pendant lequel un datagramme reste dans le réseau.
- Protocole de 8 bits indique quel protocole de niveau supérieur est utilisé dans la section données du datagramme Internet. Les différentes valeurs admises pour divers protocoles sont listée dans la RFC "Assigned Numbers" [rfc1060].
- Un Checksum de 16 bits calculé sur l'en-tête uniquement. Comme certains champs de l'en-tête sont modifiés (ex., durée de vie) pendant leur transit à travers le réseau, ce Checksum doit être recalculé et vérifié en chaque point du réseau où l'en-tête est réinterprété.
- Adresse source de 32 bits est l'adresse Internet de la source.
- Adresse destination de 32 bits est l'adresse Internet du destinataire.
- Options de bits variable: Les datagrammes peuvent contenir des options. Celles-ci doivent être implémentées par tous les modules IP (hôtes et routeurs). Le caractère "optionnel" concerne leur transmission, et non leur implémentation.

Un réseau s'appuyant sur le protocole IP se caractérise par :

- Etablissement d'une connections en mode non connecté et il y a pas un chemin dédié à la communication.
- Pas de réservation de ressources et d'acquittement.
- Il n'effectue aucun contrôle de congestion et les paquets subissent des pertes.
- L'interconnexions des réseaux simples est naturelles.

- En résumé on peut dire que le réseau IP est un réseau robuste, universel et un système intelligent .

II-2-3- La voix dans un réseau de données

Le système vocal est complexe et basé sur des ondes sonores de fréquences différentes. Le spectre des fréquences perçues par l'oreille humaine s'étale de 100 Hz à 20 kHz. Cette fourchette est, cependant, à réduire si l'on veut distinguer les fréquences utiles des fréquences audibles. En effet, la quasi-totalité d'un message sonore est compréhensible dans la fourchette 300-3400 Hz. Cette dernière correspond, d'ailleurs, à celle utilisée par le téléphone standard.

Une conversation entre deux personnes respecte deux principes : intelligibilité et interactivité. Couper la parole à quelqu'un ne se fait pas, mais c'est un gage d'interactivité et de dialogue. En terme de transmission numérique, cela se traduit par le terme duplex. Une conversation full duplex assure cette interactivité car chaque locuteur peut parler en même temps, ce qui arrive quand deux personnes parlent de leur propre expérience sans s'écouter... Un mode half duplex induit une conversation unidirectionnelle.

Pour arriver à un niveau de qualité, il est nécessaire d'analyser les problèmes rencontrés sur le réseau de transport (IP dans notre cas) et sur les équipements terminaux.

Le réseau IP à la base, n'était pas conçu pour les applications temps réels. Transporter la voix sur ces réseaux engendre alors des problèmes l'ors de la transmission qui sont :

- **Le délai ou latence :** C'est le temps que met la voix entre le moment où elle est émise par les cordes vocales et le moment où le tympan du destinataire se met à vibrer à l'autre bout de la « ligne ». Afin de garantir une communication active, il ne doit pas dépasser les 150 ms [10]. Ce temps comprend le délai réseau (retard engendré par la propagation sur le support, la commutation et le séjour dans les files d'attente des routeurs, au séjour dans les tampons de compensation de gigue etc.) et des terminaux (temps de numérisation, de codage, de compression, de mise en paquet, de transmission, de décompression, de conversion numérique analogique, etc).

Tableau II-1 : Classes de qualité UIT-T pour les retards de transmission.

Classes 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).

- **La gigue** : C'est la variation de la latence. Dans une transmission par paquet, les routes utilisées ne sont pas les mêmes en fonction des paquets. Les routages se font de manière dynamique. Il n'est pas rare que des paquets prennent des routes différentes et que certains arrivent avant d'autre. Cet écart ne doit pas dépasser les 100 ms.
- **La perte des paquets** : Afin de pouvoir assurer un temps de latence minimal, il est nécessaire que l'on ne perde pas de temps à réémettre des paquets perdus. Le protocole TCP a donc été écarté au profit du protocole UDP qui ne gère pas les demandes d'acquiescement et de retransmission de paquets perdus ou erronés. C'est ce qu'on appelle un protocole sans correction d'erreur. Mais dans un souci de qualité, il est tout de même préférable que le taux de perte n'excède pas les 20%.
- **L'écho** : Il résulte du passage d'une transmission dans un tronçon analogique (le reste étant numérique). Il est causé par un changement d'impédance. Il s'agit d'un phénomène électrique que les passerelles doivent tant bien que mal gérer et qui ne doit pas dépasser les 50 ms.
- **La bande passante** : La voix nécessite un débit de 64kb/s. En la compressant, on peut réduire ce débit à 5kb/s. Cela s'accompagne d'un abaissement de la qualité et d'une augmentation du temps de latence dû au rajout de la compression/décompression.

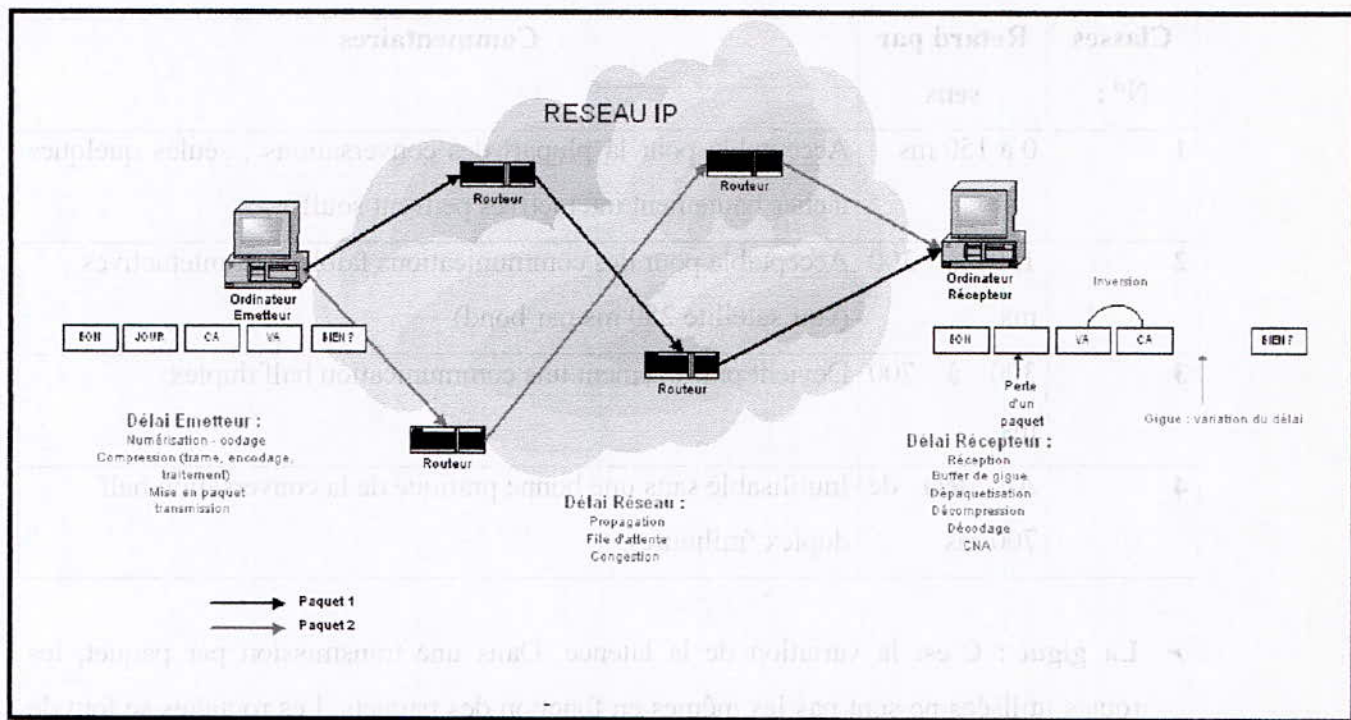


Figure II-3 : Illustration des différents problèmes liés à IP.

II-2-4-Les divers protocoles associés à IP dans le concept de la téléphonie

A fin de contourner les divers problèmes de la voix sur IP liés au réseau IP, l'UIT a publiée des recommandations dont le but est d'unifier l'architecture et de rendre le service Téléphonie sur IP mature .

Dans ses recommandations elle, spécifie les divers protocoles associés au protocole IP qui sont :

- **TCP** : Assure le transport des données de signalisation.
- **UDP** : Assure le transport des données de contrôle.
- **RTP/RTCP** : Assure le transport des flux média (voix, image) en temps réel.

II-2-4-1- Transmission Control Protocol (TCP)

Le protocole TCP est un protocole de contrôle de transmission, il fait partie de la couche transport du modèle OSI. Il est orienté connexion, c'est à dire, il assure un circuit

virtuel entre les applications utilisateurs. Le protocole TCP établit un mécanisme d'acquittement et de re-émission de paquets manquants. Ainsi, lorsqu'un paquet se perd et ne parvient pas au destinataire, TCP permet de prévenir l'expéditeur et lui réclame de renvoyer les informations non parvenues. Il assure d'autre part un contrôle de flux en gérant une fenêtre de congestion qui module le débit d'émission des paquets. Il permet donc de garantir une certaine fiabilité des transmissions. TCP assure un service fiable et est orienté connexion, cependant il ne convient pas à des applications temps réel à cause des longs délais engendrés par le mécanisme d'acquittement et de retransmission [7].

L'empilement des couches est comme suit :

Niveaux Supérieurs
TCP
IP
Couche Physique

II-2-4-2-Le protocole User Datagram Protocol (UDP)

Le protocole de datagramme utilisateur (UDP) est le protocole de transport sans confirmation. UDP est un protocole simple qui permet aux applications d'échanger des datagrammes sans accusé de réception.

Le traitement des erreurs et la retransmission doivent être effectués par d'autres protocoles. UDP n'utilise ni fenêtrage, ni accusés de réception, il ne reséquence pas les messages, et ne met en place aucun contrôle de flux. Par conséquent, la fiabilité doit être assurée par les, protocoles de couche application.

Les messages UDP peuvent être perdus, dupliqués, remis hors séquence ou arriver trop tôt pour être traités lors de leur réception. UDP est un protocole particulièrement simple conçu pour des applications qui n'ont pas à assembler des séquences de segments. Son avantage est un temps d'exécution court qui permet de tenir compte des contraintes de temps réel ou de limitation d'espace mémoire sur un processeur, contraintes qui ne permettent pas l'implémentation de protocoles beaucoup plus lourds comme TCP.

Dans des applications temps-réel, UDP est le plus approprié, cependant il présente des

faiblesses dues au manque de fiabilité. Des protocoles de transport et de contrôle temps-réel sont utilisés au dessus du protocole UDP pour remédier à ses faiblesses et assurer sa fiabilité. Ces protocoles sont RTP et RTCP et sont détaillés dans le paragraphe suivant.

II-2-4-3- Real Time Protocol /Real Time Control Protocol (RTP/RTCP)

RTP a pour but de fournir un moyen uniforme de transmettre sur IP des données soumises à des contraintes de temps réel, par exemple des flux audio ou vidéo. Sous le nom global RTP on désigne en fait les protocoles RTP et RTCP.

RTP permet d'identifier le type de l'information transportée, d'y ajouter des marqueurs temporels et des numéros de séquence et de contrôler l'arrivée à destination des paquets. RTP n'a pas été conçu pour effectuer des réservations de ressources où contrôler la qualité de service.

RTCP est un protocole de contrôle des flux RTP, permettant de véhiculer des informations basiques sur les participants d'une session, et sur la qualité de service. Pour une application particulière, il peut être nécessaire de compléter RTCP par un autre protocole de contrôle.

II-2-5-La qualité de services QoS dans le réseau IP

La qualité de service est une notion née chez les opérateurs de télécommunication vers 1997. On parle de contrat de niveau de service quand une entreprise exige de son opérateur une haute disponibilité de son réseau. Généralement, la qualité de service correspond à l'ensemble des méthodes ou processus qu'une organisation de services met en oeuvre pour maintenir un niveau de qualité précis. QoS est un ensemble de contraintes que le réseau doit respecter pour offrir un niveau de service approprié à la transmission des données.

L'implémentation de QoS permet aux programmes en temps réel d'utiliser le plus efficacement possible la bande passante du réseau. Comme il garantit des ressources réseau suffisantes, il fournit au réseau partagé un niveau de service similaire à celui d'un réseau privé. Une garantie QoS indique un niveau de service qui permet à un programme de transmettre des données d'une façon acceptable dans un délai raisonnable.

La mise en œuvre d'une solution de voix sur IP au niveau local ne pose pas de lourds problèmes de la qualité de service, étant les hauts débits disponibles sur des interfaces LAN (Ethernet, Fast Ethernet, Gigabit Ethernet, ...). Néanmoins, toutes les préconisations des constructeurs recommandent la mise en œuvre de la gestion de la qualité de service, y compris sur les LANs, en effet même sur un LAN haut débit, des phénomènes de congestion peuvent survenir et produire des variations dans le délai de transmission de paquets voix (micro-coupures dégradant la qualité auditive perçus par les correspondants). Ces congestions surviennent sur les interfaces de concentration des flux, par exemple sur l'interface concentrant les flux de tout un étage vers l'équipement LAN de le pied immeuble ou bien sur l'interface de sortie du LAN vers le réseau WAN.

La qualité de service sur un LAN peut être gérée, au niveau des commutateurs, par des mécanismes de gestion des files d'attente donnant une priorité de traitement aux trames voix.

Le déploiement de la téléphonie sur IP entre sites distants interconnectés par un réseau étendu (WAN) nécessite davantage de précautions. La nature « Best effort » d'IP requiert absolument la mise en place d'une gestion de la qualité de service. Les réseaux WAN actuels supportent en standard les flux temps réel à travers la mise en œuvre de mécanisme de priorisation des flux garantissant des délais de transmission aux paquets voix [8].

II-3-La téléphonie sur IP (ToIP)

La téléphonie sur IP est un service de téléphonie fourni sur un réseau de télécommunications ouvert au public ou privé utilisant principalement le protocole de réseau IP. Cette technologie permet d'utiliser une infrastructure existante de réseau IP pour raccorder des terminaux IP que l'on nomme IP-PHONE, ainsi que des logiciels sur PC raccordés sur le même réseau IP que l'on nomme SOFTPHONE (qui est notre projet).

II-3-1- La voix sur IP (VoIP)

Elle représente le transport de la voix (numérisé par paquets), sur une infrastructure IP (Internet, Réseau LAN privé, etc...), en appliquant le même traitement à ces paquets identifiés « VOIX » que celui appliqué sur les autres types de paquets identifiés « DONNEES ».

La Voix sur IP est une transmission intégrale de la voix analogique entièrement numérisée en mode paquets au format TCP/UDP. Il ne faut pas confondre la Voix sur IP (transport de la voix sur IP), et la Téléphonie sur IP (terminaux et solutions de téléphonie pour l'IP), le principe de la VoIP (Voice Over IP) doit permettre de faciliter le développement d'applications utilisant la voix et d'autres types de données [9].

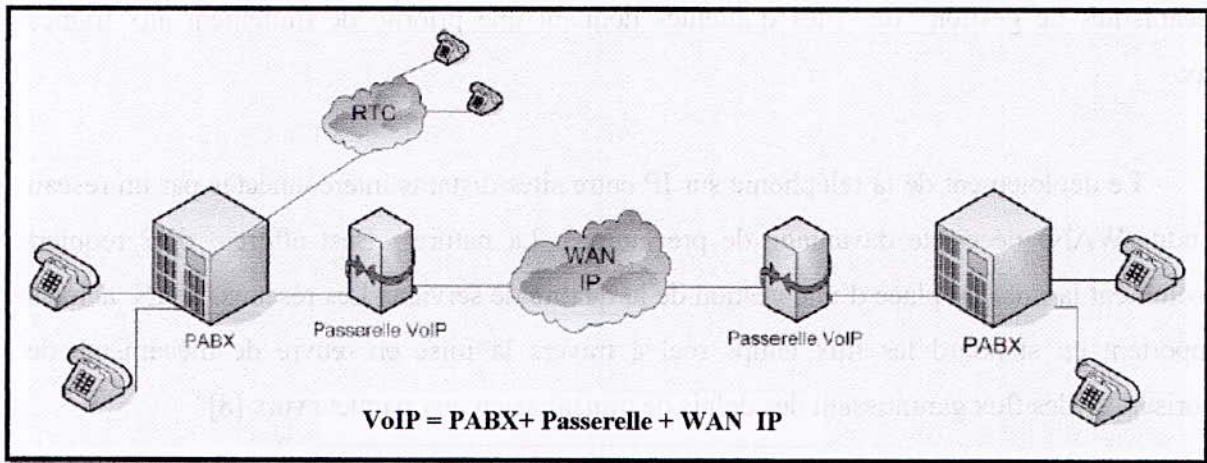


Figure II-4 : Exemple de voix sur IP [8].

II-3-2- La Téléphonie sur IP (ToIP)

La ToIP quant à elle, profite également des réseaux IP mais de bout en bout. En effet, ce sont les terminaux qui sont en charge de convertir la voix en trame IP, ou ajouter la fonction « téléphone » aux ordinateurs connectés sur l'Interne. C'est la fonction d'émulation de téléphone avec portage de la voix sur IP d'un ordinateur à un autre utilisant des logiciels spécifiques (Ex : Ohphone), dans ce cas, le correspondant doit utiliser le même logiciel, ou bien plus évolué pour apporter de nouvelles fonctionnalités : visioconférence, application de travail collaboratif, e-learning, etc.

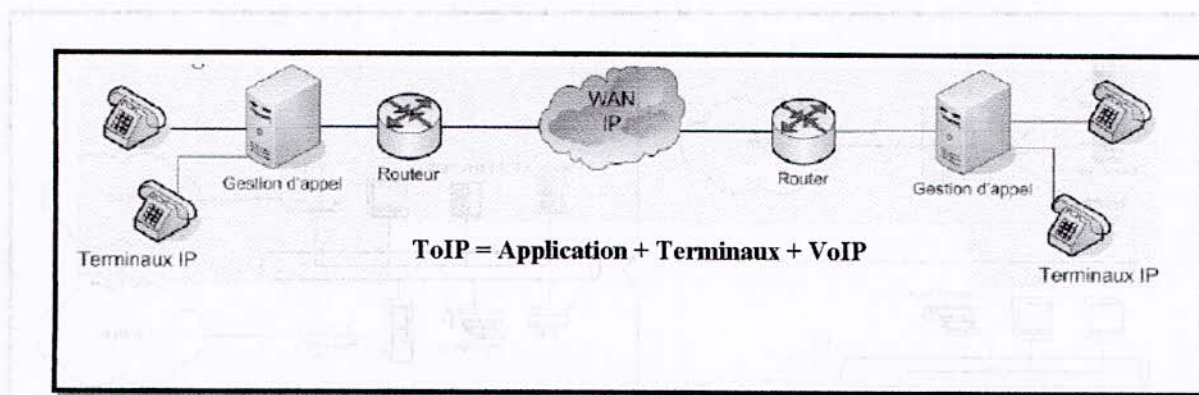


Figure II-5 : Exemple de la téléphonie sur IP [8].

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 WAN, 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 (application). De plus, la téléphonie sur IP utilise jusqu'à dix fois moins de bande passante que la téléphonie traditionnelle, selon les formats de compression utilisés (Codec).

La téléphonie IP n'est donc qu'une simple surcouche de la voix sur IP comme le montre la figure II-5.

II-3-3- Convergence vers un réseau unique

L'objectif est de réunir les deux mondes, Internet et RTC (Réseau Téléphonique Commuté). C'est avec ce type de solution qu'on peut réellement parler d'intégration voix et données, donc une migration vers un réseau unique. Au regard des évolutions technologiques et des offres existantes, la téléphonie apparaît aujourd'hui comme une réalité accessible, prête à être déployée à grande échelle, au sein des entreprises qui disposent des PABX, ou des grands comptes et multinationales. Or l'essentiel pour les entreprises est d'intégrer en répondant à des besoins réels, et non de suivre le mouvement. Sa stratégie de migration tributaire des choix passés, optera ainsi, soit vers l'évolution douce, soit vers le tout IP. Un exemple de migration vers une solution douce qui est un réseau commun.

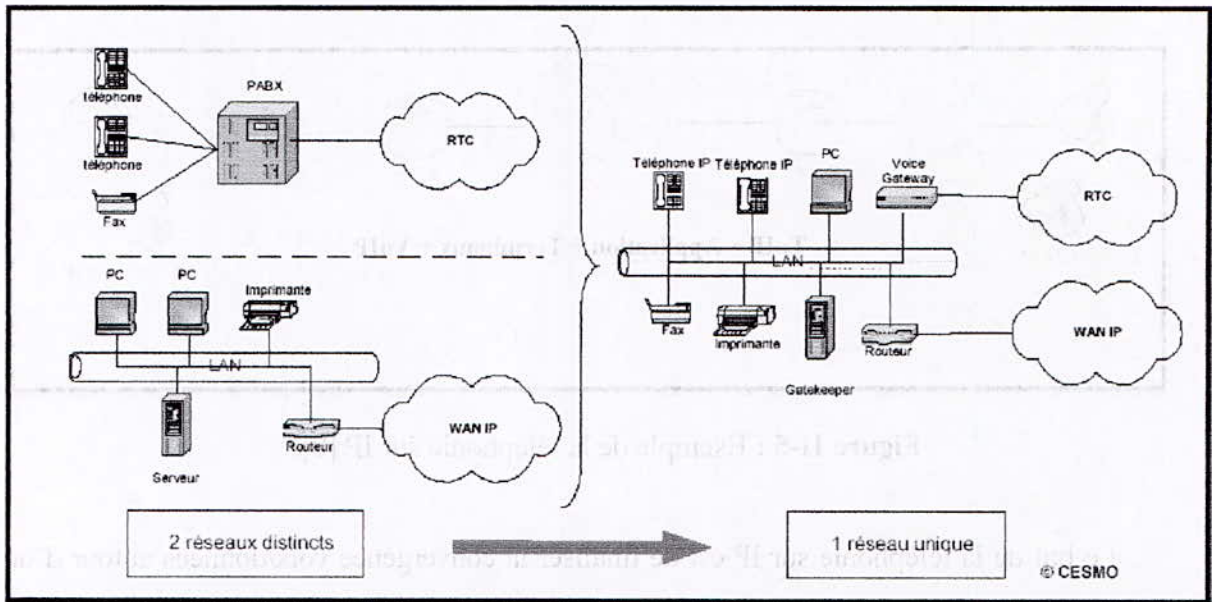


Figure II-6 : Exemple de schéma de convergence de réseau [7].

II-3-4- La Téléphonie sur IP en entreprise

La téléphonie IP s'annonce d'ores et déjà comme un des changements majeurs dans les années à venir en matière de télécommunications d'entreprises. Car, la téléphonie IP représente une véritable révolution technologique, car elle constitue une avancée significative dans la convergence entre les réseaux de téléphonie et les réseaux de données, elle rapproche deux mondes, deux infrastructures, gérés jusqu'à maintenant de manière distincte au sein de l'entreprise [8].

Par rapport à la téléphonie classique, la ToIP 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 de voix et données, phénomène inéluctable à long terme.

Grâce à elle, des gains substantiels peuvent être réalisés :

- centralisation et mutualisation des infrastructures,
- optimisation des ressources humaines dédiées,
- économies d'exploitations et facture télécoms,

- gains en productivité très intéressant pour les entreprises, particulièrement dans le contexte économique de réduction des budgets télécoms.

II-3-4-1-Le marché et les enjeux de la ToIP pour les entreprises

On peut pressentir que la téléphonie sur IP ne s'adresse pas forcément à tout le monde car elle cible la télécommunication en entreprise, ainsi l'entreprise a le choix d'intégrer la ToIP afin de répondre à des réels besoins ou plutôt de suivre le mouvement. La stratégie de migration est tributaire des choix technologiques passés, elle optera soit vers une migration douce (architecture hybride), soit vers une migration complète (la full IP).

On va déterminer quelles sont les raisons qui peuvent pousser les entreprises de mettre en place cette technologie, et quels sont les utilisateurs susceptibles d'adopter la ToIP à court terme ou à long terme.

- Les apports de la ToIP

- **Infrastructure** : L'utilisation d'une infrastructure unique au niveau physique permet de réduire la longueur des câbles en moins de deux fois que dans le cas de deux réseaux distincts. Dans le cas de déploiement sur un nouveau site, il est possible qu'une économie de 33% à 50% sur les coûts de câblage [5].
- **Maîtrise des coûts de communication** : traditionnellement, les communications inter-sites d'une entreprise sont acheminées soit directement via le réseau RTC commuté soit via les lignes privées louées interconnectant les PABX des agences de l'entreprise, dans les deux cas, l'entreprise paie les communications ou elle redevable d'abonnements mensuels assez lourds.

Ainsi la ToIP offre la possibilité de réduire les frais engendrés par la téléphonie classique.

- **Maîtrise des coûts de gestion** : La migration vers la ToIP donne aux entreprises une possibilité d'échapper aux multiples services de maintenance liés à la téléphonie traditionnelle. Les IPBX qui remplacent les PABX sont mandataires de systèmes d'exploitation propriétaire basés sur les standards tels, Linux, Windows ou Unix, ainsi les équipes de maintenances informatiques seront dotées de nouvelles tâches et simplifient le travail des équipes de gestion, cette centralisation autour de l'entreprise est un facteur important dans le choix de l'intégration de la ToIP.

Elle assure aussi la souplesse des déménagement du personnel, sachant que la ToIP offre une portabilité grâce à son adressage logique, ainsi l'avenir du télétravail est garanti par la portabilité de l'adresse IP. Cette souplesse contribue à créer des économies quand on connaît la difficulté de paramétrer les PABX classiques lors de changement de poste.

- Des terminaux évolués : Grâce à la téléphonie sur IP, l'interface mise à la disposition des utilisateurs ouvre de nouvelles perspectives pour le développement d'applications destinées à la téléphonie comme on va le voir dans les chapitres qui vont venir.

- Les freins

Le principal frein dans la mutation vers la ToIP reste le prix des équipements et la mise en place de l'infrastructure demande aux entreprises un investissement parfois important.

Cependant le principal argument avancé par les promoteurs des systèmes de téléphonie sur IP est la garantie de retour de l'investissement en quelques années mais il reste très difficile à estimer or c'est un élément clé pour toute décision concernant un projet de migration téléphonique sur IP.

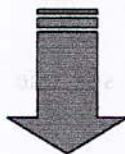
Le second frein concerne le matériel lui-même, son prix élevé par rapport aux équipements de la téléphonie classique, la durée de vie des éléments de la ToIP (IPBX) est relativement courte et nécessite des changements plus fréquents qu'en téléphonie classique.

II-3-4-2-La téléphonie sur IP dans l'entreprise

En offrant la possibilité de faire transiter les communications de voix sur des réseaux de données, la téléphonie sur IP marque la fin de cohabitation entre les deux réseaux distincts, très différents, du point de vue de la gestion et de la technologie, ce transfert de l'ensemble des flux sur une infrastructure unique par les prémices d'une convergence des réseaux multiservices existant (voix, données, vidéo).

