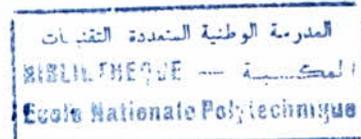


République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

P0015/05A

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE
Département de Génie Electrique



Projet de fin d'études

**Pour l'obtention du diplôme
d'Ingénieur d'Etat en Electronique**

THEME :

**CONTRIBUTION A L'ELABORATION D'UNE
CARTE ADD-ON POUR UN SOFT PABX-RTC**

Présenté par :

**M. Ramzi MOGHRANI
M. Abdelkader OUKACI**

proposé et dirigé par :

M. R. SADOUN

Promotion : juin 2005

Ecole Nationale Polytechnique
10, Avenue Hacén Badi, El-Harrach, Alger.

ملخص
الهدف من عملنا هدا هو تصميم بطاقة add-on التي تلعب دور محول مكالمات هاتفية من الشبكة العامة (soft PABX RTC) بواسطة جهاز الاعلام الالي مجهز بتطبيق Asterisk المحولات الخاصة PABX المستعملة غالبية الثمن و كبيرة الحجم و ذات استعمالات محدودة تصميم بطاقة add-on ترتكز حول تكييف مادي (ORCAD) و اخر مبرمج (LINUX) و بذلك تمكنا تعويض المحولات الخاصة
مفاتيح :
بطاقة add-on - المحولات-PABX-RTC- soft PABX- مكالمات هاتفية

Résumé

Le but de ce travail est la conception d'une carte add-on qui fait office d'un soft PABX-RTC en utilisant l'application Asterisk.

Les autocommutateurs privés (PABX matériels) utilisés dans les installation téléphoniques sont de fonctionnalités limités, de grande taille et coûteux. La conception de la carte add-on se base sur une adaptation matérielle faite sur « Orcad » et logicielle sous « Linux » des lignes téléphoniques, ainsi la commutation est réalisée, ce qui nous permet de remplacer le PABX matériel.

Mots clés : PABX, RTC, Autocommutateur, carte add-on.

Abstract

The goal of this work is the design of card add-on which acts as a software PSTN-PABX by using the Asterisk application.

The private automatic exchanges (material PABX) used in the private telephony network have limited functionalities, big size and are expensive.

The design of the card add-on is based on a material adaptation made on "Orcad" and software under "Linux" of the phone lines, thus commutation is carried out, which allows us to replace the material PABX.

Key words: PABX, PSTN, Autoswitch, card add-on.

Acronymes

ADSI

Analog Display Services Interface, interface de services d'affichage analogique, à ne pas confondre avec Active Directory Service Interface de MS.

ADSL

Asymmetric Digital Subscriber Line, cette technique définit la façon transmettre des données sur une large bande.

AGI

Asterisk Gateway Interface.

AIC

Analog interface converter.

A-Law

Format de compression utilisé pour le trafic des lignes téléphoniques, en 8 kHz et en mono, dans lequel la courbe de codage des échantillons de données est linéaire.

API

Application Programming Interface. Interface de programmation d'applications, contenant un ensemble de fonctions courantes de bas niveau, bien documentées, permettant de programmer des applications de « Haut Niveau ».

ATM

Asynchronous Transfer Mode, ATM est le protocole retenu voire imposé par la technologie ADSL.

CAA

Centre à Autonomie d'Acheminement. Désigne les centraux téléphoniques des opérateurs qui assure la commutation des circuits afin d'acheminer l'appel.

Caller ID

Identifiant de l'appelant.

Codec

Compressor Decompressor ou Coder Decoder.

Commutateur

Equipement ayant pour fonction d'assurer la transmission entre 2 liens par commutation.

CTP

Centre de Transit Principale voire CAA

CTS

Centre de Transit Secondaire voire CAA

DTMF

Dual Tone Multi Frequency, paire de chacune des 16 tonalités définies.

E1

European Digital Signal 1. Appellation du tronc numérique du réseau public en Europe avec un débit de 2Mbits/s.

FXO

Foreign eXchange Office, une interface FXO est destinée à être raccordée au réseau téléphonique ou à un PABX.

FXS

Foreign eXchange Station, cette interface est destinée à être raccordée aux lignes téléphoniques.

Gateway

Passerelle chargée de l'interconnexion entre équipements réseaux hétérogènes (téléphone analogique ou numérique, carte RNIS...)

IAX

Protocole interne à Asterisk gérant les transferts d'appel d'un système à l'autre.

IETF

Institut

IP

Internet Protocol, protocole réseau correspondant à la couche 3 du modèle OSI de référence.

IVR

Interactive Voice Response.

Kbps

Kilobits Par Seconde.

LAN

Local Area Network, Réseau local.

Modem

Modulation/Démodulation. Equipement qui permet la conversion du signal analogique en un signal numérique et vis versa.

MP3

Le MP3 (MPeg Audio Layer 3) est un format de fichier son compressé obtenu par suppression des données que l'oreille humaine est incapable de discerner.

OSI

Open System Interconnection. Propositions pour l'interconnexion des systèmes ouverts.

PABX

Private Automatic Branch eXchange. Autocommutateur téléphonique d'entreprise.

PRI-Primary Rate Interface

Accès primaire RNIS à 1984 Kbps.

PSTN

Public Switched Telephone Network. Réseau téléphonique commuté RTC.

RTC

Réseau Téléphonique Commuté. Fait référence au réseau téléphonique classique sur lequel est établi un circuit entre 2 abonnés.

RS232

Interface série normalisée par les Etats-Unis.

Switch

Voire commutateur

T1

Appellation du tronc numérique du réseau public en Amérique du Nord.

TDM

Time Division Multiplexing. Deux canaux (ou plus) d'informations sont transmis à travers un même lien par allocation d'intervalles de temps.

TOIP

Telephony over Internet protocol.

VOIP

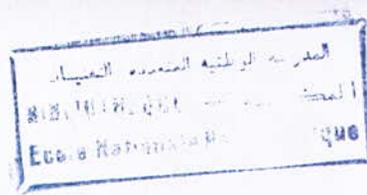
Voice over IP. La voix sur IP permet de transporter des communications téléphoniques utilisant un réseau de transport IP.

Table des matières

Introduction générale

Chapitre I : Le réseau téléphonique commuté

Introduction	2
I.1. Le réseau téléphonique commuté (RTC)	2
I.2. La chaîne de communication	3
I.2.1. La distribution	3
a. Le poste téléphonique	3
b. La ligne d'abonné	4
c. Le câble de distribution	4
d. Le câble de transport	4
e. La prise téléphonique	4
I.2.2. La Commutation	5
I.2.2.1. Aiguillage des signaux	6
I.2.2.2. Types de commutation	6
a. La commutation de circuits	6
b. La commutation de paquets	7
c. La commutation de cellules	7
I.2.2.3. Principe de la commutation de circuits	7
a. La présélection	7
b. Le traducteur	8
c. La sélection	8
I.2.3. La transmission	8
I.2.3.1. Transmission de la voix	8
I.2.3.2. Transmission de données sur le réseau commuté	9
I.3. Architecture du réseau téléphonique commuté	10
I.3.1. Schéma du principe simplifié du RTC	10
I.3.2. Architecture du réseau	10
I.4. La Signalisation	12
I.4.1. Les différents signaux du réseau RTC	13
1. La tonalité	13
2. Activation de la sonnerie	14
3. Acheminement, retour d'appel et signal d'occupation	14
I.5. Numérotation téléphonique	15
I.5.1. Le numéro de téléphone	15
I.5.2. La taxation	15
I.5.3. Type de numérotation	15
a. Numérotation décimale	15
b. Numérotation par fréquences vocales ou DTMF	16
I.6. La communication téléphonique	17
I.7. Introduction à la téléphonie IP	19
I.8. La téléphonie IP	20
I.9. Les différents protocoles utilisés	20
I.10. Conclusion	21



Chapitre II : Le PABX

II.1. Introduction	22
II.2. Les PABX's	22
II.2.1. Définition.....	22
II.2.2. Le PABX, pivot des télécommunications au sein de l'entreprise	23
II.2.3. Description fonctionnelle	23
II.2.3.1. Architecture générale.....	23
a. Fonction de raccordement	24
b. Fonctions de commutation	24
c. Fonctions de signalisation	24
d. Fonctions de commande.....	25
II.2.4. Les fonctionnalités.....	25
II.2.5. Type de services	26
1. Services téléphoniques	26
2. Services de gestion.....	26
3. Applications informatiques et gestion téléphonique	27
II.3 Conclusion.....	28
Chapitre III : Le PABX-Linux 'Asterisk'	
III.1. Introduction	29
III.2. Présentation	29
III.3. Architecture générale	31
III.4. Les différents blocs d'Asterisk.....	32
1. La commutation de PBX (PBX Switching Core).....	32
2. Lanceur d'applications (Application Launcher)	32
3. Traducteur de codec (Codec Translator).....	32
4. Planificateur manager d'I/O (Scheduler & I/O Manager).....	32
5. Interface de programmation d'applications	32
III.5. Organisation des fichiers système	34
III.6. Les canaux d'Asterisk (channels ,voies)	34
III.7. La configuration d'Asterisk	35
III.8. Les Dialplans.....	37
III.8.1. Création de dialplans.....	38
III.8.2. Exemple de dialplan	39
III.9. Les fonctionnalités d'Asterisk	40
III.9.1. Les services de téléphonie.....	40
III.9.2. Les fonctions d'appel	41
III.9.3. Adaptabilité	41
III.10. Applications d'Asterisk.....	41
III.10.1. Le mythique 1x1 PBX.....	42
III.10.2. Le 8x16 poste PBX	42
III.10.3. Le PABX pour PME avec bureaux à distance	43
III.11. Installation d'Asterisk	43
III.11.1. Le matériel.....	43
III.11.2. Le logiciel.....	43
III.11.3. Le matériel ajouté (cartes add -on).....	44
III.11.4. Protocoles de VOIP supportés par Asterisk	45
III.11.5. Codecs et formats	45
II.12 Conclusion.....	46

Chapitre IV : Les modules et linux

IV.1. Introduction	47
IV.2. Organisation du noyau Linux	47
IV.2.1. Espace utilisateur / Espace noyau	48
IV.2.2. Les fichiers spéciaux	48
IV.3. Les pilotes de périphériques.....	50
IV.4. Les différents types de pilotes.....	50
IV.5. Les modules	51
IV.5.1. Création d'un module	51
IV.5.2. Compilation des modules.....	52
VI.6. Développement d'un pilote de périphériques sous Linux.....	53
IV.6.1. La méthode <i>open</i>	54
IV.6.2. La méthode <i>close</i>	54
IV.6.3. La méthode <i>read</i>	54
IV.6.4. La méthode <i>write</i>	55
IV.7. Conclusion.....	56

Chapitre V : Développement de l'application

V.1. Introduction	57
V.2. Les différentes approches possibles	57
V.2.1. Utilisation de cartes spécifiques	57
V.2.2. Réalisation de la carte.....	58
V.2.2.1. Le Switch (Commutateur).....	58
V.2.2.2. Interface d'adaptation ligne Téléphonique /carte DSP.....	59
a. Prise de ligne.....	60
b. Détection de sonnerie	61
c. Détecteur de courant de boucle.....	63
d. Coupure de ligne	64
V.2.3. Présentation de la carte DSK1	65
V.2.3.1. Structure générale.....	65
V.2.3.2. La carte processeur	66
V.2.3.3. La carte d'entrées sorties.....	67
V.2.3.4. Eléments de raccordement utilisés	68
a. L'AIC	68
b. Les ports d'entrées /sorties TTL	68
c. L'UART	68
V.2.4. Les circuits de commandes	68
V.3. Conclusion.....	74
Conclusion générale	75

Bibliographie



Remerciements

On remercie en premier **M. R. Sadoun** pour sa disponibilité, son aide et ses précieux conseils au cours de la préparation de notre projet de fin d'études.

On remercie également **M^{lle} Moussaoui** et **M. Zergui** pour avoir accepté de juger notre modeste travail,

Nous remercions le personnel de la bibliothèque et celui de l'école Nationale polytechnique en général,

Nous adressons aussi nos remerciements à tous nos camarades de la promotion électronique 2005 : Amine, Fatima, Hamza, Faycal, Nanou, Rabah, Chirac, Rahid, Rafik, Mina, Emile, Smicha, Rabie, Hammeg, Mounir, Kahina,

Sans oublier **M. Trabelssi** et **M. Aksas** pour être ce qu'ils sont.

Nous remercions toute personne qui, d'une manière ou d'une autre a contribué à l'élaboration de ce modeste travail.

Dédicaces



Je dédie ce modeste travail

À ma mère ;

à ma mère.....que j'aime ;

à mon frère Nazim que j'adore ;

à mes sœurs Ine'z et Ferielle que j'adore ;

à cheikh EL-Badji Said que je considère comme un père ;

à mes grands parents et à toute la famille Amarouche;

à la famille Brouri, Karim,tata Mina,et tonton Mourad ;

à mon fantoche qui m'a bien fait plaisir;

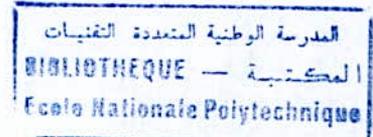
au Chriks Mimo, le coupeur ;

à toute ma famille et à tout ceux que j'aime ;

A la mémoire du Cheikh El-Badji ;

Ramzi

Dédicaces



*Je dédie ce modeste travail
à ma mère et mon père qui ont tant fait pour moi ;
à mon frère Yanis ;
à mes sœurs Dihia et Sonia ;
A ma grand-mère Mamma :
à mes cousins, Samir, Sofiane, Hakim, Mimette.... ;
à Nacer, Lotfi, Driss, Amine, Mus, Farid, Fouad, Brouri Karim... ;
à Ramzy mon binôme;
à Fatima, Nassima, Nanou ;
à toute ma famille et à tout ceux que j'aime ;*

*A la mémoire de mes grands parents djedi Ferhat et yaya ;
A la mémoire de Mohand .*

Kader

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHÈQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

Introduction Générale

Introduction générale

L'histoire de la téléphonie commença en 1876 avec le premier système de communication électrique. Si le principe nous semble simple aujourd'hui, il constitue une évolution majeure, à l'époque du règne du télégraphe de *Chappe* et du courrier postal. Entre l'invention du téléphone par *Alexandre Graham Bell* (en 1877) et les années soixante, la voix fut transmise de manière *analogique*, sous forme d'un signal électrique se propageant sur des fils de cuivre.

L'invention de Bell ne permettait que des liaisons spécialisées point à point. Pour donner à un abonné l'accès à de nombreux correspondants, il fallait donc des commutateurs. En janvier 1878, le premier central téléphonique (manuel) reliant 21 abonnés est réalisé. Après cela, c'est l'explosion; des centraux manuels s'installent partout.

Lorsqu'un usager téléphone, une ligne le relie à son correspondant. Elle assure le transport de la voix dans les deux sens, jusqu'à ce que la communication soit terminée. Cette liaison provisoire est créée grâce à des opérations de commutation effectuées dans les centraux téléphoniques. Cette liaison est appelée "*point à point*" ou "*en mode connecté*", et la technique utilisée est la "*commutation de circuits*", d'où l'appellation du réseau téléphonique commuté (RTC).

A l'heure actuelle, le RTC est considéré comme le réseau le plus vaste, et relie quasiment toutes les parties du globe, par conséquent, le nombre d'utilisateurs augmente de plus en plus, ce qui a poussé à concevoir les PABX qui sont des autocommutateurs privés.

Avec le développement informatique d'autres solutions sont envisagées telles que le soft PABX en utilisant un simple PC, cette solution est beaucoup moins coûteuse par rapport aux installations PABX « matériel » et aussi plus performante.

Notre travail traite particulièrement le soft PABX, nous allons étudier et concevoir au cours de notre mémoire de fin d'études une des approches possibles de conception, pour cela nous allons présenter au cours des chapitres qui vont suivre une étude du réseau téléphonique commuté suivie d'un aperçu sur les Pabx's, et puis aux chapitres III et IV nous étudierons la partie informatique; Asterisk et les pilotes sous Linux. Après cela nous procéderons au développement de l'application. Et finalement nous terminerons par une conclusion.

Chapitre I

Le Réseau Téléphonique Commuté

I. Introduction

Le réseau téléphonique public, PSTN ("Public Switched Telephone Network") ou RTPC (Réseau Téléphonique Public Commuté) constitue un des plus grands réseaux au monde avec quelques centaines de millions d'abonnés.

Essentiellement analogique au départ, le réseau s'est progressivement numérisé : la transmission dans le réseau d'abord, suivie par la commutation ensuite.

Le réseau PSTN assure aussi des fonctions d'accès à d'autres réseaux, ou services comme par exemple au réseau à commutation de paquets, à Internet, au GSM,....

I.1. Le réseau téléphonique commuté (RTC)

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.

Le réseau téléphonique commuté (RTC ou en anglais: *Public Switched Telephone Network*) assure la mise en relation momentanée, une à une des installations terminales afin de mettre en relation 2 abonnés. Il est un moyen de communication pratique pour des communications interactives, ce réseau est actuellement le plus utilisé par les particuliers pour se relier entre eux ou à Internet.[2]

Le RTC est composé de nœuds (commutateurs) s'échangeant des informations au moyen de protocoles de communications basés la plus part du temps sur l'émission de fréquences. L'ensemble des données du réseau doit être géré localement au niveau de chaque commutateur.[2]

I.2. La chaîne de communication

La chaîne de communication est composée de trois fonctions essentielles, à savoir :

1. La distribution
2. La commutation
3. La transmission [1]

I.2.1. La distribution

Le réseau de distribution, constitue l'ensemble des moyens qui relie le poste ou l'installation de l'abonné au commutateur. Les équipements qu'on rencontre dans le réseau de distribution lorsqu'on se déplace de l'abonné vers le commutateur sont :

a. Le poste téléphonique

Le poste téléphonique (*figure I.1*) comporte des fonctions qui, malgré les changements de « design », n'ont pas fondamentalement changé :

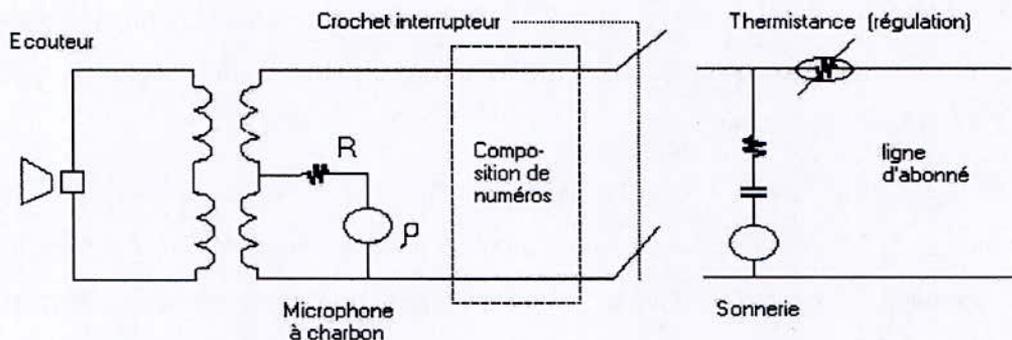


Figure I.1 : Schéma électronique du téléphone [1]

- La ligne amène une tension continue de 48V pour alimenter le poste, lorsque celui-ci est raccroché, la ligne est ouverte. Le décrochage provoque la fermeture de la ligne et la circulation d'un courant de boucle qui est détecté par la jonction d'abonné (boucle locale). Le raccrochage est détecté de la même façon ;

- Placée avant l'interrupteur, la sonnerie est activée par un courant alternatif à 25 ou 50Hz, envoyé par le central en cas d'appel;

- Le microphone à charbon (en série avec une résistance R) est à résistance variable. Il est cependant remplacé, sur les nouveaux postes, par le microphone à électret qui est de type capacitif ;
- L'écouteur reçoit le signal alternatif par l'intermédiaire d'un transformateur adaptateur d'impédances, réalise un découplage partiel microphone-écouteur et les isole de la tension continue ;
- Le signal alternatif, passant à travers une bobine placée dans un aimant permanent entraîne la vibration d'une membrane. Les amplificateurs, dont sont équipés certains postes, sont alimentés par la ligne (ainsi que les fonctions telles que mémoires de numéros, affichages, etc.);
- La thermistance voit sa valeur varier avec le courant continu dans la ligne., ceci assure une certaine compensation du niveau sonore vis-à-vis de la longueur de la ligne, qui peut aller de quelques centaines de mètres à des dizaines de kilomètres.[1]

b. La ligne d'abonné

C'est une paire de fils de cuivre symétrique (impédance $Z= 600$ Ohms). Cette paire individuelle est posée entre le poste de l'abonné et un point de concentration où sont rassemblées diverses paires pour être connectées à un câble de distribution.

c. Le câble de distribution

Il part du point de concentration pour aboutir à un autre point de concentration plus important appelé sous répartition.

d. Le câble de transport

Il part de la sous répartition et arrive au commutateur (central téléphonique) de rattachement de l'abonné.

e. La prise téléphonique

La prise téléphonique est une prise avec huit (8) contacts. Pour l'utilisation simple d'une ligne classique avec téléphone, seules deux bornes sont utiles les n°1 et 3.

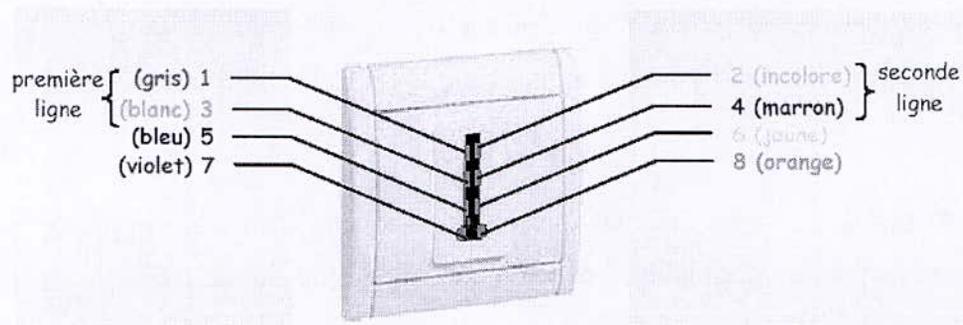


Figure I.2 : la prise téléphonique [1]

I.2.2. La Commutation

La commutation est l'action d'associer temporairement des organes, des voies de transmission ou des circuits de télécommunication pendant la durée nécessaire au transfert de l'information.

