

INTRODUCTION

A l'heure actuelle, nous assistons à l'essor considérable de la VoIP (Voice Over IP). En effet, pour une entreprise utilisant la téléphonie classique et possédant plusieurs entités réparties sur le territoire national voire international, la facture téléphonique représente un poste de dépense important quelque soit l'opérateur téléphonique choisi. Les décideurs ont donc tout intérêt à rechercher des solutions alternatives proposant au moins les mêmes services mais pour un moindre coût. Tout le monde s'accorde donc à dire que le principal enjeu est d'installer un réseau téléphonique IP, sans pour autant abandonner le matériel existant. Ainsi, les utilisateurs ont essentiellement recours à des PABX Hybrides, c'est-à-dire combinant le réseau téléphonique classique et le réseau IP. Cette solution présente le meilleur compromis coût/qualité et permet d'obtenir un retour sur investissement intéressant et optimisé.

Nous avons donc choisi en collaboration avec notre Chef de Projet, Monsieur Joël Couturier, de travailler dans le domaine de la Voix sur IP, domaine extrêmement porteur pour le monde des télécommunications. De plus, ce projet s'inscrit directement dans la mise en application des cours dispensés dans notre voie d'approfondissement, l'Ingénierie des Réseaux de Télécommunications (IRT). Nous nous intéresserons donc dans un premier temps aux principaux protocoles utilisés pour mettre en œuvre un réseau IP, puis nous évaluerons le coût financier de notre projet. Enfin, nous configurerons Asterisk, logiciel jouant le rôle de passerelle entre le monde analogique et le monde IP, afin de rendre possible la convergence de ces deux mondes.



SOMMAIRE

1) CAHIER DES CHARGES	3
1.1) Les objectifs fixés.....	3
1.2) Architecture générale.....	3
2) LES PRINCIPAUX PROTOCOLES MIS EN JEU.....	4
2.1) Approche générale de la notion de protocole.....	4
2.2) Le modèle OSI	4
2.3) Couche Applicative : VoIP et codecs audio.....	6
2.4) Couche Session : SIP	18
2.5) Couche Transport : TCP, UDP et RTP	20
2.6) Couche Réseau : IP.....	26
2.7) Couche Liaison : Ethernet.....	27
2.8) Couche Physique : CSMA/CD.....	29
3) L'IPBX.....	30
3.1) Avant l'IPBX : Le PABX.....	30
3.2) Le PABX et l'IPBX.....	31
4) ARCHITECTURE GENERALE DU PROJET.....	33
4.1) Le synoptique.....	33
4.2) Asterisk : Un IPBX soft.....	34
4.3) La carte digium X100P	36
4.4) L'autocommutateur T2000.....	36
4.5) Le coût du projet	37
4.6) Etude économique de la ToIP.....	38
5) OBJECTIFS ATTEINTS	48
CONCLUSION	49
ANNEXES.....	50
A1) Guide utilisateur	50
A1.1) Installation Debian Linux 3.1 et Asterisk 1.2.3	50
A1.2) Configuration d'Asterisk	60
A2) Glossaire	73
A3) Bibliographie.....	74
A4) Echancier	75
A5) Cahier de suivi du projet.....	76
A6) Plan de Travail Commun du projet (PTC)	78