Tableau II-2: Convergence des réseaux voix et données [7]

	Services voix	Services de données
LAN	<ul style="list-style-type: none"> - Prise RJ45 pour poste téléphonique. - Equipement : un PABX par site . - Terminaux : Fax ,postes téléphoniques analogiques et numériques . 	<ul style="list-style-type: none"> - Prise RJ45 pour le PC (catég. 5,6..) - Equipement : pont ,switch, hub , routeurs sur différents sites . - Terminaux :PC ,PDA ,laptop.
Trafic interne	<ul style="list-style-type: none"> - Réseau privé de PABX interconnectés via des liaisons loués point à point ou CIR frame relay. - RPV virtuel voix (plan de numérotation interne et tarification on – net). 	<ul style="list-style-type: none"> - Liaisons louées inter – sites (point à point). - Intranet sur RVP IP. - Intranet sur réseaux data opérés . - Internet avec sécurisation
Trafic externe	<ul style="list-style-type: none"> - Réseaux public :RTC ou ISDN . - Réseaux privé :RVP voix avec accès au TRC et ISDN. 	<ul style="list-style-type: none"> - Réseau public :Internet , réseau de données international opérés . - Réseau privé :Extranet .



Passage en Téléphonie sur IP

Services voix et données convergent (Téléphonie sur IP)	
LAN	<ul style="list-style-type: none"> - Une prise unique RJ45 pour le téléphonique et le PC (catég. 5,6,..) - Equipement :switch , routeurs sur les différents sites , un ou , plusieurs IPBX. - Terminaux : téléphone IP ,PC, PDA, ... etc.
Trafic interne	<ul style="list-style-type: none"> - Intranet sur VPR IP. - Internet (avec sécurisation).
Trafic externe	<ul style="list-style-type: none"> - Réseau public voix :RTC ou ISDN (via passerelle) . - Réseau public données :Internet , réseau de données international et opéré . - Réseau privé :Extranet .

Avant d'aborder les techniques mises en œuvre dans ces réseaux, il est important de définir les diverses configurations d'entreprises au terme de localisation et de dimension et dont dépendra fortement la conception des réseaux de sites et les réseaux inter sites.

II-3-4-2-1-Réseaux de sites

La notion de site est purement géographique et désigne un domaine privé à l'intérieur duquel un réseau peut être conçu en toute liberté par rapport aux réseaux publics : le trafic interne au site est « gratuit », les dimensions géographiques sont assez réduites pour que les systèmes de câblage puissent supporter des débits élevés, les performances du réseau sont sous la maîtrise de l'entreprise ... Une entreprise au sens le plus large du terme peut être implanter sur in seul ou sur plusieurs sites répartis sur des zones de dimensions variées, jusqu'au niveau mondial .

Plusieurs configurations de sites sont possibles, avec de nombreuses variantes selon le nombre s'usagers et la dimension géographique du site :

- Les petits sites avec quelques usagers sur une surface faible (petit professionnels, petites agences ...)[6].
- Les sites moyens, jusqu'à quelques centaines d'usagers dans un même immeuble avec réseaux d'étages et câblage vertical d'interconnexion entre étages (entreprises moyennes, agences régionales ...) [6].
- Les « gros » sites, jusqu'à plusieurs milliers d'usagers pour une entreprise, institution, université ... implantée sur un terrain privé de grande dimension avec plusieurs immeubles interconnectés par des rocares à très haut débit .On trouve aussi le terme de « campus » pour désigner ce type de sites où la notion de distance et un impact important et peut conduire à adopter des solutions de MAN.

II-3-4-2-2-réseaux inter-sites

Dans un réseau inter-sites, l'interconnexion entre sites doit emprunter le domaine public .Les performances globales du réseau seront donc en grande partie fonction de celles offertes par cette interconnexions (débit ,délais de transfert ...) ,de plus cette interconnexion ne sera

évidemment pas gratuite et le trafic inter-sites sera donc facturé . Selon la distance qui sépare les sites ,on distingue les réseaux à l'échelle :

- Métropolitaine.
- Nationale.
- Internationale.

Les entreprises multi-sites tirent parti de leur mise en réseau pour partager un certain nombre de moyens (communication, bases de données, sauvegarde de données ,applications ...).Les réseaux inter-sites sont :

- **MAN :** Le terme MAN (Metropolitan Area Network) désigne les réseaux inter-sites couvrant les grandes agglomérations ou une zone géographique d'une centaine de kilomètres .les sites concernés initialement étaient les différents services d'une ville (services municipaux ,enseignement ,santé) d'où la qualificatif « métropolitain » mais il est utilisé lorsqu'il s'agit d'interconnecter les sites d'une entreprise répartie dans une grande agglomération ou même les différents immeubles d'un même site .
- **Réseau national/international :** Au-delà du MAN, il reste à couvrir les cas des entreprises disséminées sur un territoire national ou à couverture régionale ou mondiale, l'acronyme WAN (Wold Area Network) est souvent employé pour désigner les réseaux longue distance correspondants qui font appel aux moyens de communication offerts par un ou plusieurs opérateurs .

Dans cette partie on va représenter les différents scénarios de mise en œuvre de la téléphonie sur IP en entreprise .Ces scénarios correspondent à des degrés de convergence plus ou moins élevés entre réseaux et peuvent être vus comme les différentes étapes d'un déploiement d'une solution full IP.

Scénario n° 01 : Architecture de voix sur IP (structure hybride)

Cette solution a pour avantage de ne pas remettre en cause l'infrastructure existante (terminaux,et réseau téléphonique interne ,équipement PABX) tout en bénéficiant des avantages de transport de la voix sur IP pour les communications inter-sites. La mise en œuvre de cette solution peut se faire par différentes manières parmi elles :

- L'ajout d'une carte IP sur un PABX.
- L'ajout d'un boîtier « voice gateway» externe au PABX (passerelle d'accès aux réseaux publics) .
- Recours aux fonctionnalités de gateway intégrées aux routeurs de dernière génération (sous forme de carte).

Il est à noter que, généralement, les fonctionnalités de téléphonie liées au protocole de signalisation du PABX sont perdues lors du passage par la voice gateway. L'architecture ainsi définie est la suivante :

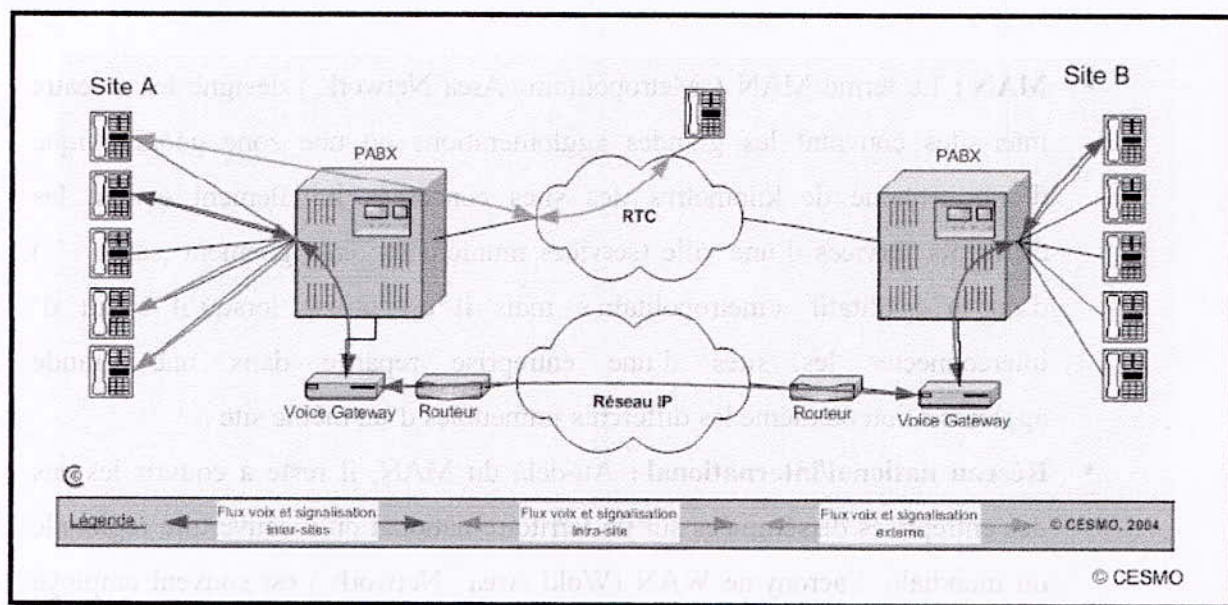


Figure II-7:L'architecture de voix sur IP inter – site [8].

Comme conclusion pour ce scénario; le déploiement d'une solution de voix sur IP peut concerner que le seul transport inter – sites de la voix sur un réseau IP (privé ou public). Cette étape, moins engageante qu'une migration complète en téléphonie sur IP, ne remet pas en cause l'infrastructure de la téléphonie existante. Elle apporte une réponse simple à un souhait de réduction des coûts sur des volumes de communication conséquent (ex : vers l'étranger).

Scénario n° 02 : Les solutions « Full IP »

Scénario n°2a : Architecture de la Téléphonie sur IP locale.

Le schéma ci dessous présente l'architecture type d'un système complet de la Téléphonie sur IP :

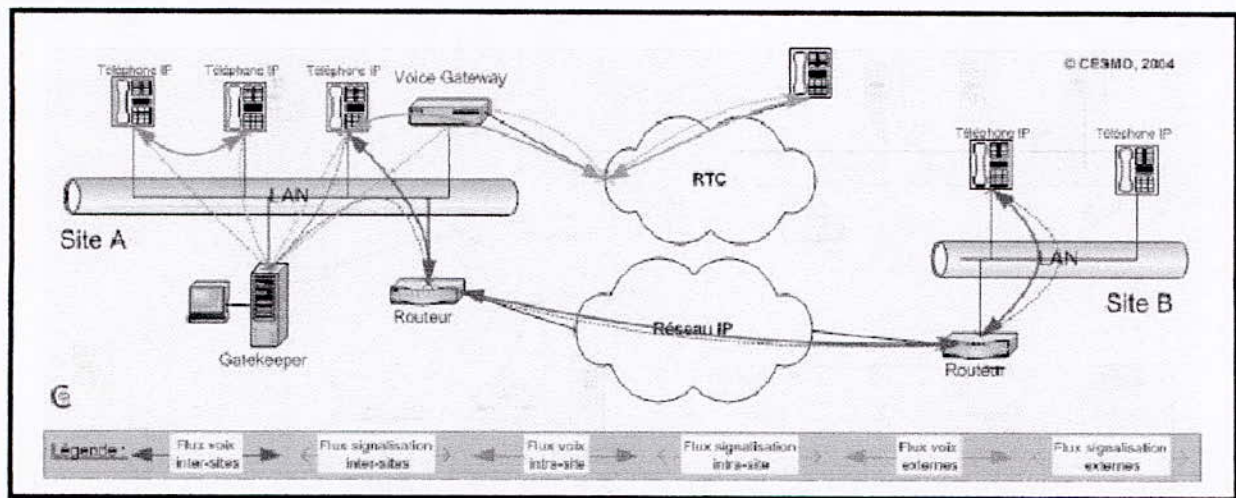


Figure II-8: Architecture de la Téléphonie sur IP inter-sites [8].

Cette représentation montre que, lors d'une communication IP inter ou intra-site, seuls les flux de signalisation transitent par le gatekeeper [voir la chapitre III]. Celui-ci assure la mise en relation des téléphones IP sans constituer un point de passage obligé des flux voix.

Scénario 2b : L'externalisation

L'entreprise a le choix d'externaliser les fonctions de téléphonie chez un fournisseur de solutions centrex IP. Les offres d'externalisation existent déjà en téléphonie classique, et permettent d'externaliser les PABX, en téléphonie IP elles permettent de délocaliser la fonction d'IPBX, ainsi qu'elles sont pris en charge par une plateforme spécialisée.

Cette option est intéressante pour les entreprises voulant limiter les investissements tout en disposant des services ToIP, cette solution est particulièrement adaptée pour les entreprises multi-sites, dotée d'une dizaine de postes par établissement ou encore aux PME disposant de parcs téléphoniques de moins de 50 postes.

L'avantage de cette solution est d'externaliser toutes tâches de gestion et de maintenance des infrastructures. Les opérateurs de Centrex IP annoncent des réductions des coûts de 20 % à 60 % [9], par rapport à une solution fondée sur un PABX ou un IPBX.

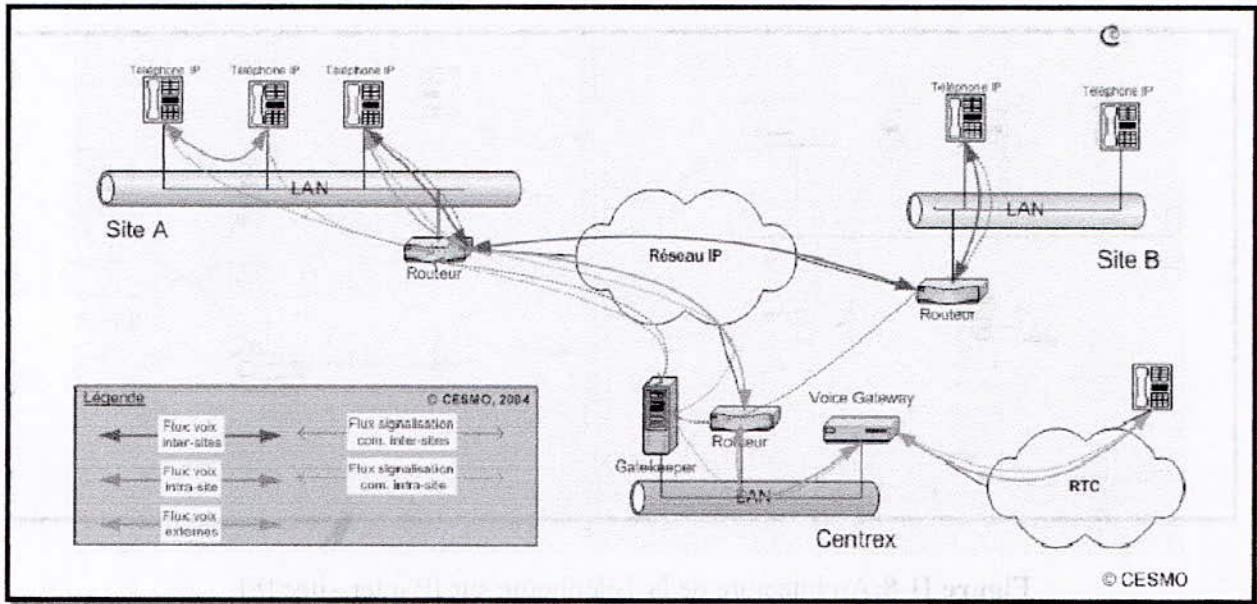


Figure II-9 : Architecture de téléphonie sur IP de type Centrex [7].

II-3-5-La finalité

Le basculement des entreprises vers la téléphonie sur IP est inévitable à long terme, pour le moment, seules les grandes organisations peuvent se permettre de migrer vers la téléphonie IP soit par l'installation d'une infrastructure Full IP soit en profitant des Centrex IP et des services qu'ils proposent soit en mettant à jour leur architecture. Leurs choix se reposent sur plusieurs paramètres et sont en fonction de la maturité technologique de chacune. Néanmoins on peut citer les principaux moteurs de la migration vers la ToIP.

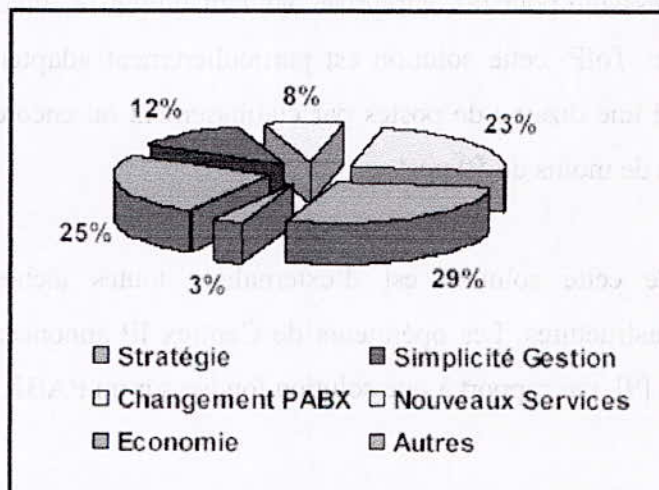


Figure II-10 : Les leviers de la migration ToIP [8].

II-4-La signalisation dans la téléphonie sur IP

Respecter les contraintes temporelles est une première priorité pour le transport de la parole téléphonique sur des réseaux IP. La seconde est la nécessité de mettre en oeuvre une signalisation qui va assurer la connexion entre les deux utilisateurs qui veulent se parler et donc tracer un chemin entre la source et la destination qui sera suivi par l'ensemble des paquets du flux multimédia.

Les premières technologies de téléphonie sur IP imaginées étaient propriétaires et donc très différentes les unes des autres. Pourtant, un système qui est censé mettre des gens et des systèmes en relation exige une standardisation. C'est pourquoi, au dessus de UDP avec RTP et RTCP, ont été définies un ensemble de protocoles de signalisation. Ces normes ne sont pas encore totalement stabilisées et se partagent actuellement le marché de la voix sur IP. Il s'agit des protocoles MGCP/MEGACO, H323 et SIP qui ont chacun leurs avantages et leurs inconvénients [9].

Ils ne sont pas équivalentes en terme de service, ils ne prennent pas encore en compte toutes les contraintes du service téléphonique et leurs degrés de développement respectifs varient. En vas essayé de donnée une idée générale sur les deux protocoles de signalisation MGCP et SIP sans rentrés dans les détails, et on vas consacré un chapitre pour développer et étudier le protocole H.323 puisque notre application s'appuie sur ce dernier.

II-4-1- Aperçu sur l'architecture SIP (RFC 2543)

SIP est développé au sein du groupe de travail MMISIC (*Multiparty Multimedia session Contrôle*) de l'IETF (*Internet Engineering Task Force*), le protocole SIP (*Session Initiation Protocol*) est beaucoup plus simple que H.323 qui pourrait à long terme, le remplacer. Les messages SIP sont au format texte, ce qui confère au protocole une grande évolutivité. Le protocole SAP (*Session Announcement Protocol*) informe de l'ouverture d'une session multimédia en mode multicast ou non et le protocole SDP (*Session Description Protocol*) fournit la description des sessions multimédia.

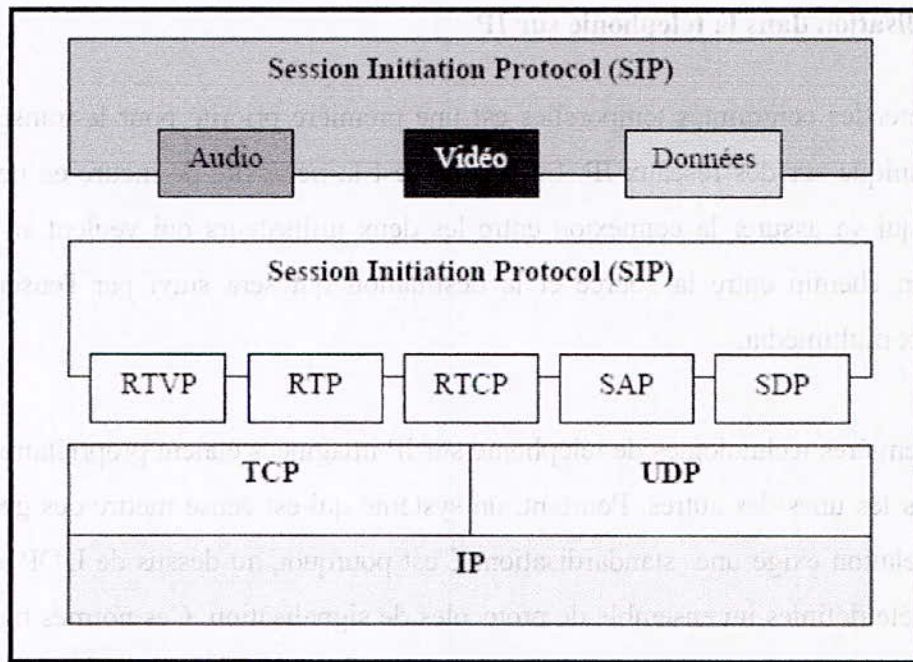


Figure II-11 : L'architecture Protocolaire SIP.

- **RSVP** est un protocole utilisé pour réserver les ressources réseaux sur IP avec une excellente qualité de service (QoS)
- **R.T.P.**(*Real-time Transport Protocol*) pour transporter des informations en temps réel avec une excellente qualité de services
- **R.T.C.P.**(*Real-Time streaming Control Protocol*) pour assurer le contrôle de flux des données multimédia
- **S.A.P.**(*Session Announcement Protocol*) pour préciser si les sessions multimédia ouvertes le sont en multicast
- **S.D.P.**(*Session Description Protocol*) est un protocole de description des sessions multimédia.

- Ouverture d'une communication SIP

Basé sur le modèle client serveur, SIP distingue deux types d'agent, les clients et les serveurs. Les clients ou UAC (*User Agent Client*) sont les équipements à l'origine des appels SIP (téléphone IP) ou des passerelles voix. Les agents serveurs (UAS, *User Agent Client*) sont les équipements classiques (serveur NT) qui regroupent les services offerts par SIP.

Ce sont :

- Les serveurs d'enregistrement utilisés pour la localisation des utilisateurs. Les serveurs d'enregistrement contiennent toutes les caractéristiques des agents SIP autres que les passerelles.
- les serveurs de délégation (*Proxy Server*) qui gèrent les clients SIP, reçoivent et transmettent les requêtes au serveur suivant (*next-hop server*). Le SIP Proxy a un rôle similaire au Gatekeeper d'H.323. Un SIP Proxy peut interroger un SIP Registrar ou un DNS pour acquérir les informations d'acheminement de la signalisation et des communications
- les serveurs de redirection (*Redirect Server*) qui transmettent sur requête l'adresse *du next-hop server* à l'agent client.

- Les Messages SIP

Les messages SIP sont de deux types, les requêtes et les réponses. Les primitives de requêtes sont :

- **REGISTER**, ce message est émis par un agent pour informer un serveur SIP *Registrar* sur sa localisation. Le client fournit une adresse du type Nom@domaine
- **INVITE**, message d'ouverture de session, émis par un UAC. Ce message peut être transmis directement à l'agent appelé ou à un serveur Proxy pour acheminement.
- **BYE**, émis par tout agent client pour mettre fin à une session en cours.
- **CANCEL** annule une session, ne peut être utilisé que pendant la phase d'ouverture.
- **ACK** acquitte un message INVITE et établit une session d'échange
- **OPTIONS**, message d'obtention des capacités (caractéristiques) d'un terminal, similaire à H.245

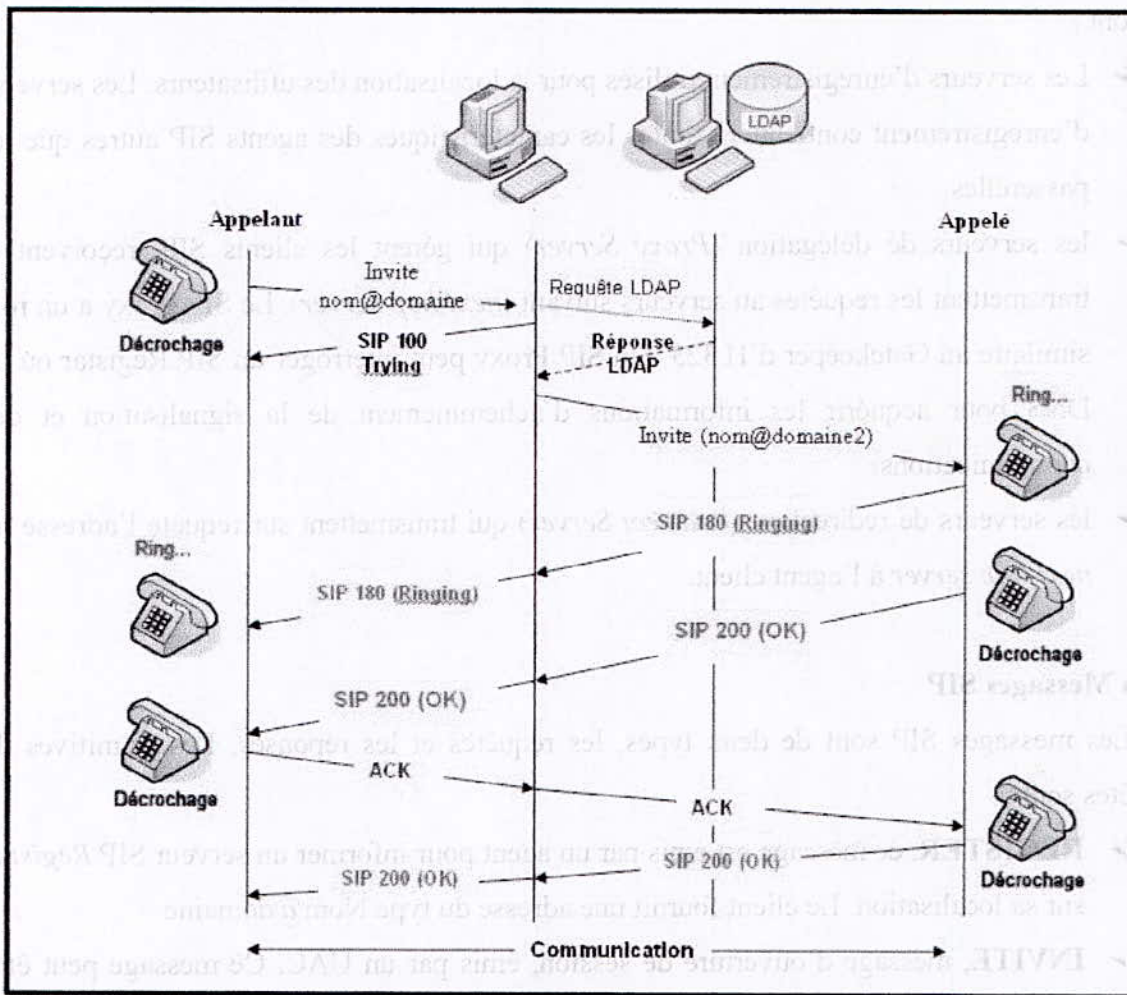


Figure II-12 : L'ouverture d'une communication SIP.

La figure II-12, illustre un appel SIP vers un utilisateur. Le client appelant envoie une requête INVITE au serveur proxy auquel il est relié. Ce message contient l'adresse connue du destinataire. Ce proxy interroge un serveur de nom DNS, LDAP ou autre, ce qui permet de rediriger vers la nouvelle adresse de l'appelé (INVITE). Le poste appelé sonne et le poste appelant reçoit un message de retour de sonnerie (SIP 180). L'appelé décroche cela signifie qu'il accepte la communication, le système émet alors un message SIP 200 (OK)[10].

II-4-2-MGCP

C'est un protocole de contrôle et de transmission utilisé dans les installations de type VoIP. De plus bas niveau que H.323 ou SIP, il se limite à la commande de terminaux à partir de commandes élémentaires. De par sa nature « maître/esclave », il plait aux constructeurs et opérateurs de la téléphonie traditionnelle, qui l'exploitent pour les fonctionnalités de sécurité et les possibilités de facturation qu'il apporte [10].