La commutation est un concept architectural qui a pour objet d'économiser les moyens de transmission investis dans le réseau. Les commutateurs jouent le rôle d'aiguilleurs et de concentrateurs des communications. Cette seconde faculté se fonde sur le pari que les abonnés n'appellent pas tous simultanément. Dans le cas contraire, un réseau téléphonique pour six abonnés nécessiterait quinze liaisons (*figure 1.2*) pour leur permettre de communiquer deux à deux en tout temps. [1]

L'introduction d'un aiguilleur (ou commutateur) permet de réduire de moitié le nombre de liaisons.

Cependant ce schéma « concentré » n'est viable que si les abonnés n'appellent pas tous en même temps. Sans quoi, il se produirait un engorgement au niveau des commutateurs.

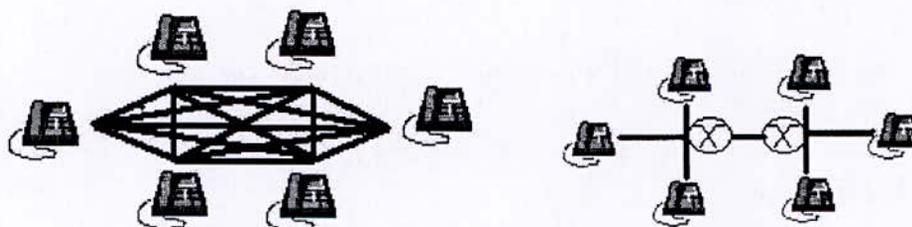


Figure I.3 : Fonction de concentration du commutateur [1]

Plusieurs principes de commutation sont utilisés aujourd'hui de part le monde, parmi eux, nous citons la commutation de circuits dans le réseau téléphonique.

I.2.2.1. Aiguillage des signaux

Les commutateurs réalisant les points de connexions, anciennement manuels, puis électrotechniques sont passés maintenant à la technologie électronique et informatique.

La topologie du réseau est arborescente et conçue autour de noeuds de commutation contenant l'intelligence du réseau.

Les signaux sont aiguillés, puis par la suite transmis par multiplexage fréquentiel (analogique) où chaque « conversation » se trouve transposée autour d'une fréquence et par multiplexage temporel (numérique) où les échantillons de plusieurs « conversations » sont transmis les uns à la suite des autres, de façon répétitive.

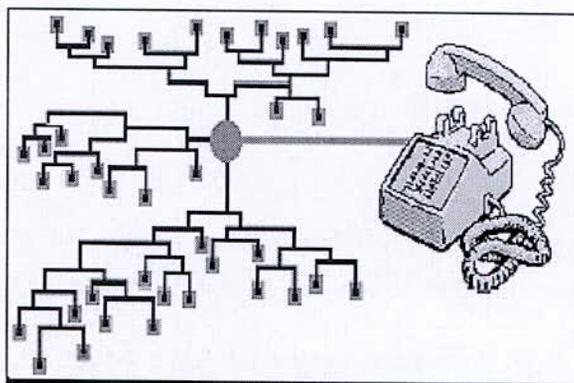


Figure I.4: Schéma de l'aiguillage des signaux [2]

I.2.2.2. Types de commutation

I.2.2.2.1. La commutation de circuits

Utilisée sur le réseau téléphonique RTC, RNIS et GSM, son principe est basé sur la création d'un circuit physique reliant les deux extrémités lors de l'établissement de la connexion, elle est adaptée au transport de la voix avec une contrainte de temps de transmission.

Ce genre de commutation est peu utilisé à l'heure actuelle car le circuit est occupé pendant la communication, qu'il soit utilisé ou non.

I.2.2.2.2. La commutation par paquets

Utilisée sur les réseaux locaux, Internet, Frame relay et GPRS, son principe est de découper l'information en paquets qui sont transportés de point en point à l'autre extrémité du réseau. Ce genre de commutation est adapté au transport de données.

I.2.2.2.3. La commutation de cellules

Utilisée par ATM (Asynchronous Transfer Mode), chaque cellule est de taille fixe : 53 octets (5 d'en-tête + 48 de données), elle se distingue par un temps de commutation très faible par rapport au temps de propagation du signal, et permet d'introduire des notions de qualité de service, elle est principalement utilisée sur les liens d'interconnexion ou dans des applications multimédias.

I.2.2.3. Principe de la commutation de circuits

Les fonctions de base d'un commutateur de circuits est d'assurer une liaison temporaire entre une jonction entrante sur laquelle est présentée une demande de connexion et une jonction sortante sélectionnée par le commutateur, ainsi que l'établissement et la rupture de la liaison.

En plus de ces fonctions, le commutateur doit assurer des fonctions de taxation, d'exploitation et de maintenance.

La commutation de circuits est la technique qui permet d'établir, entre deux utilisateurs d'un réseau, un lien bidirectionnel, permanent et exclusif pendant toute la durée d'une communication.

Pendant ce temps, les autres utilisateurs peuvent continuer à établir des relations entre eux. Le lien établi est en temps réel.

Elle est réalisée selon des techniques analogiques ou numériques dans une hiérarchie de commutateurs propres au réseau téléphonique commuté.

Dans la chaîne de communication, l'opération de commutation se fait en 3 phases :

a. La présélection

Au décrochage de l'abonné, un chemin est établi dans les étages de présélection entre celui-ci et l'enregistreur libre. L'enregistreur lui envoie la tonalité et enregistre la numérotation.

b. Le traducteur

Lorsque le numéro est reçu, l'enregistreur se connecte à un traducteur libre pour décoder le numéro en une direction de sortie.

c. La sélection

L'enregistreur utilise les informations précédentes pour rechercher dans les étages de sélection un chemin libre vers un autre circuit libre du faisceau sortant.

Lorsqu'il le trouve, il émet sur ce circuit un signal de prise en charge puis la signalisation qui permettra au centre de déterminer la suite de l'acheminement de la communication.[1].

I.2.3. La transmission

La fonction transmission correspond au transport à distance des signaux d'information. Les signaux à transmettre en provenance des réseaux locaux sont d'abord traités si une adaptation au support apparaît nécessaire.

Ils sont ensuite transportés sous forme électrique ou optique en utilisant une transmission guidée ou rayonnée de l'émetteur vers un ou plusieurs récepteurs.

La fonction transmission est marquée par le passage des techniques analogiques aux techniques numériques.[2]

I.2.3.1. Transmission de la voix

Contrairement au système audio de haute fidélité, dont les bandes passantes sont comprises entre 20 Hz et 20 kHz, le téléphone opère dans la bande de 300 Hz à 3,4 kHz.

Lorsque les deux correspondants sont en liaison, les signaux vocaux envoyés et reçus sont dus à une modulation de l'amplitude du courant continu dans la bande de fréquences 300 Hz à 3,4kHz.

A l'intérieur de chaque appareil, un dispositif « antilocal » évite que le signal émis par le microphone ne soit transmis à l'écouteur.

La communication s'effectue en duplex intégral, elle est bidirectionnelle, le courant sur la ligne étant la somme du courant continu et des deux courants variables émis par chaque poste.

Pendant la phase de communication, les commutateurs supervisent la communication pour détecter le raccrochage de A ou de B. Si l'un des 2 raccroche, la liaison est libérée (ou relâchée), c'est la phase de libération qui, à nouveau met en oeuvre la signalisation. La taxation est aussi arrêtée.[2]

1.2.3.2. Transmission de données sur le réseau commuté

L'informatique tient aujourd'hui une place considérable dans l'utilisation du réseau téléphonique commuté.

Le modem (contraction de modulateur-démodulateur) est l'interface qui permet de véhiculer des informations analogiques en convertissant les signaux numériques en signaux analogiques (MODulation) et vice versa (DEMODulation).

L'ordinateur envoie des commandes au modem : initialisation, numérotation, raccrochage, le modem est alors en mode « commande ».

Quand la liaison avec un autre modem est établie sur le réseau téléphonique commuté (RTC), le modem est placé en mode « données » et à l'émission transmet en modulant les données numériques émises par l'ordinateur en une fréquence porteuse sur la ligne téléphonique.

En réception, le modem démodule l'information de la fréquence porteuse pour obtenir le signal numérique exploitable par l'ordinateur.

Les modems usuels, utilisés principalement par les particuliers, travaillent à des vitesses de modulation de 56 kbauds (bits par seconde), via le réseau téléphonique.

L'inconvénient de cette technologie réside dans le fait qu'un utilisateur naviguant sur le réseau Internet aura sa ligne de téléphone occupée, tant qu'il reste connecté au réseau.[2]

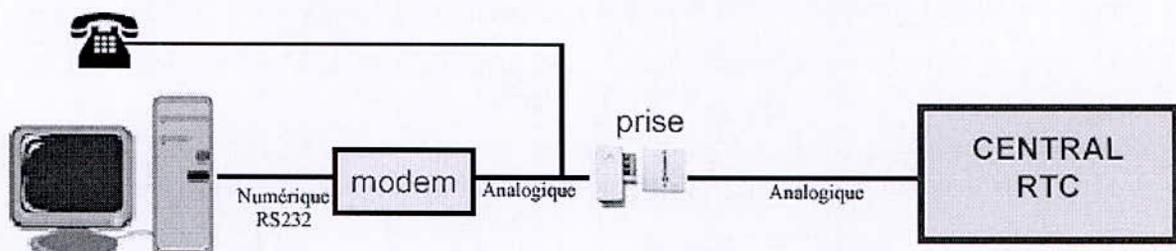


Figure I.5 : Schéma de la transmission de données via un modem [2]

I.3. Architecture du réseau téléphonique commuté

I.3.1. Schéma du principe simplifié du RTC

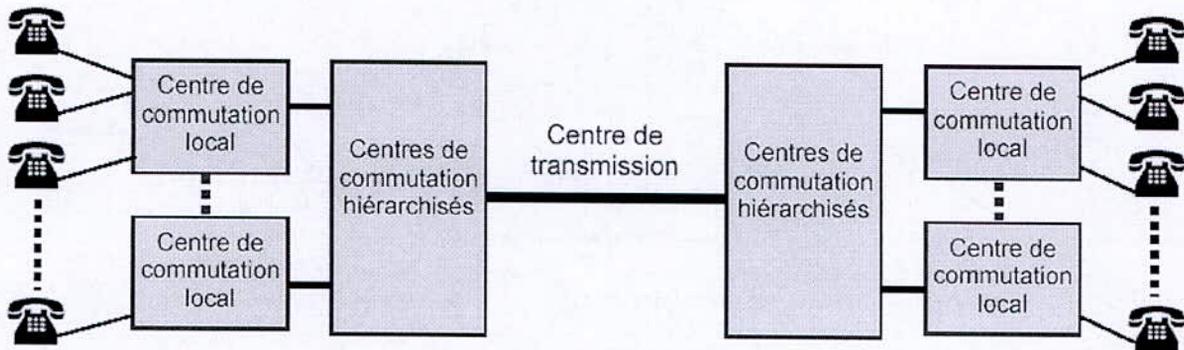


Figure I.6: Schéma simplifié du RTC [2]

Chaque poste téléphonique est rattaché à une seule borne de répartition connectée à un commutateur local (*local switch*) dont la distance peut aller de quelques centaines de mètres jusqu'à quelques kilomètres, la distance réduisant d'autant la bande passante des signaux transitant. La faible bande passante (300Hz - 3400Hz) du RTC et d'autre part son rapport signal/bruit (de l'ordre de 40dB) limitent la qualité du signal analogique transmis (voix) et donc le débit du nombre de bits transmis (informatique).[2]

Les supports de transmission pour l'acheminement du signal entre commutateurs peuvent être faits par des conducteurs métalliques (paires torsadées, câbles coaxiaux), par des liaisons en espace libre avec des faisceaux hertziens (via des antennes et des satellites) ou par des fibres optiques.

I.3.2. Architecture du réseau

Le réseau téléphonique commuté a une organisation hiérarchique à trois niveaux. Il est structuré en zones correspondant à un niveau de concentration, comme le montre la *figure I.6* qui représente l'architecture générale d'un réseau téléphonique commuté.

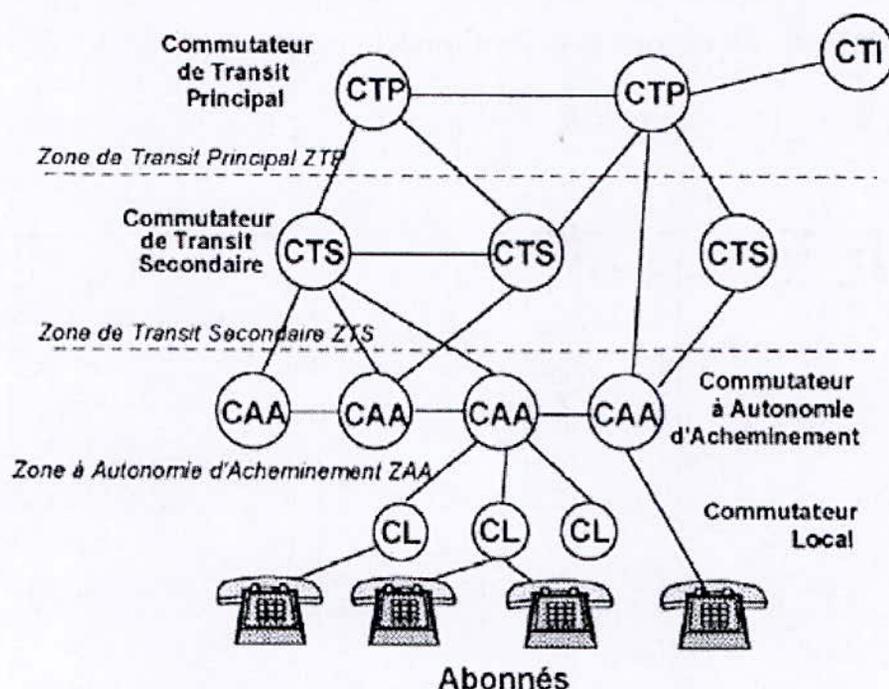


Figure I.7: Architecture générale d'un réseau RTC [3]

On distingue :

1. Zone à Autonomie d'Acheminement (**ZAA**), cette zone, la plus basse de la hiérarchie, comporte un ou plusieurs Commutateurs à Autonomie d'Acheminement (CAA) qui eux-mêmes desservent des Commutateurs Locaux (CL). Les commutateurs locaux ne sont que de simples concentrateurs de lignes auxquels sont raccordés les abonnés finals.
2. Zone de Transit Secondaire (**ZTS**), cette zone comporte des Commutateurs de Transit Secondaires (CTS). Il n'y a pas d'abonnés reliés aux CTS (Commutateurs de Transit Secondaires). Ils assurent le brassage des circuits lorsqu'un CAA (Commutateur à Autonomie d'Acheminement) ne peut atteindre le CAA destinataire directement ;
3. Zone de Transit Principal (**ZTP**), cette zone assure la commutation des liaisons longues distances. Chaque ZTP (Zone de Transit Principal) comprend un Commutateur de Transit Principal (CTP), L'un des commutateurs de transit principal (CTP) est relié au commutateur international de transit.

L'Algérie est découpée actuellement en 8 zones de transit national : ALGER-BLIDA-CONSTANTINE-SETIF-ORAN-TELEMENEN-ANNABA-OUARAGLA. Chacune de ces zones regroupe un certain nombre de wilayas, chefs-lieux de régions administratives.

A titre d'exemple, la zone 03 regroupe les wilayas suivantes : BLIDA-AIN DEFLA-BOUIRA-CHLEF-DJELFA-MEDEA-TIZI OUZOU. Les wilayas regroupent elles-mêmes un certain nombre de daïra chefs-lieux de communes.

Suivant les positions géographiques des abonnés demandeurs et demandés, on peut distinguer les types de trafic suivant :

- Trafic international ;
- Trafic national entre zones ;
- Trafic régional entre wilayas d'une même zone ;
- Trafic inter wilaya ;
- Trafic urbain ;
- Trafic local entre abonnés reliés au même central.

Le trafic international transite par les centres internationaux de départ et d'arrivée CTI (Centre de Transit International). Les autres types de trafic sont écoulés à l'intérieur du réseau national de structure hiérarchisée à 4 niveaux : 2 niveau d'abonnés et 2 niveaux de transit.

I.4. La Signalisation

La signalisation est une composante essentielle du fonctionnement d'un réseau, en général, et du réseau téléphonique, en particulier. Pour l'usager, l'appel se résume à la conversation vocale.

Mais avant, pendant et après la conversation, l'opérateur du réseau téléphonique doit procéder à un échange de messages entre différents points du réseau pour ses propres besoins afin :

- d'établir la communication (savoir si l'abonné demandé est disponible), cela consiste à transmettre le numéro demandé, à s'assurer que l'envoi du message se déroule convenablement, à vérifier si le destinataire répond à l'appel, auquel cas il faut mettre en œuvre un circuit de communication, etc. ;
- de rapporter tout évènement susceptible de perturber la communication (interruption diverses) ;
- de clore la communication, cela revient à libérer le circuit en rendant disponible pour autre communication, à transmettre les données de facturation de l'appel, etc.

Une partie de la signalisation est rendue audible à l'utilisateur afin de l'informer du bon déroulement de la communication : tonalité d'acheminement, sonnerie, décroché, etc.

Ces opérations sont en quelque sorte télécommandées par les abonnés eux-mêmes, le central exécutant les ordres émis par les abonnés. Cette télécommande exige une signalisation, c'est-à-dire un échange d'informations sous forme codées conventionnelle entre le central et les deux interlocuteurs.

Lorsque la communication sort du rayon local et que de ce fait plusieurs centraux sont impliqués dans l'établissement de la liaison, les diverses opérations de commutation doivent être réparties entre ces centraux ce qui nécessite une signalisation entre centraux à travers le réseau.

La signalisation utilisée dans le RTC est la signalisation « en bande » qui se fait à l'aide d'une ou plusieurs fréquences vocales (tonalités) et d'un code série ou parallèle.

I.4.1. Les différents signaux du réseau RTC

1. La tonalité

Après avoir fermé le commutateur du combiné, le central acquiesce la demande de connexion en superposant à la tension continue, un signal sinusoïdal de 440Hz (note de musique « LA »), c'est l'invitation à numéroté : la tonalité (*dial-tone*).

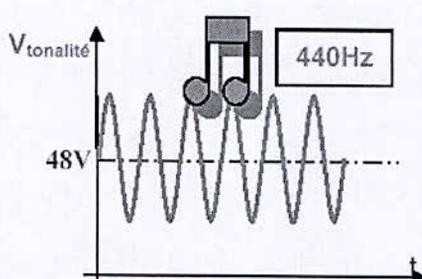


Figure I.8 : Schéma représentant le signal de la tonalité [2]

2. La sonnerie

Après que l'abonné du poste **A** ait composé le numéro du correspondant **B**, le RTC via les commutateurs va acheminer l'appel, puis actionne la sonnerie du poste **B** par l'intermédiaire du dernier central autocommutateur local.

Pour activer la sonnerie, le central envoie vers le poste **B** un signal sinusoïdal de fréquence environ 50Hz et de tension de 50 à 80V efficaces par rafales, activé pendant environ 2 secondes et désactivé pendant environ 4 secondes. Ce signal est superposé à la tension continue de 48V.

Le décrochement du poste **B** établit un courant continu d'environ 40mA dans la ligne. Alors, le central RTC supprime la sonnerie et met en liaison les deux correspondants. Lorsque la liaison est établie, on a pratiquement une ligne point à point.

On utilise une tension de 80V, relativement élevée, pour pouvoir activer les sonneries peu efficaces des anciens téléphones. Dans les nouveaux postes équipés de sonnerie électronique, un signal numérique TTL (5V) suffit, mais le niveau TTL est incompatible avec les anciens téléphones.[2]

3. Acheminement, retour d'appel et signal d'occupation

Aussitôt après avoir composé le dernier chiffre du numéro demandé, un signal particulier correspondant à l'acheminement, devient audible dans l'écouteur. Il s'agit de tonalités de 440Hz et de 0,1 seconde de durée, entrecoupés de 0,1 seconde de pause.

Si le poste appelé est libre, il se produit alors le retour d'appel de sonnerie qui est la même tonalité de 440Hz se caractérisant par une durée de 1,7 seconde suivie d'une pause de 3,3 seconde. Enfin, si le poste appelé est occupé, la tonalité de 440Hz se manifeste sous la forme d'impulsion de 0,5 seconde séparées par des pauses de 0,5 seconde.

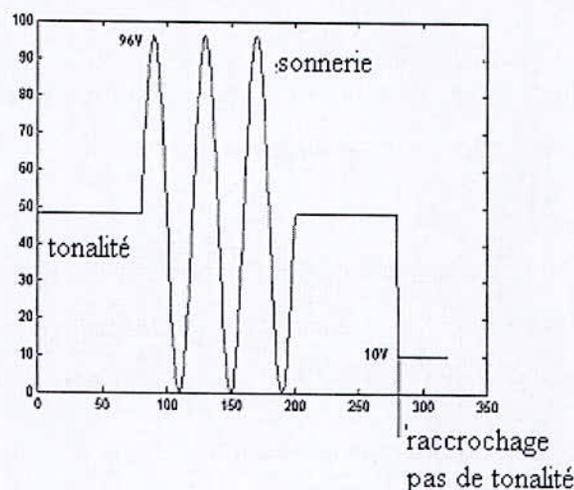


Figure I.9 : Schéma représentant les différentes situations.

I.5. Numérotation téléphonique

I.5.1. Le numéro de téléphone

En Algérie, la numérotation actuelle sur 9 chiffres permet d'atteindre une capacité de XXX millions de postes.

ZYY XX XX XX

Le premier chiffre Z indique l'opérateur chargé d'établir la communication, qui peut louer le service à d'autres opérateurs pour acheminer l'appel.

Les deux qui suivent, YY, servent à orienter l'appel vers une des zones géographiques que compte l'Algérie.

Le groupe de 2 chiffres suivants donne l'identification de l'autocommutateur local de rattachement du poste demandé.

Puis le groupe des 4 derniers chiffres, identifie la ligne de l'abonné dans l'autocommutateur local.