1) Le cahier des charges

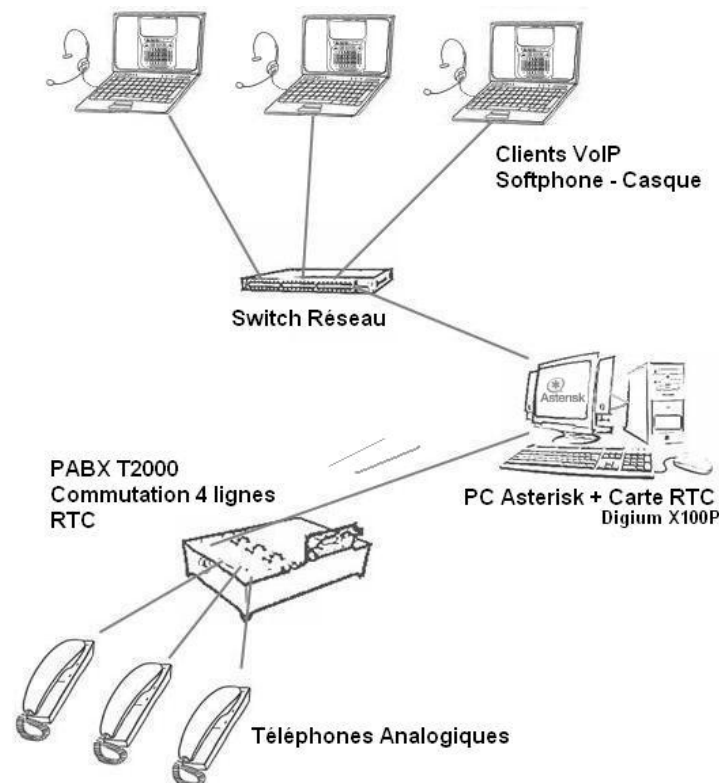
Voici le cahier des charges que nous nous sommes fixé, au début de notre projet :

1.1) Les objectifs fixés

Le but de notre projet est de déployer et de configurer un IPBX, qui permettrait d'établir une communication téléphonique entre un téléphone analogique du réseau RTC et un téléphone IP. Ainsi, pour atteindre notre objectif, nous allons utiliser un commutateur RTC, sur lequel seront connectés trois téléphones analogiques et une carte servant de passerelle entre le monde du RTC et le monde IP. Cette carte sera alors reliée à un ordinateur de type PC, utilisant un logiciel capable de gérer la signalisation et auquel seront connectés trois softphones. Nous chercherons donc, à travers ce projet, à approfondir les connaissances acquises en cours dans les domaines des Réseaux et Télécommunications et à faire évoluer si possible le logiciel utilisé.

1.2) Architecture générale

Le schéma ci-dessous correspond à l'architecture que nous souhaitons mettre en place dans le cadre de notre projet.



Notre architecture sera composée de :

- 3 téléphones analogiques standard
- Un PABX T2000 relié à un PC permettant de le commander
- Un PC standard que lequel sera installé Asterisk. Ce PC sera aussi pourvu d'une carte Ethernet standard ainsi que d'une carte DIGIUM X100P permettant de relier le PABX au PC
- Un commutateur réseau permettant de relier plusieurs terminaux IP au serveur Asterisk
- Plusieurs ordinateurs sur lesquels sont installés des Softphones permettant la VoIP. Ces ordinateurs devront être équipés de microcasque.
- Plusieurs câbles Ethernet (RJ45), téléphonique (RJ11)... permettant de raccorder les différents éléments de cette architecture.