II-5- La conclusion

Dans le but d'assurer l'interopérabilité et la normalisation du service ToIP, l'ITU – T a développé un standard, appelé le standard H323 et le définissant comme étant un standard spécifiant les éléments, les protocoles et les procédures pour réaliser des communications audio, vidéo et autres données en temps réel sur les réseaux de paquets.

Il décrit également les terminaux, équipements, et services nécessaires à l'établissement d'une communication multimédia sur un réseau local ne garantissant pas une qualité de service optimale.

Il spécifie aussi les protocoles, les méthodes et les éléments du réseau qui sont nécessaires à l'établissement de connections multimédia point à point, multipoint et de conférences multimédia entre trois parties et plus, qu'on va voir plus en détail dans les chapitres suivants.

La chose la plus visible pour l'utilisateur en téléphonie est le poste téléphonique, en ToIP c'est les terminaux IP il ne s'agit pas forcément de la partie la plus facile à mettre en œuvre, car il s'agit de la partie la plus sensible, la plus visible, d'un déploiement de téléphonie sur IP. La plupart des terminaux actuellement sont conforme à la norme H323 car c'est la norme la plus mature actuellement et qui répond aux critères exigés par les services de téléphonie.

Chapitre III : Le standard H.323

III-1- Introduction

Avec le développement du multimédia sur les réseaux, il est devenu nécessaire de créer des protocoles qui supportent ces nouvelles fonctionnalités, telles que la visioconférence, l'envoi de la voix et de la vidéo avec un souci de transmission temps réel. Le protocole H.323 est l'un d'eux. Il permet de faire de la visioconférence sur des réseaux IP.

H.323 est un protocole de communication englobant un ensemble de normes utilisées pour l'envoi de données audio et vidéo sur Internet. Il existe depuis 1996 et a été initié par l'ITU (*International Communication Union*), un groupe international de téléphonie qui développe des standards de communication. Concrètement, il est utilisé dans des programmes tels que Microsoft Netmeeting, ou encore dans des équipements tels que les routeurs Cisco. Il existe un projet OpenH.323 qui développe un client H.323 source ouvert afin que les utilisateurs et les petites entreprises puissent avoir accès à ce protocole sans avoir à déboursé beaucoup d'argent [23].

III-2- Historique

Le standard H.323 a vu depuis sa naissance un ensemble de corrections afin de le rendre plus souple, et pour avoir une qualité de service satisfaisante. On donne ici ses différentes versions :

Version 1 :

Le travail de la spécification de H.323 version 1 a commencé en mai 1995, et la recommandation fut finalement approuvée en juin 1996. Cette première version de H.323 comportait encore de nombreux problèmes qui sont :

- La connexion effective des canaux audio était très lente ;
- La plus part du temps, pendant les premières secondes de chaque appel de H.323 version 1, il était impossible d'entendre quoi que se soit ;
- Elle était dépourvue de tout mécanisme de sécurité ;

En dépit de ces problèmes, cette première version connut quant même un grand succès, en grande part grâce à la production dans Microsoft Windows du logiciel de Netmeeting, un téléphone IP logiciel à la norme H.323 version 1. Malheureusement à cette époque, il restait encore trop de flexibilité dans la manière d'implémenter H.323 version 1, ce qui conduisit à de

nombreux problèmes d'interopérabilité, en particulier pour les terminaux qui implémentent également le protocole de partage de données T.120.

Ces quelques problèmes de jeunesse ont laissé des traces, il est encore fréquent d'entendre parler dans les salons professionnels des problèmes de délai ou d'interopérabilité de H.323.

Toute cette confusion est bien dommageable, car ces problèmes ont été résolus dans les versions plus récentes de H.323.

Version 2 :

La seconde version de la recommandation H.323 fut approuvée en février 1998, et résolvait les principaux problèmes de la version 1. Le délai des canaux audio après la connexion de l'appel fut complètement éliminé grâce à une nouvelle procédure appelée **Fast Connect**. H.323 version 2 fut également étendue pour permettre l'utilisation de procédures de sécurité, définies dans la nouvelle recommandation H.235. Cette dernière recommandation couvre les besoins d'authentification (permettant d'assurer que les personnes en conférence sont vraiment celles qu'elles prétendent être), d'intégrité (rendre impossible la modification du contenu de message H.235 par un tiers sans que cela soit détecté), de non répudiation (permettant de prouver que quelqu'un participant à une conférence était bien la) et de confidentialité (garantissant l'impossibilité pour des tiers d'accéder à l'information échangée).

Bien que de nouvelles versions du protocole H.323 aient été approuvées depuis, H.323 version 2 est toujours aujourd'hui la version utilisée par la majorité des réseaux voix sur IP dans le monde, et elle donne entière satisfaction à ces utilisateurs.

Version 3 :

La version 3 de la recommandation H.323 a été approuvée en septembre 1999. Parmi toutes les améliorations introduites dans H.323 version 3, une seule était vraiment nécessaire : le support du service de restriction de la représentation de l'identité de l'appelant (Calling line Identity Restriction) suivant les mêmes méthodes que les réseaux téléphoniques traditionnels.

Version 4 :

La quatrième version, a été approuvée en novembre 2000, elle effectue quelques clarifications utiles, comme la possibilité de démarrer la procédure H.245 en parallèle de la procédure *Fast Connect*, avant cette clarification, la procédure *Fast Connect* permettait d'accélérer l'établissement des flux média, mais ne permettait aux tonalités DTMF d'être transmises avant que l'appel ne soit complètement connecté. Ceci était des problèmes d'interopérabilité dans quelques scénarios d'appels impliquant des fonctions du réseau intelligent (RI). L'apport important de cette version est la description de la manière de transporter les protocoles qui n'ont pas de correspondances exactes en H.323 dans les messages standard de H.323.

Version 5 :

La version 5 a été approuvée en juillet 2003. Cette version n'introduit aucune nouvelle fonctionnalité majeure mais corrige les problèmes encore en suspens dans les versions antérieures.

III-3- Structure de la norme H.323

H.323 est une spécification qui se réfère à de nombreuses autres normes de l'UIT (*Union Internationale de télécommunication*), décrivant à la fois l'architecture et les modes opératoires d'un système de visioconférence sur réseaux de paquets. La norme n'est pas spécifique des réseaux IP.

La seule recommandation UIT H.323 ne suffit pas à décrire dans le détail l'ensemble des techniques normatives, aussi bien d'origine UIT, que des protocoles créés par l'IETF. Les principaux sont :

- Le protocole **RTP/RTCP** (*Real Time Transport Protocole/Real time contrôle Protocole*)
- La recommandation **UIT H.225.0** fait précisément ce profilage dans le contexte des applications de visioconférence H.323. en particulier H.225.0 définit l'ensemble des identificateurs utilisés pour chaque type de codeur défini à l'UIT, traite et résout un certain nombre de conflits et de redondances entre le protocole RTCP et le protocole de contrôle H.245 utilisé par H.323 pour négocier, ouvrir et fermer les canaux média.

H.225.0 décrit également le protocole RAS (*Registration, Admission, Status*) utilisé entre un terminal et un *Gatekeeper* (voir le paragraphe III-6-3-). Le protocole RAS est utilisé principalement pour la gestion des correspondances entre les adresses IP des terminaux et leurs alias, mais il peut également intervenir pour l'autorisation et l'admission des appels. RAS peut enfin être utilisé pour demander diverses statistiques aux terminaux. Enfin le rôle majeur de H.225.0 est de définir la signalisation d'appel (*canal de signalisation ou call signaling channel*) utilisés par les terminaux H.323 pendant l'établissement et le relâchement des appels. Cette signalisation utilise la recommandation **Q.931**, dont les messages sont simplement étendus pour supporter les communications multimédias. Les extensions sont portées par les éléments d'information d'utilisateur à l'utilisateur de Q.931. H.225.0 décrit également comment transporter les messages Q.931 étendus sur le protocole TCP et plus récemment UDP et même SCTP (H.225.0 v5).

- La recommandation **UIT H.245** est principalement une bibliothèque de messages codés en ASN.1 (une syntaxe formelle utilisée par l'UIT pour définir de manière non ambiguë les structures de données et leurs signalisations sur les réseaux) utilisés dans le canal de contrôle H.245 ouvert au début de l'appel pour négocier des codecs communs, et qui assure ensuite toutes les fonctions de gestion des flux média. H.245 décrit également les machines à états utilisées dans H.323 et de nombreuses autres recommandations de l'UIT pour la gestion des flux média, particulièrement de la vidéo. H.245 est également utilisée par le standard de visioconférence RNIS H.320, le standard de visioconférence pour les lignes analogiques H.324, et le nouveau standard de visioconférence pour le téléphone 3GH.324M [23].

III-4-Format ASN.1

L'utilisation du format ASN.1 (*Abstract Syntax Notation 1*) est l'une des raisons qui ont donné à H.323 sa réputation d'être un protocole complexe. L'ASN.1 est une syntaxe qui peut être utilisée pour décrire pratiquement toute structure de données. Bien qu'elle soit moins à la mode que le format XML, le format ASN.1 est en fait beaucoup plus puissant : il supporte la description d'un nombre plus important de types, supporte beaucoup plus finement les contraintes, et est beaucoup plus précis dans la spécification des types de données. Malheureusement l'ASN.1 est également un peu plus difficile à apprendre que le XML, tout à un prix !

L'ASN.1 définit également deux manières de sérialiser les informations pour les transporter sur un réseau : le format BER (*Basic Encoding Rules*) et le format PER (*Packet Encoding Rules*). Le mode BER est très simple mais n'est pas optimisé, à l'inverse le mode PER est assez complexe mais extrêmement efficace (typiquement les données sérialisées au format PER prennent dix fois moins de place que format XML). Il existe des compilateurs qui produisent des codeurs/décodeurs BER et PER très optimisés à partir de description de messages en ASN.1.

Le format ASN.1 est très utilisé dans les applications télécoms, car l'utilisation de compilateurs produisant des codeurs/décodeurs automatiquement améliore de manière spectaculaire la robustesse des applications, comparé à la fragilité des codeurs/décodeurs faits à la main, lors de réception de paquets de données malformés. L'utilisation de tels outils permet de gagner énormément de temps, et enfin une spécification formelle en ASN.1 permet d'éviter toute ambiguïté dans les spécifications, et facilite donc l'interopérabilité entre applications.

III-5- Pourquoi le standard H.323 ?

Le standard H.323 nous offre les avantages suivants [28] :

- H.323 pose les standards multimédias pour des infrastructures déjà existantes (i.e. des réseaux IP) ...
- Les LAN IP deviennent de plus en plus puissants. La bande passante des réseaux ethernet migre de 10 Mbps vers les 100 Mbps et bientôt vers le Gigabit. ...
- En fournissant une interopérabilité de périphérique vers périphérique, d'application vers application, de distributeur vers distributeur, le standard H.323 permet aux clients d'inter opérer vers d'autres produits H.323 compatibles.
- Les PC deviennent des plateformes multimédias de plus en plus puissantes ...
- H.323 fournit des standards pour l'interopérabilité entre les LANs et d'autres réseaux.
- La charge du réseau peut être contrôlé. Avec H.323, le responsable du réseau peut restreindre la quantité de la bande passante disponible du réseau pour de la conférence. Supporter le multicast, réduit aussi les besoins en ressources réseaux.
- H.323 est supporté par beaucoup de compagnies incluant Intel, Microsoft, Cisco, et IBM. Les efforts de ces compagnies Généreront un haut niveau de confiance dans le marché.

III-6- Les éléments du standard H.323

Les éléments de base du standard H323 sont les terminaux, les gardes-barrières, les passerelles et les unités de contrôle multipoint MCUs.

Les MCUs sont cités séparément, mais en pratique il font souvent partie des gardes-barrières ou des ordinateurs rapides qui servent plusieurs utilisateurs.

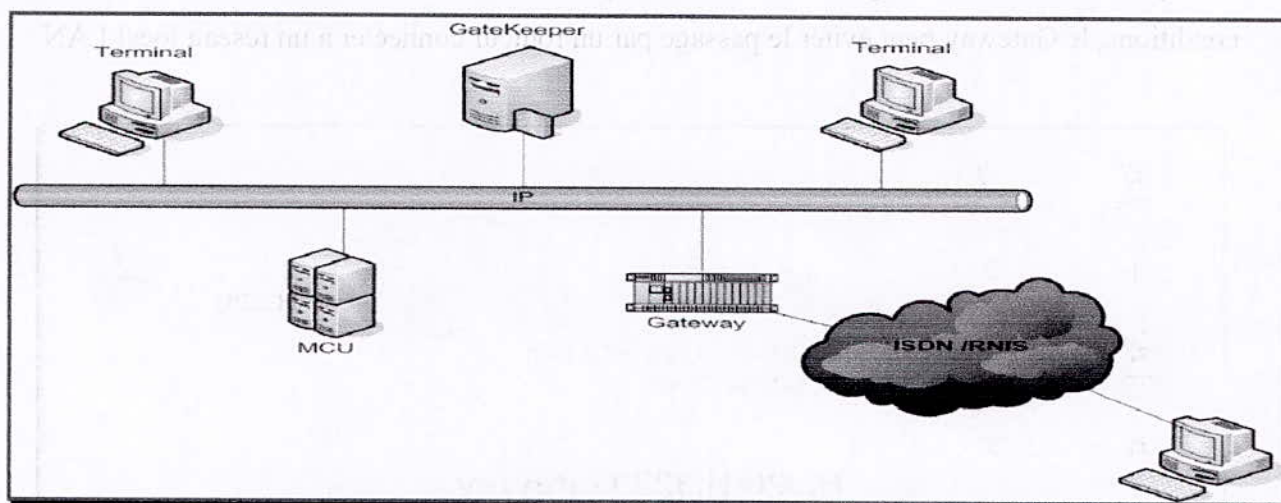


Figure III-1 : Les éléments d'un réseau H.323

III-6-1- Le terminal H.323

Le terminal H.323 est soit un téléphone, soit un personnel computer muni d'une carte son et d'un micro, soit un appareil (Stand Alone), tournant sous le modèle du standard H.323 et exécutant des applications audio, il s'agit d'un appareil « client » pour l'utilisateur. Eventuellement le terminal peut être doté d'un système de transmission d'images et de données, mais se n'est pas obligatoire. Cet appareil joue un rôle clef dans la VoIP car c'est à partir de lui que seront émises et reçues les conversations des utilisateurs. Le rôle premier du standard H.323 est de permettre les échanges entre terminaux.

Il existe deux types de terminaux H.323, l'un de haute qualité pour une utilisation sur LAN, l'autre optimisée pour les bandes passantes faibles. Les capacités multipoint sont contenues dans les terminaux pour les conférences à plusieurs et le multicast permet à 3 ou 4 personnes de dialoguer directement.

III-6-2- Le Gateway (passerelles) dans la norme H.323

Le Gateway est l'appareil qui permet d'interconnecter deux réseaux dissemblables. Il s'agit d'un nœud sur LAN. Il traduit et transmet le trafic d'un réseau H.323 vers un réseau non-H.323 et inversement. Par exemple il peut être interconnecté à un LAN et à un SCN (réseau à commutation de circuits) du type PSTN. Cette traduction s'accomplit par les conversions des protocoles et de médias entre les deux réseaux nécessaires. Un Gateway n'est pas nécessaire s'il s'agit de connecter uniquement des terminaux H.323. Sous certaines conditions, le Gateway peut éviter le passage par un routeur connecter à un réseau local LAN.

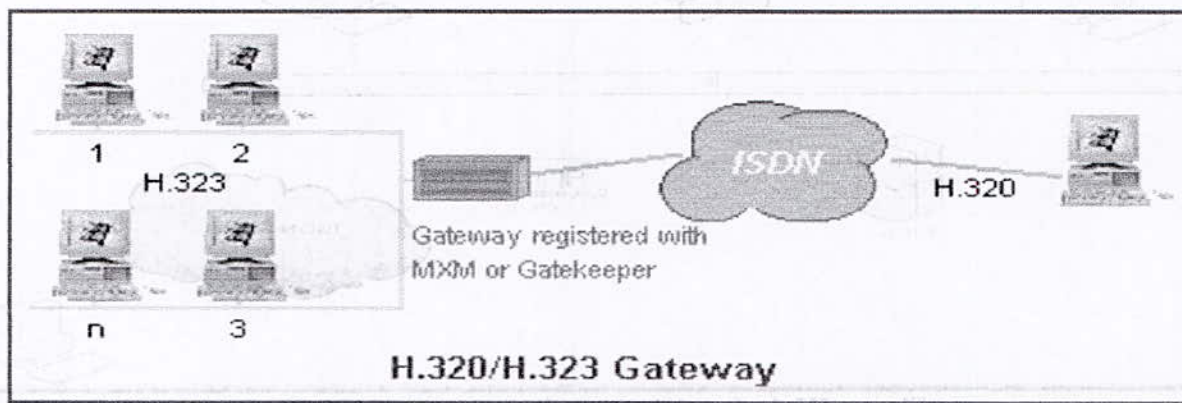


Figure III-2 : Le Gateway dans H.323 [30].

III-6-3- Le Gatekeeper (Garde-barrière) dans la norme H.323

Le garde-barrière est un élément vital dans un système H323. Il joue le rôle de contrôleur pour tous les appels à l'intérieur de la zone H323 (une zone H323 est une agrégation de garde-barrière et de tous les autres éléments terminaux et MCU qui sont enregistré auprès de lui). Il fournit les services aux éléments qui sont enregistrés auprès de lui tel que la conversion des adresses, le contrôle d'admission, la gestion de la bande passante et la capacité de routage.

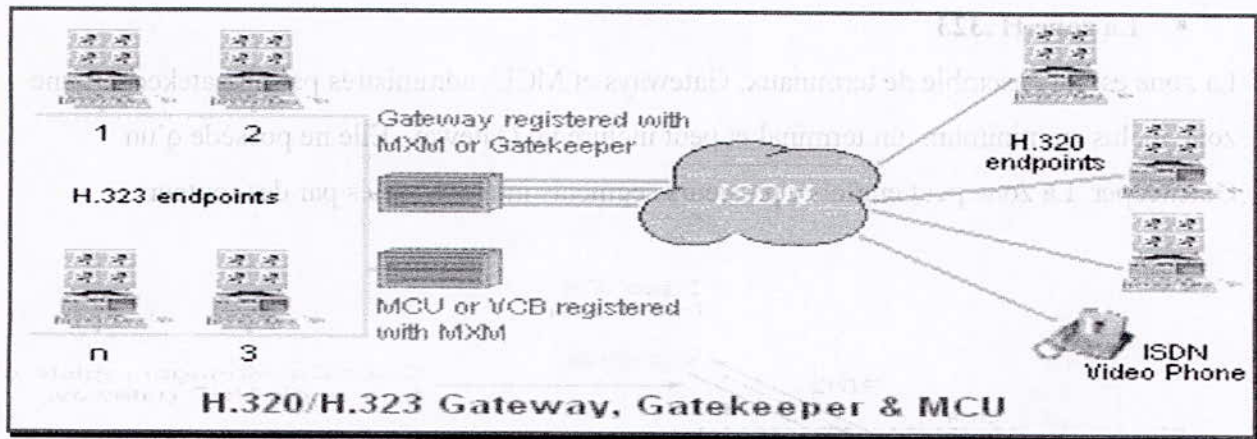


Figure III-3 : Le Gatekeeper dans H.323 [30].

III-6-4- L'unité de contrôle multipoints (MCU)

Le MCU est un élément du réseau qui fournit les capacités à plusieurs terminaux et passerelles pour participer à une conférence multipoint. En d'autres termes, un MCU gère les ressources de la conférence et les échanges de capacités.

Le MCU se compose de deux parties :

- Un contrôleur multipoint (MP) obligatoire qui assure la gestion d'au moins trois terminaux participants à une conférence multipoint, il permet également de négocier avec tous les terminaux les moyens à mettre en œuvre pour parvenir à établir des communications multimédia. Il peut également exercer un contrôle au niveau des ressources de la conférence pour déterminer par exemple l'entité qui transmet en multicast.
- La deuxième partie est le processeur multipoint (MC) facultatif qui assure le traitement centralisé des flux de données dans une conférence multipoint.

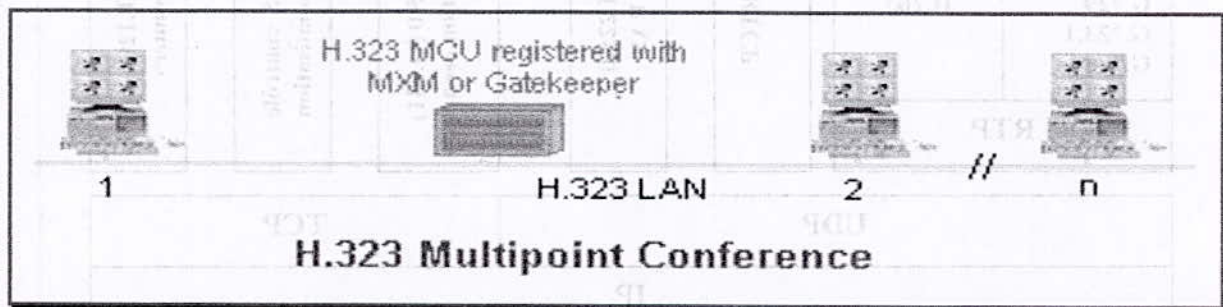


Figure III-4 : La MCU dans H.323 [30].

▪ **La zone H.323**

La zone est un ensemble de terminaux, Gateways et MCU administrés par un gatekeeper, une zone inclus en minimum un terminal et peut inclure un Gateway. Elle ne possède qu'un Gatekeeper. La zone peut englober plusieurs segments interconnectés par des routeurs.

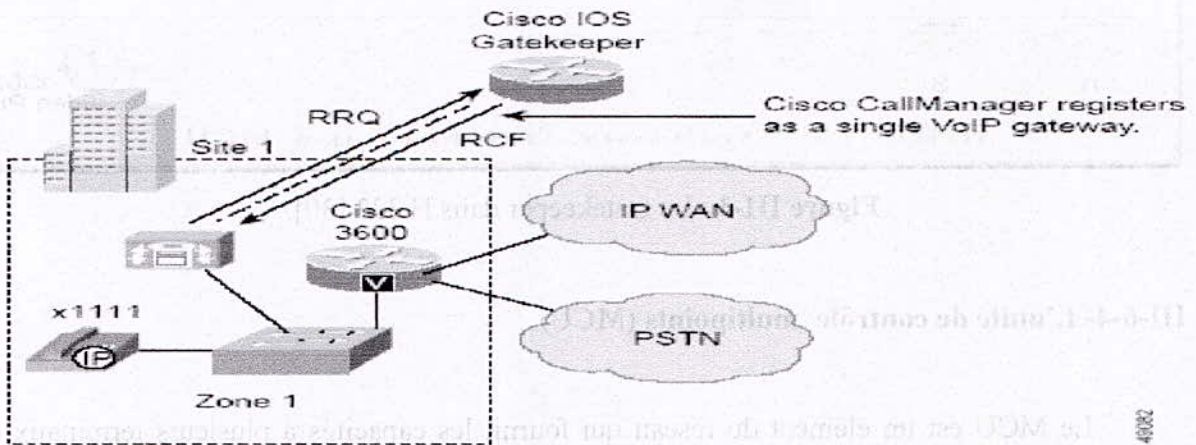


Figure III-5 : Exemple d'une zone H.323

III-7- La pile du standard H.323

La figure III- 6, montre la pile des protocoles spécifiés par le standard H323

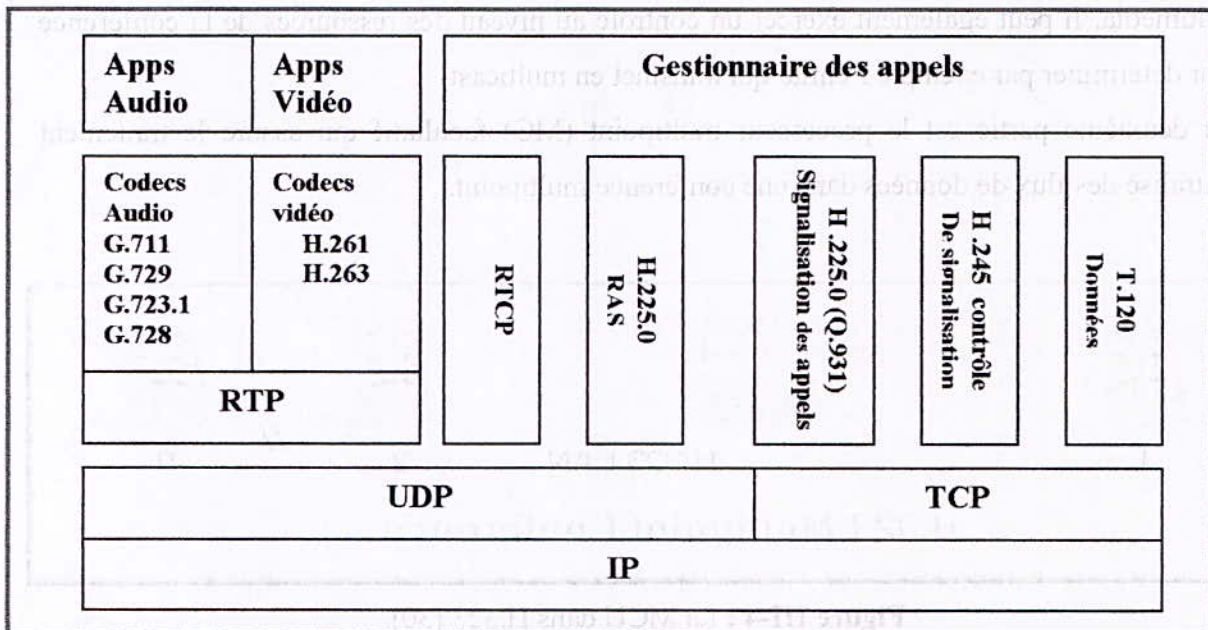


Figure III-6: La pile protocolaire du terminal

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. La pile H323 est constituée des éléments décrits ci-dessous :

III-7-1- Les codecs Audio

Ce sont des normes d'encodage audio, la différence de ces différents codecs est le débit qui en découle, H323 spécifie une série de codecs audio classés par débits allant de 5.3 à 64 kb/s. G.711 est le codec le plus populaire conçu pour les réseaux de téléphonie. Aujourd'hui, les terminaux H323 supportent le codec G.723.1 qui est plus efficace et produit une meilleure qualité audio à 5.3 kb/s et 6.3 kb/s. Les codecs G.729 utilisent la quantification à prédiction linéaire pour produire une qualité supérieure à des taux de 16 kb/s et 8 kb/s. Le tableau qui suit nous donne les différents taux de compression [27] :

Tableau III-1 : les codecs audio utilisés dans H.323

Algorithme	G.723.1	G.729/G729A	G.728	G.726/G.727	G.711
Débit en Kbps	5.3-6.3	8	16	32	64
Quantité	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne
Complexité	+Haute	Haute	Bassa	Basse	+Basse

G.711 : Il utilise la Modulation par Impulsions Codées (MIC). Il fournit un débit de **64kbit/s** avec un taux d'échantillonnage de 8kHz. Ce standard est utilisé par les protocoles H.320 et H.323. Il est obligatoire pour le protocole H.323.