Pour les communications internationales l'abonné demandeur doit composé le préfixe internationale (00) puis l'indicatif du pays de l'abonné demandé puis celui de la ville et enfin le numéro téléphonique de l'abonné demandé.[2]

I.5.2. La taxation

La taxation fournit les éléments nécessaires à la traduction de l'occupation du réseau en prix de la communication, qui représente la tarification. Elle dépend d'une part, de la situation géographique des deux correspondants, et d'autre part, de la durée de communication.[3]

I.5.3. Type de numérotation

a. Numérotation décimale

Ce procédé de numérotation par impulsions est utilisé par les téléphones à cadran rotatif (poste à disque) et par certains modems.

Dans ce cas la numérotation est interrompue un nombre de fois correspondant au chiffre envoyé, générant ainsi des impulsions à « 0 ». Une impulsion pour le chiffre 1, deux impulsions pour le chiffre 2, et ainsi de suite... jusqu'à dix impulsions pour le chiffre 0.

Chaque impulsion dure 100ms, soit 33,3ms pour la ligne fermée (présence de courant) et 66,7ms pour la ligne ouverte. Pour composer le 1, il faut 100ms ; pour faire le 2 il faut 200ms, ainsi de suite jusqu'au 0 où il faut 1s. Un intervalle de temps d'au moins 200ms doit séparer 2 trains d'impulsions. Ce principe ancien est lent.

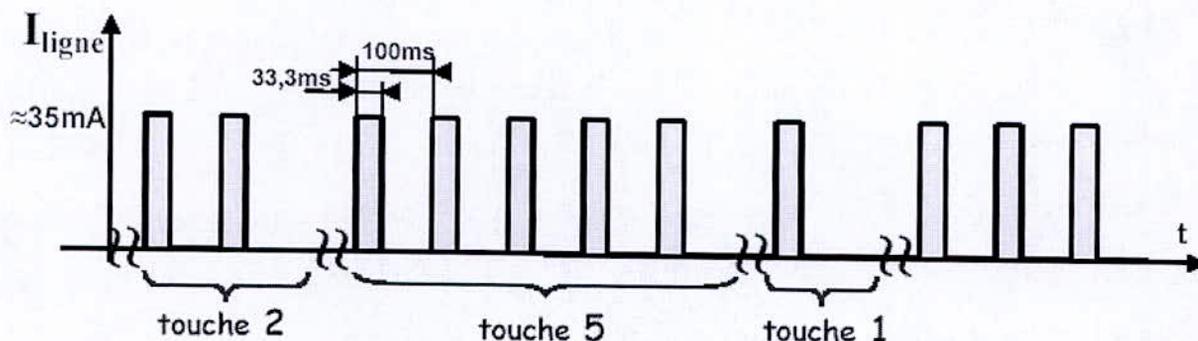


Figure 1.10: Signaux représentant la numérotation impulsionnelle[2]

b. Numérotation par fréquences vocales ou DTMF (Dual Tone Multi Frequency)

Le DTMF est un procédé de numérotation qui génère des sonorités codés, il doit émettre des fréquences spécifiques dans la gamme 300Hz – 3400Hz. Mais si l'on attribue une fréquence simple à chaque chiffre, un sifflement (ou un son propre et fort) peut provoquer une erreur de numérotation.

Ce problème d'interférence est résolu simplement, par l'émission de deux fréquences simultanées par chiffre. Il est très peu probable que deux fréquences spécifiques, d'un rapport égal à un nombre rationnel, soient présentes à l'arrière plan du microphone pendant la numérotation. Ces fréquences sont normalisées au plan international (norme UIT-T-Q.23).

Sur le clavier du téléphone, en appuyant sur une touche, on émet les deux tonalités correspondant à l'intersection de l'axe horizontal et de l'axe vertical.

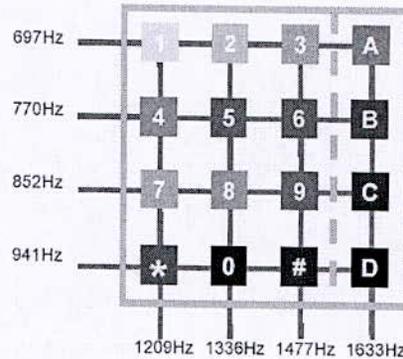


Figure I.11: Schéma représentant la DTMF [2]

Dans le cas de l'appui sur le clavier de la touche **8**, le numéroteur transmet le signal composite et on le relève sur le haut-parleur (voie 1), sur la voie 2 on a le signal 852Hz.

Pour éviter les problèmes de distorsion et de génération d'harmoniques, aucune fréquence n'est harmonique d'aucune autre fréquence.

De plus, il est impossible de synthétiser une fréquence à partir de la somme ou de la différence de deux autres fréquences, pour éviter les erreurs de numérotation dues aux produits d'intermodulation.

Actuellement la durée d'enfoncement d'une touche et l'intervalle de temps entre deux manœuvres successives ne peut être inférieurs à 40ms.

I.7. La communication téléphonique

L'appel téléphonique s'établit de la manière suivante, considérons l'appel de **A** vers **B** au travers du commutateur local LOC1, des centres de transit CT1 et CT2, et du commutateur local LOC2.

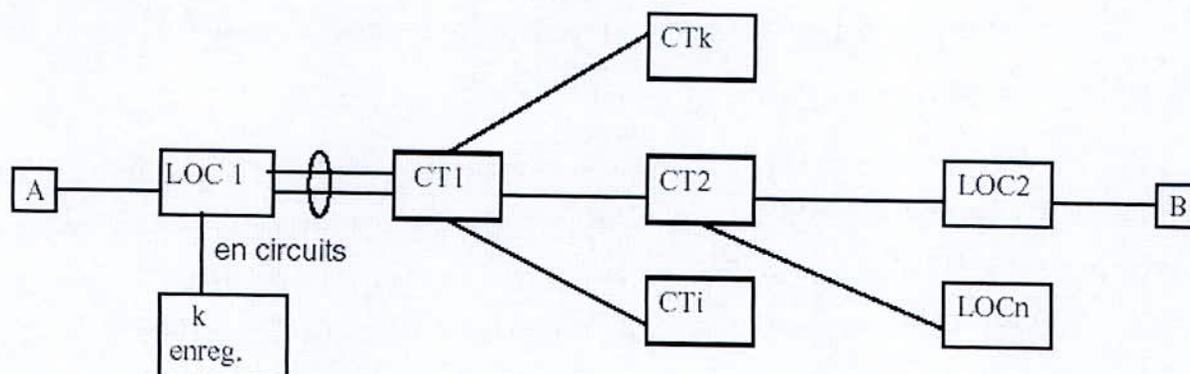


Figure I.12 : Schéma bloc de l'acheminement d'un appel sur le RTC [3]

Les différentes phases de l'appel sont les suivantes :

1) décrochage

L'appelant A décroche. La boucle locale est fermée. Le commutateur local de rattachement LOC 1 qui supervise la ligne détecte le décrochage.

2) présélection

LOC1 va rechercher un enregistreur dans un pool pour lui permettre de recevoir le numéro envoyé par A. Il y a beaucoup moins d'enregistreurs que de lignes locales attachées au commutateur (concentration) : le dimensionnement est lié au trafic. Si un enregistreur est libre, A reçoit la tonalité d'invitation à numéroté ("dial-tone").

3) enregistrement et analyse

LOC1 enregistre les chiffres émis par A et les analyse (traduction). L'analyse a 2 fonctions :

1. déterminer la taxation.
2. déterminer la route qui doit être prise par l'appel : l'acheminement ("traffic routing").

4) sélection et acheminement

Ayant déterminé que l'appel doit être établi vers le commutateur de transit CT1, LOC1 va essayer de prendre un circuit sortant libre dans un ensemble de circuits disponibles entre LOC1 et CT1 (appelé faisceau de circuits : "circuit group") ; à nouveau, il y a un effet de concentration (c'est à dire le nombre de circuits disponibles est dimensionné en fonction du trafic écoulé entre LOC1 et CT1).

A l'intérieur du commutateur, LOC1 va aussi devoir trouver un chemin reliant la ligne de A avec le circuit sortant choisi (sélection); à nouveau, il y a un effet de concentration [3].

5) établissement de l'appel à travers le réseau

LOC1 va devoir dialoguer avec CT1 pour lui signaler le circuit choisi, lui transmettre le numéro de B, l'ensemble des signaux échangés et leur protocole constituent la **signalisation dans le réseau**. CT1 analyse le numéro de B, en déterminant l'acheminement vers CT2 et prend un circuit libre vers CT2. Le processus continue de même entre CT2 et LOC2.

6) arrivée

LOC2 reconnaît B comme un de ses abonnés et connecte le circuit venant de CT2 vers la ligne d'abonné de B, achevant ainsi la mise en place d'un circuit de bout en bout entre A et B. L'ensemble des opérations exécutées jusqu'à présent constitue la **phase d'établissement d'appel (le "call setup")**. LOC2 envoie le courant de sonnerie sur la ligne d'abonné de B et émet en arrière une tonalité de sonnerie vers A.

7) réponse de B

Si B décroche, l'évènement est envoyé en arrière jusqu'à LOC1 par la signalisation du réseau : on passe alors en **phase de communication** (phase active de l'appel) et efficace car on démarre la taxation.

8) supervision

Pendant la phase de communication, les commutateurs supervisent la communication pour détecter le raccrochage de A ou de B.

9) libération.

Lorsqu'une des 2 parties A ou B raccroche, le circuit établi entre A et B est libéré (ou relâché) : c'est la **phase de libération** du circuit qui à nouveau met en oeuvre la signalisation. La taxation est aussi arrêtée. [3]

I.7. Introduction vers la téléphonie IP

Nous voyons depuis déjà quelques années les prémises d'une autre façon de communiquer par les outils informatiques et Internet, la communication vocale.

Les débuts de cette technologie ne sont pas nouveaux, ils datent des années 70. Aujourd'hui ces techniques sont encore peu connues et d'avant garde mais ont déjà prouvé leur efficacité, au point que l'on peut d'ors et déjà affirmer qu'après le téléphone que nous connaissons tous et le téléphone ISDN, la nouvelle technologie en matière de télécommunication vocale s'appelle la **téléphonie IP** ou **voix sur IP** (voice over IP). [16]

A présent, on ne parle même plus de téléphone mais de communication vocale qui peut se faire par de multiples biais. Dès lors, l'appareil téléphonique ne devient qu'un support.

Ces nouveaux supports détiennent toute leur qualité du fait qu'ils sont intégrés dans le réseau informatique.

Ainsi, toutes les possibilités d'extensions que nous offre l'informatique peuvent s'appliquer à ce que le téléphone représente pour nous depuis bien longtemps.

Non seulement l'informatique fait office de support de transmission, mais aussi rend possible l'imbrication avec toutes sortes de logiciels ou matériaux qu'une entreprise utilise déjà.

Internet Diffusion propose ainsi les solutions d'un partenaire qui est à même de vous fournir toutes sortes de prestations en matière de téléphonie IP.

Allant du simple PBX (central téléphonique privé) à l'intégration des logiciels de l'entreprise, en passant par la téléphonie via Internet, toutes les prestations sont fournies sur mesure. [16]

I.8. La téléphonie IP

La téléphonie sur IP exploite un réseau de données IP pour offrir des communications vocales à l'ensemble de l'entreprise sur un réseau unique voix et données.

Cette convergence des services de communication données, voix, et vidéo sur un réseau unique, s'accompagne des avantages liés à la réduction des coûts d'investissement, à la simplification des procédures d'assistance et de configuration, et à l'intégration accrue de filiales et de sites distants aux installations du réseau d'entreprise.

De plus, les fonctions simplifiées de création, de déplacement et de modification réduisent le temps nécessaire pour ajouter de nouveaux utilisateurs au réseau.

Le déploiement de nouveaux services est accéléré. L'utilisation d'une infrastructure IP commune et d'interfaces standard ouvertes permet de développer et de déployer très rapidement des applications innovantes. Enfin, les utilisateurs accèdent à tous les services du réseau partout où ils peuvent s'y connecter notamment à travers l'« extension mobility » (substitution de postes).[16]

I.8.1. Les différents protocoles utilisés

Les différents protocoles non propriétaires sont les trois suivants :

→ **H323**

Le protocole H323 est le plus connu et se base sur les travaux de la série H.320 sur la visioconférence sur RNIS ;

→ **SIP**

Le protocole SIP est natif du monde Internet (HTTP) et est un concurrent direct de l'H323. A l'heure actuelle, il est moins riche que H.323 au niveau des services offerts, mais il suscite actuellement un très grand intérêt dans la communauté Internet et télécom ;

→ **MGCP**

Le protocole MGCP est complémentaire à H.323 ou SIP, et traite des problèmes d'interconnexion avec le monde téléphonique (SS7, RI). [16]

I.9. Conclusion

Le réseau téléphonique commuté RTC est le réseau le plus utilisé dans le monde, c'est le pivot de la communication dans le monde, et au fil des années il a subi plusieurs modifications dans le but de l'amélioration des services et l'extension du réseau.

Bien que depuis près d'un siècle que le monde utilise le réseau téléphonique commuté on peut dire que le RTC entre dans une phase de disparition laissant sa place aux nouvelles technologies de téléphonie, qui, au fur et à mesure, s'installent et prennent de l'ampleur, telles que le RNIS et la téléphonie IP.

Malgré cela, et avec l'apparition des Pabx's et l'intégration des passerelles le réseau téléphonique commuté garde une place privilégiée au niveau des entreprises modernes et espère offrir ses services pour les années à venir.

Chapitre II

L'Autocommutateur privé PABX

II.1. Introduction

Les installations téléphoniques privées se sont développées en même temps que les grands réseaux téléphoniques publics dont elles étendent et développent au sein d'une même organisation, les fonctions de mise en relation de personnes.

A l'époque de la commutation manuelle, l'installation téléphonique privée constituait à la fois un outil de mise en communication intérieur et démultiplication de l'utilisation de lignes extérieures, suivant la demande des utilisateurs.

Des systèmes de commutation automatique ont ensuite été introduits, ils mettaient en œuvre des contacts mobiles, et des activations électromécaniques permettaient d'automatiser les fonctions d'établissement et de rupture des liaisons de communication.

Les techniques de télécommunication ont été marquées par d'importantes mutations à la suite du développement de l'informatique et de l'électronique.

Ces évolutions ont rapidement été appliquées au domaine des PABX (Private Automatique Branch eXchange), modifiant totalement la définition, la forme et même les fonctions des installations téléphoniques privées, elles ont permis en particulier de faire du PABX un outil offrant de multiples services utiles aux utilisateurs, et débordant largement la simple fonction de commutation de la voix pour laquelle il avait été imaginé au début.

II.2. Les PABX's

II.2.1. Définition

Le centre du réseau de télécommunication d'entreprise est le PABX (Private Automatic Branch eXchange), appelé aussi autocommutateur ou central téléphonique.

Il offre une multitude d'applications, et ajoute aux communications une touche personnelle de la société. Il est, de part sa conception et des améliorations technologiques apportées au cours de son constant développement, capable de gérer et de transporter : de la voix, des données et donc des images par des routes de plus en plus nombreuses. [4]

Que se soit du support cuivre, optique, hertzien ou autres supports, il déplace des quantités de plus en plus importantes. De part sa définition, l'autocommutateur permet la connexion automatique entre deux points d'un réseau téléphonique. [4]

III.2.2. Le PABX, pivot des télécommunications au sein de l'entreprise

Le PABX est un véritable centre nerveux de la communication dans l'entreprise, car il est désormais capable de gérer des tâches aussi différentes que l'interconnexion de réseaux.

Appelé couramment standard ou central téléphonique, cet autocommutateur est resté, pendant de nombreuses années, à la fois le plus connu et le plus discret des équipements de télécommunications de l'entreprise.

Tout le monde connaît sa fonction qui consiste à mettre en relation automatiquement des individus à travers un réseau téléphonique privé ou avec le réseau téléphonique national.

Il joue le rôle d'interface entre les réseaux privés d'entreprise et les réseaux publics de l'opérateur national, à savoir le réseau téléphonique commuté (RTC) ou le réseau numérique RNIS (Numéris pour la France).

De ce fait, le PABX crée dans l'entreprise un réseau commuté, où chaque abonné se voit alloué sur demande « en composant un numéro de téléphone sur son clavier téléphonique » l'établissement temporaire d'une ligne avec un ou éventuellement plusieurs abonnés intérieurs ou extérieurs. Un réseau téléphonique d'entreprise possède donc toutes les caractéristiques et les fonctions d'un réseau commuté. [4]

II.2.3. Description fonctionnelle

II.2.3.1. Architecture générale

On considère les PABX comme offrant quatre types de fonctions :

- La fonction de raccordement, qui consiste à adapter les signaux circulants entre les entités constitutives des installations téléphoniques privées, aux contraintes des lignes de transport qui les relient entre elles.
- La fonction de commutation, qui consiste à aiguiller en transparence les signaux acheminés par le système (signaux vocaux, images, etc.) en fonction des demandes des utilisateurs : émetteurs et destinataires.
- La fonction de signalisation et d'adressage, qui consiste à élaborer et à échanger les informations nécessaires à l'invocation et à la fourniture des services, entre le système et les utilisateurs, les réseaux extérieurs et entre les nœuds du système lui-même.
- La fonction de commande, qui inclut d'une part la commande de la fonction de commutation à partir du traitement des signalisations échangées et, d'autre part, les opérations de gestion, d'acheminement, de maintenance et d'exploitation. [4]

a. Fonction de raccordement

La fonction de raccordement est réalisée par des sous-ensembles spécifiques comportant une part importante de matériel.

On distingue :

- Le raccordement des terminaux, avec un dispositif d'interface dans le terminal lui-même et une partie dans le central ;
- Le raccordement aux réseaux, offrant des interfaces de raccordement entre plate-formes ou entre plates-formes et réseaux extérieurs ;
- Le raccordement informatique, qui relie la plate-forme PABX et les serveurs informatiques qui lui sont éventuellement associés.[4]

b. Fonction de commutation

Les PABX réalisent cette fonction en mode circuit et en mode paquet, ceci est explicité au paragraphe II.2.

c. Fonction de signalisation

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

- Les signaux destinés à être perçus par l'utilisateur (sonnerie, tonalités et annonces vocales) ;
- Les signaux de commande et de contrôle destinés à se propager à travers une chaîne hétérogène (numérotation dans les réseaux publics) ;
- Les signaux directement liés à la commande du PABX, qui sont traduits en mode message.

D'autres informations de signalisation doivent être transmises à l'utilisateur, comme par exemple :

- Des invitations à patienter ;
- Une invitation de renvoi ;
- Une indication d'intervention, ou d'intrusion ;
- Une indication d'appel en instance.

Ces informations peuvent toutefois être communiquées à l'utilisateur, par annonces vocales ou par affichage sur écran du poste.[4]

d. Fonction de commande

Cette fonction est réalisée d'une part par des unités de traitement construites à partir de sous-ensemble informatiques et, d'autre part, dans les modules périphériques et les terminaux eux-mêmes.

1. Mémoire et annuaire

L'unité centrale exploite un ensemble de mémoires qui contiennent les données nécessaires à l'exécution des tâches liées aux services fournis par le PABX.

2. Fonction d'annuaire

La base de données contient les informations associées aux utilisateurs de l'installation ; nom, fonction, localisation géographique, etc.

3. Profils d'utilisateurs

La base de données contient pour chaque utilisateur, l'ensemble des informations qui définissent toutes les caractéristiques des services auxquels il a accès.[4]

II.2.4. Les fonctionnalités

Avant de présenter les fonctionnalités des PABX, voyons comment était effectuée la commutation de lignes avant l'apparition de ceux-ci. :

Commutation manuelle avec standardiste :

- composition du numéro de la standardiste ;
- la standardiste entre en contacts avec le demandeur sur un signal en établissant une liaison physique entre elle et le demandeur (décode : câble avec une fiche à chaque bout) ;
- le demandeur indique la destination désirée ;
- l'opératrice établit la liaison en mettant l'extrémité du décode dans la douille correspondant à l'abonné demandé ;
- à la fin elle met fin à la commutation et collecte les informations de la commutation pour la facturation.

Aujourd'hui ces opérations se font automatiquement :

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

Le numéro de l'appelé est la seule source d'information pour l'autocommutateur, ce numéro doit être analysé (ou traduit) en fonction du plan de numérotage, en général, un premier chiffre particulier indique que l'appelé est sur le même PABX que l'appelant.

Les chiffres suivants indiquent alors la ligne correspondant à l'appelé. Si le premier chiffre n'est pas le chiffre particulier à l'autocommutateur, cela signifie que l'appelé est situé sur un autre autocommutateur. Dans ce cas, les premiers chiffres représentent le numéro de l'autocommutateur de l'appelé et les derniers chiffres la ligne correspondante à l'appelé.[13]

II.2.5. Type de services

1. Services téléphoniques

a) Fonctions d'accueil :

- Sélection directe ;
- Rappel automatique d'un correspondant ;
- Musique personnalisée ;
- Renvoi d'appel automatique ;
- Répondeur intégré (messagerie vocale).

b) Fonctions d'émission d'appel :

- Numérotation abrégée en interne ;
- Conférence ;
- Répertoire personnalisé.

2. Services de gestion

- Taxation individuelle décentralisée ;
- Télémaintenance ;
- Statistique.

3. Applications informatiques et gestion téléphonique

Les PABX ont la capacité d'intégrer des équipements d'interconnexions de réseaux, les progrès en téléphonie viendront sans doute de la capacité d'interconnecter un PABX et un ordinateur.

Aujourd'hui, il est également possible de gérer les appels sortant, un programme informatique affecte les appels, numérote, contrôle le temps de parole et permet éventuellement aux opérateurs d'entrer des informations directement sur l'écran.

Dans ce type d'applications, l'ordinateur contrôle ou réalise la fonction PABX, tout en recevant ses informations. [13]

II.3. Conclusion

En conclusion, la mise en réseau de PABX permet de créer un réseau privé qui peut être considéré comme une infrastructure fédératrice des communications d'une entreprise.

Cependant cela pose des problèmes de compatibilité, de gestion et de performance et d'un transporteur de données externes.

Le PABX peut-être vu comme un nœud de réseau multiservices qui suit les points d'entrée et sortie des informations de l'entreprise.

L'association de la téléphonie et de l'informatique est en train de s'imposer par le biais des logiciels grand public, cette intégration commence à faire partie de la vie de tous les jours.