2) Les principaux protocoles mis en jeu

2.1) Approche générale de la notion de protocole

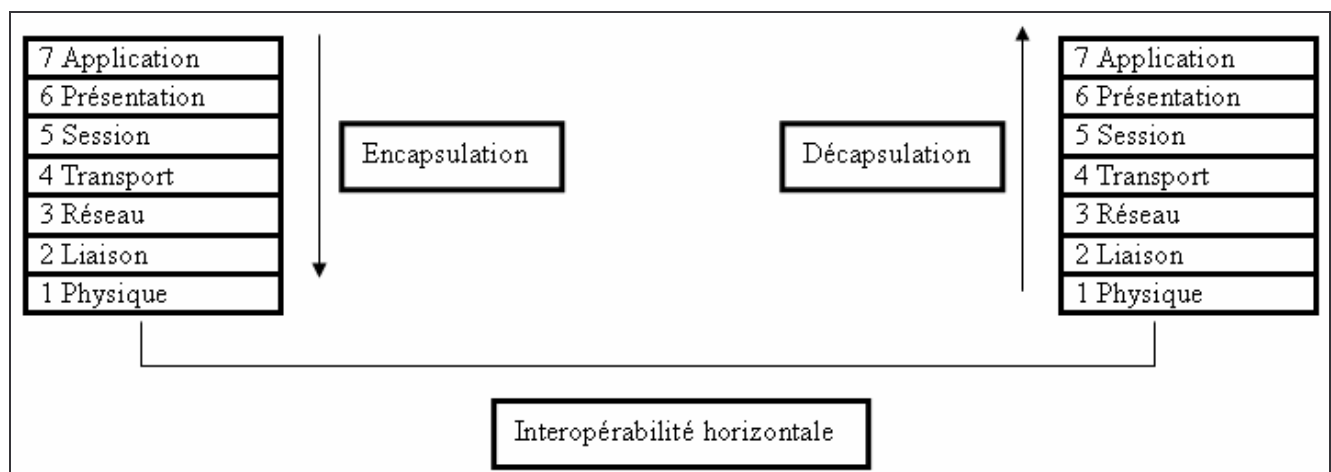
Un protocole comprend d'une part un scénario et des règles de communication et d'autre part le format des données et des informations de contrôle qui sont échangées lors de la communication. Cependant, aux origines des réseaux, les constructeurs possédaient leurs propres systèmes (ceux-ci étant alors appelés systèmes propriétaires) et étaient donc souvent incompatibles avec les systèmes des autres constructeurs. Il a donc été nécessaire d'établir une norme, afin que ces différents systèmes puissent communiquer entre eux. Ainsi, le modèle **OSI** (Open Systems Interconnection ou, en français, Interconnection de Systèmes Ouverts) a été mis en place.

2.2) Le modèle OSI

Il s'agit d'un modèle en sept couches : la couche physique, la couche de liaison, la couche réseau, la couche transport, la couche session, la couche présentation et la couche application, qui permettent de séparer le problème en différentes parties selon leur niveau d'abstraction. Ainsi, chacune des sept couches communique avec une couche adjacente : chaque couche utilise les services de la couche inférieure et en fournit à celle du niveau supérieur. De plus, l'établissement de ce modèle sous la forme de couches permet d'assurer une interopérabilité de deux types :

- vertical, c'est-à-dire entre les divers composants d'un système.
- horizontal, c'est-à-dire entre deux systèmes appartenant à un même réseau.

Voici les sept couches du modèle OSI et leur définition:



Ces sept couches se regroupent en trois parties :

Les couches basses :

- La couche 1 ou couche physique permet d'adapter les données binaires informatiques au support physique de transmission : elle correspond aux aspects visibles de la transmission.
- La couche 2 ou couche liaison assure une transmission fiable de l'information : les données sont regroupées dans des trames et la portée d'une trame correspond à celle du support physique qui la véhicule. Autrement dit, elle comprend la méthode d'accès et la détection d'erreur.

Les couches médianes :

- La couche 3 ou couche réseau permet l'accès à n'importe quel équipement sur le réseau : elle sert à trouver l'ensemble des successions des liaisons de données afin que le message parvienne à son destinataire et introduit donc la notion de routage. Ainsi, à ce stade, les informations sont véhiculées sous forme de paquets.
- La couche 4 ou couche transport gère la communication de bout en bout entre les deux équipements communicants, tout en assurant le reséquencement des données (si celles-ci arrivent dans le désordre) et la détection des pertes (si certains paquets n'arrivent pas à destination).

Les couches hautes :

- La couche 5 où couche session garantit par exemple qu'en cas de coupure du réseau, les transferts d'information reprendront à des points de synchronisation que cette couche établit avec son entité homologue.
- La couche 6 où couche présentation permet de s'affranchir des représentations locales des données. Par exemple, il ne sert à rien qu'un réseau transmette sans erreur de nombres entiers, si les ordinateurs émetteur et récepteur n'en ont pas la même représentation, comme c'est le cas entre les ordinateurs Macintosh et PC.
- La couche 7 où couche application contient les applications qui utilisent le réseau.