G.722 : Il utilise la MIC différentiel adaptatif sous bande (SB-MICDA). Il fournit des débits de 48, 56 et 64 kbit/s avec un taux d'échantillonnage de 16kHz. Ce standard est utilisé par le protocole H.320.

G.723.1 : Il utilise ACELP et MP-MLQ. Il fournit des débits de 5.3 et 6.4 kbit/s avec un taux d'échantillonnage de 8kHz. Il compresse à 21:1. Ce standard est utilisé par les protocoles H.320 et H.323 et H.324. Du fait de son faible débit de données, c'est le Codec prédominant dans les applications H.323.

G.728 : Il utilise la prédiction linéaire à faible délai avec excitation par code (LD-CELP). Il fournit un débit de 16 kbit/s avec un taux d'échantillonnage de 8kHz. Ce standard est utilisé par le protocole H.320.

G.729 : Il utilise CS-ACELP. Il fournit un débit de 8 ou 13 kbit/s avec un taux d'échantillonnage de 8kHz. Il compresse à 16:1. Ce standard est utilisé par le protocole H.323.

III-7-2- CODEC Vidéo Standardisé

- **H.261**

H.261 fournit des débits supérieurs à 64kbit/s et permet une fréquence de rafraîchissement 30 images/seconde. Il est utilisé avec des canaux de communications supportant des débits multiples de 64kbit/s (prévu à l'origine pour fonctionner sur une ou plusieurs lignes RNIS).

Il supporte 2 résolutions :

Tableau III-2 : Les standards de la vidéo

Format d'image	Taille de l'image en pixels	H.261	10 images		30 images	
			Gris(Mbit/s)	couleur (Mbit/s)	Gris (Mbit/s)	Couleur (Mbit/s)
QCIF	176 x 144	obligatoire	2.0	3.0	6.1	9.1
CIF	352 x 288	En option	8.1	12.2	24.3	36.5

- **H.263**

H.263 a été conçu, au départ, pour assurer des débits inférieur à 64kbit/s. Maintenant, il permet aussi d'assurer des débits supérieurs à 64kbps.

Tableau III-3 : Les formats vidéo pour la visioconférence

Format d'image	Taille d'image en pixels	H.261	H.263	Mbit/s			
				10images/s		30 images/s	
				Gris	Couleur	Gris	Couleur
SQCIF	128x96		Obligatoire	1.0	1.5	3.0	4.4
QCIF	176x144	obligatoire	Obligatoire	2.0	3.0	6.1	9.1
CIF	352x288	En option	En option	8.1	12.2	24.3	36.5
4CIF	704x576		En option	32.4	48.7	97.3	146.0
16CIF	1408x1152		En option	129.8	194.6	389.3	583.9

C'est une amélioration du H.261, compatible avec ce dernier (les 2 codecs supporte le QCIF).

Il utilise la même technique de codage tout en améliorant la qualité de l'image et la reprise d'erreur. Ce standard est utilisé par les protocoles **H.323** et H.324.

RSVP (ressource reservation protocol) : l'idée simple de RSVP est de réserver, pour un flux de données particulier, une partie de la bande passante du réseau, de manière à pouvoir assurer une QoS à ce trafic. Le processus consiste à utiliser un descripteur de flux pour requérir cette bande passante. Lors du transfert de l'information utile, des ressources nécessaires sont données à ce trafic, afin de garantir un certain niveau de performance.

III-7-3 Pourquoi le protocole « User Datagram Protocol » pour la vidéo ?

TCP est un protocole trop lent pour envisager de faire du temps réel sur IP. UDP est un protocole de niveau 4 plus simple et plus rapide que TCP. Il convient bien aux applications vidéos temps réel comme la visioconférence. Son en-tête de 8 octets (cinq fois moins que pour TCP) est simplifié à l'extrême : il ne contient que le port de la source (voie logique de l'application supérieure), le port de la destination, la longueur des données (le datagramme IP) et 2 octets de checksum (en option). UDP se contente en fait de multiplexer et de démultiplexer selon les numéros de voies logiques les informations qui sortent ou arrivent des applications. UDP est un transport non fiable. Il n'y a plus d'acquittement des paquets et donc plus de réémission ni de contrôle de congestion. Tout ceci permet d'accélérer le processus de communication. Ce sera aux applications supérieures de gérer les pertes de paquets (non pas en sécurisant mais en optimisant). Cependant, UDP ne donne pas d'informations sur le séquençement des paquets. De plus, à l'instar d'IP et de TCP, UDP n'offre pas l'horodatage des données. Cela signifie que UDP ne permet pas de gérer la synchronisation et la remise en ordre des informations. Cette fonctionnalité, indispensable à la gestion de la diffusion vidéo, doit être implémentée sur les couches supérieures par des protocoles de type RTP (*Real Time Protocol*) [24].

III-7-4- Les mécanismes de contrôle et de signalisation

Le flux d'informations dans les réseaux H323 est un mixage de paquets audio, vidéo, données et de contrôle. L'information de contrôle est essentielle pour l'établissement et la rupture des appels, l'échanges et la négociation des capacités. H323 utilise trois protocoles de contrôles : Contrôle multimédia H.245, signalisation d'appel H.225/ et H.225.0 RAS.

III-7-4-1 La signalisation

La signalisation est indispensable pour établir une communication téléphonique. Elle permet dans un premier temps d'envoyer des messages avant la communication, d'avertir l'utilisateur et de connaître la progression de l'appel et enfin de mettre un terme à la communication.

Il existe actuellement deux protocoles de signalisation pour les réseaux IP, la signalisation H.225 qui fait partie du standard H323 et le récent protocole SIP.

- **Signalisation des appels H.225**

La signalisation des appels est importante pour établir et rompre une connexion entre deux entités. Q.931 a été développé initialement pour la signalisation dans les Réseaux Numériques à Intégration de Service (ISDN). H.225.0 a adopté la signalisation Q.931 en l'incluant dans le format de ses messages. Deux entités désirant établir une connexion doivent ouvrir un canal de signalisation. La signalisation d'appels H.225.0 est envoyée directement entre les entités périphériques quand aucun garde-barrière n'est utilisé. Si un garde-barrière est utilisé alors la signalisation d'appels H.225.0 doit être routé à travers ce garde-barrière.

- **H.225.0 RAS**

Les messages H.225.0 RAS (registration, admission, status) définissent une communication entre les terminaux et un garde-barrière. H.225.0 RAS s'occupe de la communication entre le garde-barrière et les différents terminaux. Elle gère les opérations suivantes : l'inscription, le contrôle d'admission, la gestion de la bande passante. Un canal de signalisation est utilisé afin de transporter les différents messages RAS.

- **Le protocole de contrôle de signalisation H.245**

La flexibilité de H.323 nécessite que les différents terminaux négocient les capacités avant que les liens de la communication audio, vidéo et/ou donnée ne soient établis. H.245 utilise les messages de contrôle et de commandes qui sont échangés durant l'appel. Ces messages sont classés en quatre catégories :

Messages d'échanges de capacités

1. Messages pour la gestion des canaux logiques.
2. Messages pour la gestion des flux de contrôle.
3. Commandes générales et indications.

RAS est le premier canal de signalisation qui est ouvert entre la passerelle (ou bien le terminal) et le garde-barrière.

III-8-L'architecture du terminal H.323

Le fonctionnement du terminal réside en ce qu'il peut envoyer et recevoir des messages multimédia, il est ainsi doté d'une couche protocolaire d'application audio et vidéo. Cette couche représente l'interface de l'application vue par l'utilisateur sur le terminal. Comme en l'avais dit ; elle repose sur un ensemble de CODECS audio et vidéo qui sont des standards compression/décompression et d'encodage/décodage Audio/vidéo.

Le transport des informations multimédia issues du terminal est effectué par l'intermédiaire du protocole RTP et ensuite par la couche transport et l'interface réseau. (la couche de transport et l'interface réseau ne font pas partie du standard H.323). Aux cotées des fonctionnalités évidentes du terminal H.323, on retrouve un ensemble de protocoles qui serviront à initialiser et contrôler une session. Il s'agit des protocoles RTCP, H225 RAS, H.225 Call Signaling, H.245 Control Signaling. Le schéma de la figure III-6 représente les diverses couches protocolaires du terminal.

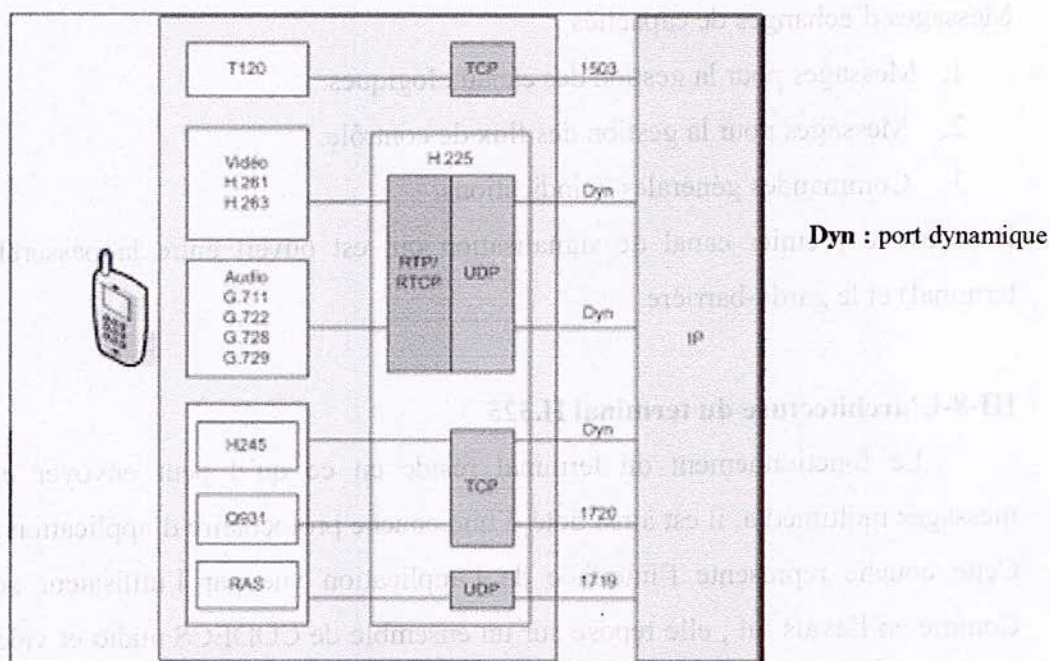


Figure III-7: Le terminal H.323 [24].

III-9- L'appel de base d'un terminal A à un terminal B (sans Gatekeeper)

III-9-1- Création d'une connexion TCP

Pour ce premier exemple simple nous faisons l'hypothèse que les deux utilisateurs souhaitent établir un appel vocal en utilisant tous deux des terminaux IP dont les adresses sont fixes et connues. Il s'agit d'une hypothèse simplificatrice forte, car dans la majorité des cas les adresses IP sont dynamiques et ne peuvent être utilisées directement pour établir un appel. Il est également courant d'établir un appel avec un téléphone non directement connecté sur un réseau. Dans cet exemple, nous n'utilisons pour l'instant que les procédures directes décrites dans H.323 version 1, sans les optimisations des versions 2,3, ou 4, et sans aucune fonction de sécurité.

- Les messages de contrôle d'appel sont envoyés sur la première connexion TCP, qui est établie par l'appelant vers un port « bien connu » (défini par la norme, habituellement le port 1720) du terminal appelé, et est couramment appelée le « canal de signalisation d'appel » ou encore « la connexion Q.931 », car sur cette connexion sont échangés les messages de contrôle d'appel définie par H.225.0, proche de Q.931(voir la figure 6) ;

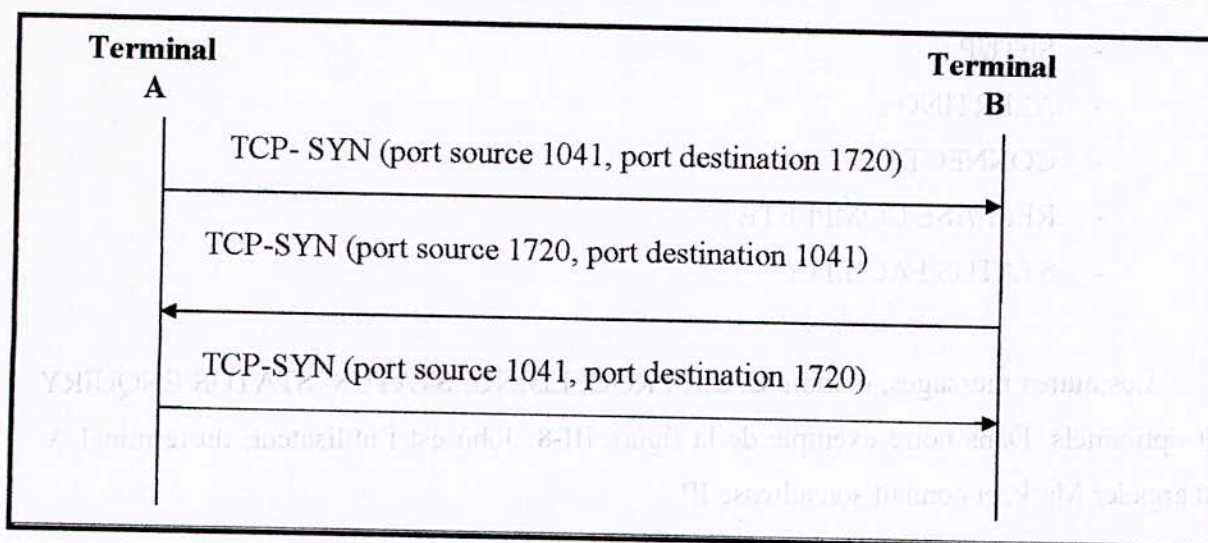
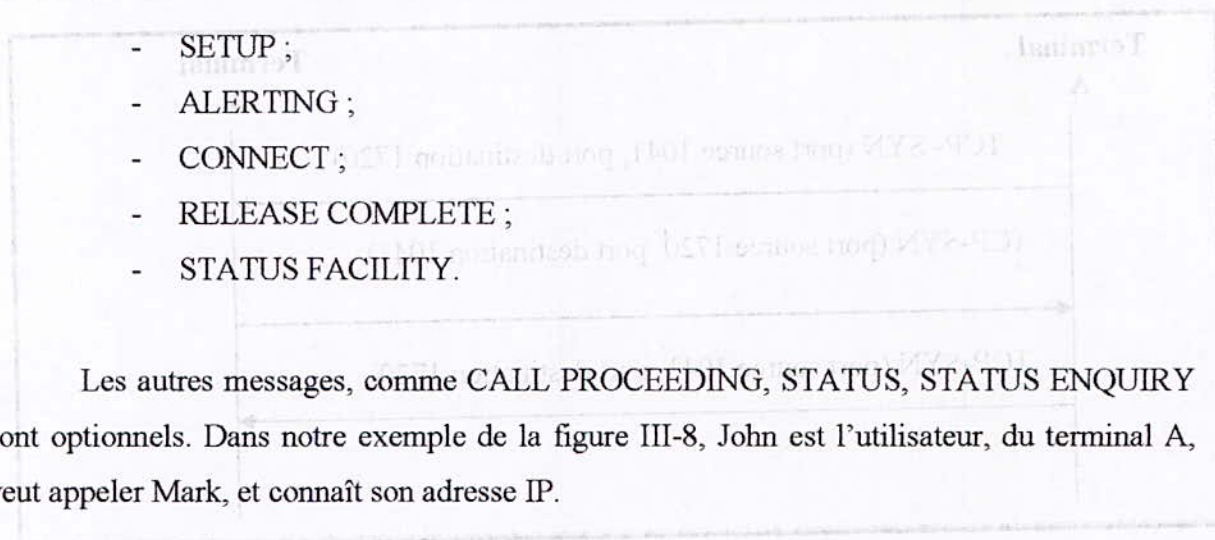


Figure III-8 : Création d'une connexion TCP

- Les messages de contrôle des flux média utilisent une seconde connexion TCP : dès réception d'un nouvel appel sur la première connexion TCP, le terminal appelé alloue un nouveau TCP pour cette connexion, et indique ce dernier à l'appelant dans un message de réponse ; la nouvelle connexion, établie par l'appelant, transporte les messages définis par H.245. En premier lieu, les terminaux échangent leurs capacités audio et vidéo respectives, et élisent un maître et un esclave. Cette dernière fonction n'est utile que dans certains cas, par exemple lorsque les terminaux souhaitent ouvrir simultanément des canaux média bidirectionnels, ce qui demande une notation de priorité pour la résolution d'éventuelles ouvertures simultanées. Le canal H.245 est ensuite utilisé pour l'ouverture des canaux logiques audio et vidéo (chaque un correspondant à une session RTP), d'éventuels canaux fax, ou encore de session de partage de données T.120. Le canal H.245 reste ouvert durant toute la durée de communication.

Une fois cette seconde connexion est établie, la première connexion TCP peut en théorie être fermée, et réouverte seulement pour l'émission de nouveaux messages de contrôle d'appel (par exemple pour raccrocher l'appel). En pratique pourtant, à cause du temps d'établissement d'une connexion TCP, toutes les implémentations maintiennent ouverte la première connexion TCP pendant la durée de l'appel. H.323 utilise un sous ensemble des messages définis pour le RNIS dans la norme Q.931. la spécification rend obligatoire le support des messages suivants :



Les autres messages, comme CALL PROCEEDING, STATUS, STATUS ENQUIRY sont optionnels. Dans notre exemple de la figure III-8, John est l'utilisateur, du terminal A, veut appeler Mark, et connaît son adresse IP.

Le terminal A envoie au terminal B un message SETUP sur un port défini par la norme (le port 1720). Ce message est défini dans H.225.0 et contient notamment les champs suivants :

- Un champ indicateur de protocole toujours positionné à 08H (Q.931 définit ceci comme un message usager/réseau).
- Deux octets comprenant une référence locale appelée *Call Reference Value (CRV)* choisi par l'appelant, et qui sera copier dans tous les messages suivants concernant cette appel.
- Un indicateur de type de message (05h pour le message SETUP comme défini dans Q.931).
- Un indicateur de capacité de transport, d'une structure assez complexe qui indique, entre autres choses, si l'appel est audio seulement ou également un appel vidéo. Il sert principalement pour des raisons de transparence avec le RNIS, et doit être copier par les passerelles RNIS dans le message SETUP envoyé au réseau RNIS.
- Le numéro appelé ainsi qu'une sous adresse optionnelle. Cet élément d'information doit être utilisé si le numéro appelé est un numéro de téléphone. Il contient également un numéro un identificateur du plan de numérotation.
- Un numéro d'appelant et une sous adresse optionnelle, qui de même manière doit être utilisée si l'appelant est identifié par un numéro de téléphone.
- Un champ d'information d'utilisateur à usager, qui encapsule la majorité des données supplémentaires requises par H.323. dans le cas d'un message SETUP, il s'agit d'un bloc de données appelé « SETUP Information element » ...

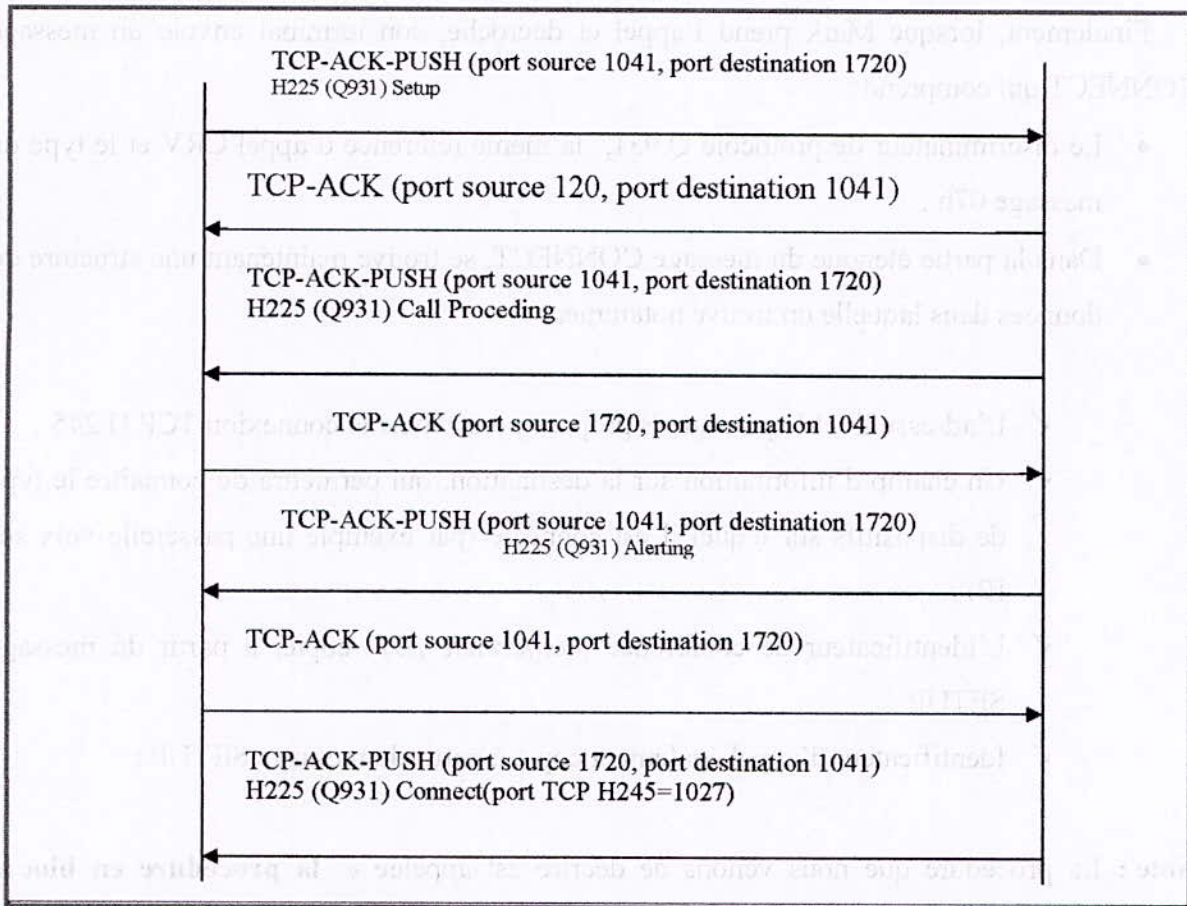


Figure III-9 : Schéma d'échanges des messages Q.931

Il faut noter que TCP est un protocole orienté flux, qui nous délimite pas de messages. A cause de cela les messages Q.931 ne sont pas directement transporté par TCP, mais sont d'abord délimités en utilisant un format de message « longueur/données » appelée TPKT (*Transport PacKeT*) (tableau 3), et définie dans la RFC1006.

Tableau III-4 : La structure des messages TPKT

Vrsn58 bits)=3	Reserved (8 bits)	Packet length (16 bits)	Data
----------------	-------------------	-------------------------	------

Dés la réception par le terminal de Mark d'un message SETUP, celui-ci doit répandre avec un message CALL PROCEEDING, ALERTING, CONNECT ou RELEASE COMPLETE. Plus précisément, l'un de ces messages doit être reçu par le terminal de Jahn avant que son **timer d'appel**, en génial de **4 secondes**, n'expire. Une fois q'un message ALERTING a été reçu, indiquant que le « téléphone sonne », l'utilisateur a jusqu'à **3 minutes** pour accepter ou refuser l'appel.

Finalement, lorsque Mark prend l'appel et décroche, son terminal envoie un message CONNECT qui comprend :

- Le discriminateur de protocole Q.931, la même référence d'appel CRV et le type de message 07h ;
- Dans la partie étendue du message CONNECT, se trouve maintenant une structure de données dans laquelle on trouve notamment :
 - ✓ L'adresse IP et le port que B propose pour ouvrir la connexion TCP H.245 ;
 - ✓ Un champ d'information sur la destination, qui permettra de connaître le type de dispositifs sur lequel il est connecté (par exemple une passerelle voix sur IP) ;
 - ✓ L'identificateur de conférence (*conférence ID*) copier à partir du message SETUP.
 - ✓ Identificateur d'appel également copié à partir du message SETUP ;

Note : La procédure que nous venons de décrire est appelée « **la procédure en bloc** ». L'information de destination est envoyée en une seule fois. Cette procédure est toujours utilisée lorsque l'adresse de destination n'est pas un numéro de téléphone (alias e-mail, adresse IP, etc.). Lorsque l'adresse de destination est un numéro de téléphone, la méthode « en bloc » est également utilisée par les téléphones mobiles, qui ont un bouton « envoi ». Cependant, pour un téléphone classique sans bouton « envoi », il n'est pas évident de s'avoir quand le numéro composé est complet et donc quand envoyé un message SETUP. La plus parts des téléphones IP utilise une temporisation, qui se déclenche quelques secondes après l'appui de la dernière touche. Lorsque ce temps d'attente est jugé indésirable, ou lorsque le dispositif appelant est un commutateur privé analogique déjà en place, une procédure plus sophistiquée existe en RNIS et en H.323 : la numérotation en chevauchement (*Overlapped Sending*). Lorsque la numérotation en chevauchement est utilisée, le terminal appelant peut n'envoyer qu'une information de destination partielle dans le message SETUP (signalé par un drapeau *CanOverlapSend*), et si le numéro est incomplet le gatekeeper répandra par un message SETUP ACKNOWLEDGE, au lieu d'un message CALL PROCEEDING ou ALERTING. Le terminal appelant peut alors continuer à envoyer des digits dans des messages INFO, jusqu'à ce qu'il reçoive un message CALLPROCEEDING ou ALERTING lui indiquant que le numéro est complet.

Depuis H.323 v5, la fonction *digit map* permet aussi de donner au terminal des masques de numérotation permettant de déclencher une numérotation « en bloc sans temporisation.

III-9-2- L'établissement du canal de contrôle

Pour établir les canaux de contrôle, l'ensemble des signaux échangés lors de cette phase sont :

III-9-2-1- Les négociations des capacités

Les messages concernant les flux média et l'échange des capacités sont envoyés sur la seconde connexion TCP, que l'appelant établit vers un port TCP dynamique indiqué par le terminal appelé. Les messages utilisés sont définis dans la norme H.245.

L'appelant établit ce canal de contrôle H.245 immédiatement avoir reçu le premier des messages ALERTING, CALL PROCEEDING ou CONNECT qui spécifie l'adresse et le port H.245 à utiliser. Le canal de contrôle utilise une connexion TCP qui doit être maintenue durant toute la durée de l'appel.

Une autre procédure possible, dans le cas où l'appelant indique une adresse de connexion H.245 dans le message SETUP, est que l'appelé établit lui-même cette connexion. Le canal de contrôle H.245 est unique pour chaque appel entre deux terminaux. Même si plusieurs flux média sont établis pour de l'audio, de la vidéo ou des échanges des données. Ce canal de contrôle est également connu sous le nom de canal logique 0.