Chapitre III

Le PABX Linux

Asterisk

III.1. Introduction

L'internet en déposant sa toile sur un monde de communications qui en comptait déjà beaucoup, a apporté en plus de nouvelles technologies et solutions, son lot d'interrogations. Notamment avec l'existence de ces différents réseaux parallèles (téléphonique, câble, Internet, satellite...) qui créent là un double usage, la possibilité de converger vers un unique transport voix -données- images.

Or il s'avère que le réseau Internet qui repose sur le protocole IP, permet cette convergence naturellement, si ce n'est aisément.

Il existe plusieurs solutions à cette mise en oeuvre de la voix sur IP, et à la simultanéité des échanges voix, données, images:

- Des solutions logicielles, assez faciles à mettre en oeuvre, mais avec une majorité de produits uniquement adaptés au monde Microsoft ;
- Des solutions matérielles, plus lourdes mais plus diversifiées : - Interconnexion de PABX via le réseau IP - Utilisation de concentrateur - Utilisation de Gateway et de Gatekeeper.

III.2. Présentation

Asterisk est un commutateur téléphonique privé à part entière, mais d'implémentation logicielle, compatible Linux, qui s'interconnecte avec quasiment tous les équipements de téléphonie de base standard et peu coûteux.

C'est une application "Open Source", qui a été développée par Mark Spencer à l'origine, de l'entreprise Digium, (anciennement Linux Support Services Inc.) et qui continue, grâce à de nombreux contributeurs, à évoluer régulièrement. Cette application a été conçue pour une flexibilité maximale et reste un système ouvert à de nouvelles applications.

Il fournit par exemple, des services de messagerie vocale, permet la conférence à trois, l'identification de l'appelant, l'ADSI, le SIP et H.323 (aussi bien en client qu'en passerelle).

Le chapitre suivant traite plus en détail ces fonctionnalités [17].

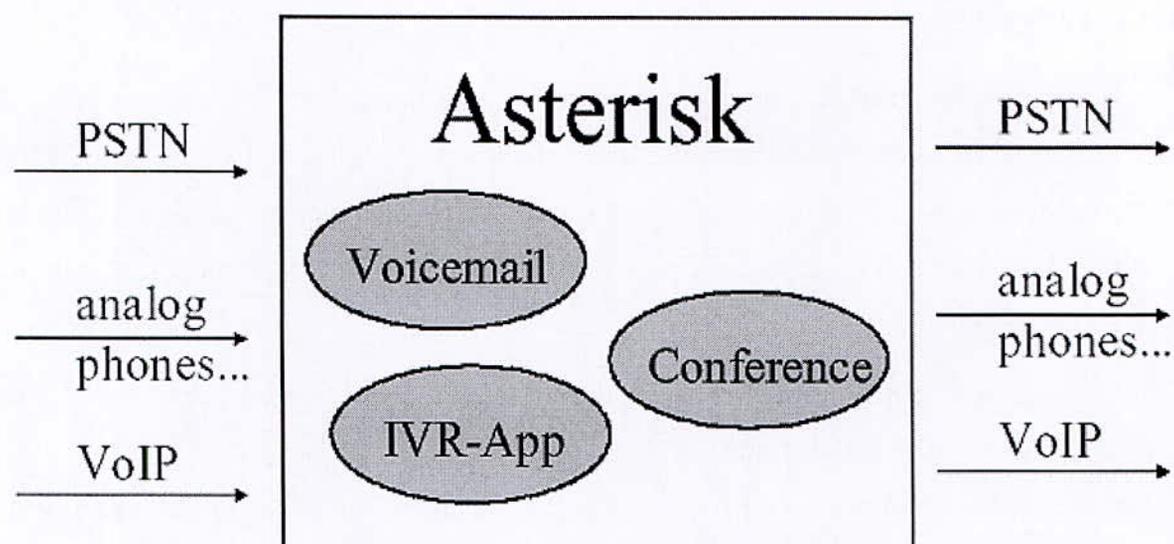


Figure III.1 : Présentation d'Asterisk [8].

Asterisk fournit donc toutes les fonctionnalités attendues d'un PABX, mais aussi la voix sur IP et n'a besoin d'aucun matériel supplémentaire pour l'assurer. Dans l'interconnexion avec les équipements de téléphonie numériques et analogiques, Asterisk reconnaît une large gamme de dispositifs matériels, et notamment ceux fabriqués par ses sponsors, tels que Digium, ou encore QuickNet [17].

Asterisk permet l'utilisation d'un éventail de protocoles TDM dans le traitement et la transmission de la voix sur des interfaces de téléphonie traditionnelles, il supporte les normes Américaines et Européennes des types de signalisations utilisés dans les systèmes téléphoniques standard d'entreprise, et permet d'établir une passerelle entre les nouvelles générations des réseaux intégrés voix-données et les infrastructures existantes.

Il ne permet pas seulement l'utilisation d'équipements traditionnels de téléphonie, il augmente aussi en nombre leurs capacités.

En utilisant le protocole de voix sur IP Inter-Asterix EXchange (IAX ou inter central Asterisk), Asterisk mêle progressivement la voix et le trafic de données à travers des réseaux disparates. Tant que l'on transporte la voix par paquets, il est possible d'envoyer des données telles que des documents URL et des images, en conformité avec le trafic Voix, permettant ainsi une intégration supérieure de l'information.

Asterisk est composé d'un noyau central de commutation, de quatre API de chargement modulaire des applications téléphoniques, des interfaces matérielles, de traitement des formats de fichiers, et des codecs.

Il assure la commutation transparente entre toutes les interfaces supportées, permettant à cette commutation de relier entre eux une diversité de systèmes téléphoniques en un unique réseau commuté.

III.6. Architecture générale d'Asterisk

Asterisk est soigneusement conçu pour une flexibilité maximale. Les APIs spécifiques sont définies autour d'un système PBX central. Ce noyau avancé manipule l'interconnexion interne du PBX proprement soustrait des protocoles spécifiques, des codecs et des interfaces matérielles des applications de téléphonie. Cela permet à Asterisk d'utiliser n'importe quel matériel approprié et technologie disponible (maintenant ou à l'avenir) pour exécuter ces fonctions essentielles, en connectant le matériel et les applications.

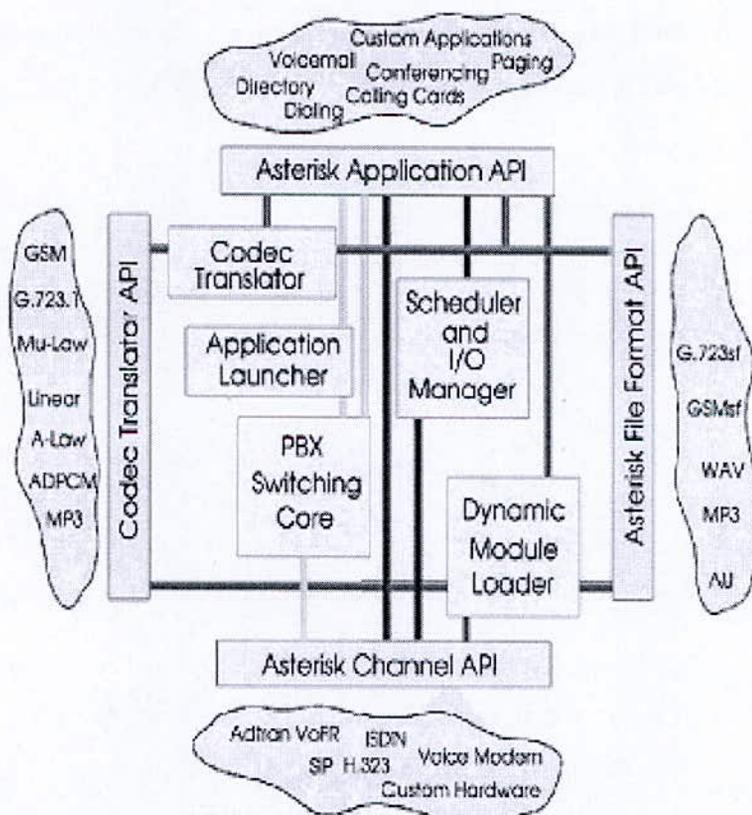


Figure III.5: Architecture d'Asterisk[6].

III.7. Les différents blocs d'Asterisk

1. La commutation de PBX (PBX Switching Core)

L'essence d'Asterisk, naturellement, est un système de commutation de central téléphonique privé, reliant ensemble les appels entre divers utilisateurs et des tâches automatisées. Le noyau de commutation relie d'une manière transparente des appels arrivant sur de diverses interfaces de matériel et de logiciel.

2. Lanceur d'applications (Application Launcher)

Lance les applications qui assurent des services pour des usages, tels que la messagerie vocale, la lecture de messages et le listage de répertoires (annuaires).

3. Traducteur de codecs (Codec Translator)

Utilise des modules de codecs pour le codage et le décodage de divers formats de compression audio utilisés dans l'industrie de la téléphonie. Un certain nombre de codecs est disponible pour palier aux divers besoins et pour arriver au meilleur équilibre entre la qualité audio et l'utilisation de la bande passante.

4. Planificateur manager d'I/O (Scheduler & I/O Manager)

Ils traitent la planification des tâches de bas niveau et la gestion du système pour une performance optimale dans toutes les conditions de charge.

5. Interface de programmation d'applications

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

En utilisant ce système de modules chargeables, le noyau d'Asterisk s'affranchit des détails de connexion d'un appelant, des codecs utilisés, etc.

- **L'API Canal (Asterisk Channel API)**

Cette API gère le type de raccordement sur lequel arrive un appelant, que ce soit une connexion VoIP, un RNIS, un PRI, une signalisation de bit déroché, ou une autre

technologie. Des modules dynamiques sont chargés pour gérer les détails de la couche basse de ces connexions.

- **L'API application (Asterisk Application API)**

Elle autorise différents modules de tâches à être lancés pour exécuter diverses fonctions. Communication, audio-conférence, Pagination, Liste d'Annuaire, messagerie vocale, transmission de données intégrées, et n'importe quelle autre tâche qu'un système PBX standard exécute actuellement ou exécuterait dans l'avenir, sont mises en oeuvre par ces modules distincts.

- **L'API traducteur de Codec (Codec Translator API)**

Charge les modules de codec pour supporter divers formats de codage et de décodage audio tels que le GSM, la Mu-Law, l'A-Law, et même le MP3.

- **L'API de format de fichier (Asterisk File Format API)**

Elle permet la lecture et l'écriture de divers formats de fichiers pour le stockage de données dans le file system [6].

En utilisant ces APIs Asterisk réalise une abstraction complète entre ces fonctions noyau de serveur PBX et les diverses technologies existantes (ou en développement) dans le domaine de la téléphonie. Sa particularité modulaire permet à Asterisk d'intégrer de façon continue le matériel de commutation téléphonique actuellement mise en oeuvre, et les technologies de voix par paquets en constante augmentation, émergeant aujourd'hui. La capacité de charger des modules de codecs permet à Asterisk d'être compatible avec le codec extrêmement compact nécessaire à la Voix par Paquet sur des connexions lentes comme un modem téléphonique tout en maintenant une haute qualité audio sur des types de connexion moins étroites.

L'API d'application assure une utilisation en souplesse des routines d'application pour exécuter n'importe quelle fonction avec souplesse et à la demande, et reste ouverte au développement de nouvelles applications pour répondre aux besoins et situations spécifiques.

De plus, en chargeant toutes les applications sous forme de routines, on permet ainsi l'accès à un système flexible, permettant à l'administrateur de concevoir aux appelants, le meilleur des chemins appropriés sur le système PBX et de modifier des chemins d'appel pour répondre aux besoins évolutifs en communication de l'entreprise [6].

III.8. Organisation du système fichier

L'organisation des fichiers d'Asterisk est conçue pour suivre la tradition de LINUX et elle est groupée en plusieurs répertoires.

/etc/asterisk: ce répertoire contient tout les fichiers de configuration d'Asterisk.

/usr/sbin: contient les actuels scripts et exécutable d'Asterisk, y compris asterisk, astman, astgenkey, et safe-asterisk.

/usr/lib/asterisk: contient les objets binaires relevant d'Asterisk et qui ont une architecture spécifique.

/usr/lib/asterisk/modules: contient les modules d'exécution pour les applications, drivers (pilotes) pour les canaux (channels), codecs, et formats des fichiers drivers.

/usr/include/asterisk: contient les entêtes de fichiers requis pour la construction des applications d'Asterisk, drivers, et autres modules chargeables.

/var/lib/asterisk: contient les variables utilisées par Asterisk durant une opération normale.

/var/lib/asterisk/agi-bin: on y trouve les scripts AGI utilisés pour les applications AGI dans le dialplans.

/var/lib/asterisk/astdb: base de données d'asterisk équivalent aux registre sur Windows.

/var/spool/asterisk: utilisé pour exécuter les fichiers embobinés de la voicemail, des appels sortants etc [7].

III.9. Les canaux d'Asterisk (canaux, voies)

Les canaux sont des connexions logiques vers les chemins variés de signalisation et de transmission, lesquels Asterisk utilise pour créer et connecter des appels.

Ils peuvent être physiques (comme un port analogique FXO) ou basés sur software (comme un canal IAX), les canaux les plus importants d'Asterisk sont :

- **Le canal (voie) FXS** (Foreign eXchange Station), est un canal qui fournit la même interface comme la traditionnelle ligne analogique que l'opérateur fournit. Un canal FXS doit normalement fournir une tonalité, une tension de sonnerie, la détection de numérotation DTMF, message d'attente, et un identificateur d'appel.

- **Le canal FXO** (Foreign eXchange Office), une FXO est une carte qui se connecte à une centrale téléphonique, un modem est un exemple classique de cartes FXO. Ces cartes doivent être capables de générer la numérotation DTMF, détecter la tonalité, détecter la sonnerie, détecter le message d'accueil, interpréter l'identificateur de l'appelant.
- **Le canal IAX** (Inter-Asterisk eXchange), protocole basé sur le transport de media, pour créer une conversation entre personnes à travers l'IP, on utilise IAX comme moyen de transport audio.
- **Le canal SIP** (Session Initiation Protocol), est généralement le protocole le plus utilisé à cause de son installation facile.
- **Autres canaux** : H.323, ISDN, MGCP, SCCP, VoFR, Bluetooth [7].

III.10. La configuration d'Asterisk

Avant de configurer Asterisk pour une application quelconque, on doit d'abord configurer le matériel qu'on utilise, ceci inclus les différentes cartes et les SIP phones et autres interfaces déjà présentées précédemment et puis on peut procéder à la configuration d'Asterisk.

Asterisk est configuré à travers un nombre de fichiers de configuration dans **/etc/Asterisk**, les fichiers de configuration utilisent un format qui consiste en une ou plusieurs sections (marquées par le titre de la section entre parenthèses, comme [section]), chaque section contient des variables ou des objets, et des commentaires après le point virgule ';'.

Voici deux exemples de sections :

```
[section1]
variable1= valeur1 ; assigne a la variable1 la valeur valeur1
variable2= valeur2 ; assigne a la variable2 la valeur valeur2
[section2] ; nouvelle section
variable3= valeur3 ; assigne a la variable3 la valeur valeur3
variable2= valeur2 ; assigne a la variable2 la valeur valeur2
objet1 => param2 ; créer un type ou fichier objet1 avec le paramètre param1
```

La grammaire d'Asterisk varie d'un fichier de configuration à un autre, cependant les fichiers de configuration peuvent généralement être divisés en trois catégories [12].

➤ **La configuration d'interfaces** : ces fichiers configurent les interfaces de canaux qui sont directement reliées au matériel, comme `alsa.conf`, `modem.conf`, `oss.conf`, `phone.conf` et `zapata.conf` etc.

Exemple de `zapata.conf`

`zapata.conf` est l'un des fichiers de configuration d'interface les plus ajustables, il contrôle toutes les interfaces Zapata (de la société Zapata telephony). Ce fichier a seulement une seule section nommée `[channels]` mais inclut plusieurs options mises en place pour chaque canal et ceci pour configurer l'identificateur de l'appelant (`callerid`) et les dispositifs.

Syntaxe :

```
[channels]
signaling = fxo_ks
callwaiting = yes
threewaycalling = yes
callerid = "Yanis " <(256) 555 - 1000>
channel =>1
callerid = "Karim " <(256) 555 - 2000>
callwaiting = no
channel =>2
callwaiting = yes
callerid = "Salim" <(256) 555 - 3000>
channel =>3
signaling = fxs_ks
callerid = asrecieved
channel =>4-8
```

Dans cet exemple trois FXO canaux et quatre FXS canaux ont été créés, les trois premiers représentent trois téléphones pour Yanis, Karim et Salim respectivement.

➤ **Groupes simples** : ces types ou fichiers définissent l'existence de simples entités comme les boîtes aux lettres (mail boxes) et les salles de conférences (conférence rooms), on y trouve, extension.conf, logger.conf, meetme.conf, musiconhold.conf, voicemail.conf etc.

Exemple de extension.conf

Dans la configuration des groupes simples chaque section représente un groupe qui contient des lignes individuelles, chacune représente un objet complètement indépendant des autres objets d'autres groupes. La section [general] est réservée pour les paramètres globaux elle est rarement utilisée.

Syntaxe :

```
[general] ;rarement utilisée
```

```
[context1] ; extension ,priorité, application, arguments
```

```
exten => s,1,wait,3
```

```
exten => s,2,answer,
```

```
exten => s,3,voicemail,u600
```

```
exten => 100,1,dial ,zap/g2
```

```
[context2]
```

```
exten =>9,1,dial,zap/g2/9
```

```
include =>context1
```

➤ **Entités individuelles** : ces fichiers détaillent un certain nombre d'entités indépendantes comme clients et serveurs et ils sont souvent utilisés pour les services VOIP,comme iax.conf , oh323.conf, sip.conf [12].

III.11. Les dialplans

Les dialplans sont considérés comme étant la partie centrale de n'importe quelle système Asterisk. Un dialplan est simplement l'outil qui permet d'imposer la façon dont Asterisk devra suivre pour travailler ; on parle de « road map ».

Les dialplans spécifient comment Asterisk devra prendre un appel, ils consistent en une liste d'instructions ou étapes qu'Asterisk devra suivre. Donc pour mettre au point avec succès un système Asterisk il est absolument vital de comprendre les dialplans.

III.11.1. Création des dialplans

La majorité des dialplans sont spécifiés dans le fichier « **extension.conf** » qu'on trouve souvent dans `/etc/asterisk` ou `/usr/local/asterisk/etc` selon la manière dont on a installé Asterisk, ce fichier est composé de quatre parties qui sont :contexts, extensions ,priorities et applications. Nous allons voir toutes ces parties en détail et expliquer comment les mettre ensemble pour créer un dialplan.

- **Contexts**

Cette partie joue un rôle organisationnel, d'une autre manière c'est un outil qui permet de séparer les différentes parties d'un dialplan. Comme par exemple '**contexts**' est utilisé pour permettre de répondre à une seule ligne parmi d'autres, tous les appels doivent commencer par un certain context.

Les contexts sont indiqués par leurs nom qui est entre crochets [], par exemple si on crée un context pour les appels reçus on doit le définir de cette manière [REÇUS] et toutes les instructions placées à l'intérieur lui font parties.

- **Extensions**

Pour chaque context on doit définir une ou plusieurs extensions, les extensions déterminent comment l'appel coule, les extensions sont utilisées pour spécifier l'extension de la voie utilisée.

Les extensions sont déclarées dans le fichier « `extensions.conf` » par la syntaxe :

`exten => extension, priority, application`

- **Priorité**

Les priorités sont la numérotation des étapes d'exécution de chaque extension, chacune d'elles appelle l'application spécifique.

- **Applications**

Les applications effectuent certaines actions dans le canal de la voie comme jouer des sons, prendre un appel, décrocher, musique d'attente etc.

III.11.2. Exemple de dialplan

Nous allons créer un simple dialplan dont les fonctions sont de répondre à un appel, puis d'activer un son et enfin raccrocher, on utilisera pour cela les fonctions **Answer ()**, **Playback ()**, et **Hangup ()** respectivement.

Pour la fonction Playback elle est utilisée pour jouer un fichier son enregistré précédemment et qui se trouve dans `/var/lib/asterisk/sounds/ Playback()`.

Avant d'aller plus loin dans notre exemple, il faut savoir qu'il existe une extension spéciale appelée 's' pour Start, par défaut, tout les appels commencent par ce context 's' (extension exécutée automatiquement).

A noter que cet exemple contient une seule extension mais on peut aussi écrire des dialplans avec plusieurs extensions.

Exemple:

```
[reçu]
exten => s,1,Answer()
exten => s,2,Playback()
exten => s,3,Hangup()
```

Dans ce dialplan, lorsqu'un appel est émis vers le context [reçu], il passe d'abord par le context spécial (décrit précédemment), dans ce context [reçu] on a trois priorités numérotées de 1 à 3, chaque priorité appelle une application particulière.

1. Answer () : Asterisk prend le contrôle de la ligne et de l'appel ;
2. Playback() : Activer un fichier son spécifié par un nom ;
3. Hangup() : Terminer l'appel.

III.3. Les fonctionnalités d'Asterisk

Les solutions téléphoniques de base d'Asterisk offrent une gamme riche et souple de fonctionnalités. Il offre à la fois les fonctionnalités classiques d'un PBX et des fonctionnalités innovantes et émergentes.

Il interagit avec les traditionnels systèmes de téléphonie de type standard, et les systèmes de Voix sur IP.

Asterisk offre les fonctionnalités que l'on attendrait d'un grand système PBX et même plus comme la messagerie vocale, les conférences téléphoniques, le répondeur vocal interactif, la mise en attente d'appels, les services d'identification de l'appelant et aussi la VoIP [17].

Les principales fonctionnalités d'Asterisk sont :

III.3.1. Les services de téléphonie

Asterisk offre plusieurs fonctionnalités de téléphonie et de messagerie dont :

-Un système de messagerie vocale qui intègre plusieurs options comme :

- Protection par mot de passe ;
- Message d'indisponibilité ;
- Messages par défaut ou customisés ;
- Dossiers de Courriers Multiples ;
- Interface Web pour la vérification des messages ;
- Notification des messages par email ;
- Transfert de messages ;
- Indicateur visuel de messages ;
- Message d'attente de tonalité.