Voici la plupart des protocoles classifiés suivant leur position dans ce modèle :

Modèle OSI	Pile de protocoles
Application	DNS, SNMP, SMTP, POP3, IMAP, IRC, VoIP, ...
Présentation	Unicode, MIME, HTML, XML, MPEG, ASN.1, XDR, NCP, AFP,
Session	Gopher, Telnet, SSH, FTP, HTTP, HTTPS, NNTP, RTSP, H323, SIP, NFS,
	NetBT, SMB, SSL, TLS, ...
Transport	TCP, UDP, SCTP, RTP, SPX, TCAP,...
Réseau	IPv4, IPv6, ARP, IPX, BGP, ICMP, OSPF, RIP, IGMP, IS-IS, CLNP, ...
Liaison	LLC, PPP, PPPoA, PPPoE, PPPoX, PPTP, L2F, L2TP, MPLS, SNA, ...
	Ethernet, Token Ring, LocalTalk, FDDI, X.21, X.25, Frame Relay, CAN, ATM,
	MAC, HDLC, SDLC, ...
Physique	CSMA/CD, CSMA/CA, ...
	Codage NRZ, Codage Manchester, Codage Miller, RS-232, RS-449, 10Base2, 10BASE5, Paire torsadée, 10BASE-T, 100BASE-TX, ISDN, PDH, SDH, EIA-422, EIA-485, SONET, ADSL, SDSL, VDSL, DSSS, FHSS, IrDA, USB, IEEE 1394, Wireless USB...

2.3) Couche Applicative : VoIP et codecs audio

2.3.1) La VoIP

2.3.1.1) Principe de la VoIP

VoIP signifie textuellement Voice over IP, c'est-à-dire Voix sur IP. Le principe repose sur l'encapsulation d'un signal audio numérisé, tel que la voix dans le protocole IP (Internet Protocol). Ainsi, le trafic de données sur des réseaux de type IP, ATM (Asynchronous Transfer Mode) ou Frame Relay a engendré l'idée de faire passer le trafic téléphonique sur ce même type de réseaux. Cette technique permet donc le transport de conversations téléphoniques sur tout réseau numérique ou analogique acceptant le protocole TCP/IP, contrairement aux téléphones analogiques filaires (RTC : Réseau Téléphonique Commuté) qui dépendent de centraux téléphoniques dédiés.

Le terme « VoIP » est en général utilisé pour décrire des communications « point à point », mais la voix ou le son sur IP peut se faire en mode Unicast, Broadcast ou Multicast sur les réseaux, c'est-à-dire en mode « point à point », en mode « une émission et plusieurs réceptions » (comme un émetteur TV, par ex.) et en mode « une émission pour plusieurs réceptions » (mais le signal n'est routé que s'il y a des récepteurs).

Voici un exemple de système de communications simplifié :