Le premier message envoyé sur le canal de contrôle est le message *terminalCapabilitySet*, qui transporte les éléments d'information suivants :

- Un numéro de séquence ;
- Une table de capacités, composé d'une liste ordonnée de codecs que le terminal peut supporter pour la réception du flux média. Chaque codec est identifié par un entier, appelé *CapabilityTableEntryNumber*. La structure peut décrire jusqu'à 256 codecs. Il est possible que toutes les combinaisons des codecs ne soit pas supportées, et la structure *CapabilityDescriptors* permet de décrire les combinaisons des codecs disponibles ;
- Une structure *CapabilityDescriptor*, assez complexe, qui décrit précisément les combinaisons de codecs supportées par le terminal. Elle contient une liste de configurations supportées.

Les deux terminaux doivent envoyer chacun leur message *terminalcapabilitySet* en même temps (un bug très courant dans les premières implémentations H.323 était d'attendre que l'autre terminal ait envoyé ses capacités avant d'envoyer les siennes), puis acquitter la réception de message en envoyant un message ***TerminalCapabilitySetAck***.

Lors de la recherche de problèmes de transmission audio sur un réseau H.323, le message *TerminalCapabilitySet* est l'un des messages les plus utiles à étudier, en compagnie des messages ***openLogicalChannel*** qui le suivent et des flux RTP eux même. Le problème est très probablement lié à une incompatibilité entre les paramètres des codecs (type, taille de trame) qui sont annoncés dans le message *TerminalCapabilitySet*, et les paramètres choisis lors de l'ouverture du canal logique média (*OpenLogicalChannel*), ou encore avec les paramètres effectifs utilisés par le codeur employé dans le flux RTP. Le plus souvent cela est dû à une mauvaise analyse ou interprétation des messages H.245.

III-9-3- La négociation maître esclave

La notion de maître et d'esclave est utile lorsque la même fonction ou action peut être effectuée par deux terminaux pendant une conversation, et qu'il est nécessaire de choisir un seul (par exemple : le choix de contrôleur Multipoint MC, ou l'ouverture des canaux média bidirectionnels). Dans la recommandation H.323, le maître est responsable de la destruction des clés de chiffrement des canaux aux autres terminaux.

Le choix du maître se fait en échangeant des messages ***masterSlaveDetermination*** qui contiennent un nombre aléatoire et une valeur appelée ***terminalType*** qui reflète la catégorie du terminal : MCU (le nom que donne la norme à un pont de conférence multipoint), gatekeeper, passerelle, ou simple terminal. Les valeurs spécifiées par H.323 pour la catégorie du terminal donnent aux MCU la priorité sur les gatekeeper eux même prioritaires par rapport aux passerelles, les MCU sont également prioritaires sur les terminaux. Enfin les dispositifs contenant à la fois des capacités de contrôle d'appel multipoint (MC) et de mixage de flux (MP) sont prioritaires par rapport aux dispositifs ne contenant que des MC, ou bien ni MC ni MP (voir figure III-8)

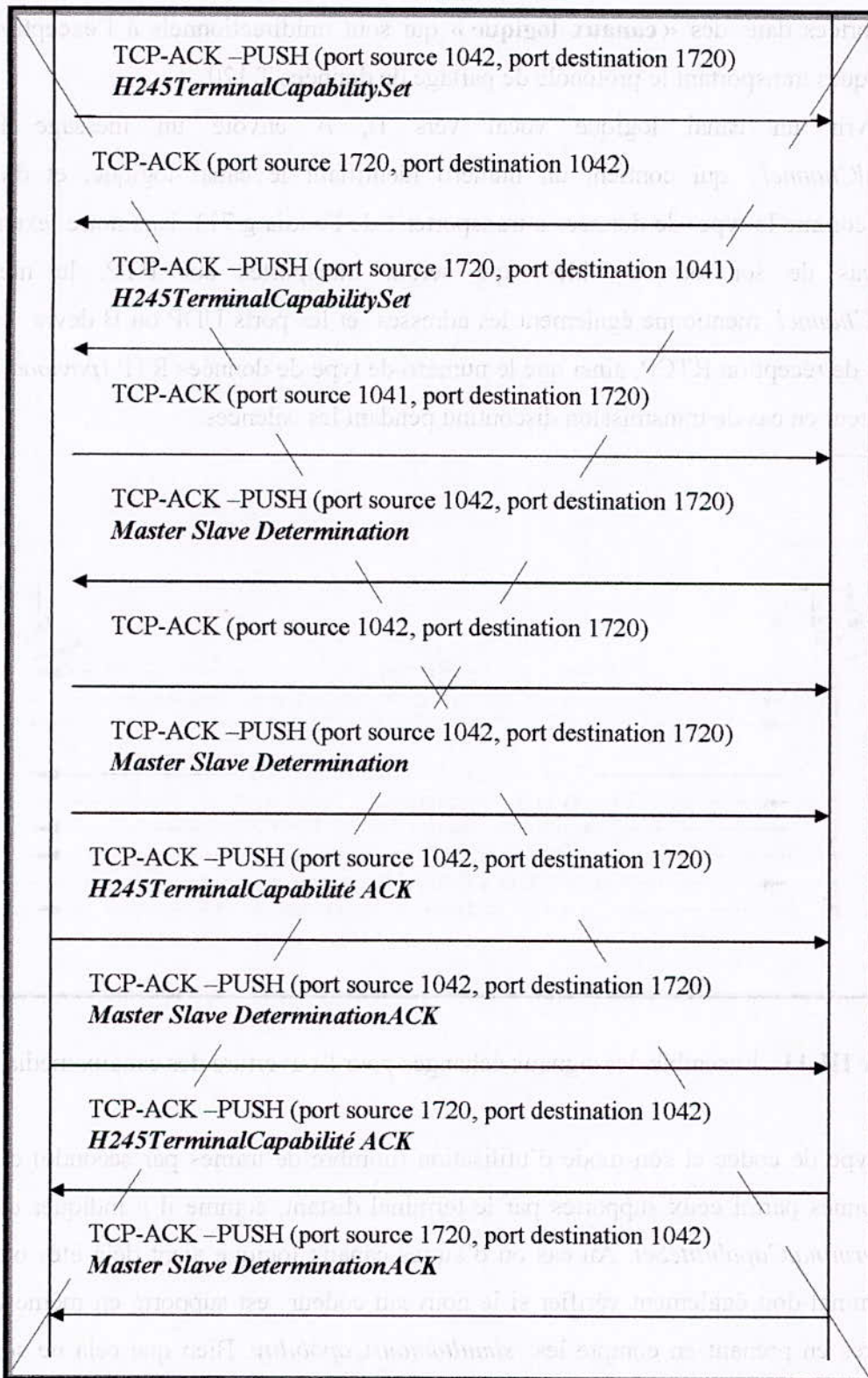


Figure III- 8: Les négociations H.245

III-9-4-L'ouverture des canaux média

A ce stade les terminaux A et B doivent ouvrir des canaux média pour la voie, éventuellement la vidéo ou des données. Les informations numérisées de ces canaux média

sont transportées dans des « **canaux logique** » qui sont unidirectionnels à l'exception des canaux logiques transportant le protocole de partage de données T.120.

Afin d'ouvrir un canal logique vocal vers B, A envoie un message *H.245 openLogicalChannel* qui contient un numéro identifiant le canal logique, et d'autres paramètres comme le type de données à transporter (de l'audio g.711 dans notre exemple). Dans le cas de son ou de vidéo, qui seront transportés sur RTP, le message *openLogicalChannel* mentionne également les adresses et les ports UDP ou B devra envoyer les rapports de réception RTCP, ainsi que le numéro de type de données RTP (*payload type*), et un indicateur en cas de transmission discontinu pendant les silences.

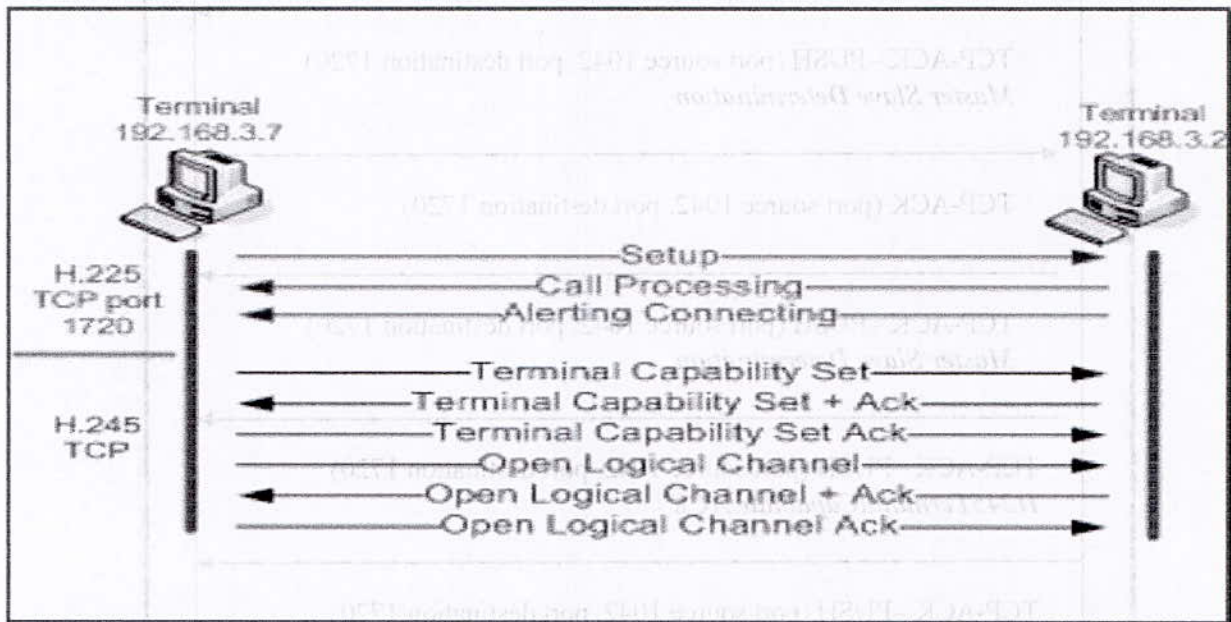


Figure III-11 : Ensemble des signaux échangés pour l'ouverture des canaux média.

Le type de codec et son mode d'utilisation (nombre de trames par seconde) doivent être sélectionnés parmi ceux supportés par le terminal distant, comme il à indiquer dans le message *terminalCapabilitySet*. Au cas où d'autres canaux logique aient déjà été ouverts, alors le terminal doit également vérifier si le nouveau codeur est supporté en même temps que les autres en prenant en compte les *simultaneousCapability*. Bien que cela ne soit pas obligatoire selon le standard, il apparaît que la plus part des implémentations choisissent une configuration avec une préférence qui suit l'ordre d'apparition dans la structure de la description de capacités, et dans le cas où le terminal distant a déjà ouvert des canaux logiques vers le terminal local, il tente de choisir des codecs symétriques. Ceci n'est en aucun cas

obligatoire et les modes de communications symétriques, ou les flux de A vers B et B vers A utilisent des codeurs différents, sont valide.

B envoie un message **openLogicalChannelAck** aquietant l'ouverture de ce canal logique dès qu'il est prêt à recevoir des données de A. ce message contient l'adresse IP et le port UDP ou A devra envoyer les rapports d'émission RTCP.

Dans le même temps, B ouvre également un canal logique vers A selon la même procédure.

III-9-5-Le dialogue

A ce stade, A et B peuvent se parler et se voire s'ils ont aussi ouverts des canaux logique vidéo. Le flux média est envoyer à travers des paquets RTCP permettant à chaque terminal de mesurer la qualité de service de réseau : messages RTCP contiennent la fraction des paquets ont été perdus depuis le dernier rapport, le compte cumulé des paquets perdus, une mesure de gigue ainsi que le plus haut numéro de séquence RTP reçue. En théorie les terminaux H.323 devraient réagir à une augmentation du taux des pertes en réduisant le débit d'émission, par exemple en changeant dynamiquement le codeur audio...mais dans la pratique l'information RTCP n'est pas utilisée par la plus part des terminaux.

La recommandation H.323 impose de n'utiliser qu'une seule paire de ports RTP/RTCP pour chaque session. Il peut y avoir trois types principaux de sessions entre terminaux H.323 : la session audio (1), la session vidéo, et la session de données (3), mais rien dans le standard n'interdit à un terminal d'ouvrir plus de sessions. Pour chaque session, il ne devrait y avoir qu'un seule port RTCP utilisé : bien qu'il est un flux RTP dans chaque sens, les ports utilisés pour recevoir les rapports d'émission et les rapports de réception de chaque flux doivent être identiques.

III-9-6-Relâchement de l'appel

Comment raccrocher un appel H.323 ? et bien ... ce n'est pas si simple.

Si a raccroche en premier, le terminal A doit envoyer message H.245 **CloseLogicalChannel** pour chaque canal logique qu'il a ouvert. B en accuse de réception en répondant par un message **loselogicalChannelAck**.

Une fois que tous les canaux logiques sont fermés, A envoie un message H.245 **endSessionCommand**, puis attend de recevoir le même message de B (qui vas aussi

auparavant clôt l'ensemble de ses canaux logiques média) et enfin ferme le canal de contrôle H.245.

Pour finir, A et B doivent envoyer un message H.225 **ReleaseComplete** sur le canal de signalisation si toutefois celui-ci est encore ouvert, puis fermer immédiatement ce canal. L'appel est alors terminé.

III-9-7- Les ports utilisés :

Au total, un PC multimédia désirent établir une connexion voix et données avec un autre PC au travers d'un réseau IP devra donc établir les canaux suivants :

- canal d'émission pour un flux son (sur UDP/RTP),
- canal de réception pour un flux son (sur UDP/RTP),
- canal de réception des informations de contrôle son (sur UDP/RTCP),
- canal d'émission des informations de contrôle son (sur UDP/RTCP),
- canal d'émission de données (sur TCP/T.120),
- canal de réception des données (sur TCP/T.120),
- canal de signalisation d'appel,
- canal de contrôle et d'échange des capacités des terminaux,
- canal d'enregistrement, d'admission.

Auprès d'un garde-barrière, il faudrait établir quatre canaux supplémentaires si l'on veut ajouter un échange vidéo (un canal d'information et un de contrôle pour chaque sens). Les canaux d'échange de média sont optionnels : il pourrait aussi y avoir plusieurs canaux de données, pas de canal vidéo, un seul canal son par exemple. Par contre le canal de contrôle et d'échange des capacités des terminaux est toujours présent pour chaque appel. La figure ci-dessous reproduit ces différents composants pour une communication bilatérale.

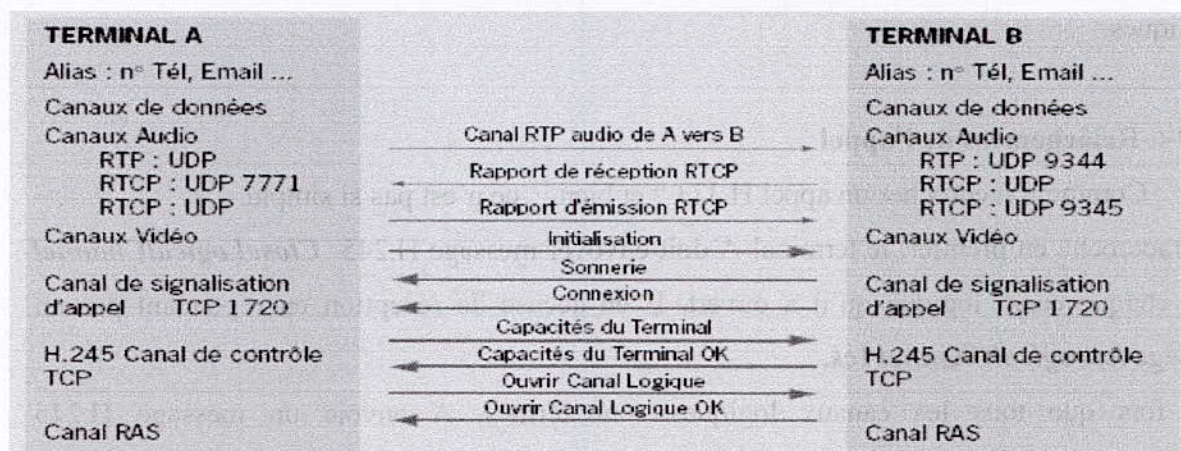


Figure III-12 : L'ensemble des canaux utilisés lors d'une connexion point à point.

III-10-Le principe de fonctionnement avec Gatekeeper

Il s'agit ici de la représentation du cas le plus couramment rencontré dans la téléphonie IP. Nous décrivons ici les étapes du processus qui permettent à un utilisateur de contacter un correspondant à l'aide d'un gatekeeper. Ce cas-ci en particulier considère les deux utilisateurs situés chacun sur un réseau IP.

Pour rappel, le Gatekeeper est considéré comme sorte de bottin électronique contenant un ensemble d'informations sur les utilisateurs qui s'y sont enregistrés. Ces informations sont des associations de noms d'adresse appelés « alias » et les adresses physiques des réseaux qui y correspondent. Le Gatekeeper est également l'élément le plus complexe en téléphonie H.323, il a été défini dans la première version et ses fonctionnalités furent clarifiées dans H.323 version 2.

Le déroulement du processus s'effectue selon les étapes suivantes :

- 1) découverte du Gatekeeper ;
- 2) demande, par le terminal, d'une permission d'appeler un client ;
- 3) signalisation ;
- 4) terminaison ;

• étape 1

Lorsque le client est démarré, commence la première étape en laquelle consiste la recherche du Gatekeeper le « plus » proche. Cette recherche est amorcée par l'émission d'une requête broadcast appelée « GRQ » (GK request). Le terminal peut aussi très bien spécifier dans cette requête s'il désire se connecter à un Gatekeeper en particulier. Dans cette éventualité, il précise l'adresse du GK qu'il désire connecter. On pourrait également effectuer une requête GRQ unicast en y précisant une adresse du GK particulier.

Le client insère également la liste des alias qui permettent de l'identifier dans la requête GRQ ainsi l'adresse et le port sur lequel il désire que le GK lui revoie une réponse.

Il est une règle de bonne pratique de limiter dans un premier temps la durée de vie d'une requête pour que seules les gatekeepers du domaine local répondent les premiers. Si, cette requête, aucun GK ne répond, on prolonge la durée de vie progressivement pour atteindre les GK des domaines avoisinants. Le client reçoit ensuite une réponse du GK. Suite à la requête GRQ

Après avoir reçu une réponse du GK, le client lui émet une requête d'enregistrement (RRQ) « registration request ». Cette requête RRQ est généralement émise sur un port particulier du GK et est accompagnée par l'adresse qui permettra la signalisation des appels. Le GK émet une réponse RFC « registration confirm » vers le terminal. En même temps, le GK assigne un numéro d'identification unique au terminal qu'il utilisera dans chacune des transactions RAS entre lui-même et le terminal. Le terminal est maintenant enregistré auprès du GK désiré.

- **étape 2**

Le terminal va passer une requête d'appel vers un correspondant dont il connaît une adresse alias mais pas l'adresse physique. Cette requête sera émise vers le GK car nous nous trouvons dans le modèle d'appel routé par un GK. Mais avant tout il y a d'abord une requête RAS du terminal vers le GK. Cette requête est une requête ARQ pour « admission request », la requête possède un ensemble d'informations émises par le terminal. Comme sont l'identificateur unique qu'il lui a été assigné par le GK, l'alias du correspondant, le type d'appel (point à point), un numéro unique qui permettra d'identifier la connexion établie entre le client1 et le client2 et des informations sur les CODECS qui sont susceptibles d'être utilisés.

Deux cas sont envisageables pour la signalisation :

- GK routed
- Direct

Dans le premier cas, la signalisation passera par l'intermédiaire du GK, par contre, dans le deuxième cas la signalisation sera établie directement entre les deux clients.

Si le GK accepte l'appel, il émet vers le client un message ACF « Admission confirm ».

- **Etape 3 :**

Le terminal peut émettre un message SETUP vers l'adresse du port fournie par le GK. Il s'agit de l'adresse du client2 que le client1 désire contacter.

La suite des étapes se déroule comme dans le modèle décrit précédemment.

III-11- Utilisation d'une MCU

Toute conférence peut mettre en œuvre deux fonctions distinctes comme il a été mentionné dans le paragraphe (III-6-4), ici on va donner une idée générale sur l'utilisation directe de MCU :

III-11-1- Utilisation direct du MCU

La plupart du temps, on décide de créer une conférence et de lui donner un nom. Les participants savent donc dès le départ que l'appel sera un appel de conférence. Le moyen le plus simple de créer une conférence est d'appeler le MCU et de lui envoyer un message SETUP avec le paramètre *conferenceGeal* positionné à *Create* (créer), et en indiquant également un identificateur de conférence globalement unique.

Si le MCU décide d'accepter l'appel, il répond par un message CONNECT. Le terminal et la MCU échangent alors leurs capacités, puis la procédure maître/esclave commence.

Ici on va donner juste les fonctions qu'on peut faire à l'aide d'un MCU.

- Invitation de nouveaux participants.
- Procédure de rejoindre une conférence existante.
- Consultation de la liste des conférences actives.

III-12- Les limitations de H.323

La recommandation H.323 a eu le grand mérite d'exister, et de participer au dynamisme du secteur en apportant un cadre aux nouvelles technologies de téléphonie IP. H.323 a comblé un vide et a fourni à la jeune industrie VoIP des fondations pour se développer. Malgré ses défauts, H.323 reçoit l'appui de nombreux industriels qui bénéficient de son Label ITU. Pourtant, H.323 souffre de lourdeurs structurelles héritées de ses origines Télécoms. Mais elle évolue sans cesse et devient chaque jour plus opérationnel. La version 2 corrige certaines faiblesses et enrichit l'ensemble de nouvelles fonctionnalités. Nous listons ci-après quelques défauts connus de la version 2 et qui sont en partie résolus par la version 3 du protocole.

- **La traversée des firewalls**

Les recommandations H.323 et T.120 procèdent à l'assignation logique de certains ports, de manière dynamique. Cela rend difficile leur traversée des firewalls, qui filtrent les paquets entrants en fonction de ses ports logiques ou des protocoles de transports adoptés. Certains protocoles doivent en négocier un à l'occasion de chaque connexion.

Tableau III-4 : L'ensemble des ports définis par la norme H.323

Protocole	Ports logiques
Q.931	Ports 1720 et 1300 statiques
H.245	Dynamique
RAS	Dynamique
RTP Audio	2 ports dynamiques et unidirectionnels
RTP Vidéo	2 ports dynamiques et unidirectionnels
T.120	Port 1703 ou dynamique

Une transmission H.323 génère donc entre 7 et 11 ports logiques, qui doivent passer les filtres des firewalls et des proxys. Or, tout trafic qui n'est pas HTTP pour les pages Web, SMTP pour l'e-mail ou FTP pour le transfert de fichiers, est scrupuleusement filtré dans les firewalls, sur instruction des gestionnaires de réseau.

- **Temps d'établissement de l'appel**

Dans la première version de la recommandation, H.323 v1, le temps d'établissement d'une communication était très long, de 15 à parfois 30 secondes. De plus, l'application se mettait en timeout avant d'avoir pu établir l'appel. Un canal de négociation H.245 devait être ouvert en préalable à l'appel. La procédure H.323 v2 FastConnect améliore la situation, mais ne résout pas tous les problèmes pour aboutir à un délai d'établissement de type télécoms. Les délais importants sont souvent dus aux connexions TCP qui prennent de 6 à 8 RTT (Round-Trip Time) ou aller-retour. La perte d'un TCP SYN entraîne à elle seule un délai de 6 secondes, et celle de 2 TCP SYN un délai de 24 secondes. L'Annexe E de la norme H.323 décrit un mode de fonctionnement des protocoles sur UDP, qui doit permettre de ramener les délais d'établissement des différentes phases de l'appel dans les limites de type télécoms.

- **Signalisation DTMF et tonalités**

La signalisation DTMF est mal prise en compte, de même que le suivi des tonalités d'appels. Le Call Progress doit être amélioré. H.245 v3 résout déjà plusieurs difficultés liées à la transmission des signaux DTMF. Il améliore la synchronisation de la voix avec la transmission des tonalités DTMF, et transmet la durée et les cadences des tonalités.

- **Interopérabilité**

Conséquence de la complexité de la norme H.323, les constructeurs ont interprété ou simplifié chacun à sa façon les procédures, rendant leurs produits incompatibles les uns avec les autres. Le consortium iNOW a publié un jeu de spécifications, fondé sur H.323, traitant des relations entre gateways de différents constructeurs. Les communications entre gatekeepers n'avaient pas été traitées par les deux premières versions de la norme, et aucune procédure standardisée n'existait. Les nombreux forums, IMTC, TIPHON et iNOW, ont largement contribué à établir les procédures H.255.0, ratifiées en mai 1999, décrivent la communication entre gatekeepers. Les codeurs eux-mêmes sont insuffisamment définis, même si leur standardisation n'est pas du ressort de H.323. Les spécifications G.7xx laissent parfois place à des interprétations différentes sur, par exemple, le nombre de trames par paquet [25].

- **Authentification, facturation**

La recommandation ne prévoit pas de procédures standard pour ces deux fonctions, qui ont été largement traitées au sein du projet TIPHON de l'ETSI.

III-13- Les avantages de 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.
- Les cinq principaux logiciels de visioconférence (PictureIt 550, Proshare 500, Tricon 500, Smartstation, Cruiser 150, utilisent sur IP la norme H.323.
- 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 [26].

III-14- Conclusion

Le protocole H323 reste jusqu'à nos jours le plus utilisé, et qui a été choisit par les grandes compagnies dans le souci de compatibilité avec un grand nombre de *carriers*. Dans le chapitre suivant on va présenter, notre contribution a la conception du terminal IP adoptant ce protocole comme protocole de signalisation.

*Chapitre IV : L'implémentation du terminal
IP*

IV-1-Introduction

Pour la conception du terminal IP en se basant sur le protocole de signalisation H.323, et après une étude assez poussée de la norme H323 ; on a envisagé deux approches méthodiques distinctes qui nous amènent au même résultat.

IV-2- les deux approches méthodiques

IV-2-1- La première approche :

Après l'étude du protocole H.323 et tous les protocoles de communication qui ont pour fonction de bien amener une communication et le transfert de la voix sur le réseau IP. L'ensemble des signaux mis en jeu afin d'établir une communication (les signaux de signalisation , de contrôle et des flux média) ,chacun a son format et sa trame bien déterminée et véhicule avec lui un ensemble d'information bien spécifique à lui .

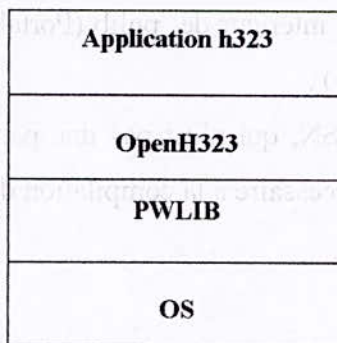
La première approche pour l'implémentation de notre terminal, consiste à développer et programmer tous les signaux mis en jeu lors d'une communication (cas sans Gatekeeper et cas avec Gatekeeper), vu le temps effectif pour la réalisation, cette approche s'avère impossible à réaliser, c'est à cause de ce dernier obstacle qu'une deuxième approche est nécessaire.