- Un répondeur automatique incluant une réponse vocale interactive ;

- Une logique d'extension flexible qui a la capacité de s'étendre sur plusieurs lignes et possède un contrôle d'accès multi couches pour un système d'accès entrant direct ;

- Un répertoire de numéros et de mails ou bien Directory Listing ;

- Une passerelle téléphonique et mise en attente d'appel ;

- Un Menu **ADSI** : qui consiste un support pour fonctions avancées de téléphonie et un menu de pilotage visuel du PBX et une notification visuelle des messages ;
- Agents d'appel local et distant et faculté d'Enregistrement des détails d'appel ;
- Un rapprochement de protocoles par une intégration des technologies qui offre à l'utilisateur un jeu de services unifiés en fonction du type de connexion, en plus autoriser l'interopérabilité entre les systèmes de Voix sur IP.

III.3.2. Fonctions d'appel

Intégrant une musique d'attente et une autre de transfert ceci sur un système flexible basé sur du mp3 avec contrôle du volume et lecture aléatoire ou continue, et aussi identification et blocage de l'appelant, transfert sur occupation ou sur non réponse, reprise d'appel etc [17].

III.3.3. Adaptabilité

En plus de la téléphonie analogique et numérique, Asterisk peut s'adapter sur d'autres technologies de communication comme la TDM à travers Ethernet et la voix à travers IP [17].

III.4. Applications d'Asterisk

Asterisk est extrêmement flexible dans les réseaux de communications, pouvant ainsi intégrer différents types et protocoles de téléphonie que ce soit la téléphonie analogique (réseau téléphonique commuté RTC) ou numérique (réseau numérique à intégration de services RNIS) et aussi la VOIP et la TOIP. Nous allons présenter quelques diagrammes de réseaux qu'Asterisk gère.

III.4.1. Le mythique 1x1 PBX :

Le micro-ordinateur grâce à Asterisk se transforme en un simple PABX reliant la ligne RTC vers un téléphone IP ou un téléphone analogique, faisant office de passerelle et ceci en utilisant des cartes spécifiques pour réaliser les liaisons physiques.

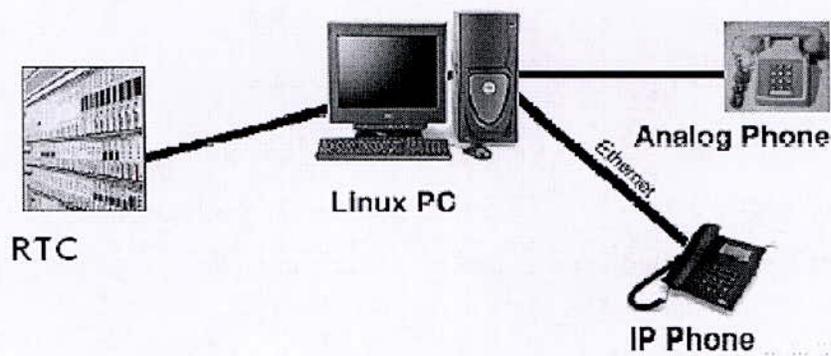


Figure III.2 : Simple 1x1 PBX avec Asterisk [6]

III.4.2. Le 8x16 poste PBX : cette architecture permet d'utiliser huit entrées RTC et seize sorties vers des téléphones analogiques, et aussi un téléphone IP.

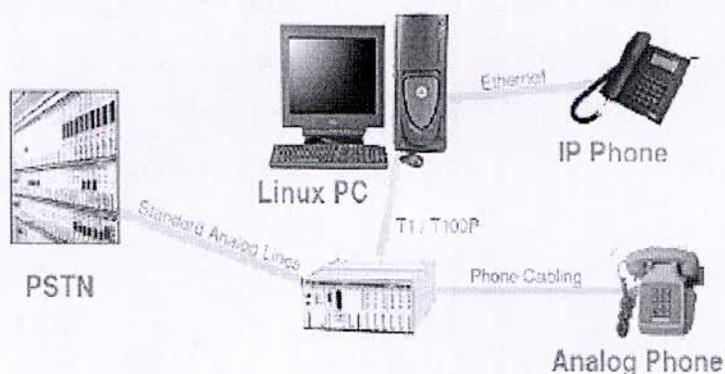


Figure III.3 : Diagrammes du 8x16 PABX [6]

III.4.3. Le PABX pour PME avec bureaux à distance : l'une des plus importantes applications d'Asterisk est sa capacité de relier des bureaux de PME (Petites et Moyennes Entreprises) ensemble. Le diagramme nous montre comment construire des petits PABX 's pour plusieurs bureaux utilisant Asterisk et les relier ensemble sur un seul réseau.

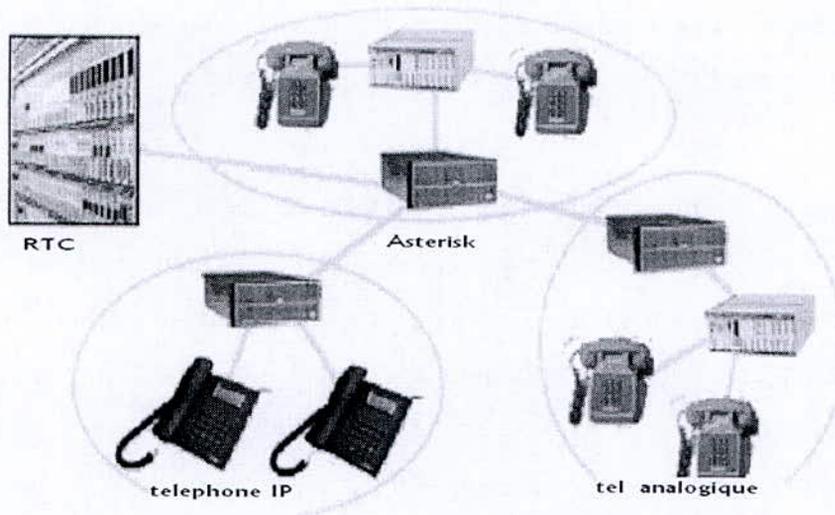


Figure III.4 : Le PABX-PME [6]

III.5. Installation d'Asterisk

Pour fonctionner correctement, Asterisk a besoin d'une configuration matérielle et logicielle minimal, en plus il a besoin pour la majorité de ces applications PBX de cartes PCI ou ISA pour adapter le signal téléphonique au PC, et intègre aussi plusieurs protocoles.

III.5.1. Le matériel

Une configuration matérielle minimale est nécessaire, et cela pour assurer un bon fonctionnement d'Asterisk, donc il est recommandé d'avoir au minimum un processeur PentiumIII 800Mhz ou équivalent (AMD) et une mémoire vive minimale de 64Mo de RAM et 1 ou plusieurs Slots PCI.

III.5.2. Le logiciel

Asterisk travaille avec la majorité des distributions de LINUX, beaucoup de distributions comme RedHat, Fedora, Debian, Mandrake ,Gentoo et SUSE ont été utilisées avec succès par les développeurs d'Asterisk .

Asterisk est créé pour travailler sur le Noyau LINUX 2.4, cependant il existe des support pour le noyau 2.6, mais si on veut construire un système stable il est recommandé d'utiliser le noyau 2.4.

III.5.3. Le matériel ajouté (cartes add-on)

Asterisk travaille avec une variété d'interfaces matérielles pour apporter les canaux de téléphonie dans la boîte LINUX, nous allons citer quelques familles de cartes les plus utilisées :

➤ **Zaptel (Zapata Telephony) interface:** les interfaces Zaptel utilisent un processeur central pour simuler le bus TDM qui est habituellement réalisé à l'aide de circuits physiques, ce qui mène à une architecture pseudo-TDM qui peut s'étendre sur les réseaux Ethernet.

Les cartes que Zaptel fournit sont nombreuses et différentes par leurs applications, on peut citer quelques unes :

- X100P – simple FXO (Foreign eXchange Office) Interface analogique (PCI)
- T100P – simple T1/PRI Interface (PCI)
- E100P – simple E1/PRA Interface (PCI)
- T400P – Quatre T1/PRI Interface (PCI)
- E400P – Quatre E1/PRA Interface (PCI)
- S100U – simple FXS (Foreign eXchange Station) Interface (USB) [11].

➤ **Interfaces de LINUX Telephony:** développées en premier par Quicknet avec l'aide d'Alain Cox, ces interfaces sont adaptées comme interfaces analogiques et fournissent des supports pour codecs à bas débit binaire, on peut citer quelques unes :

- Quicknet Internet Phonejack (ISA, FXS)
- Quicknet Internet Phonejack PCI (PCI, FXS)
- Quicknet Internet Linejack (ISA, FXO or FXS)
- Quicknet Internet Phonocard (PCMCIA, FXS)

➤ **ISDN4Linux :** l'interface ISDN4Linux est utilisée pour relier Asterisk aux lignes de téléphonie numérique (RNIS) [11].

➤ **Interfaces VoiceTronix** : ces interfaces sont nombreuses et variées, elles utilisent généralement un processeur DSP et supportent plusieurs open source PBX dont Asterisk, on peut citer [14] :

- Openline 4 computer telephony card
- Openlog 4
- Openlog 8i
- Open Pri

III.5.4. Protocoles de VOIP supportés par Asterisk

Asterisk travaille avec trois protocoles VOIP, deux, sont standards et un est originalement développé spécialement pour Asterisk ces protocoles sont les suivants :

- Inter-Asterisk Exchange (**IAX**), qui est le protocole spécifique a Asterisk
- Session Initiation Protocol (**SIP**), qui est un standard IETF de VOIP
- H323, qui est un standard ITU de VOIP

III.5.5. Codecs et formats

Asterisk fournit sans failles et avec transparence la traduction entre tout les codecs suivants :

16-bit Linaires	128 kbps
GSM 6.10	13 kbps
MP3	(variable, décode seulement)
LPC-10	2.4 kbps

Et intègre aussi une variété de formats pour fichiers audio comme :

"raw"	16-bit lineaire raw data
"pcm"	8-bit mu-law raw data
"mp3"	MPEG2 couche (Layer) 3
"wav"	16-bit lineaire WAV file (8000 Hz)
"WAV"	GSM compressed WAV file (8000 Hz)
"gsm"	Raw GSM compressed data[7]

III.12. Conclusion

Asterisk est un moyen efficace pour la réalisation des PABX, son avantage réside d'une part dans sa taille et d'autre part dans ses applications extensibles dans le domaine informatique tel que Internet et les passerelles IP.

Asterisk grossit rapidement avec de nouvelles fonctionnalités supplémentaires fréquemment ajoutées. Mark Spencer et de nombreux collaborateurs dans le monde entier apportent leur contribution au code et aux patches quotidiennement.

Chapitre IV

Linux et les pilotes de périphériques

IV.1. Introduction

Pour notre travail nous avons opté pour le système Linux, car en plus de sa fiabilité et des multiples avantages qu'il offre, on a utilisé l'application Asterisk qui fonctionne uniquement sous environnement Linux.

L'ajout et l'utilisation de périphériques (dans notre cas ; carte add -on) pour un système d'exploitation tel que Linux nécessite l'utilisation de modules pour créer le lien entre le PC et le matériel ajouté.

Dans ce chapitre, Nous allons étudier de près les modules et voir comment les développer.

IV.2. Organisation du noyau Linux

Afin de mieux pouvoir appréhender la programmation au niveau du noyau, il est indispensable de comprendre comment il fonctionne. Pour ce faire nous proposons une brève introduction au cœur du noyau Linux.

On peut considérer que le système Linux est composé de trois grandes parties (de la plus haute à la plus basse) :

- Les applications utilisateur
- Le noyau
- Le matériel

Le noyau tient en quelque sorte un rôle de pont entre le matériel présent sur la machine et les applications utilisateur.

Il va organiser les différentes requêtes issues des applications pour que celles-ci puissent accéder correctement aux différents composants de la machine. De même, en tant que système multitâche, il aura à charge d'ordonner les différents processus lancés et les répartir sur les divers processeurs dans le cadre d'architecture SMP (Symmetric Multi-Processing).

Bien sûr d'une fonctionnalité à l'autre, on ne demandera pas la même chose au noyau, cependant, il faut garder à l'esprit que les diverses parties du noyaux puissent, suivant le rôle qu'elles ont à remplir, être suffisamment modulaires pour éviter de "réinventer la roue" à chaque fois, c'est d'autant plus vrai pour les pilotes de périphériques qui ne sont pas tous le temps sollicités.

Le noyau Linux possède une architecture de type Unix (concept du "tout fichier") il est Multitâche, Multi-Utilisateurs, Multiprocesseurs, Multiplate-forme.

IV.2.1. Espace utilisateur / Espace noyau

Pour instaurer une protection matérielle du microprocesseur et des périphériques on peut distinguer deux espaces (mondes) :

- espace noyau où tout est permis (même le pire), dont tout les accès aux périphériques sont permis.
- espace utilisateur où les possibilités sont plus restreintes.

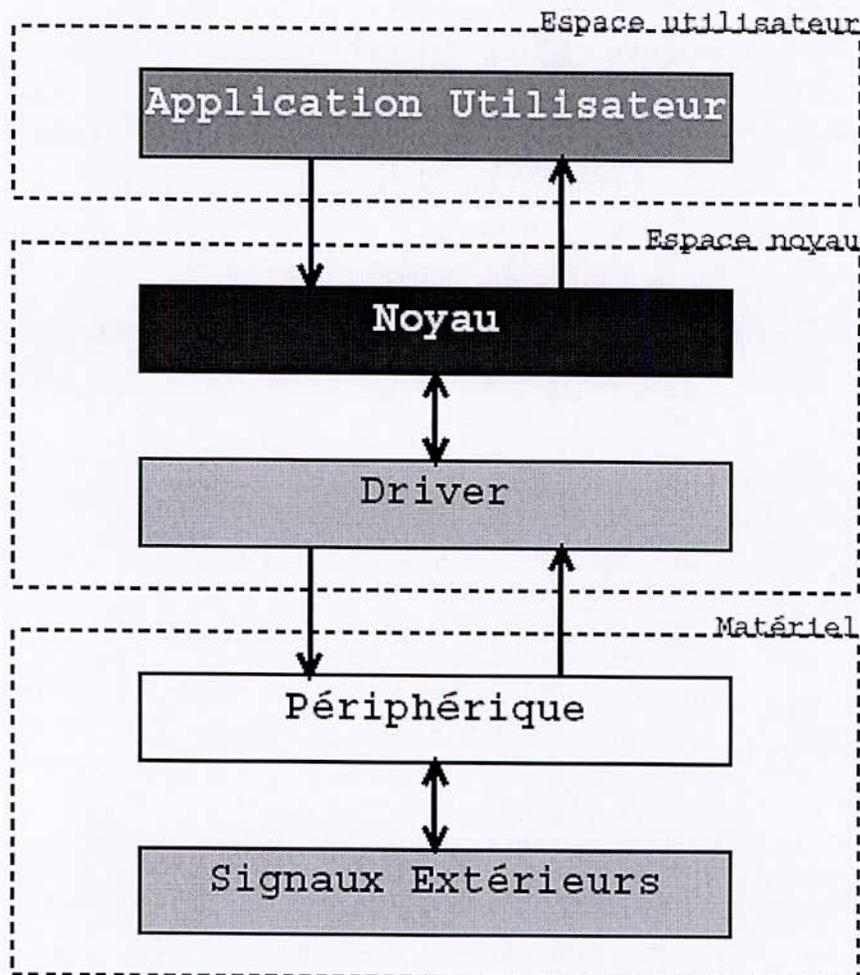


Figure IV.1 : l'espace utilisateur et l'espace noyau

IV.2.2. Les fichiers spéciaux

Linux banalise l'accès aux périphériques en proposant une interface unifiée à travers des fichiers spéciaux, et cela pour permettre d'utiliser les mêmes commandes sur les périphériques que sur les fichiers standards. Les fichiers spéciaux sont, généralement, créés

dans le répertoire `/dev`, ils ont une taille nulle (mais occupent un i-noeud) et des droits d'accès comme n'importe quel autre fichier.

Il existe deux types de fichiers spéciaux :

- les fichiers en mode caractère, qui sont des fichiers à accès direct au périphérique. On écrit et on lit octet par octet.
- les fichiers en mode bloc quant à eux, ils utilisent le tampon mémoire et implémentent des accès par blocs de données.

Les exemples ci-dessous montrent deux fichiers en mode caractère (`ttyS0` et `ttyS1`) et deux fichiers en mode bloc (`sda` et `sdb`). Ils sont différenciés par la lettre précédant les droits d'accès (c pour le mode caractère et b pour le mode bloc).

```
crw-r--r-- 1 root root 4, 64 June 5 2005 /dev/ttyS0
crw-r--r-- 1 root root 4, 65 June 5 2005 /dev/ttyS1
brw-rw---- 1 root disk 8, 0 June 5 2005 /dev/sda
brw-rw---- 1 root disk 8, 16 June 5 2005 /dev/sdb
```

Les deux valeurs numériques entre le groupe du propriétaire et la date sont le *major number* et le *minor number*.

- **Le *major number*** est un index dans une table interne du noyau contenant les structures d'accès aux fonctions d'un pilote. Deux périphériques de différents types ne peuvent pas avoir le même major number donc le major number identifie le pilote (terminaux, port sérieetc.).
- **Le *minor number*** est une valeur de configuration pour un pilote qui caractérise le périphérique particulier pointé par ce fichier. Par exemple, pour le pilote des ports séries (major number = 4), le port 0 a un *minor number* de 64 et le port 1 un *minor number* de 65. donc il sert à préciser le périphérique parmi plusieurs du même type.

À tout moment, la commande `cat /proc/devices` nous donne, pour les modes caractère et bloc, les numéros majeurs actuellement reconnus par les pilotes chargés en mémoire.

Pour créer une nouvelle entrée dans le répertoire `/dev` en mode caractère on utilisera la commande `mknod` selon la syntaxe suivante: `mknod /dev/nom_du_pilote c major minor [9]`.

IV.3. Les pilotes de périphériques

Le pilote ou driver est ni plus ni moins la partie du système qui va mettre en relation la partie matérielle de la machine à la couche applicative au niveau utilisateur par le biais d'un certain nombre de fonctions, plus ou moins standardisées. Nous aurons un pilote pour chaque type de matériel auquel nous souhaitons accéder.

Un pilote de périphérique permet de représenter une ressource matérielle (disque dur, carte son, carte réseau...etc.) sous la forme d'une ressource logique manipulable par l'utilisateur (fichier). A de rares exceptions près, certaines ressources sont accessible exclusivement au noyau (kernel space) et non aux programmes utilisateurs (user space), ce type de pilotes exportent des interfaces utilisées en interne au noyau par les autres pilotes.

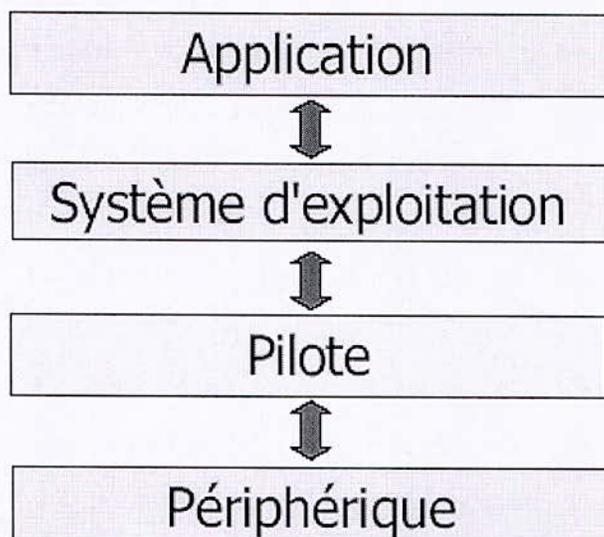


Figure IV.2 : Place du pilote

IV.4. Les différents types de pilotes

Il existe différents types de pilotes suivant le périphérique à contrôler:

- les pilotes en mode caractère (char drivers), ce type de pilote est le plus simple à mettre en oeuvre. Il permet de dialoguer avec le périphérique en échangeant un nombre variable d'informations binaires. Les ports séries et parallèles sont des exemples de périphériques contrôlés en mode caractère.

- les pilotes en mode bloc (block drivers), ces pilotes échangent des informations avec les périphériques uniquement par blocs de données. Un exemple d'un tel périphérique est le disque dur.
- les pilotes réseau (network drivers), ces pilotes sont destinés à contrôler des ressources réseau [9].

IV.5. Les modules

Sous Linux, les modules sont des fichiers objets (.o) qui peuvent être chargés en mémoire soit par le noyau lui-même de façon automatique, soit par l'administrateur via des commandes telles que “**modprobe**” ou “**insmod**”, et déchargés à n'importe quel moment grâce à la commande **rmmod** utilisée en tant que *root*. La commande **lsmod**, quant à elle, donne la liste des modules actuellement chargés en mémoire [9].

Les modules peuvent dépendre les uns des autres et former un arbre dynamique.

La plupart des modules sont des pilotes de périphériques, mais ce ne n'est pas obligatoire.

IV.5.1. Création d'un module

Un module doit contenir deux fonctions particulières :

- **module_init ()** : Cette fonction est appelée par le noyau au démarrage du module. Son principal but est d'initialiser le périphérique et d'installer le driver. Elle renvoie 0 si tout s'est bien passé.
- **module_exit ()** : Cette fonction est appelée par le noyau lorsque le module est déchargé de la mémoire par la commande **rmmod**.

Il est relativement simple de construire un module chargeable minimal, considérant le code source suivant écrit pour le noyau 2.6, nommé **module.c**

```
#include <linux/init.h>
#include <linux/module.h>

static int bonjour_init(void)
{
    printk(KERN_ALERT "bonjour tous le monde\n");
}
```

```

return 0;
}
static void bonjour_exit(void)
{
printk(KERN_ALERT "au revoir tous le monde\n");
}
module_init (bonjour_init);
module_exit (bonjour_exit);

```

Tout d’abord, pour les fonctions “**module_init ()**” et “**module_exit ()**”, la première est exécutée lors du chargement du module en mémoire, la seconde lors de son déchargement. comme nous l’avons cité précédemment.

Ensuite, lorsqu’on regarde la fonction utilisée pour l’affichage du message nous voyons que nous n’utilisons pas la fonction classique “**printf**”, ce n’est pas une erreur, son équivalent au niveau du noyau se nomme “**printk**” (comme “print kernel”) et se comporte à peu de choses près comme elle.