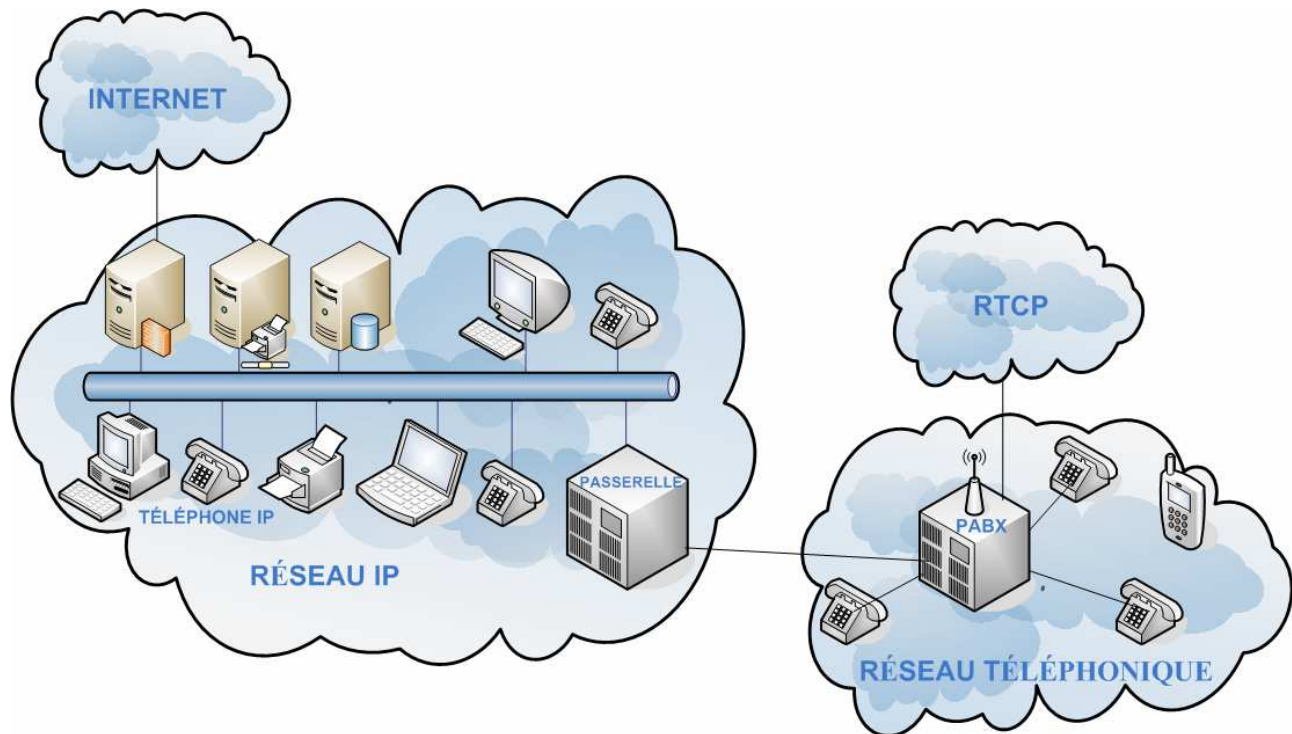


Et voici le synoptique correspondant :



2.3.1.2) Architecture VoIP

Voici le schéma général de l'utilisation de la VoIP en entreprise :



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

- Le routeur : Il permet d'aiguiller les données et le routage des paquets entre deux réseaux. Certains routeurs, comme les derniers Cisco, permettent de simuler un gatekeeper grâce à l'ajout de cartes spécialisées supportant les protocoles VoIP.
- La passerelle : Il s'agit d'une interface entre le réseau commuté et le réseau IP.
- Le PABX : C'est le commutateur du réseau téléphonique classique. Il permet de faire le lien entre la passerelle ou le routeur et le réseau RTC. Une mise à jour du PABX est aussi nécessaire. Si tout le réseau devient IP, il n'y a plus besoin de ce matériel.
- Les Terminals : Des PC utilisant des Softphones ou des IPphones.

2.3.1.3) Les clients pour la VoIP

Il existe actuellement sur le marché deux types de clients disponibles pour pouvoir téléphoner sur Internet. On a des IPphones et des Softphones.

Les IPphones :

Un IPphone (téléphone IP) est un terminal téléphonique fonctionnant sur le réseau LAN IP à 10/100 ou directement sur votre connexion Internet. En effet, la voix est directement numérisée par l'IPphone, le téléphone peut donc envoyer directement les données sur le réseau. Il existe sur le marché des téléphones de bas, moyen ou haut de gamme pour les professionnels (de 150 à 800€ en moyenne). Il existe les mêmes avantages, les mêmes inconvénients, les mêmes fonctionnalités sur les téléphones IP que sur les téléphones traditionnels. Certains des téléphones s'intègrent plus ou moins bien avec les services de téléphonie sur IP.