IV-2-2- La deuxième approche

Cette deuxième approche est basée sur l'exploitation et l'utilisation du projet appelé « openH323 » et dont le principal moyen d'accès est le site Internet www.openh323.org ,un projet libre d'accès où tout le monde peut participer à son développement ou utiliser les différents produits déjà créés pour donner une meilleure solution. Ainsi notre travail est basé essentiellement sur OpenH323 qui nous a permis d'arriver au terme de notre projet qui est de réaliser un terminal IP.

IV-3- Présentations et définitions des bibliothèques utilisées

Notre application s'appuie sur la pile de couches logicielle suivantes :



FigureIV-1: Le modèle en couche utilisé

IV -3-1-PWLIB

Portable Windows Library (PWLIB) est une interface entre le système d'exploitation (OS) et la couche openH323, elle permet de rendre les caractéristiques des mécanismes hardware pour le transfert de données transparentes au stack H.323, laissant à la couche openH323 uniquement la gestion de la norme H.323.

Plus exactement, c'est est une librairie de classes utiliser pour pouvoir produire des applications fonctionnelles sur des systèmes de Microsoft Windows et d'Unix X-Windows, PWLIB permet également de rendre les programmes se trouvant sur des couches supérieures, d'être indépendant de l'OS (Windows ou Linux) cette caractéristiques permet au code d'être portable ou mobile (cependant il faut toujours recompiler le code de l'application sur la plate-forme en question).

Elle est constituée de plusieurs parties qui sont :

- Un nombre de classes génériques, comme les classes containers, les classes String (chaîne de caractères) , etc , qui sont contenues à l'intérieur de « gclib » (Container and Generic class Library). Celles ci sont compilées par les même sources quelque soit la plateforme et il n'existe pas de différence dans l'implémentation au niveau des plateformes.
- Un nombre de classes spécifiques au OS , qui est une plateforme spécifique comme threads (Pthreads), processus (PProcess) et semaphore (PSemaphore) ces derniers sont à l'intérieur de « ptlib » (Portable Threads, processes and inter-process

communication Library) elles sont mises ici parce que pwnlib est censée être une bibliothèque portable.

- Un nombre de classes Multimédia et réseau comme PSocket, PChannel, PsoundChannel, qui sont à l'intérieur de pwnlib (Portable Network Library) and pmlib (Portable Multimedia Library).
- Un nombre de la syntaxe ASN, qui n'est pas une partie de la bibliothèque mais une application séparée d'elle, nécessaire à la compilation de la bibliothèque OpenH323.

Remarque

Les containers sont des objets qui permettent de stocker d'autres objets, ils sont l'un des types de composant de la bibliothèque STL (Standard template Library) qui est une bibliothèque standard générique [22].

IV -3-2-OPENH323

OPENH323 représente le stack H.323 qui contient toutes les classes, les méthodes pouvant mettre en œuvre une application respectant la norme H.323 et la zone H.323. Celle-ci et la bibliothèque PWBLIB comprennent 500 000 lignes de code source et plus de 400 classes écrites en C++.

Remarque : Les versions des librairies ainsi que les procédures d'installations se trouvent en annexe A.

Notre application utilise les programmes issus des deux modules qui sont :

- La stack (pile) H.323 : représente les différentes classes et méthodes utilisées pour gérer les protocoles de la norme H.323
- Un gatekeeper H.323.

La construction d'une application basée sur un projet OpenH323 (voire la figure) s'effectue suivant une structure prédéfinies par openh323, un modèle composé de deux couches logiciels qui sont :

- PWLIB
- OPENH323

La librairie OPENH323 est formée de plusieurs classes et méthodes permettant de créer des objets utilisés pour le contrôle et la mise en place des différents éléments utilisés dans une zone H.323 (terminal, GK et GW). Ces éléments présentent une couche logiciel qui sera placée au-dessus de la librairie OPENH323 et utilisant les différents objets contenus dans cette librairie.

Ci-dessous on décrit les principales classes de la librairie OPENH323.

- H323Endpoint : cette classe est le point d'entrée d'une application H.323. Elle donne accès aux différents autres objets H.323.
- H323Connection : cette classe représente une connexion entre deux « end points » ou terminaux.
- H323Listener : représente les fonctionnalités nécessaires pour gérer un appel entrant, en d'autres terme cette classe s'occupe de détecter les appels entrant à l'aide de la classe H323Transport.
- H323Gatekeeper : contient tout le protocole RAS utilisé pour la communication avec un GK.
- H323Channel : représente et décrit les canaux logiques entre deux « end points ».
- H323Transport : est responsable de gérer les appels entrant pour un protocole déterminé (TCP ou UDP).
- H245Negotiator : Cette classe gère le protocole h245 et toutes les négociations qui ont lieu entre les deux « end points ».
- H323Capability : Cette classe décrit les « capabilities » d'un « end point » et en particulier les « codecs » (type de codage/compression audio utilisé) utilisé pour le transfert de données au travers du canal logique.
- H323Codec : Représente les différents types de codage de la voix qui peuvent être utilisés : lois A, lois u, etc..
- H323_RTPChannel : représente le protocole utilisé pour le transfert des données audio en temps réel.

La figure IV-2 nous donne une vue d'ensemble sur les principales classes utilisées dans la bibliothèque openh323 et l'interaction entre celles-ci dans une simple application (téléphone classique

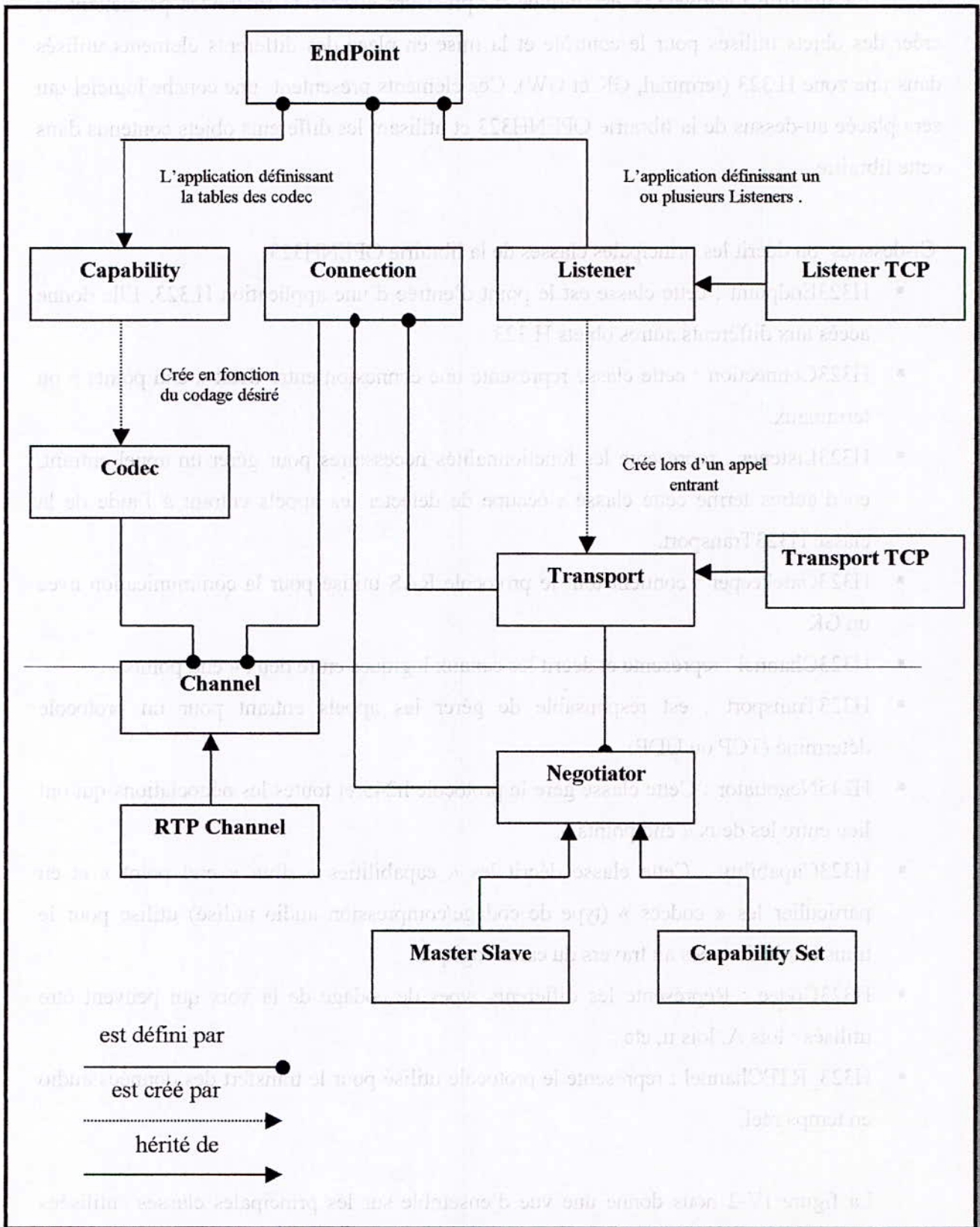


Figure IV-2 : Hiérarchie des différentes classes de Openh323.

La compilation du programme écrit en C++ passe par les différentes couches logiciels comme indiqué dans la figure 3 :

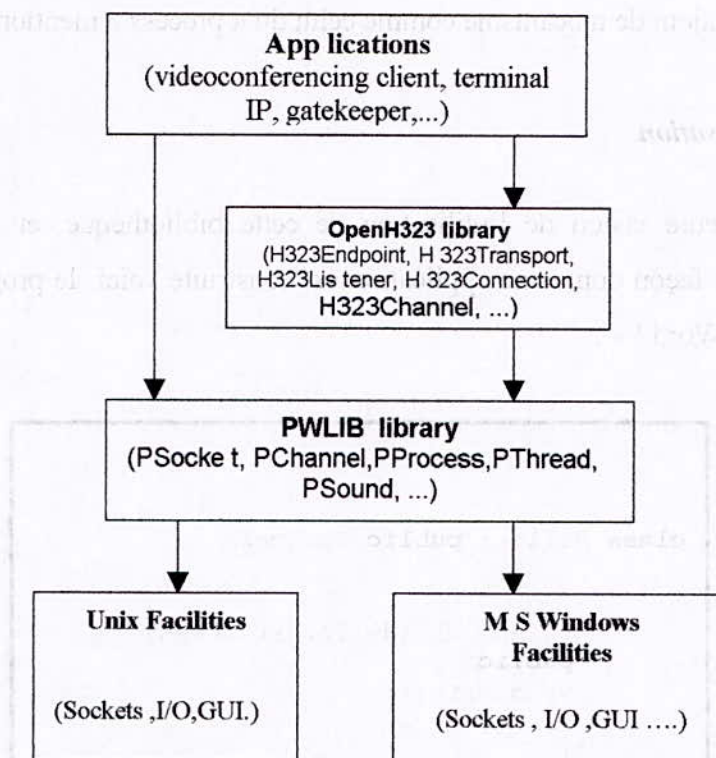


Figure IV-3 : La structure d'un projet OpenH323

IV-4-L'Utilisation des produits OpenH323

IV-4-1- Utilisation de PWLIB

Comme expliqué précédemment, le stack H.323 se décompose en deux couches logicielles : PWLIB et OPENH323, cela signifie que tous les programmes utilisant la librairie OPENH323 utilisent aussi la librairie PWLIB et cela se transcrit dans la réalité par le fait que tout programme utilisant la librairie PWLIB doit fonctionner à l'intérieur d'un « process ». Ce « process » correspond à un environnement prédéfini à l'intérieur duquel l'application sera exécutée. Celui-ci permet de faire fonctionner les applications sur différents systèmes d'exploitations (Windows et Linux) avec un code identique et ne pas avoir à se préoccuper de l'accès au hardware.

Pour générer le composant à l'intérieur duquel tournera l'application nous exécuterons une macro :

```
PCREATE_PROCESS(nom_application)
```

qui se chargera de créer les composants nécessaires à l'application. Il faut remarquer que le stack H.323 a été conçu pour faciliter au maximum le développement d'application au-dessus de celui-ci par l'ajout de mécanisme comme celui du « process » mentionné précédemment.

Exemple d'utilisation

Pour une meilleure vision de l'utilisation de cette bibliothèque, et au moins donner des indication sur la façon dont une application est construite voici le programme de la célèbre phrase « Hello Word ! » .

```
// hello.cpp
class Hello : public PProcess
{
    PCLASSINFO(Hello, PProcess)
public:
    void Main();
};

PCREATE_PROCESS(Hello)
void Hello::Main()
{
    cout << "Hello world!\n";
}

// End of hello.cpp
```

Dans ce programme , est illustré l'utilité de la marco : PCREATE_PROCESS définie par la création de l'instance « Hello » (dans ce cas elle représente notre application) où elle remplace la fonction « main » dans la programmation C++ classique et enfin elle assure que les objets sont initialisés dans le bon ordre.

IV-4-3- Utilisation de OPENH323

IV-4-3-1- Description de la structure des classes

Openh323 est une bibliothèque à accès libre, utilisée pour développer des applications de transfert des flux média (audio, vidéo et données) à travers le réseau internet.

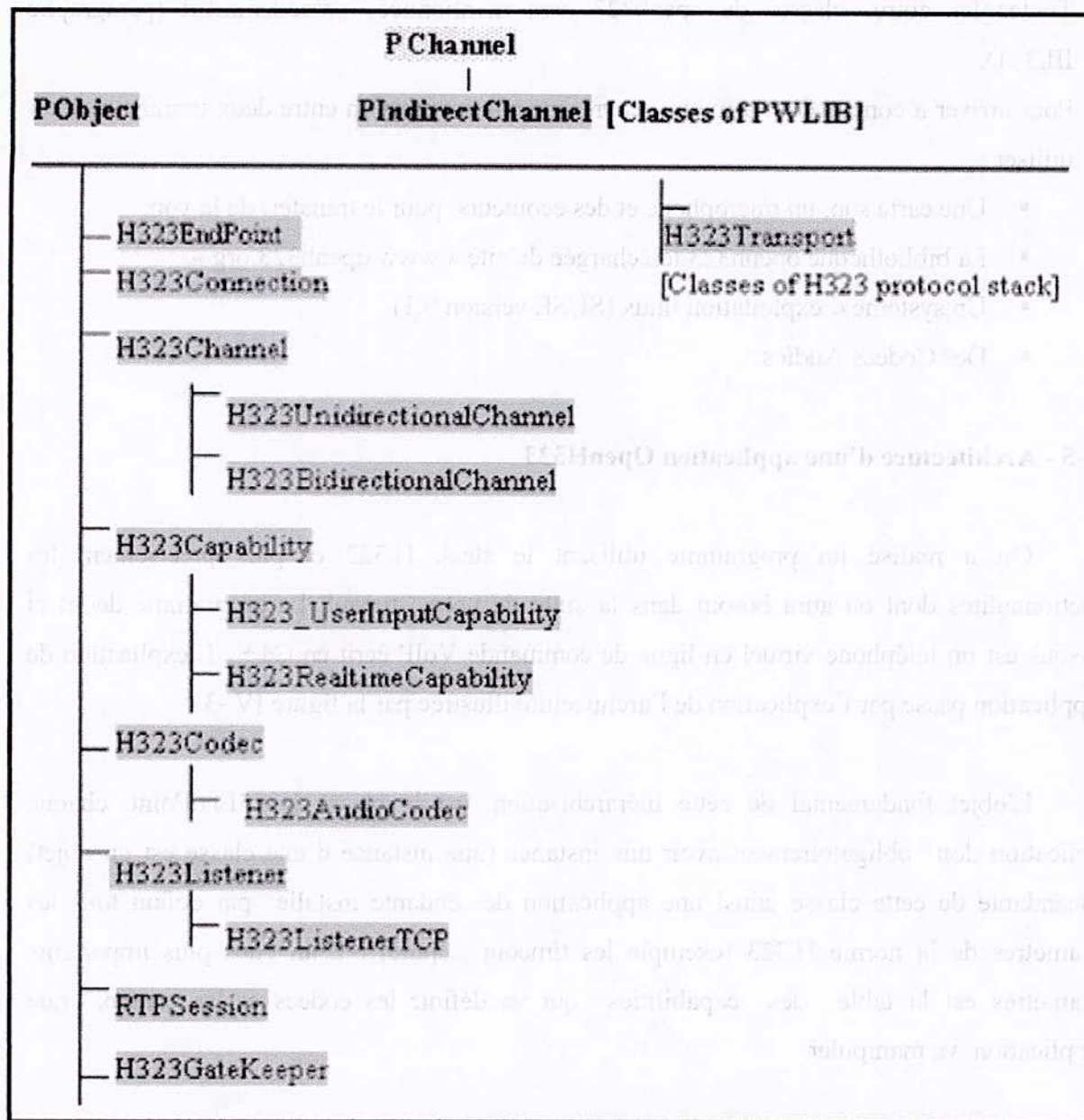


Figure IV-4 :L'architecture de la bibliothèque openH323.

- **Pobject** : la classe parente pour tout les objets de la bibliothèque
- **PChannel** : Classe abstraite définissant la sémantique de canal d'I/O.
- **Process** : Dérivé de PThread, représente un processus du système d'exploitation.
- **PThread** : Classe dérivée de PObject, qui définit un processus d'exécution dans le système.

- **PIndirectChannel** : C'est un canal qui fonctionne indirectement à travers un autre (plusieurs autres) canal (canaux).

Toutes les autres classes de openh323 sont mentionnées précédemment (paragraphe III.3 .1).

Pour arriver a concevoir et à mettre œuvre une communication entre deux terminaux en a utiliser :

- Une carte son, un microphone et des écouteurs pour le transfert de la voix.
- La bibliothèque openh323 téléchargée du site « www.openh323.org ».
- Un système d'exploitation linux (SUSE version 9.1).
- Des Codecs Audios.

IV-5 - Architecture d'une application OpenH323

On a réalisé un programme utilisant le stack H.323 et plus précisément les fonctionnalités dont on aura besoin dans la suite de notre travail. Le programme décrit ci dessous est un téléphone virtuel en ligne de commande VoIP écrit en C++. L'explication de l'application passe par l'explication de l'architecture illustrée par la figure IV -3 :

L'objet fondamental de cette hiérarchisation, est la classe H323EndPoint, chaque application doit obligatoirement avoir une instance (une instance d'une classe est un objet) descendante de cette classe ,ainsi une application descendante installe par défaut tous les paramètres de la norme H.323 (exemple les timeout ,...)[site] . L'un des plus importants paramètres est la table des capabilities qui va définir les codecs et las canaux que l'application va manipuler.

Les différentes méthodes contenues dans cet objet permettront par exemple de faire un appel, recevoir un appel, ainsi que toutes les configurations nécessaires à l'établissement d'une communication. Cet objet correspond au point d'entrée pour la future application « VOIP ».

L'application doit ensuite redéfinir la méthode virtuelle « CreateConnection » de l'objet « endpoint » créée précédemment. Cette méthode retourne un pointeur sur un objet de type H323Connection, cet objet représente une connexion entre deux « end points » et

possède des méthodes permettant de gérer des paramètres tels que les messages échangés lors des phases de configuration Q931, h225 et H.245.

Remarque : La classe H323Connection est redéfinie afin qu'un grand nombre de méthodes virtuelles puissent être réécrites (complétées). Ces méthodes virtuelles sont réécrites par l'application pour obtenir des informations complémentaires sur la transmission en cours ou pour modifier le comportement des différentes phases du protocole de négociations. En effet sans redéfinir ces méthodes, le programme fonctionnera avec les fonctionnalités de base, celles-ci ne sont généralement pas suffisantes ou désirées. Par exemple, il est possible de redéfinir une méthode pour que, lorsqu'un appel entrant est en cours que ce soit l'utilisateur qui décroche et non, le fasse automatiquement

Il est ensuite nécessaire de déterminer comment sera codée la voix pour qu'elle puisse être transmise, dans ce travail de diplôme on utilise la « lois A ». Pour ce faire il faut remplir la table des codecs (capability table) correspondant aux types de codage de la voix que l'application est capable de traiter.

D'autres paramètres peuvent aussi être définis comme par exemple le nom de l'utilisateur « user name » qui sera utilisé pour l'enregistrement auprès du GK, de même que les caractéristiques audio de la carte son.

L'application doit ensuite créer une instance de la classe H323Listener qui est utilisée pour la réception d'appels. Cette classe a pour rôle de détecter les appels entrant. Il y a des descendants de cette classe pour chaque protocole supporté. Par exemple, H323ListenerIP ou H323ListenerTCP. Chaque « listener » crée un « thread » qui contrôle son protocole et quand un nouvel appel entrant est détecté, il crée une instance d'une classe H323Transport. Comme pour la classe H323Listener, il y a un descendant pour chaque protocole supporté, par exemple, H323TransportIP.

Quand le premier PDU arrive dans la classe H323Transport utilisant les protocoles Q.931 et H.225, il y a une référence d'appel qui identifie la connexion qui est faite. Ces connexions sont empaquetées par la classe H323Connection, qui contient toutes les informations nécessaires pour une connexion entre les terminaux H.323.

La classe H323Endpoint garde la trace de ces connexions actives. S'il n'y a pas de connexion pour le numéro de référence désiré, une nouvelle connexion est créée et les négociations de la signalisation H.323 peuvent commencer.

L'ensemble des fonctions utiliser pour implémenter cet organigramme est illustré sur les schémas de la figure 5 (suivante) :

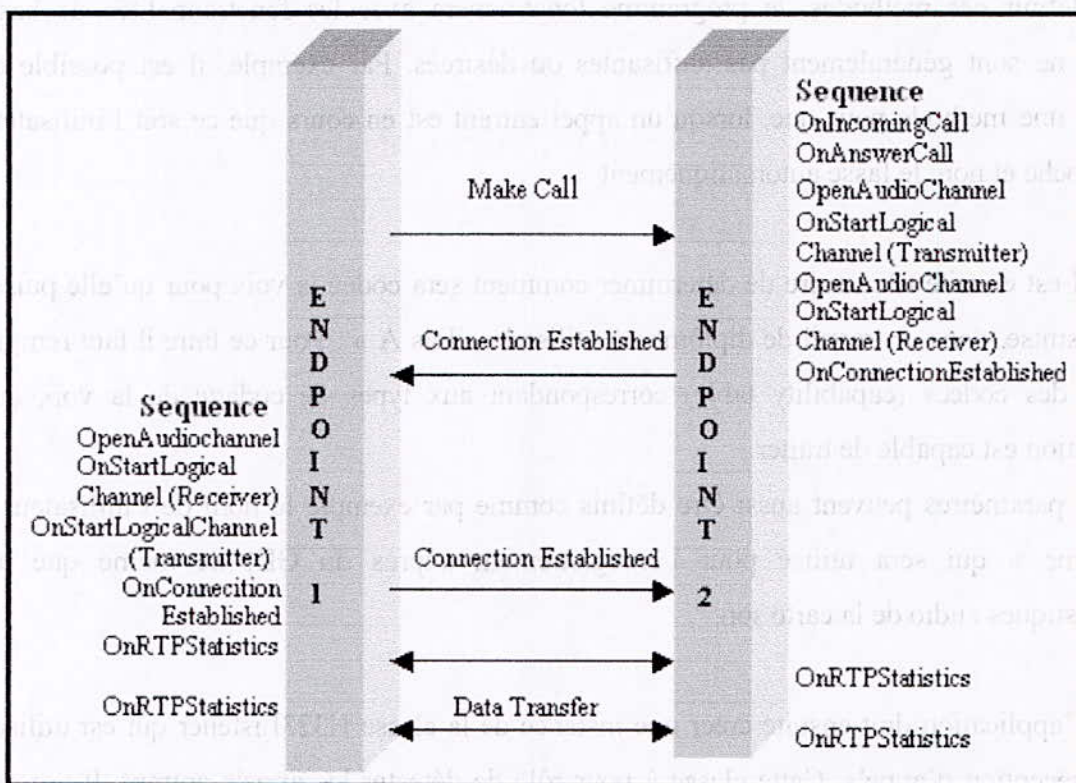


Figure IV-5 : Les différentes étapes pour l'établissement de la connexion point à point

IV-6- Le principe de fonctionnement du terminal H.323

Pour bien comprendre le fonctionnement du terminal virtuel réalisé, on va donner l'organigramme fonctionnel de ce dernier en se basant sur les deux bibliothèque open323 et pwlib. On donne dans cet organigramme le déroulement du programme :

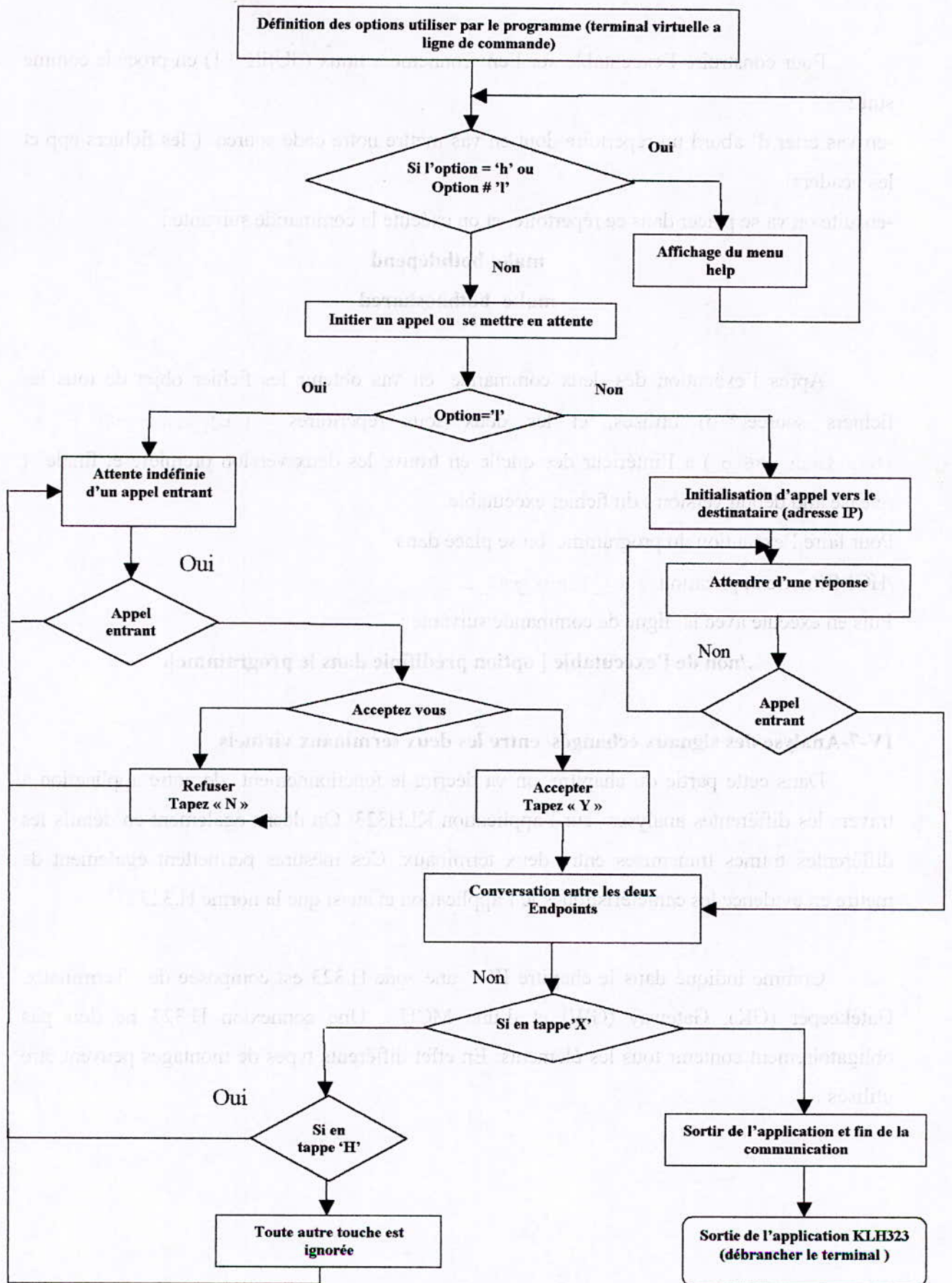


Figure IV-6 : L'organigramme de l'application

Pour construire l'exécutable sur l'environnement linux (SUSE 9.1) en procède comme suit :

-en vas crier d'abord un répertoire dont en vas mettre notre code source (les fichiers cpp et les headers) .