Les deux **#include** représentent les entêtes, c’est là où sont déclarées les principales fonctions à utiliser, **#include <linux/module.h>** est aussi utilisée pour informer le noyau que le code source qui suit est spécifiquement un module [9].

IV.5.2. Compilation des modules

L’exemple de module vu précédemment est une brève démonstration de construction et de chargement de module au système, dans cette partie nous allons voir comment transformer le code source en un fichier exécutable par le noyau ; C’est la compilation.

Depuis les noyaux 2.6, compiler à la main n’est plus possible facilement, il faut utiliser le **Makefile** du noyau.

Nous allons résumer les étapes de compilation en créant un **Makefile**, qui est un fichier exécutable en utilisant la commande **make**, contenant toutes les étapes de compilation.

Nous allons voir et expliquer (commentaires) le Makefile conçu pour l’exemple précédent :

```

# Commentaires et explications
# Si la variable KERNELRELEASE est définie, utilisation du noyau pour la construction
ifeq ($(KERNELRELEASE),)

# affecter à la variable d’environnement le chemin où se trouve la librairie à utiliser
KERNELDIR ?= /lib/modules/$(shell uname -r)/build

```

```

PWD := $(shell pwd)

# citer les options de compilation
modules:
    $(MAKE) -C $(KERNELDIR) M=$(PWD) modules

# Installation du module
modules_install:
    $(MAKE) -C $(KERNELDIR) M=$(PWD) modules_install

# Désinstallation du module
clean:
    rm -rf *.o *~ core .depend *.cmd *.ko *.mod.c .tmp_versions

else

# Déclarer la liste des modules à compiler
    obj-m := module.o
endif

```

VI.6. Développement d'un pilote de périphériques sous Linux

Nous allons nous intéresser particulièrement aux pilotes en mode caractère, pour cela on se réfère à l'utilisation des modules chargeables ceci permet de limiter la mémoire utilisée par les pilotes car ceux-ci sont chargés uniquement lorsqu'un programme utilisateur ou un autre module en fait la demande.

Ecrire un pilote de périphérique sous Linux, consiste à implémenter les appels systèmes de gestions de fichiers (`open`, `close`, `read`, `write`, `ioctl`, ...), et à enregistrer les fonctions dans le noyau par l'intermédiaire d'une structure de description des points d'entrées du pilote.

Cette structure est du type donné ci-dessous :

```

struct file_operations pilote_fops = {
    .owner = THIS_MODULE,
    .llseek = pilote_llseek,
    .read = pilote_read,
    .write = pilote_write,
    .ioctl = pilote_ioctl,
    .open = pilote_open,
    .release = pilote_release,
};

```

Lorsqu'un processus effectue un appel système sur un fichier spécial, le noyau appelle la fonction correspondante du pilote en fonction du *major number* du pilote. Lorsque cette fonction n'existe pas (valeur nulle 'NULL' dans la structure) le noyau retourne une erreur.[9]

Un pilote en mode caractère contiendra en général un certain nombre de *points d'entrées* associés aux requêtes des programmes utilisateurs. Ces principaux points d'entrées sont:

IV.6.1. La méthode *open*

Associée à l'ouverture du périphérique, cette méthode effectuera le plus souvent la détection et l'initialisation du hardware lorsque cela est nécessaire.

```
int pilote_open(struct inode *inode, struct file *filp) {
}
return 0; /* succès */
}
```

Cette fonction sera appelée à chaque ouverture du fichier spécial au travers de l'appel système *open()*. En paramètre, on reçoit :

- Un pointeur *inode* sur l'i-node (nœud, point d'entrée) du fichier spécial concerné.
- Un pointeur *filp* sur le descripteur de fichier utilisé par le processus appelant.

IV.6.2. La méthode *close*

Associée à la fermeture de l'accès, cette méthode pourra exécuter des actions matérielles nécessaires à la fermeture du périphérique.

```
int pilote_release(struct inode *inode, struct file *filp)
{
return 0;
}
```

IV.6.3. La méthode *read*

Associée à la lecture, le but de cette méthode est de lire les données sur le périphérique (dans l'espace du noyau), puis de faire passer ces données à l'espace utilisateur appelant.

```
ssize_t pilote_read(struct file *filp, char __user *buf, size_t count, loff_t *offp);
{ ...
.....}
```

Cette fonction sera appelée à chaque demande de lecture du fichier spécial au travers de l'appel système *read()*. En paramètre, on reçoit :

- Un pointeur *inode* sur l'i-node du fichier spécial concerné.
- Un pointeur *filp* sur le descripteur de fichier utilisé par le processus appelant.
- Un pointeur *buf* sur une zone mémoire où on stockera les caractères lus.
- Le nombre *count* de caractères qu'on désire lire.
- Un pointeur *offp* sur un objet indiquant la position du fichier.

IV.6.4. La méthode *write*

Associée à l'écriture, le but de cette méthode est de passer les données de l'espace utilisateur à l'espace noyau puis d'envoyer les données au périphérique.

```
ssize_t write(struct file *filp, const char __user *buff, size_t count, loff_t *offp);
{.....
.....}
```

Cette fonction sera appelée à chaque demande d'écriture sur le périphérique au travers de l'appel système *write()*, on reçoit les mêmes paramètre que ceux de la méthode *read*.

Il existe d'autres méthodes telles que *ioctl* et *llseek* et bien d'autres qui offrent d'autres fonctions spécifiques et utiles au développement des pilotes.

IV.7. Conclusion

Lorsqu'on veut ajouter un nouveau périphérique au système Linux et à n'importe quel autre système d'exploitation, l'utilisation d'un pilote reste toujours la partie fondamentale et essentielle qui relie le matériel au système.

Le développement de pilotes de périphériques sous forme de modules nécessite des connaissances du noyau Linux, ce qui permet d'exploiter à fond toutes les ressources et toutes les fonctions que le noyau offre à l'utilisateur, à partir de là, on peut gérer le périphérique selon nos besoins, donc un bon pilote est une manière de rapprocher le périphérique de l'utilisateur.

Pour que la carte add-on puisse fonctionner sous Linux en interaction avec Asterisk on a eu recours au développement d'un module Linux ce qui permet de traduire les instructions du dialplan en commandes de la carte DSK.

Chapitre V

Développement de l'application

V.1. Introduction

Au cours des chapitres précédents, nous avons présenté l'architecture générale du réseau téléphonique commuté RTC et celle d'Asterisk (Linux Pabx). Ce dernier émule un PABX matériel. Il gère par conséquent l'interconnexion entre les lignes internes entre elles d'une part et les lignes internes et celles externes au réseau à gérer d'autre part.

L'objectif de notre projet est de concevoir un PABX-RTC en utilisant un PC Linux et Asterisk; en d'autres termes « **un soft PABX** » dont les fonctions sont de réaliser la commutation entre les lignes externes (publique RTC) et d'autres lignes qui sont dites internes (simples téléphones analogiques) en faisant des combinaisons entre elles (carte add-on).

Notre travail consiste à concevoir une carte Add-on 2x6 pour Asterisk. Nous tenterons de mettre en œuvre nos principes de conception à travers l'exploitation de deux lignes externes appartenant au réseau publique RTC

V.2. Les différentes approches possibles

V.2.1. Utilisation de cartes spécifiques

Asterisk est une application conçue pour travailler avec des cartes add-on spécifiques fournies par des sociétés collaboratrices telles que Diguim, zapata telephony, voicetronix etc.

Ces cartes sont différentes et cela selon les nombres d'entrées et de sorties qu'elles contiennent, ces dernières sont équipées d'un Switch intégré pour la commutation entre les lignes.

Les adaptations entre lignes téléphoniques et le microprocesseur sont intégrées à bord de la carte.

L'utilisation de ces cartes nécessite seulement la configuration d'Asterisk d'une manière adéquate en créant des dialplans.

V.2.2. Réalisation de la carte

Cette approche consiste à réaliser une carte add-on en utilisant une carte DSP munie d'un circuit d'adaptation pour la ligne. Le transfert de données entre la carte et le PC se fera via la liaison RS232.

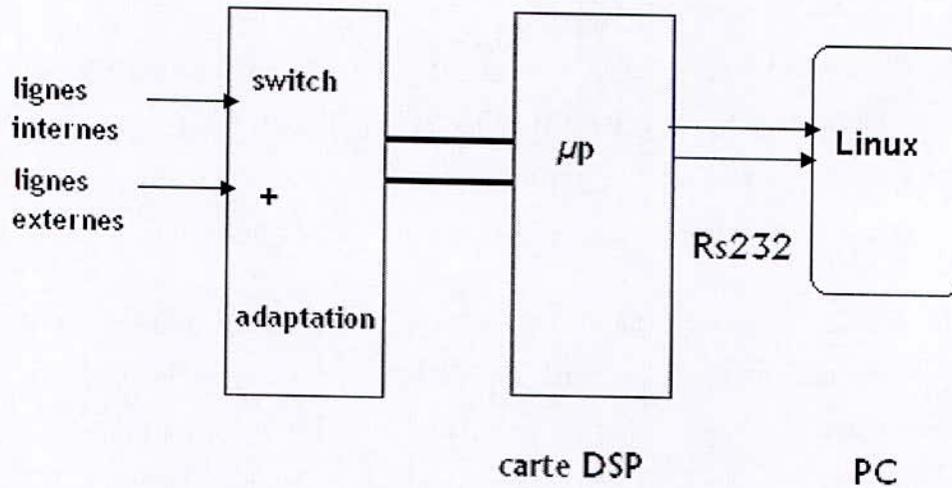


Figure V.1: Schéma général de l'approche

V.2.2.1. Le Switch (Commutateur)

Le switch que nous avons proposé réalise la commutation entre huit lignes, offrant la possibilité de relier n'importe quelle ligne avec les autres en assurant toutes les combinaisons de liaison possibles.

Pour concevoir ce switch, nous avons utilisé des switches analogiques à quatre entrées et quatre sorties en se basant sur le circuit 4016 ou ses dérivés.

Les schémas global et électrique du Switch sont les suivants :

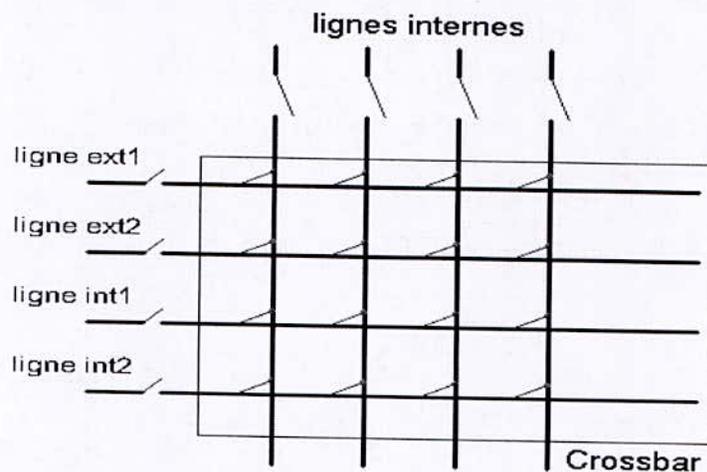


Figure V.2. : Schéma global du Switch

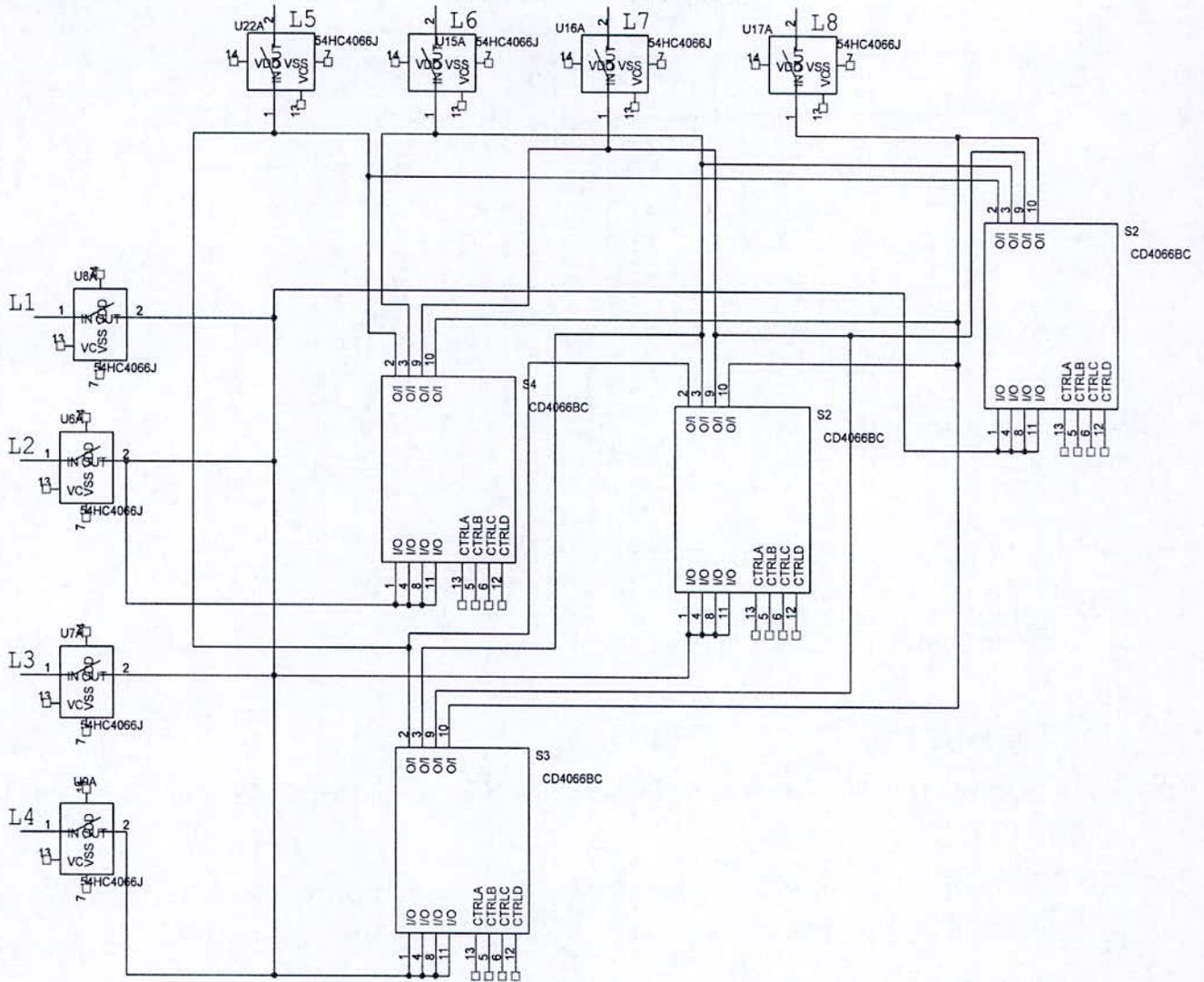


Figure V.3 : Schéma électrique du Switch

V.2.2.2. Interface d'adaptation ligne téléphonique /carte DSP

Equipé de ports d'entrée-sortie et de quelques circuits spécifiques, n'importe quel micro-ordinateur peut être programmé pour composer des numéros de téléphone. Raccordons-lui un détecteur de sonnerie et un circuit de prise de ligne et la réponse automatique devient possible. Accessoirement, un simple circuit de commande de relais suffit pour interrompre une communication en cours.

Déjà intéressantes séparément, ces possibilités deviennent extrêmement riches d'application si on les réunit. On doit donc adapter la ligne à la carte DSK et ainsi nous aurons un numéroteur téléphonique, un répondeur, un discriminateur d'appels et un « rerouteur » d'appels.

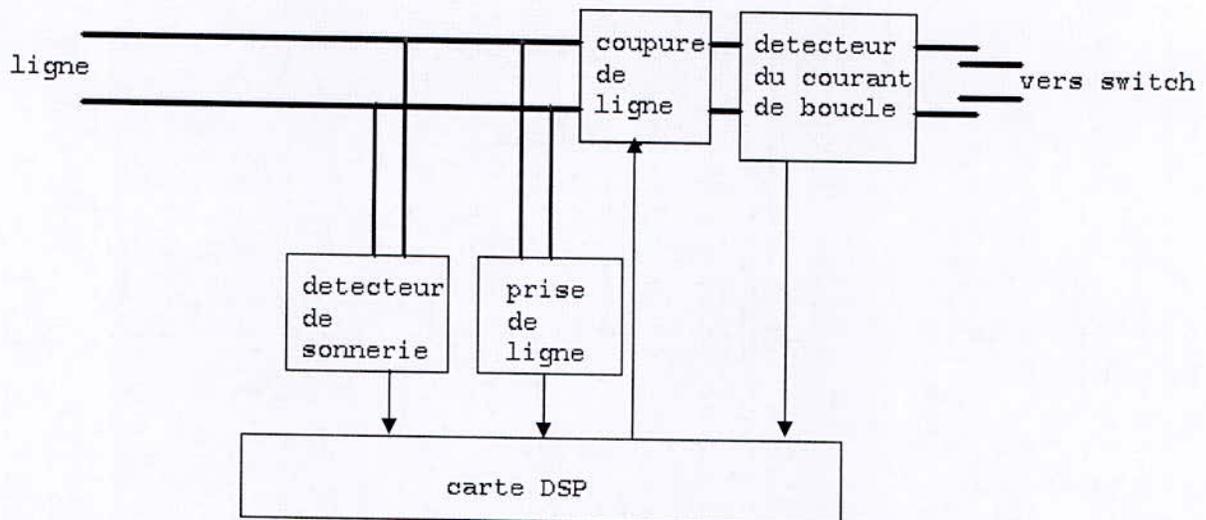


Figure V.4: Principe de l'interface téléphone/microprocesseur

Les quatre fonctions de base de l'interface d'adaptation sont :

a. Prise de ligne

Que ce soit pour appeler ou pour répondre, tout système automatique est amené à prendre la ligne.

Elle équivaut à décrocher le combiné d'un poste. Cette manœuvre entraîne la consommation d'un courant de 35mA environ sur le 48V alimentant la ligne: *le courant de boucle*. En mode « réponse », c'est le décrochage qui établit définitivement la communication et déclenche la taxation, tandis qu'en mode « appel », de brèves interruptions du courant permettent de transmettre des chiffres de numérotation en code décimal.

En fin de communication, toute ouverture de boucle de plus de 300ms libère la ligne, exactement comme un raccrochage.

Pour peu que les circuits de prise de ligne soient disposés en amont du relais de coupure, le microprocesseur pourra même « renvoyer » les appels ainsi interceptés vers un autre numéro programmé à l'avance.

Le schéma électrique de la prise de ligne sera comme suit :

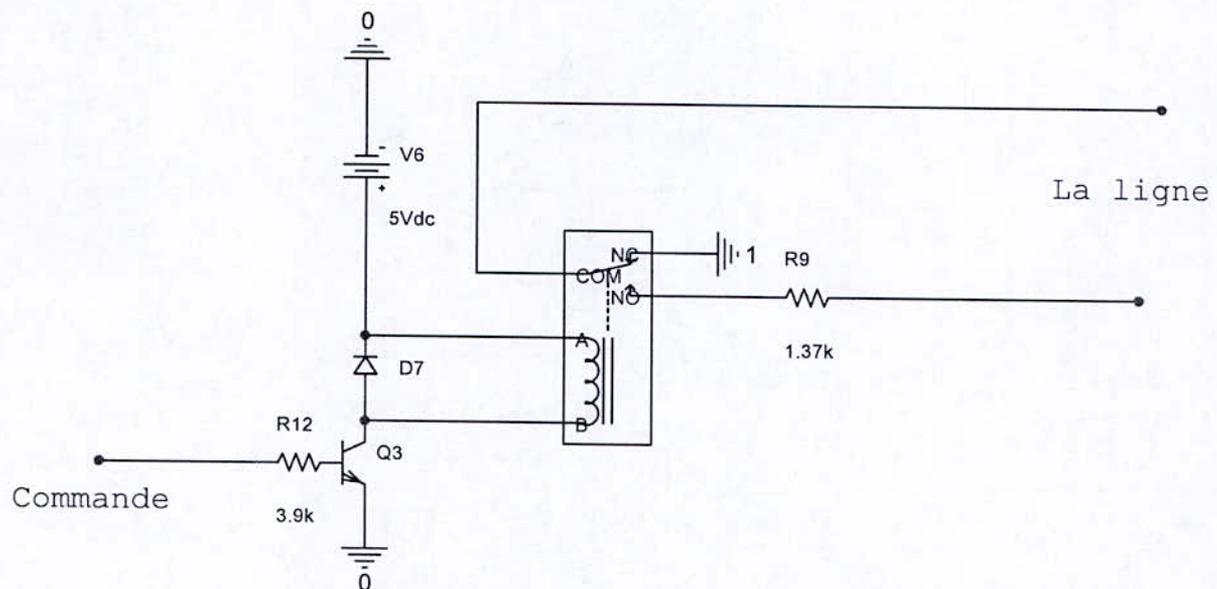


Figure V.5 : Schéma du circuit de prise de ligne

Ce montage comprend un switch commandable, la valeur de R9 est choisie pour obtenir 35mA en fermant le relais.

Le relais est commandé par un circuit qui comprend un transistor qui travaille en commutation; cette commutation se fait en envoyant un signal de commande de 5 Volts sur la base du transistor à travers R12, ainsi on aura une fermeture du relais ; sinon le relais restera ouvert.

b. Détection de sonnerie

Tout équipement électronique à réponse automatique comporte nécessairement un dispositif capable de détecter les appels « entrants », autrement dit la présence de la tension de sonnerie. Comme nous l'avons vu, le réseau téléphonique extérieur superpose une tension alternative de 48V d'amplitude et 25 Hz de fréquence au 48V continu lorsqu'il faut faire sonner le poste. Le circuit de sonnerie ne doit pas par ailleurs consommer aucun courant continu sur la ligne, ce qui équivaldrait à décrocher un poste.

Le schéma de la *figure V.6* tient compte de ces divers impératifs, il est largement utilisé.