Un téléphone IP, avant de pouvoir être utilisé, requiert une configuration. En effet, rares sont les fournisseurs de téléphonie sur Internet qui vous proposent des téléphones pré-configurés. La configuration des téléphones IP peut se faire via un ordinateur ou via le téléphone directement dans certains cas. La configuration d'un téléphone IP consiste à y entrer les informations de votre compte ouvert chez un fournisseur de téléphonie sur IP (tels que le login, mot de passe, adresse IP du serveur de votre fournisseur). L'avantage d'un téléphone IP est la possibilité d'utiliser le service de téléphonie sur Internet PC éteint.

Deux nombreux équipementiers se partagent le marché tels que Cisco ou EADS telecom :

Les téléphones IP	
Modèle	Constructeur
Gamme IPPhone 7900	Cisco
Gamme 4600	Avaya
Gamme M400	EADS Telecom
Gamme M700	EADS Telecom
Gamme 5200	Mitel
Gamme Dialog 4400	Ericsson
Gamme IP Phone 2000	Nortel
Alcatel IP touch	Alcatel
Alcatel e-Reflexes	Alcatel



Cisco



Avaya



EADS telecom



Alcatel

Les Softphones :

Ils permettent également de téléphoner grâce au réseau IP d'une entreprise par exemple, mais ils ne ressemblent pas physiquement à des téléphones. En effet, les softphones sont en fait des logiciels que l'on peut installer sur des PC standards dont certains sont libres de droit donc gratuits. Il suffit alors de connecter à l'ordinateur un micro casque et de lancer un logiciel Softphone.

Edité par Xten, X-Lite 2.0 est l'un des téléphones logiciels les plus utilisés au monde. Il dispose de toutes les fonctionnalités d'un téléphone traditionnel et ainsi que des fonctionnalités supplémentaires telles que la mémorisation des derniers numéros émis ou reçus. Certains softphones intègrent un répondeur et permet de transférer une ligne, de réaliser des conférences téléphoniques jusqu'à dix participants (il s'agit en général de versions professionnelles).

Avec 40 millions de téléchargements, Skype s'impose rapidement comme le second standard de fait à côté de SIP. Il repose sur un réseau peer-to-peer. Il suffit de télécharger le logiciel puis de s'inscrire sur le réseau Skype pour appeler gratuitement partout dans le monde. Développé par les mêmes éditeurs de Kazaa, la dernière version de celui-ci intègre Skype par défaut. Skype utilisant un protocole propriétaire, nous ne l'utiliserons pas.

Il en existe pour tout type de système d'exploitation dont les plus connus sont les suivants :



Adore Softphone



1&1 Softphone



Net2phone



X-Lite

2.3.1.4) Les services disponibles

Une multitude de services sont proposés par les opérateurs de VoIP pour les entreprises. Par contre, la France souffre du manque de concurrence au niveau des services proposés aux particuliers.

La téléphonie sur IP s'accompagne d'une palette de services accessibles à tous :

- Le transfert d'appel
- La conférence (plusieurs intervenants connectés à la même conversation téléphonique)
- Voicemail qui permet aux utilisateurs d'écouter les messages (laissés sur le répondeur) sur leur compte email.

La voix sur IP peut avoir plusieurs types d'applications. En effet, elle s'implémente dans tout type d'infrastructure : chez les particuliers, dans une micro entreprise ou dans une multinationale. Voici quelques exemples d'applications :

- Télétravail : la voix sur IP augmente la mobilité des agents d'une entreprise qui sont amenés à travailler sur plusieurs sites distants ou bien depuis leur propre domicile.
- Les cartes prépayées : la plupart des cartes téléphoniques prépayées utilisent Internet pour faire transiter les appels.
- Centres d'appels : 2005 a vu un grand nombre de centres d'appels naître en particulier dans le Maghreb et en Roumanie. Beaucoup de ces centres d'appels justifient le faible coût de leur service par l'utilisation de la téléphonie sur Internet.
- Appels depuis un ordinateur portable : L'ordinateur portable est un outil très utile qui permet d'accroître la mobilité d'une personne. Il existe de plus en plus de bornes WIFI dans les grandes villes d'une part et d'autres part des lieux comme les hôtels proposent de plus en plus des connexions Internet à leurs clients.