-ensuite on va se placer dans ce répertoire, et on exécute la commande suivante :

```
make bothdepend
make bothnoshared
```

Après l'exécution des deux commande, en vas obtenir les fichier objet de tous les fichiers source(*.o) utilisés, et les deux sous répertoires (obj_linux_x86_r et obj_linux_x86_d) a l'intérieur des quelle en trouve les deux version première et finale (release and debug version) du fichier exécutable.

Pour faire l'exécution du programme on se place dans

/HOME/notre application /obj_linux_x86_r

Puis en exécute avec la ligne de commande suivante :

```
./non de l'exécutable [ option prédéfinie dans le programme].
```

IV-7-Analyse des signaux échangés entre les deux terminaux virtuels

Dans cette partie du chapitre, on va décrire le fonctionnement de notre application à travers les différentes analyses sur l'application KLH323 .On décrit également en détails les différentes trames transmises entre deux terminaux. Ces mesures permettent également de mettre en évidence les caractéristiques le l'application et aussi que la norme H.323 .

Comme indiqué dans le chapitre III , une zone H.323 est composée de : Terminaux, Gatekeeper (GK), Gateway (GW) et d'une MCU . Une connexion H.323 ne doit pas obligatoirement contenir tous les éléments. En effet différents types de montages peuvent être utilisés :



Figure IV-6 : l'organisation de l'application

- **Liaison point à point entre deux terminaux H.323**

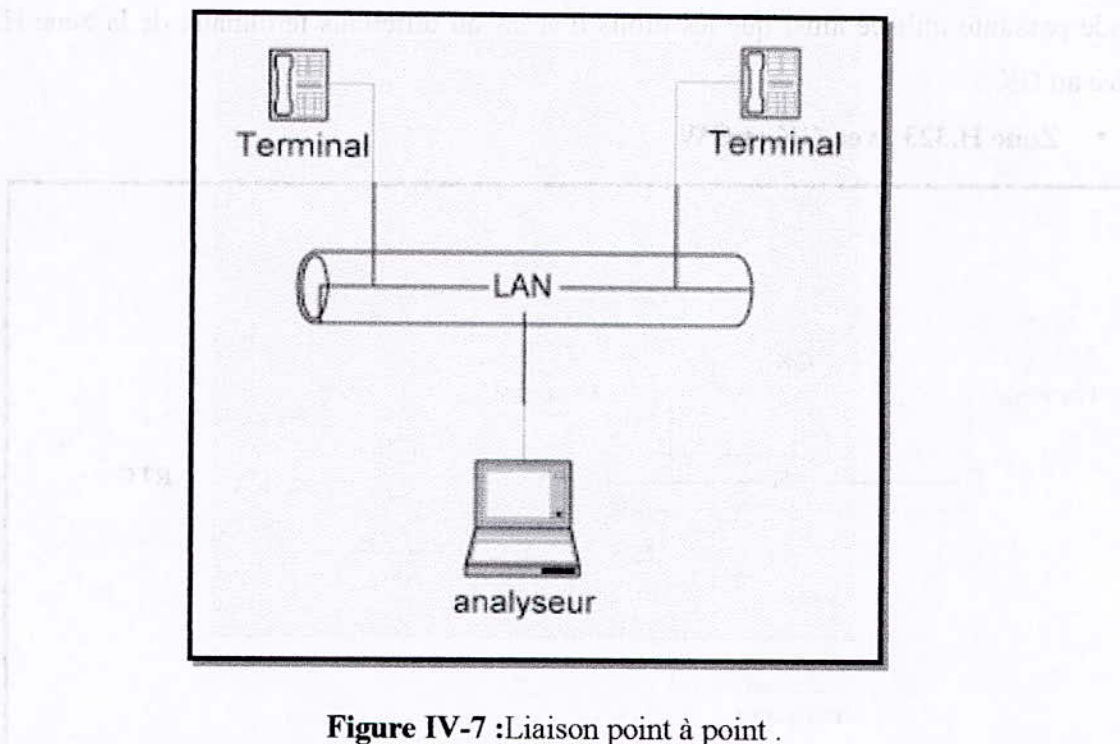


Figure IV-7 : Liaison point à point .

Ce montage représente notre cas de mesure , dans ce type de connexion, on utilise ni GK ni GW, les inconvénients sont que l'adressage doit se faire directement avec les adresses IP des stations, il n'y a aucune gestion de la bande passante ou des droits d'accès car il n'y a pas de zone H.323 gérée par un GK.

- **Liaison entre deux terminaux avec un GK :**

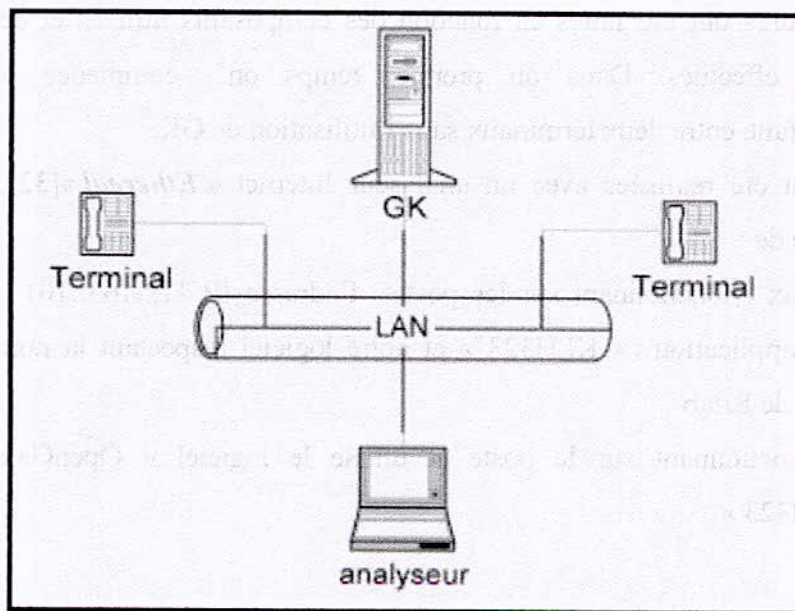


Figure IV-8 : Liaison avec un GK .

Dans cette situation, il est possible de donner des adresses quelconques aux terminaux et le GK se chargera de les convertir en adresses IP, il sera également possible de gérer la bande passante utilisée ainsi que les droits d'accès aux différents terminaux de la zone H.323 grâce au GK.

▪ **Zone H.323 avec GK et GW**

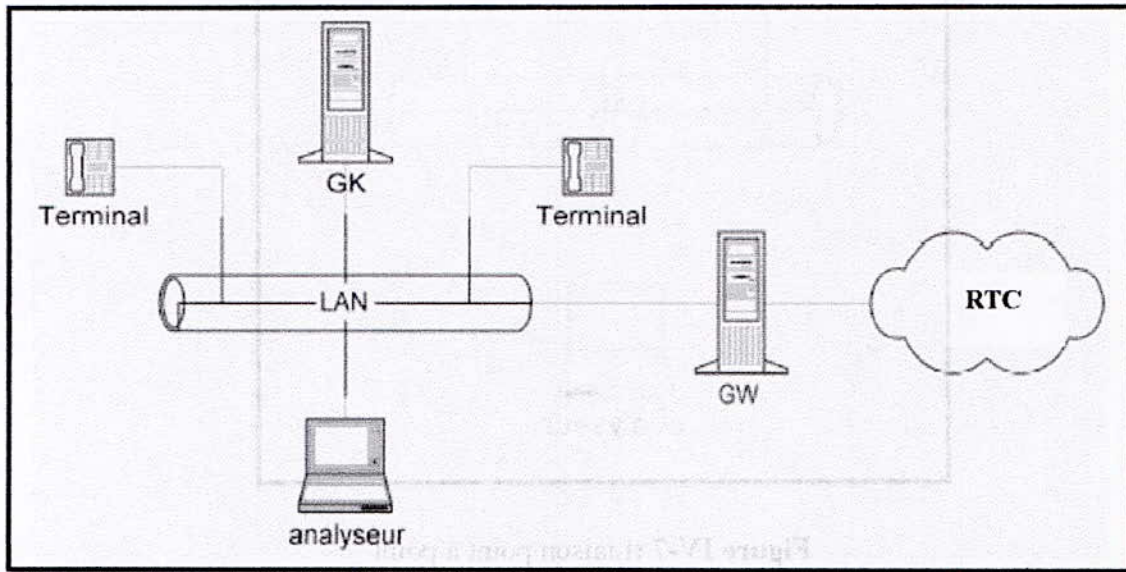


Figure IV-9 :Zone H.323.

Dans ce cas, en plus de la gestion de la zone H.323 il est également possible de faire des appels vers le réseau téléphonique classique.

Dans le cadre de notre travail , on pu mettre en place (fonctionnelle) les structure A et B. Différentes mesures ont été faites en fonction des composants utilisés et des configurations des protocoles effectués. Dans un premier temps on commence par montré une communication faite entre deux terminaux sans l'utilisation de GK.

Les mesures ont été réalisées avec un analyseur Internet « *Ethereal* »[32], sous une plate forme constituée de :

- Terminaux : fonctionnant sur les postes d'adresse IP 172.16.0.101 et 172.16.0.114 utilise l'application « KLH323 » et notre logiciel respectant la norme h323 qui est SJphone de SJlab
- GK : fonctionnant sur le poste et utilise le logiciel « OpenGate » fournis par « OpenH323 ».

IV-7-1- La liaison point à point (sans gatekeeper)

Lorsqu'un terminal désire entrer en contact avec un autre terminal, il commence par ouvrir une connexion TCP entre les deux terminaux désirant se contacter .

L'un des terminaux celui qui veut établir une communication envoie un message « SYN » du protocole TCP on voit bien que le port d'écoute du terminal destination est TCP 1720 .

Capture du message « SYN »

The screenshot shows a Wireshark capture of a SYN packet. The packet list pane shows a packet with the following details:

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Info
14867	33.154546	172.16.0.101	255.255.255.255	H.225.0	RAS: gatekeeperRequest
17282	33.274674	172.16.0.101	172.16.0.114	TCP	1040 → 1720 [RST] Seq=1040 Win=0 Len=0 MSS=1460

The packet details pane shows the following information for the selected packet:

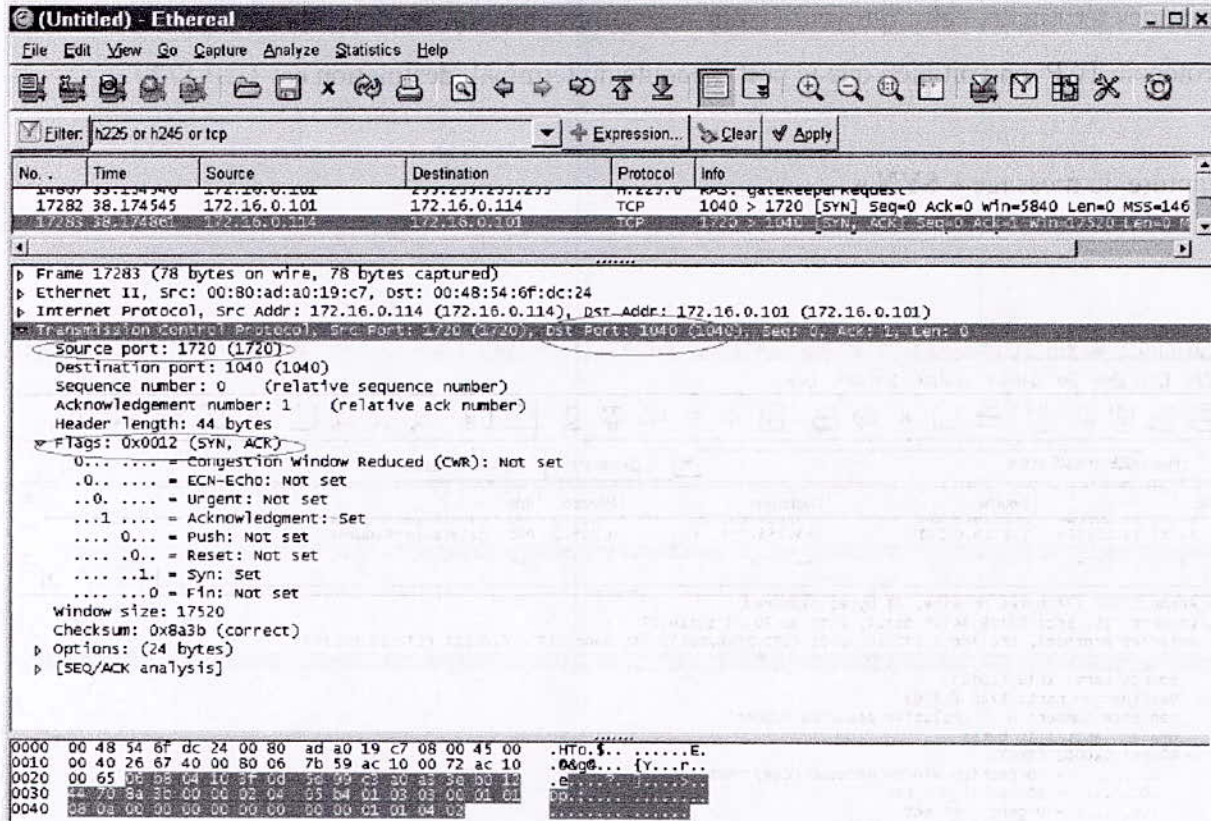
- Frame 17282 (74 bytes on wire, 74 bytes captured)
- Ethernet II, Src: 00:48:54:6f:dc:24, Dst: 00:80:ad:a0:19:c7
- Internet Protocol, Src Addr: 172.16.0.101 (172.16.0.101), Dst Addr: 172.16.0.114 (172.16.0.114)
- Transmission Control Protocol, Src Port: 1040 (1040), Dst Port: 1720 (1720), Seq: 0, Len: 0
 - Source port: 1040 (1040)
 - Destination port: 1720 (1720)
 - Sequence number: 0 (relative sequence number)
 - Header length: 40 bytes
 - Flags: 0x0002 (SYN)
 - 0... .. = Congestion window reduced (CWR): Not set
 - .0.. .. = ECN-Echo: Not set
 - ..0. .. = Urgent: Not set
 - ...0 .. = Acknowledgment: Not set
 -0.. = Push: Not set
 -0.. = Reset: Not set
 -1. = Syn: Set
 -0. = Fin: Not set
 - Window size: 5840
 - Checksum: 0xcb4c (correct)
 - Options: (20 bytes)

The packet bytes pane shows the raw data of the packet:

```

0000  00 80 ad a0 19 c7 00 48 54 6f dc 24 08 00 45 00  .....H T0.$..E.
0010  00 3c 39 42 40 00 40 06 a8 82 ac 10 00 65 ac 10  <9B$.0. ....e.
0020  00 72 04 10 06 08 c3 a0 33 38 00 00 00 30 02  .r.....
0030  3c 30 cb 4c 00 00 02 04 05 04 04 02 08 0a 00 c0
0040  3a 7f cc 00 00 00 00 03 03 00
    
```

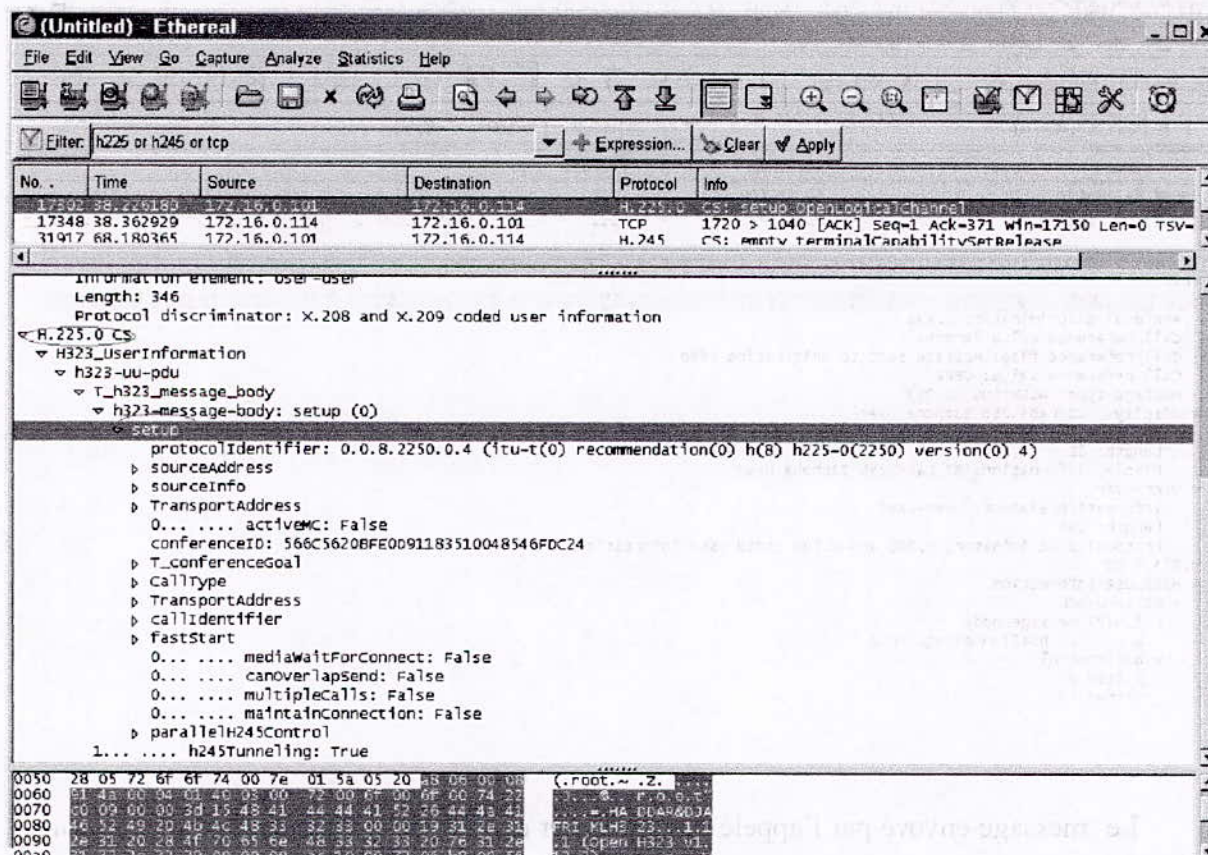
Une fois le message reçu, l'autre terminal lui répond avec le message « **SYN ACK** » comme le montre la capture suivante



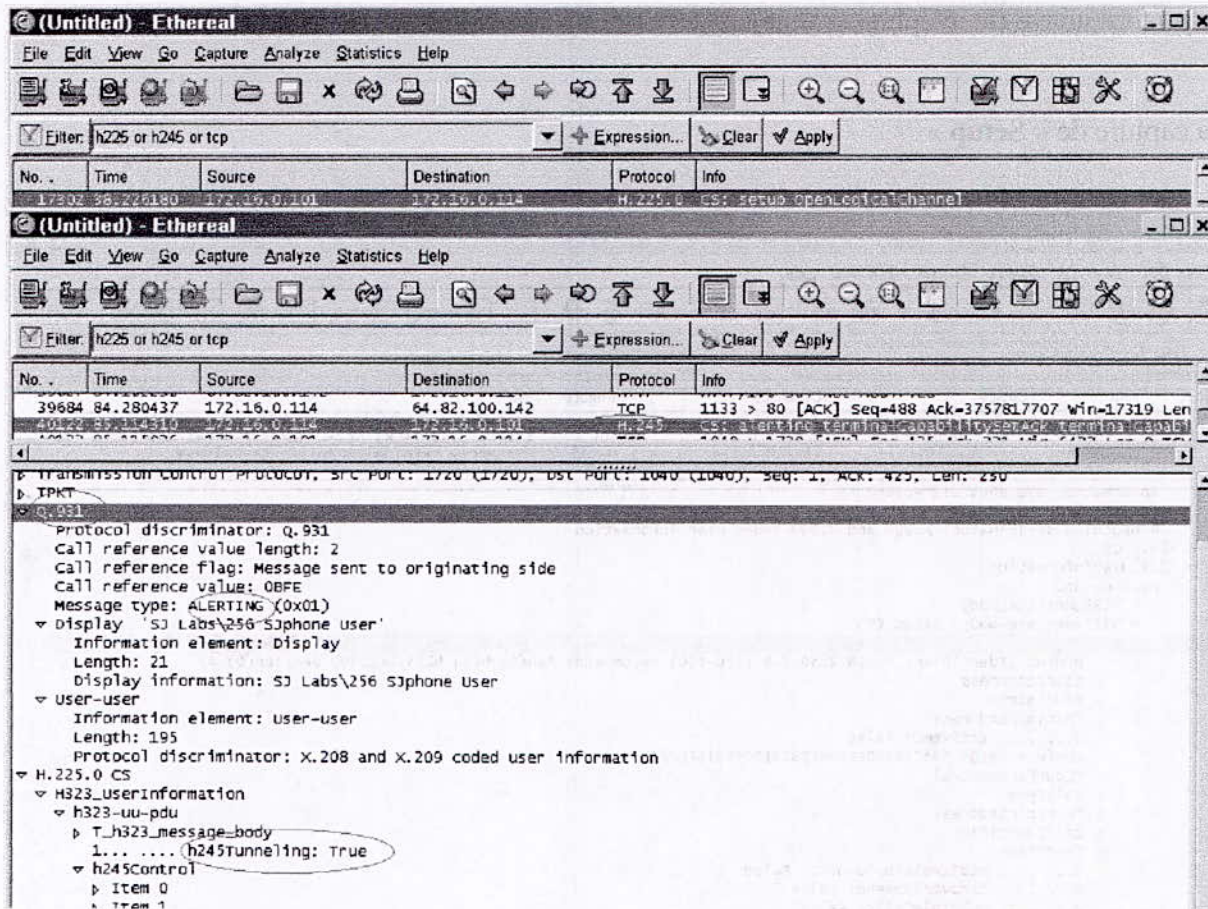
L'établissement final d'une connexion TCP est terminé ,une fois que le terminal initiant l'appel répond l'appelé avec le message « **SYN** » comme le premier message . Une fois cette connexion ouverte, le protocole de signalisation Q931 peut utiliser la connexion TCP pour ouvrir un canal utile, en émettant le message « **Setup** » .

Une fois que le message « **Setup** » est bien reçu par l'appelé ,ce dernier répond soit avec un « **Call Proceeding** » un message facultatif dans la norme H323 le message « **Alerting** » est envoyé par l'appelé pour indiquer que l'utilisateur a été averti qu'un appel entrant est arrivé (le téléphone sonne).

La capture de « **Setup** »



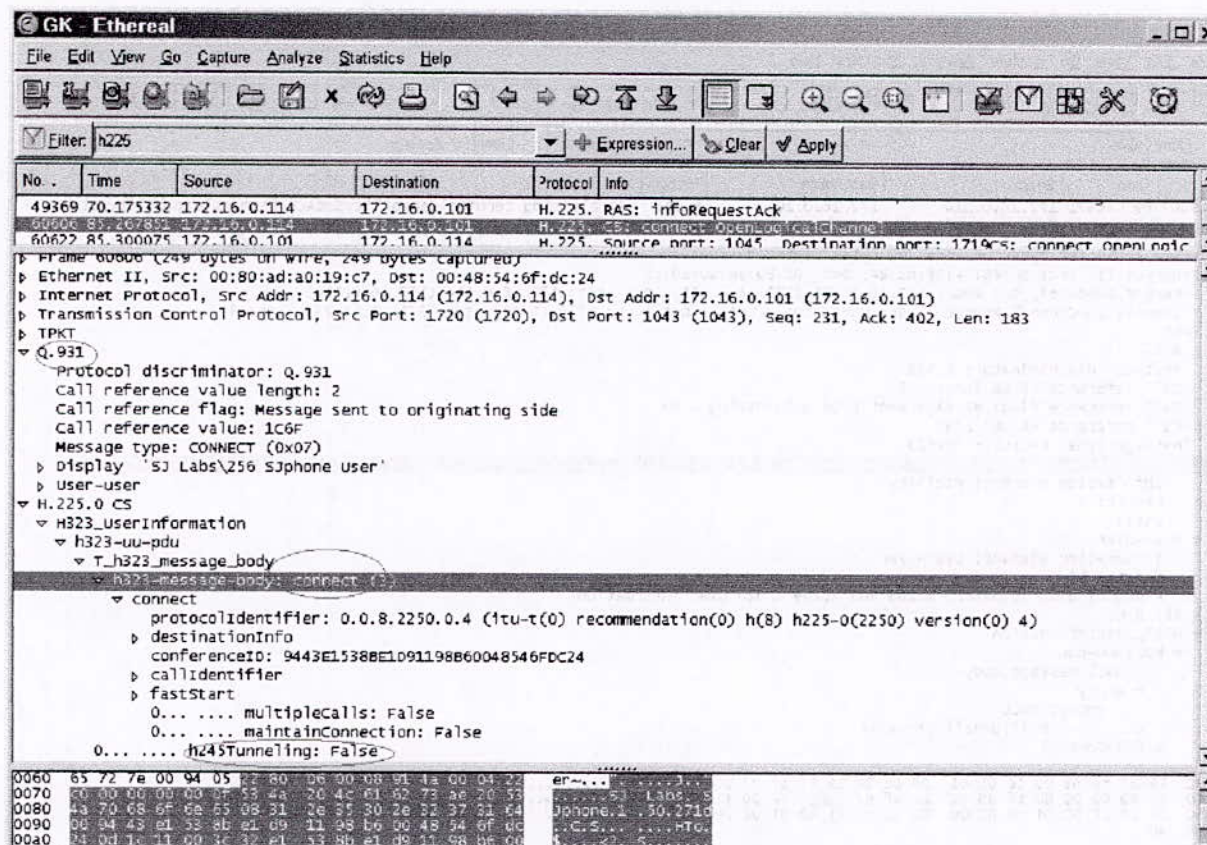
La capture de « Alerting »



Le message envoyé par l'appelé pour indiquer que l'appel a été accepté est le message « Connect ». On constate que ce message est également utilisé pour indiquer sur quelle connexion TCP le protocole h245 devra être acheminé.