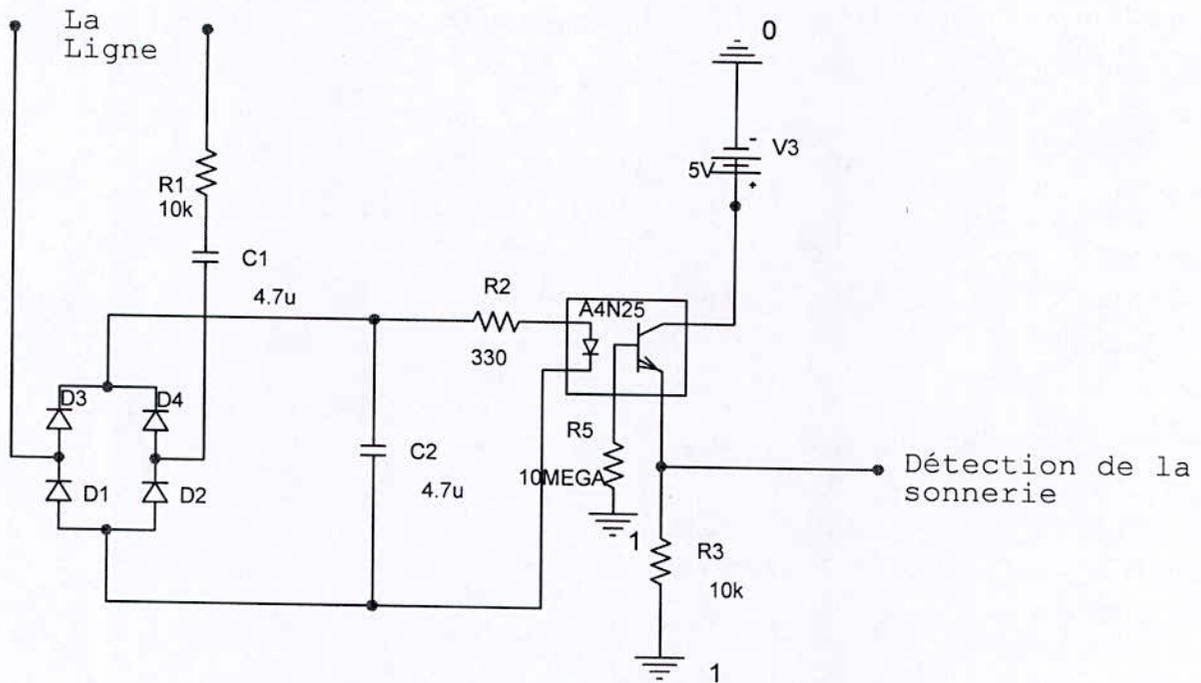


Figure V.6 : Schéma du module détecteur de sonnerie

Branché en parallèle sur une ligne téléphonique, ce montage alimenté par un réseau RC (R1 et C1) chargé de bloquer le courant continu.

L'opto-transistor travaille en commutation. Lorsque le signal de sonnerie est envoyé ; ce qui équivaut à un signal alternatif d'amplitude 48 Volts et de 25Hz à 50Hz de fréquence, la LED entre alors en conduction. Ce qui génère un courant au niveau de la base de l'opto-transistor, ce courant sera à l'origine du blocage ou de la saturation de ce dernier.

Les résultats de la simulation effectuée sur « **Orcad** » sont les suivants :(Figure V.7).



Figure V.7 : Signal de la détection de sonnerie

c. Détecteur de courant de boucle

Le détecteur de courant de boucle placé en série avec le ou les postes de l'installation permet de déceler les décrochages des postes (tant en appel qu'en réponse).

Ce détecteur utilise le même principe que pour le détecteur de sonnerie.

Lorsqu'un poste est décroché, la ligne est bouclée et un courant de 35mA circule sur celle-ci, le détecteur du courant de boucle détecte ce courant et envoie un signal comme quoi il y a eu décrochage d'un poste.

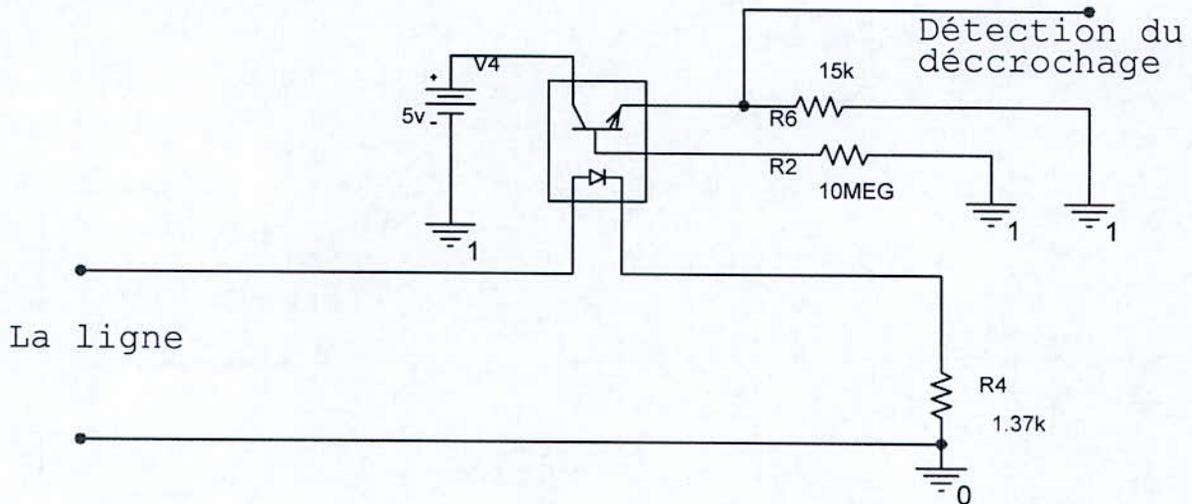


Figure V.8: Schéma du montage du détecteur du courant de boucle

Après simulation sur **Orcad**, le signal de détection du décrochage aura l'allure suivante:

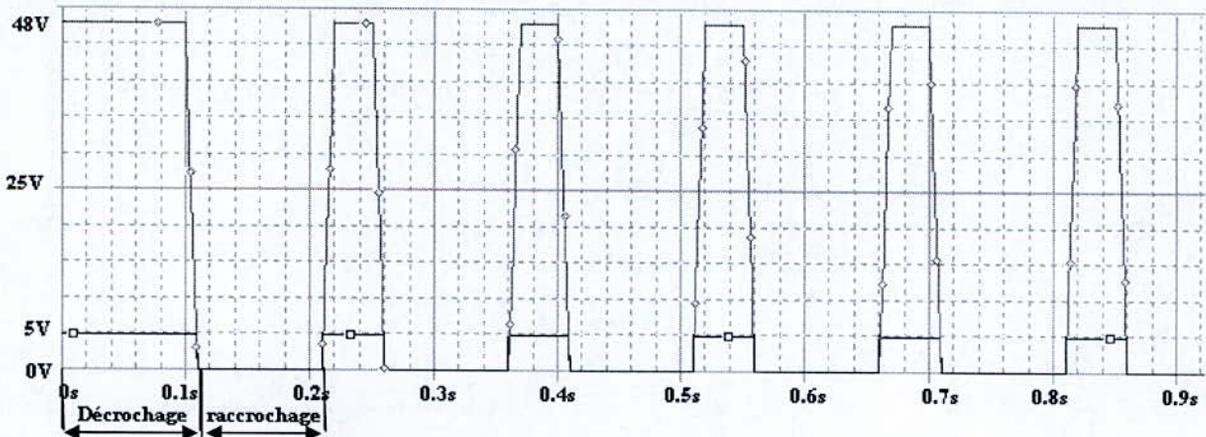


Figure V.9 : Signal de la détection du courant de boucle

d. Coupure de ligne

Un même relais que celui de la prise de ligne sera utilisé pour la coupure de la ligne, ce dernier monté en série avec la ligne, sera capable grâce à la commande du relais de couper ou de rétablir la ligne, et le microprocesseur pourra fonctionner en discriminateur d'appels, capable d'empêcher l'aboutissement des appels vers des numéros « interdits ».

Le schéma global de l'interface d'adaptation est le suivant :

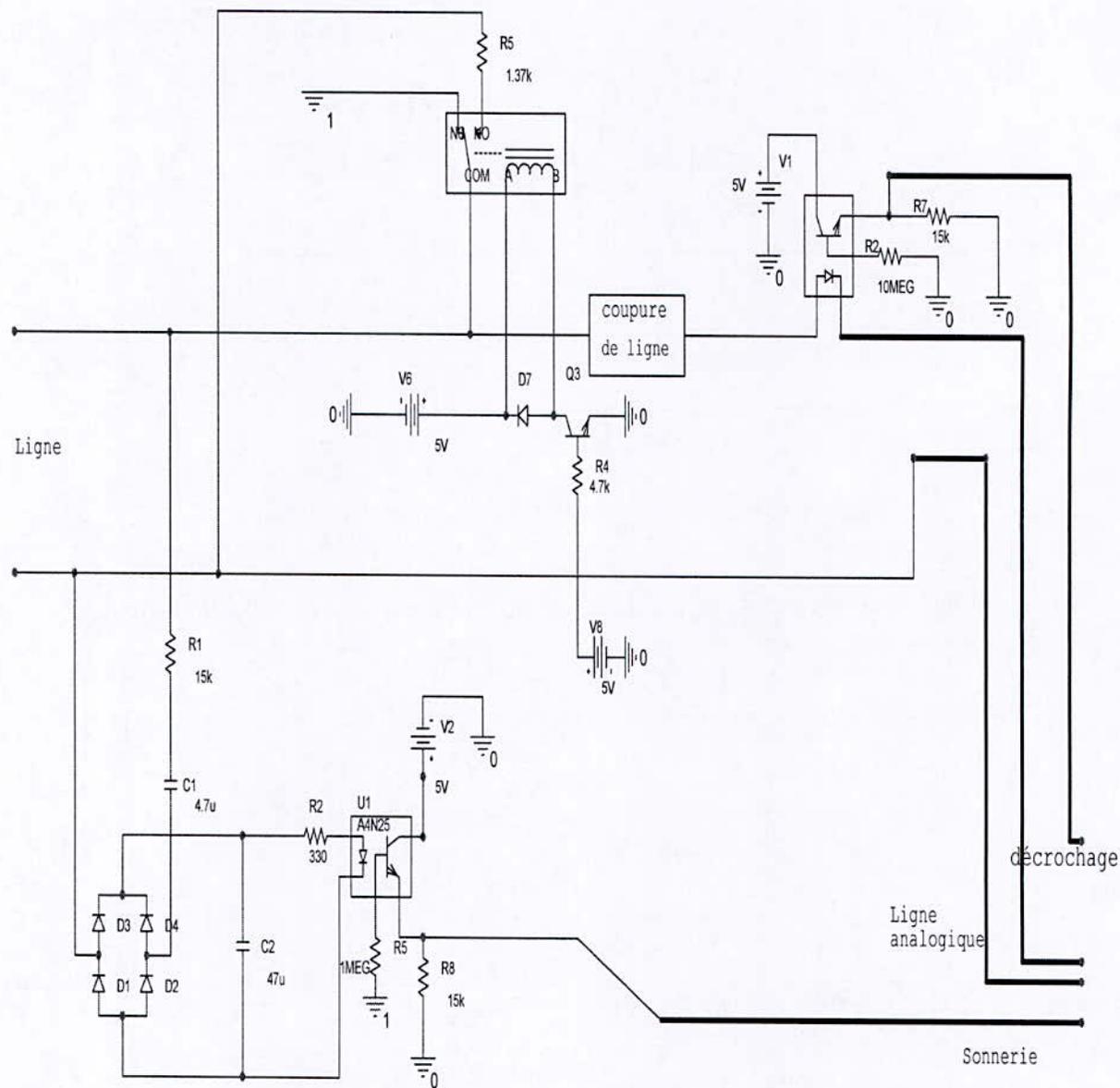


Figure V.10 : Schéma du circuit d'adaptation

V.2.3. Présentation de la carte DSK

V.2.3.1. Structure générale

La maquette pédagogique architecturée autour du processeur TMS320C31 de Texas est composée de deux cartes reliées par un bus externe :

- Une carte processeur ;
- Une carte d'entrée-sortie.

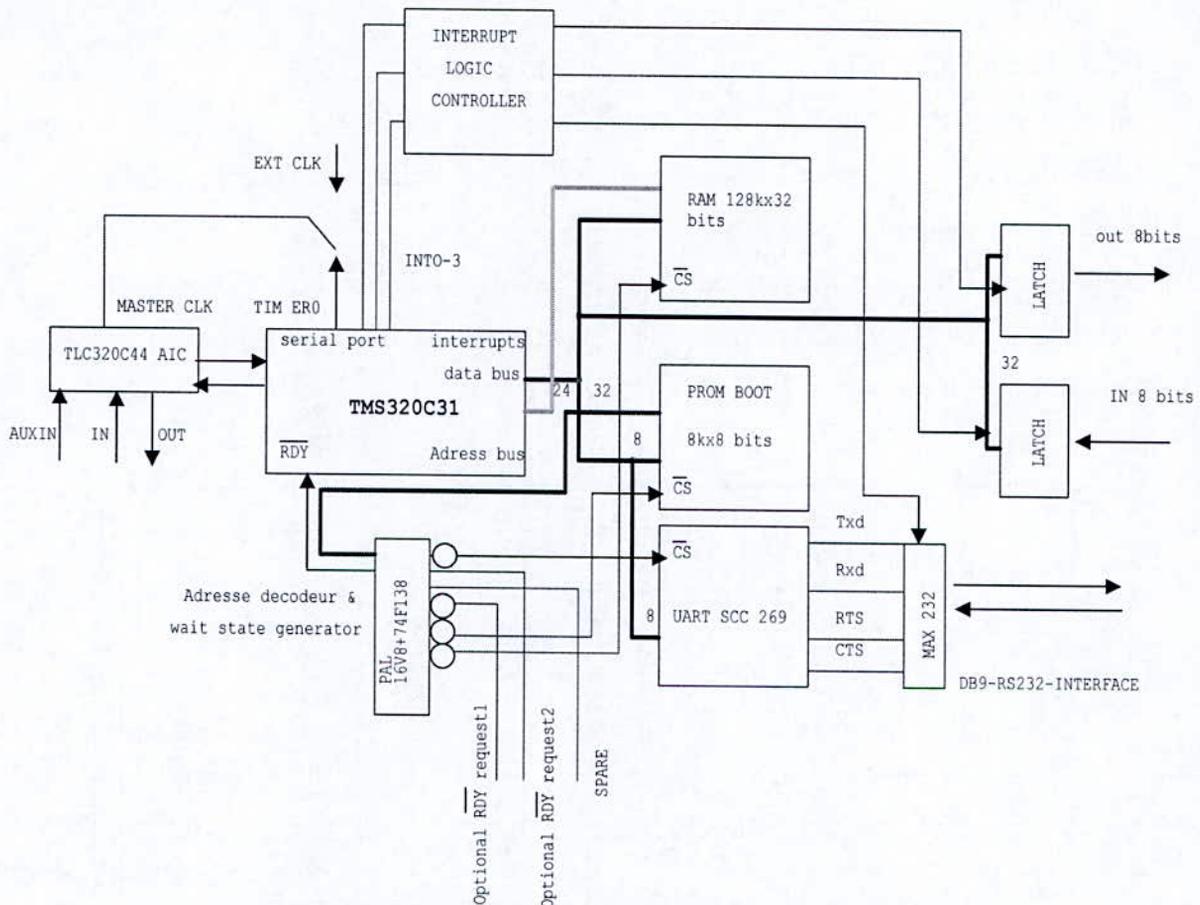


Figure V.11 : Schéma Synoptique de la maquette TMS320C31 [15]

Les éléments principaux de la maquette sont les suivants :

- un processeur TMS320C31 à virgule flottante ;
- une mémoire statique de 128k x 32 bits ;
- un registre d'entrée-sortie de 8 bits avec interruption logique ;
- un circuit d'interface analogique 14 bits (AIC) ;
- un circuit d'interface analogique 8 bits (ADC/DAC) ;
- un filtre et un amplificateur sur l'entrée ADC ;
- un filtre et un atténuateur sur la sortie DAC ;
- un UART permettant de communiquer, via une liaison RS 232, avec un PC hôte ;
- une EPROM de démarrage (boot). [15]

V.2.3.2. La carte processeur

Sa fonction consiste à réaliser des calculs sur des données numériques en provenance de la carte périphérique ou transmises par l'intermédiaire de la liaison série RS232 disponible sur cette même carte.

La carte processeur est composée de :

- un connecteur DB9 pour la liaison série avec un PC ;
- un bouton de réarmement (reset) ;
- un connecteur pour la liaison avec la carte d'entrée-sortie ;
- un processeur de signal (DSP) TMS 320 C 31 ;
- un oscillateur pilotant le processeur et une EPROM de démarrage (boot) ;
- 4 boîtiers de mémoire RAM 128 k x 8 ;
- un UART SC 2691 associé à un MAX 232 pour gérer la liaison série ;
- un boîtier de triggers inverseurs (74 F 14) et un PAL 16V8 utilisé pour le décodage d'adresse et aussi un décodeur (74 F 138). [15]

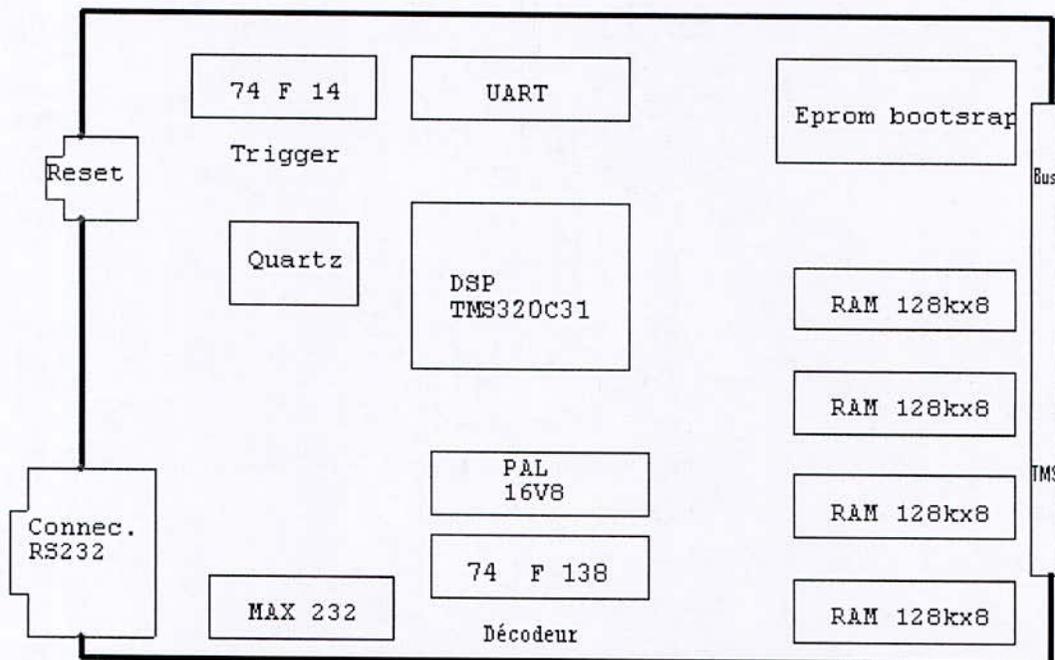


Figure V.12 : Schéma de la carte processeur [15]

V.2.3.3. La carte d'entrées sorties

Elle a pour fonction principale de réaliser la conversion analogique/numérique de signaux électriques externes et numérique/analogiques de données en provenance du DSP de la carte processeur.

Les tensions d'entrées ne doivent pas dépasser + ou - 5 volts. Néanmoins, les entrées sont protégées par des diodes d'écrêtage et les tensions de sortie peuvent évoluer entre + ou - 5volts.

La carte d'entrée-sortie est composée principalement de :

- 5 fiches BNC (Entrée AIC, Entrée Auxiliaire AIC, Sortie AIC, Entrée ADC, Sortie DAC) pour relier la carte au monde extérieur ;
- un connecteur pour la liaison avec la carte processeur ;
- un connecteur et des ports d'entrées-sorties digitales ;
- un interface analogique AIC (TLC 32044) ;
- un convertisseur AD/DA (AD 7569) ;
- un filtre d'entrée (MAX 262) ;
- un amplificateur d'entrée (AD 526) ;
- un filtre de sortie (MAX 262) ;
- un atténuateur de sortie (AD 7524) ;
- 4 multiplexeurs analogiques (HC 4053) ;
- 3 registres de configuration (74 LS 573) ;
- un PAL (22V10), un décodeur (74 LS 138) et un boîtier de bascules JK (74 LS 74).