- Taxiphones : La France compte près de 3500 callshops ou taxiphones. Une grande partie de ces taxiphones utilisent la voix sur IP pour les appels longues distances et locaux.
- Les PABX : Les fournisseurs de services de téléphonie pour entreprises connaissent une véritable mutation. En effet, les PABX de la nouvelle génération seront sans aucun doute des PABX IP.

2.3.1.5) Problèmes et qualité de service

Latence

La maîtrise du délai de transmission est un élément essentiel pour bénéficier d'un véritable mode conversationnel et minimiser la perception d'écho (similaire aux désagréments causés par les conversations par satellites, désormais largement remplacés par les câbles pour ce type d'usage). Or la durée de traversée d'un réseau IP dépend de nombreux facteurs :

- Le débit de transmission
- Le nombre d'éléments réseaux traversés
- Le temps de traversée de chaque élément, qui est lui même fonction de la puissance et de la charge de ce dernier, du temps de mise en file d'attente des paquets, et du temps d'accès en sortie de l'élément
- Le délai de propagation de l'information, qui est non négligeable si on communique à l'opposé de la terre (une transmission par fibre optique, à l'opposé de la terre, dure environ 70 ms).

Il faut également prendre en compte le fait que le temps de transport de l'information n'est pas le seul facteur responsable de la durée totale de traitement de la parole. Le temps de codage et la mise en paquet de la voix contribuent aussi de manière importante à ce délai.

Il est important de rappeler que sur les réseaux IP actuels (sans mécanismes de garantie de qualité de service), chaque paquet IP « fait son chemin » indépendamment des paquets qui le précèdent ou le suivent: c'est ce qu'on appelle grossièrement le « Best effort » pour signifier que le réseau ne contrôle rien. Ce fonctionnement est fondamentalement différent de celui du réseau téléphonique où un circuit est établi pendant toute la durée de la communication.

Les chiffres suivants (tirés de la recommandation UIT-T G114) sont donnés à titre indicatif pour préciser les classes de qualité et d'interactivité en fonction du retard de transmission dans une conversation téléphonique. Ces chiffres concernent le délai total de traitement, et pas uniquement le temps de transmission de l'information sur le réseau.

Classe n°	Délai par sens	Commentaires
1	0 à 150 ms	Acceptable pour la plupart des conversations
2	150 à 300 ms	Acceptable pour des communications faiblement interactives
3	300 à 700 ms	Devient pratiquement une communication half duplex
4	Au delà de 700 ms	Inutilisable sans une bonne pratique de la conversation half duplex

En conclusion, on considère généralement que la limite supérieure "acceptable" pour une communication téléphonique se situe entre 150 et 200 ms par sens de transmission (c'est-à-dire en considérant à la fois le traitement de la voix et le délai d'acheminement).

La Perte de paquets :

Lorsque les buffers des différents éléments réseaux IP sont congestionnés, ils « libèrent » automatiquement de la bande passante en se débarrassant d'une certaine proportion de paquets entrants, en fonction de seuils prédéfinis. Cela permet également d'envoyer un signal implicite aux terminaux TCP qui diminuent d'autant leur débit en fonction des acquittements négatifs émis par le destinataire qui ne reçoit plus les paquets.

Malheureusement, pour les paquets de voix, qui sont véhiculés au dessus d'UDP, aucun mécanisme de contrôle de flux ou de retransmission des paquets perdus n'est offert au niveau du transport. D'où l'importance des protocoles RTP et RTCP qui permettent de déterminer le taux de perte de paquet, et d'agir en conséquence au niveau applicatif.