Une connexion TCP est donc ouverte sur les nouveaux ports définis précédemment, la signalisation h245 utilisera cette connexion.

Capture de « **Connect** » :



On remarque que le message « **setup** » contient le message « **Open Logical Channel** » (encapsuler), du à la version de la norme H323, la norme V2.

Le protocole de signalisation h245, peut alors être utilisé. Il permettra l'échange de paramètres entre terminaux. Ces paramètres sont : les codecs utilisés, les négociations des canaux de contrôle et de flux, etc.

Les premiers paramètres négociés sont les « capacités », cela représente le type de compression utilisé pour coder les données multimédias, dans notre cas c'est la voix.

La seconde négociation se fait pour déterminer quel terminal sera le maître et lequel sera l'esclave durant cette communication.

On ne donnera qu'un seul exemple de capture concernant h.245

Le message h245 « Facility »

GK - Ethereal

File Edit View Go Capture Analyze Statistics Help

Filter: h245

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Info
49007	69.646871	172.16.0.114	172.16.0.101	H.245	CS: alerting terminalCapabilitysetAck terminalCapabilityset ma

Frame 49019 (97 bytes on wire, 97 bytes captured)

- Ethernet II, Src: 00:48:54:6f:dc:24, Dst: 00:80:ad:a0:19:c7
- Internet Protocol, Src Addr: 172.16.0.101 (172.16.0.101), Dst Addr: 172.16.0.114 (172.16.0.114)
- Transmission Control Protocol, Src Port: 1043 (1043), Dst Port: 1720 (1720), Seq: 371, Ack: 231, Len: 31
- TPKT
 - Q.931
 - Protocol discriminator: Q.931
 - Call reference value length: 2
 - Call reference flag: Message sent from originating side
 - Call reference value: 1C6F
 - Message type: FACILITY (0x62)
 - FACILITY
 - Information element: Facility
 - Length: 0
 - Data:
 - User-user
 - Information element: User-user
 - Length: 17
 - Protocol discriminator: X.208 and X.209 coded user information
 - H.225.0 CS
 - h323_userInformation
 - h323_uu-pdu
 - t_h323_message_body
 - empty
 - empty: NULL
 - 0... ..h245tunneling: false

```

0030 19 20 f8 68 00 00 01 01 08 0a 00 19 33 af 00 00  .h....3...
0040 6b 69 03 00 00 1f 08 02 1c 6f 62 7e 00 11     ki.....ob...
0050 05 28 10 00 04 c0 01 00 08 02 03 21 80 01 02 20  .C.....!...
0060 a0
    
```

Capture d'une partie de flux médias :

The image displays two screenshots of the Wireshark network protocol analyzer interface. The top screenshot shows a capture filter set to 'h225 or h245 or tcp'. The packet list pane shows a single packet (No. 17392) at time 38.226180, source 172.16.0.101, destination 172.16.0.114, protocol H225, and info 'CS: setup open optical channel'. The bottom screenshot shows a capture filter set to 'udp'. The packet list pane shows multiple packets (Nos. 70494 to 70580) between 172.16.0.114 and 172.16.0.101. The packet details pane for packet 70494 is expanded, showing the following structure:

```

Frame 70494 (214 bytes on wire, 214 bytes captured)
  Ethernet II, Src: 00:80:ad:a0:19:c7, Dst: 00:48:54:6f:dc:24
  Internet Protocol, Src Addr: 172.16.0.114 (172.16.0.114), Dst Addr: 172.16.0.101 (172.16.0.101)
  User Datagram Protocol, Src Port: 49172 (49172), Dst Port: 5000 (5000)
  Real-time Transport Protocol
    Stream setup by H245 (frame 60415)
      Setup frame: 60415
      Setup Method: H245
      10... .. = Version: RFC 1889 version (2)
      ..0... .. = Padding: False
      ...0... .. = Extension: False
      ....0000 = Contributing source identifiers count: 0
      1... .. = Marker: True
      Payload type: ITU-T G.711 PCMU (9)
      Sequence number: 2207
      Timestamp: 144480
      Synchronization source identifier: 329399008
      Payload: FCFEFEFDFFFFFFF7FFFFFFFEFEFEFEFDFFDFEFD...
  
```

Comme indiqué précédemment le canal audio est utilisé par des trames UDP. Deux protocoles sont utilisés pour transmettre et gérer des données multimédias :RTP et RTCP , un seul exemple est donné pour illustrer le protocole RTP comme le montre la capture précédente .

Si l'un des terminaux désire clore la communication , il est nécessaire de fermer les différentes connexions et canaux logiques ,elle se concrétise par les différents signaux échangés qui sont :

- End Session Command (h245).
- Release Complete (H225).

Les captures sont :

La capture « **EndSessionCommand** »

The top screenshot shows the Wireshark interface with the filter 'h225 or h245 or tcp'. The packet list shows a single packet at time 17302.38.226180 from source 172.16.0.101 to destination 172.16.0.114, protocol H.225.0, info CS: setup open_codec_channel.

The bottom screenshot shows the filter 'h245'. The packet list shows several packets, with the 40236 packet selected. The packet details pane shows the following structure:

```

Length: 71
Protocol discriminator: x.208 and x.209 coded user information
H.245.0 CS
  H323_UserInformation
    h323-uu-pdu
      T_h323_message_body
        h323-message-body: facility (6)
          facility
            1... .. h245Tunneling: True
          h245Control
            Item 0
              H.245
                MultimediaSystemControlMessage
                  PDU Type: command (2)
                    CommandMessage
                      command: endSessionCommand (5)
                        EndSessionCommand
                          endSessionCommand: disconnect (1)
    
```

La capture du message « **ReleaseComplete** »

The image displays two screenshots of the Wireshark network protocol analyzer interface. The top screenshot shows the packet list pane with a filter set to 'h225 or h245 or tcp'. A packet is selected at time 17.302381, originating from 172.16.0.101 and destined for 172.16.0.114. The bottom screenshot shows the packet details pane for this selected packet. It identifies the protocol as H.225.0 CS (H.225.0 Call Signaling) and shows the H323-user-information field. Within this field, the 'h323-message-body' is identified as 'releasecomplete (5)'. The details pane further breaks down the message structure, including the protocol identifier (0.0.8.2250.0.4), the reason for release (destination rejection), and the destination rejection reason (NULL).



IV-7-2-Liaison avec un gatekeeper

Le protocole utilisé pour communiquer avec un GK est le protocole « h225 – RAS ».

Il y a deux modes de fonctionnement d'un GK :

- Gatekeeper routed call (GRC) : dans ce cas tous les messages de signalisation sont routés au travers du GK.

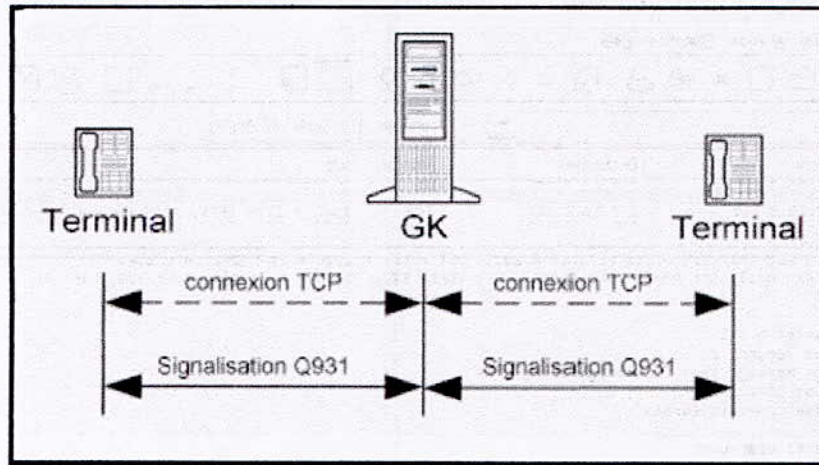


Figure IV-10 : Gatekeeper routed call.

- Direct routed call (DRC) : dans cette seconde méthode, tous les messages de signalisation sont échangés entre les « end points ».

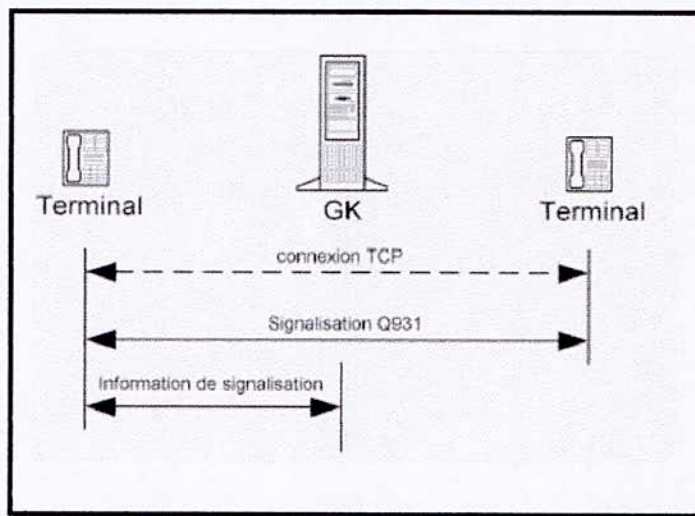


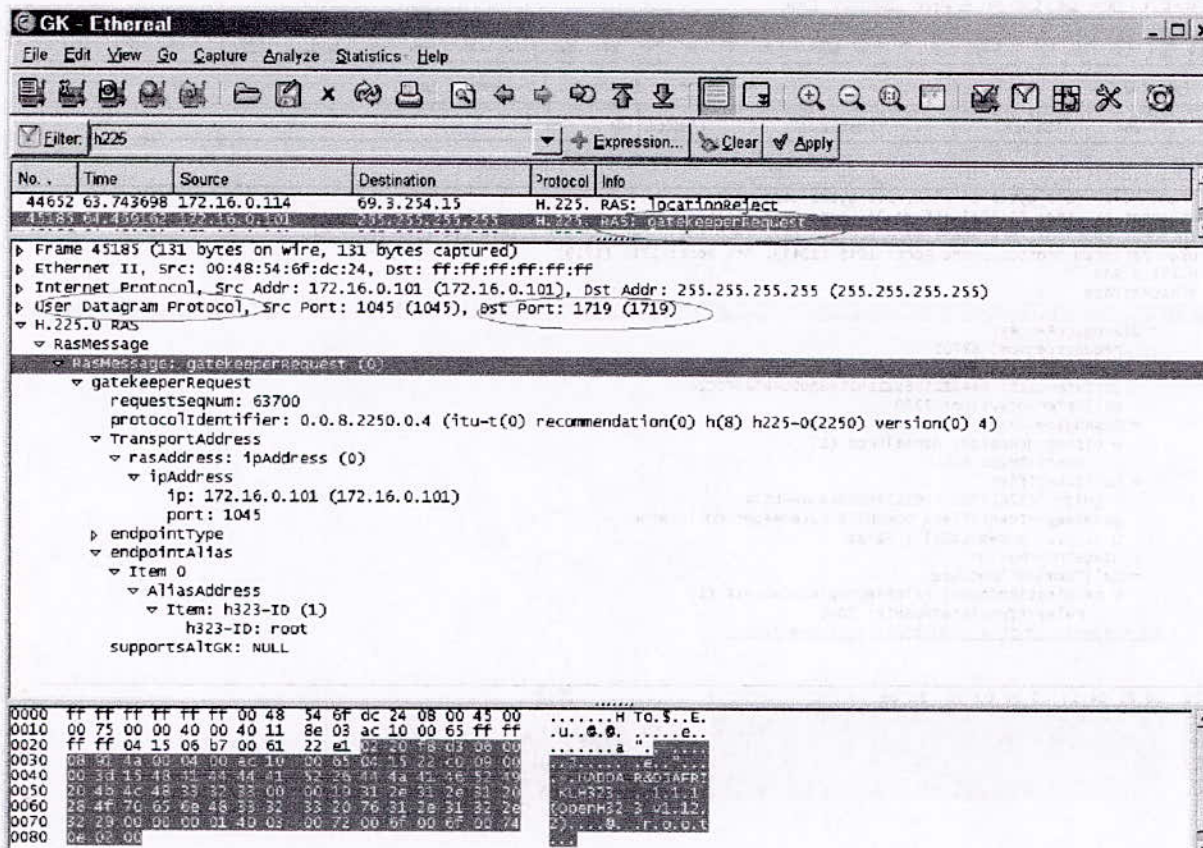
Figure IV-11 : Direct routed call

C'est ce dernier cas qu'on a testé dans notre analyse les résultats obtenus avec Ethereal sont :

- En premier lieu on a les messages de registration (demande et réponse) .

- En second lieu lors de la terminaison de la communication les messages de désengagement et d'annulation des registrations.

La capture du message **GRQ** :



On a donné pour exemple deux captures seulement :

- Message GRQ : RAS Gatekeeper Request envoyé à toutes les stations IP (ci dessus).
- Message DRQ :pour le désengagement du GK .

La capture du message DRQ :

GK - Ethereal

File Edit View Go Capture Analyze Statistics Help

Filter: h225

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Info
72717	100.80307	172.16.0.101	172.16.0.114	H.225	RAS: disengageRequest
72827	100.94703	172.16.0.114	172.16.0.101	H.225	RAS: disengageConfirm

Frame 72717 (193 bytes on wire, 193 bytes captured)

- Ethernet II, Src: 00:48:54:6f:dc:24, Dst: 00:80:ad:a0:19:c7
- Internet Protocol, Src Addr: 172.16.0.101 (172.16.0.101), Dst Addr: 172.16.0.114 (172.16.0.114)
- User Datagram Protocol, Src Port: 1045 (1045), Dst Port: 1719 (1719)
- H.225.0 RAS
 - rasMessage
 - disengageRequest (13)
 - requestSeqNum: 63705
 - endpointIdentifier: 42b8ca9a:7
 - conferenceID: 9443E1538BE1D91198B60048546FDC24
 - callReferenceValue: 7279
 - DisengageReason
 - disengageReason: normalDrop (1)
 - normalDrop: NULL
 - callIdentifier
 - guid: 3C32E1538BE1D91198B60048546FDC24
 - gatekeeperIdentifier: OpenH323 Gatekeeper on internet
 - answeredCall: False
 - usageInformation
 - CallTerminationCause
 - terminationCause: releaseCompleteCauseIE (1)
 - releaseCompleteCauseIE: 8090

[The response to this request is in frame 72827]

0020 00 72 04 15 06 b7 00 9f 2d be 8e f8 d8 12 00 34

0030 00 72 00 52 00 38 00 63 00 61 00 39 00 61 00 39

0040 00 37 94 43 e1 31 3b e1 09 17 98 00 00 48 54 6f

0050 00 24 1c 0f 2c 51 18 11 00 3c 32 e1 33 8b e1 09

0060 11 98 b0 00 48 34 0f 0c 24 3f 3c 00 4f 00 70 00

0070 63 00 6e 00 48 00 33 00 32 00 33 00 20 00 47 00

0080 31 00 74 00 65 00 6b 00 85 00 61 00 70 00 65 00

Conclusion générale

La voix et la vidéo sur IP prennent des dimensions de plus en plus importantes depuis quelques années. D'autre part, la téléphonie entre PCs 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 l'internet. D'où la nécessité d'évoluer vers des solutions IP; ce qui provoque l'émergence de nouveaux standards [15].

Pour certains et 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 contexte de notre travail, nous avons introduit les concepts de la téléphonie sur IP et nous avons exploité les protocoles et concepts de mise en oeuvre de la signalisation. Dans notre application, nous nous sommes penchés sur deux volets, l'établissement d'une communication point à point et la signalisation des appels. Dans le premier volet, le protocole qui permet le transfert de données fiable en temps réel est le protocole RTP couplé au protocole RTCP. Ce dernier permet le contrôle du flux de données et la gestion de la bande passante.

Dans le deuxième volet, nous avons opté pour le protocole H.323. Notre application est une application cliente. Le client est le point d'entrée de toute application. Il est capable d'émettre et de recevoir des messages (audio dans notre cas) avec tous les éléments du réseau H.323. Pour arriver à l'implémentation du terminal H.323, on a utilisé les deux bibliothèques (Pwlib et Openh323) sous l'environnement Linux, qui fournissent toutes les classes de fonctions nécessaire à l'implémentation du terminal. Avec le langage C++, le résultat obtenu est un terminal virtuel.

Comme perspective à notre développement, il sera intéressant d'implémenter la pile H.323 à travers les bibliothèques Pwlib et Openh323 sur un système autonome qui reproduira l'image qu'on a d'un téléphone.

Ce système autonome doit respecter l'environnement de ces libraires. On a pensé à linux à travers un linux embarqué (µlinux par exemple) couplé à une plateforme FPGA ou sera logé un processeur virtuel (Microblase ou power PC par exemple).

Pour certains et notamment, le seul fin à l'essor de la téléphonie sur IP, mais la qualité. Or, comme celle-ci est mesurée de plus en plus grâce à l'augmentation continue de la bande passante et l'impact de la vitesse de communication de la performance des CPU et cela des algorithmes de compression de téléphonie sur IP ne peut que se développer.

Dans le contexte de notre travail, nous avons introduit les concepts de la téléphonie sur IP et nous avons exploré les protocoles et concepts de base en matière de la signalisation dans notre application, nous nous sommes penchés sur deux protocoles : l'établissement d'une communication point à point et la signalisation des appels. Dans le premier volet, le protocole qui permet le transfert de données (appel en temps réel) est le protocole RTP couplé au protocole RTCP. Ce dernier permet le contrôle du flux de données et la gestion de la bande passante.

Dans le deuxième volet nous avons vu le protocole H.323. Notre application est une application cliente. Le client est le point de contact avec l'appareil. Il est capable de recevoir et de transférer des messages (appel dans notre cas) avec tous les éléments de réseau H.323. Pour arriver à l'implémentation de l'étape H.323, on a utilisé les deux bibliothèques (Glib et Gstreamer) sous l'environnement Linux qui fournissent toutes les classes de fonctions nécessaires à l'implémentation du terminal. Avec le langage C++ les résultats obtenus est un terminal virtuel.

Comme l'objectif de notre développement, il sera intéressant d'implémenter la partie H.323 à travers les libraires l'audio de Gstreamer sur un système autonome qui fonctionne à l'aide d'un terminal virtuel.

Références bibliographiques

- [1] **Jean-Baptiste JACOB et Corentin PENN** « Autocommutateur des réseaux publics », Technique de l'ingénieur , numéro E 7 580 pp 1- .
- [2] **GRINSEC** « La commutation électronique », Edition ' Eyrolles' , mars 1984.
- [3] **Éric BRIANTAIS – STACE et Pierre -Antoine TAUFOR** « Raccordement des systèmes de visioconférence sur Numéris », Centre National de document pédagogique ,France 1995.
- [4] **Simon ZNATY** «Réseau Sémaphore et Réseau Intelligent »,publie par EFORT ,Mai 2000.
- [5] **Bernard TUY** «Réseau de Télécommunication en France » ,membre de CNRS ,1994.
- [6] **Groupe d'Experts UIT-T** « Téléphonie sur IP », Bureau de Développement des Télécommunications (BDT) . Octobre 2001.
- [7] **France Télécoms, et Cesmo** « Le livre blanc sur la téléphonie sur IP».Juin 2004.
- [8] **François Borderies ,Olivier Chatel , Jean-christophe -Denis, Didier Rei** « Administration réseau », ENSIMAG 1 juillet 1993 .
- [9] **Franck SALQUE ,Xavier BRUNS** « La téléphonie sur IP ,Qui fait quoi ? Pour qui ? Et comment ? » M2SIR Décembre 2004 .
- [10] **Daniel HARDY ,Guy MALLEUS ,Lean Noël MEREUR** « Réseaux :Internet ,Téléphonie ,Multimédia » ,DeBoeck Université Paris 2002 .
- [11] **Antoine DELLY** « réseau IP, Voix et Multimédia du IP » EIA-FR ,département des technologies de l'information ,Janvier 2003.

[12] **Jean-luc ARCHIMBAUX et Philippe LECA** « Téléphonie sur IP : Bilan UREC et résultat de quelques tests » CNRS/UREC .

[13] **Gary-A MAYER** « Basic and Primary Rate ISDN » Janvier 2000 .

[14] **Romain GUESTDON** « RNIS : Réseau Numérique à Intégration Service » , IUT Informatique d'Amiens .

[15] **Mourad EL ALLIA** « Développement d'un environnement de communication multimédia (voix et vidéo) sur Internet » , Mémoire présenté à l'école de technologie supérieure , université de QUEBEC , Montréal , Octobre 2002 .

[16] **François TOUTAIN** « Téléphonie Internet » , techniques de l'ingénieur , TE 7 510 pp 1-11 , 1999.

[17] **Jean-Louis PERNIN** « Installations téléphoniques privées » , techniques de l'ingénieur, TE 7 630 pp 1-27, 1999 .

[18] **Fabrice BREZIKOFER** « Linux et H.323 », travail de diplôme , ei.vd .

[19] <http://www.ietf.org>

[20] <http://www.openh323.org>

[21] <http://www.uit.com>

[22] **Philippe DOSCH** « Introduction à la conception objet et à C++ », Université Nancy 2 , Institut Universitaire De Technologie , Janvier 2001 .

[23] **Oliver Hersent**, « la voix sur IP : codecs, H.323, SIP, MGCP, déploiement et dimensionnement », Dunod, Juin 2004 .

[24] **DESS A.R.T Applications des Réseaux et de la Télématique** Université Paris 7 Denis Diderot Jussieu 2003-2004

[25] <http://www.freetel.inter.net> .

[26] **Panawe PATANADO** « Etude et Implémentation de la VoIP : conféguration de la VoIP et conception d'un système de Facturation » Ecole Nationale Supérieure d'Ingénieurs (E.N.S.I), Juin 2003.

[27] **TRINH Van Thuong** «DESS Applications des Réseaux et de la Télématique » Université Paris 7 Denis Diderot Jussieu 2003-2004

[28] **H.323** Document réalisé à partir d'un document diffusé par la DataBeam Corporation

[29] **Article** « Techniques, environnements et services de visioconférence IP » .

[30] **Country of domicile is in the United Kingdom** "H.323 network components ,Terminals, Gatekeepers, Gateways and MCUs", mis à jour 27 Juillet 2004.

[31] **CAVADORE Clément , PRADEILLES Christophe** « Transmission numérique de média sonores » , Exposé Couches Basses , DESS TNI Administration & Sécurité des Réseaux 2004 - 2005 .

[32] <http://www.ethereal.com>

ANNEXE A

I- Définition

Le projet OpenH323 vise à créer une application exécutable, interoperable, une implémentation du protocole H323 de UTI – T, OpenH323 est un projet investi dans le développement de collaboration de Open Source, des logiciel à libre utilisation. Il a été en distribution en septembre 1998 par Equivalence Pty Ltd, un entreprise privé anonyme basé en Australie.

II- Installation des programmes OpenH323

OpenH323 propose plusieurs moyens d'obtenir son code :

- Télécharger directement un exécutable de ses applications sous Linux ou Windows.
- Télécharger les librairie de base pour construire une application.
- Obtenir le code source de OpenH323 CVS (archive de OpenH323).

Notre application s'est basée sur les librairies mise en disposition par OpenH323, les version utilisé sont :

Produits	Version
pplib	5.2
openh323	12.2

Il est fort probable que le programme fonctionne également avec de futures versions, mais à l'heure actuel les tests ont été fait uniquement avec ces versions.

II-1- Instructions d'installations sous Linux

Après avoir téléchargé les libraires `pplib_min_x.xx.tar.gz` et `openh323_1.xx.tar.gz` du site www.openh323.org, les mettrent dans le répertoire voulu (notre répertoire). Comme se sont des fichier compresser :

- il va falloir les décompresser avec les commandes suivant :

```
tar -xzvf pplib_min_1.14.tar.gz
```

Comme on n'a pas installé la bibliothèque pplib dans le répertoire courant de linux, pour contourner le problème on définit les variables d'environnements pour pouvoir y accéder lors de l'appel de pplib, les variable d'environnement sont définis comme suit [20] :

```
PWLIBDIR=$HOME/pwlib
export PWLIBDIR
OPENH323DIR=$HOME/openh323
export OPENH323DIR
LD_LIBRARY_PATH=$PWLIBDIR/lib:$OPENH323DIR/lib
export LD_LIBRARY_PATH
```

Remarque :

\$(HOME) = représente le chemin où notre répertoire est mis .

Il est possible de placer ces commandes dans un fichier que l'on exécutera lorsque l'on désirera exécuter un programme OpenH323. Pour ce faire on recopie les commandes dans un fichier texte, on donne les droits pour que le fichier puisse être exécuté et pour lancer celui-ci on tape la commande :

```
./nom_du_fichier
```

On peut vérifier si les « path » sont corrects en exécutant la commande :

cd SPWLIBDIR

Qui permet de se placer dans le répertoire « pwlib », si on ne se trouve pas dans le bon répertoire il y a un problème avec les variables d'environnement et il faut vérifier les différents chemins.

- Pour compiler pwlib et créer l'exécutable on utilise la commande :

make both

Après avoir installer la bibliothèque PWLIB avec succès (sans erreurs) , on entame la bibliothèque OPENH323 , ou la stack H.323 .

- on décompresse le fichier openh323_1.xx.tar.gz avec la commande :

```
tar -xzf openh323_1.alpha1.tar.gz
```

- vérifier si les path sont correct en exécutant la commande :

cd \$OPENH323DIR

- Compilation de openh323 et création de l'exécutable avec la commande :

make opt

Une fois l'installation terminée avec succès , on peut construire une application se basant sur ces bibliothèques .

III- Configuration de la carte son sous Linux

Utilisation d'un terminal H.323 sous Linux nécessite l'installation d'une carte son, or il est important de remarquer que la majorité des cartes son ne sont pas full duplex sous linux ; car pour le bon fonctionnement du terminal la carte son doit être en « full duplex ».

Du fait que les caractéristiques de la carte son sont régies par une couche logiciel et pas hardware , sur Windows les drivers et sous Linux les modules ,un drivers qui fonctionne sur Windows ne l'est par forcement sur Linux .

Après plusieurs tests effectuer sur les différents modules existant sur la carte son de notre PC, il s'est avéré que seule la carte « Sound Blaster 16 » a les caractéristiques voulues fonctionnant sur le bus ISA .

L'installation de la carte son Sound Blaster 16 nécessite la sélection des paramètres du noyau linux pour qu'ils soient compatibles avec les cartes son.

Pour configurer le noyau on tape :

/usr/src/linux/make menuconfig

Dans le menu ,on sélectionne le paramètre Sound on configure ses options comme suit :

Sound ->

(*) Sound card Support

(*) OSS sound modules

(M) 100% Sound Blaster compatibles

Une fois ces options sélectionnées, il faut recompiler le noyau en exécutant les commandes suivantes:

/usr/src/linux/make bzImage

/usr/src/linux/make modules

/usr/src/linux/make modules_install

/usr/src/linux/make install

rebooter la machine en tapant : reboot