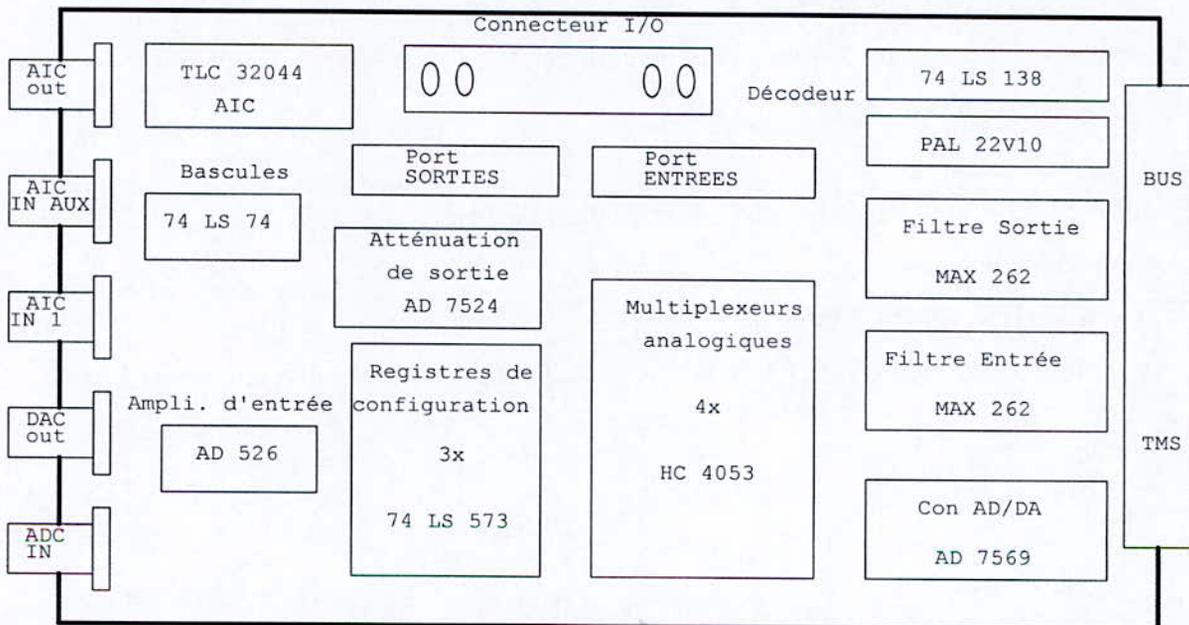


Figure V.13 : La carte d'entrées sorties [15]

V.2.3.4. Eléments de raccordement utilisés

- a. **L'AIC** : c'est un circuit d'interface analogique, le TLC32044 utilisé dans plusieurs applications, il possède un convertisseur analogique/numérique et un convertisseur numérique/analogique avec des sorties analogiques de 14 bits de résolution, et de fréquence de conversion maximale de 19.2 kHz pour le CNA, et une fréquence d'échantillonnage maximale de 19.2 KHz. Dans notre cas l'utilisation de l'AIC se résume à la génération de signaux tels que la sonnerie et la tonalité.
- b. **Les ports d'entrées /sorties TTL** : la carte dispose d'un port d'I/O logique TTL de 8 bits d'entrées et 8 bits de sorties. Dans notre cas on utilise ce port pour les commandes du switch et des lignes (raccrochage/décrochage).
- c. **L'UART** : le SCC2691-AC1N liaison série (connecteur DB9) dédié à la transmission des programmes avec le PC. [15]

V.2.4. Les circuits de commandes

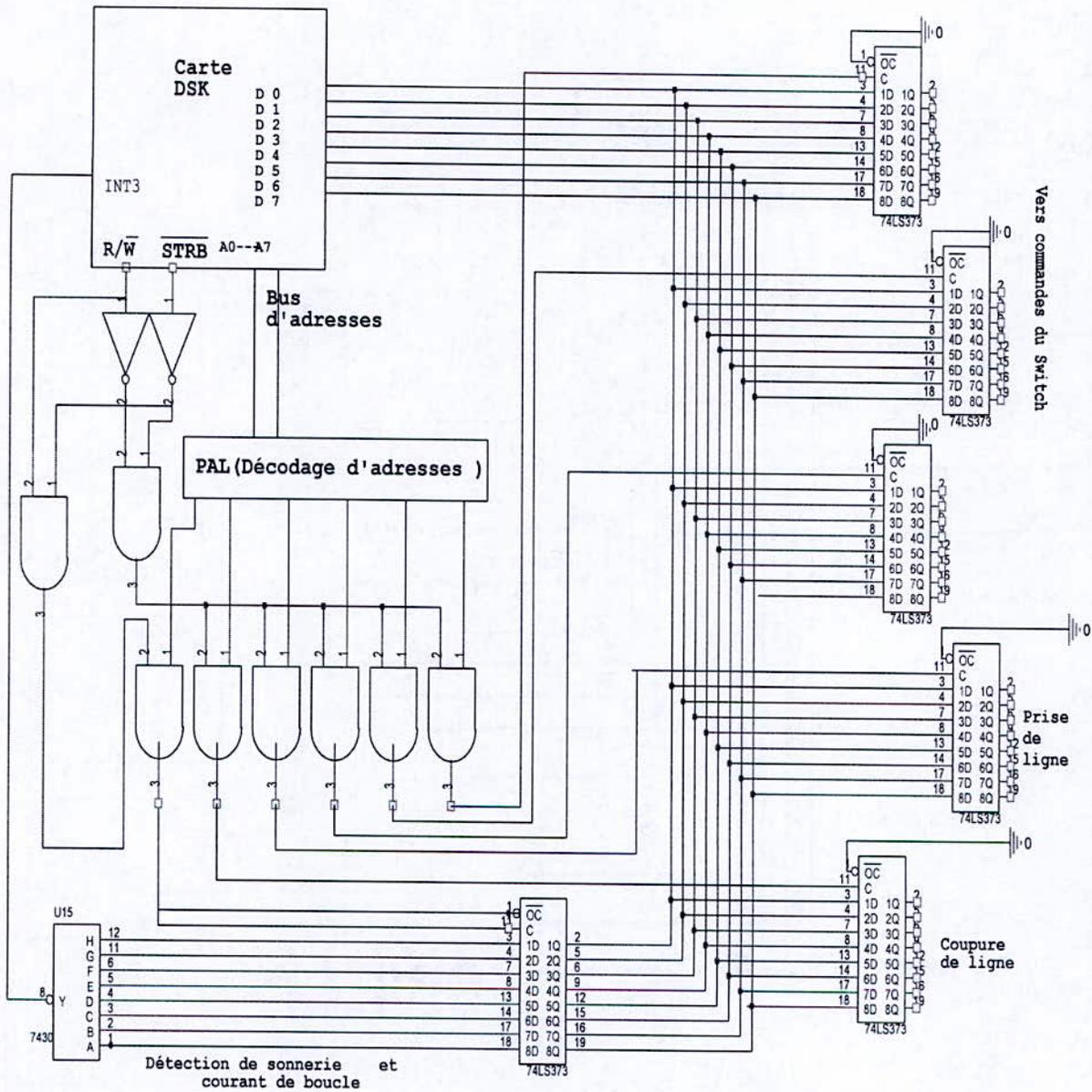
La carte DSK dispose d'un Bus de données relié à un « Latch » à 8 bits, ce qui est insuffisant pour gérer les différentes commandes des switches et circuit d'adaptation, sont au nombre de :

- Huit (8) signaux entrants vers la carte DSK, qui représentent deux (2) signaux de détection de sonnerie pour les lignes externes et six signaux pour la détection du courant de boucle, ces signaux doivent être lus par le DSP.
- Vingt quatre (24) signaux doivent être émis par le DSP pour la commande du switch.
- Seize (16) signaux de commandes pour la prise et la coupure de ligne(8 signaux chacun) doivent aussi provenir du DSP.

Donc nous aurons un total 40 signaux de commande (il faut 40 bits de sortie) et 8 signaux entrants (il faut 8 bits d'entrée).

Pour y remédier nous avons proposé l'utilisation de Latches « avec Buffer » pour étendre la capacité d'entrées/sorties.

On a alors utilisé six (6) Latches de type 74LS373 à 8 entrées et 8 sorties, cinq (5) pour les commandes (écriture) et un (1) pour les détections (lecture) et ceci selon le schéma suivant :



Après avoir relié toutes les parties constituant notre carte add on, nous obtiendrons le schéma global suivant :

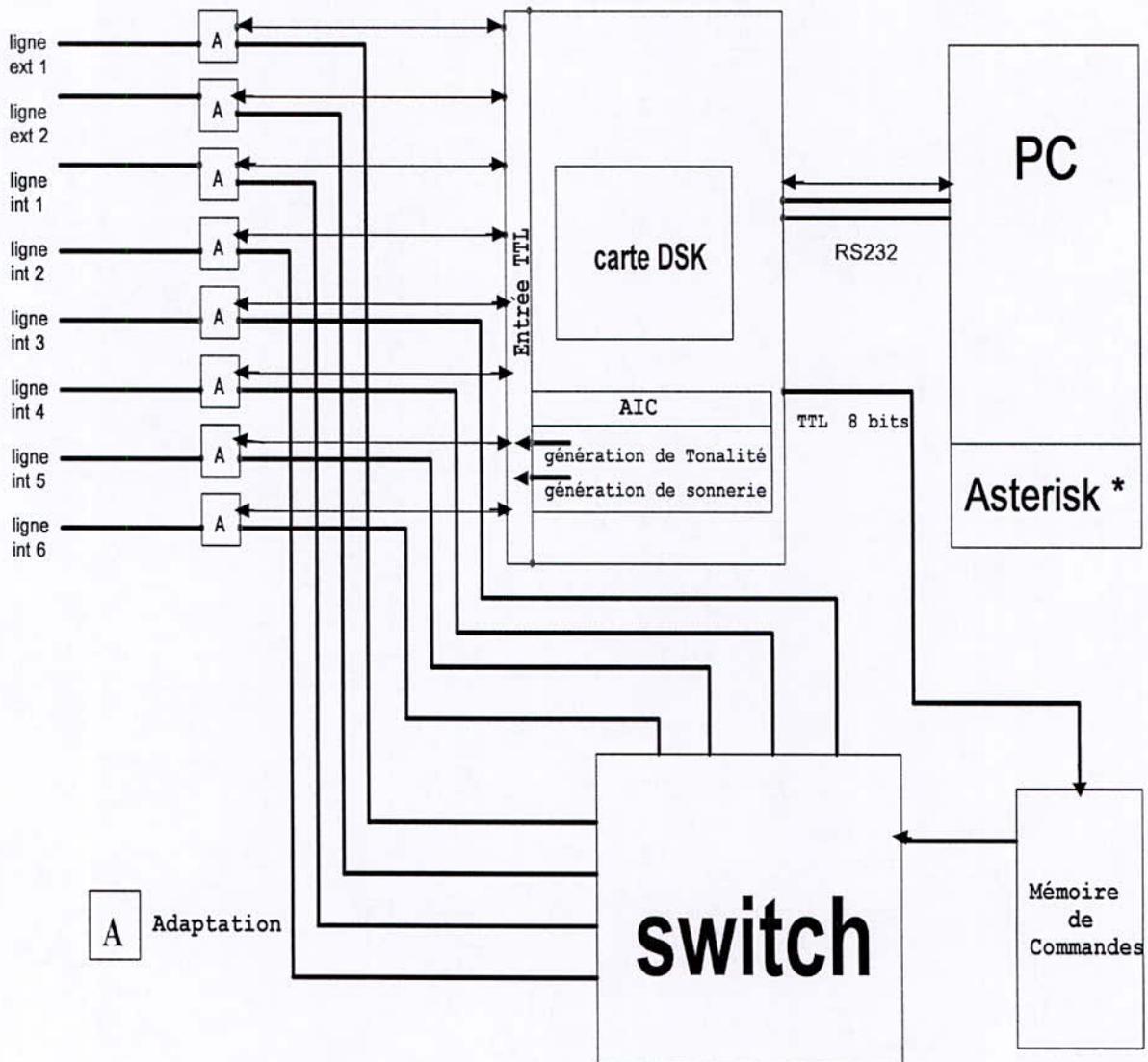


Figure V.15 : Schéma bloc du PABX

Notons que les adaptations des lignes internes ne contiennent pas de détecteur de sonnerie.

La commutation entre les lignes se fait sur plusieurs étapes. Nous allons illustrer ces étapes en prenant un exemple de liaison entre deux lignes internes (la ligne interne1 appelle la ligne interne 2) :

1. Décrochage du poste de la ligne int. 1, le DSP détecte le décrochage à l'aide du détecteur du courant de boucle, tout en identifiant le code du poste et l'envoyer au PC pour récupérer le numéro ;
2. Le DSP génère la tonalité au poste appelant exécutant l'ordre d'Asterisk ;
3. Attente de la numérotation ;
4. La numérotation sur le poste int1 (impulsionnelle) est transmise au DSP sous forme de brèves coupures du courant de boucle ;
5. Le DSP traduit ces coupures en un code et le transmet au PC qui, interprète le code et identifie le poste appelé (int2) et renvoie un code au DSP ;
6. Le DSP met en liaison les deux lignes en commandant le switch et génère une sonnerie au poste appelé ;
7. Décrochage du poste appelé et la voix peut être transmise via le switch ;
8. Les interlocuteurs entrent en communication ;
9. S'il y a raccrochage de l'un des postes la communication est coupée et renvoi de tonalité d'occupation.

Toutes les étapes précédentes sont commandées par Asterisk qui interagit avec le DSP suivant le dialplan qu'on a définit.

Nous allons présenter quelques organigrammes schématisant le routage d'un appel (dialplan).

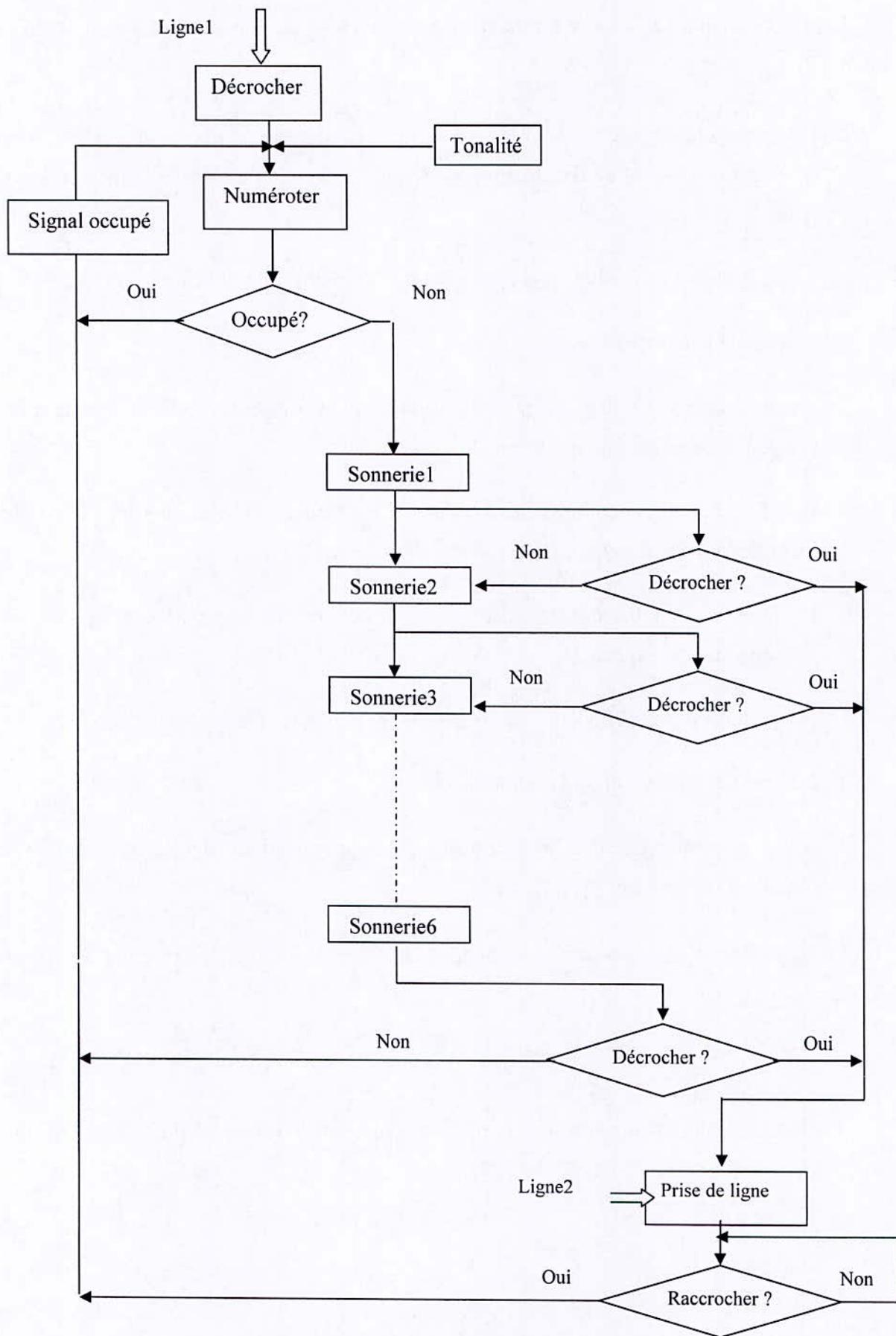


Figure V.16 : Organigramme d'appel entre deux lignes internes

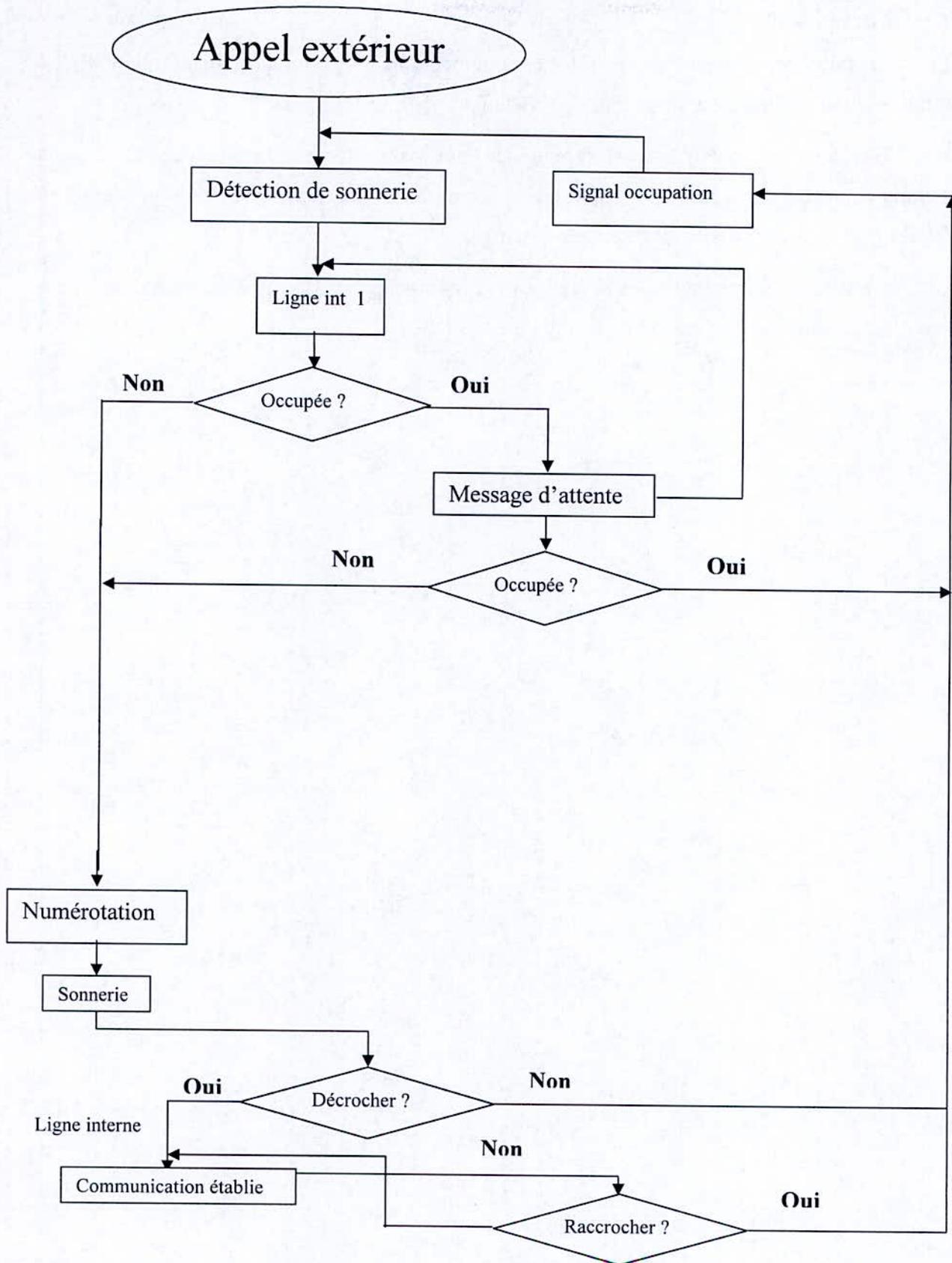


Figure V.17: Organigramme d'appel entre ligne externe et ligne interne

V.3. Conclusion

La carte add conçue permet de gérer des communications téléphoniques en tant que PABX en utilisant des fonctions de traitement du signal à programmer sur le DSP.

Le commutateur proposé n'est pas optimal, car pour avoir une simultanéité d'appels il faut un grand nombre de switches et un important espace de commandes. Malgré cela il est capable de gérer plusieurs communications en même temps.

Asterisk permet de gérer toutes les opérations et fonctions du PABX (grâce aux dialplans) et laisser la génération de signaux et de commandes au DSP.

Conclusion générale

Notre travail se résume à la conception d'un soft PABX-RTC implémenté sur une carte add-on en utilisant une application open source Asterisk.

L'approche Asterix a été un choix qui nous semble être judicieux dans le sens qu'il implémente un PABX soft multinorme. Ce qui permet une réalisation aisée de passerelles.

Le développement effectué a consisté en l'étude de deux parties complémentaires à savoir : l'adaptation matérielle, qui consiste à concevoir des circuits pour adapter les signaux de la ligne téléphoniques du RTC avec la carte DSK qui en constitue l'organe de commande et de traitement. L'introduction dans ce dernier cas d'un DSP peut simplifier la partie matérielle par l'implémentation d'algorithme de traitement réalisant la même fonction matérielle.

L'adaptation logicielle a consisté en le développement d'un pilote Linux pour la carte en utilisant les modules chargeables. Les deux parties seront gérées par l'application Asterisk à travers un dialplan approprié.

Le développement que nous avons abordé reste cependant une introduction à l'approche de développement d'une carte Add on pour ASTERISK. Cette approche reste valable quelque soit le matériel utilisé. Des améliorations peuvent être apportées par l'introduction d'un cœur de traitement plus compact communiquant à travers des voies de communications plus rapides pour supporter un nombre de lignes plus important.

Bibliographie

- [1] Rebai Hiba, Conception d'une interface de communication entre un abonné du réseau téléphonique commuté et un abonné du réseau numérique à intégration de service, Projet de fin d'études, 2002. ENP
- [2] Université de Lyon, Le réseau téléphonique commuté, 2000.
- [3] Public Network, Le réseau téléphonique public commuté (PSTN) ; Ed 2.4;99/01.
- [4] Technique de l'ingénieur cote TE7630 ; Les PABX et les installations privées; 2000.
- [5] Patrick Gueulle, Répondeurs téléphoniques, ETSF, 1989
- [6] Digium, Asteisk : Hand book draft version 2; 2003.
- [7] Leif Madsen, Jared Smith, The Hitchhiker's Guide to Asterisk, 2003
- [8] Michael Haberler, Otmar Lendl, Asterisk and Enum, 2002
- [9] Oreilly's device driver for linux, 3nd edition, Oreilly, 2001.
- [10] Robert Knoerr, Montages simples pour téléphone, ETSF, 1991.
- [11] www.Digium.com
- [12] www.Asterisk.org
- [13] www.a-pabx.fr
- [14] www.voicetronix.com
- [15]
- [16] Cesmo consulting ,livre blanc la telephonie IP 'pdf',2003
- [17] www.wapiti.enic.fr