Si aucun mécanisme performant de récupération des paquets perdus n'est mis en place (cas le plus fréquent dans les équipements actuels), alors la perte de paquets IP se traduit par des ruptures au niveau de la conversation et une impression de hachure de la parole. Cette dégradation est bien sûr accentuée si chaque paquet contient un long temps de parole. Par ailleurs, les codeurs à très faible débit sont généralement plus sensibles à la perte d'information, et mettent plus de temps à « reconstruire » un codage fidèle.

Enfin, connaître le pourcentage de perte de paquets sur une liaison n'est pas suffisant pour déterminer la qualité de la voix que l'on peut espérer, mais cela donne une bonne approximation. En effet, un autre facteur essentiel intervient; il s'agit du modèle de répartition de cette perte de paquets, qui peut être soit « régulièrement » répartie, soit répartie de manière corrélée, c'est à dire avec des pics de perte lors des phases de congestion, suivies de phases moins dégradées en terme de QoS.

La Gigue :

La gigue est la variance statistique du délai de transmission. En d'autres termes, elle mesure la variation temporelle entre le moment où deux paquets auraient dû arriver et le moment de leur arrivée effective. Cette irrégularité d'arrivée des paquets est due à de multiples raisons dont : l'encapsulation des paquets IP dans les protocoles supportés, la charge du réseau à un instant donné, la variation des chemins empruntés dans le réseau, etc..

Pour compenser la gigue, on utilise généralement des mémoires tampon (buffer de gigue) qui permettent de lisser l'irrégularité des paquets. Malheureusement, ces paquets présentent l'inconvénient de rallonger d'autant le temps de traversée global du système. Leur taille doit donc être soigneusement définie, et si possible adaptée de manière dynamique aux conditions du réseau.

La dégradation de la qualité de service due à la présence de gigue, se traduit en fait par une combinaison des deux facteurs cités précédemment: le délai et la perte de paquets, puisque d'une part on introduit un délai supplémentaire de traitement (buffer de gigue) lorsque l'on décide d'attendre les paquets qui arrivent en retard, et que d'autre part on finit tout de même par perdre certains paquets lorsque ceux-ci ont un retard qui dépasse le délai maximum autorisé par le buffer.

2.3.1.6) Les évolutions et limites

La VoIP présente l'avantage de réduire et de centraliser les frais de communications. En effet, l'utilisation de cette nouvelle technique a eu pour conséquence la suppression des lignes téléphoniques au profit de lignes spécialisées (LS) ou Haut Débit. Ainsi, l'apparition de la VoIP a permis la diminution de la masse de matériels, la réduction des coûts et la facilitation de la maintenance, mais présente encore une qualité médiocre, qui ne pourra être améliorée que grâce à l'augmentation de la bande passante et au développement de nouveaux matériels et de nouveaux logiciels.

En effet, le fonctionnement de la VoIP est relativement complexe et certains facteurs sont à prendre en compte pour garantir la qualité de la voix : par exemple, l'information à transmettre de la machine émettrice à la machine réceptrice passant par plusieurs couches de la pile TCP/IP ou UDP/IP (la couche TCP ou UDP assurant le transport de l'information sous forme de paquets IP), certains paquets IP peuvent être détruits, selon l'état du réseau et de son trafic, et sont alors retransmis à plusieurs reprises.

De plus, certaines fréquences contenues dans la voix ne sont pas numérisées ni restituées (on dit que la numérisation est un processus discret), ce qui engendre une perte d'informations. Il serait alors envisageable d'augmenter la qualité de la voix, en utilisant des bandes passantes plus larges (la bande passante de la voix sans compression est de 64 kbits).

Il existe également un phénomène d'écho, souvent difficile à traiter car les deux machines en relation utilisent généralement des logiciels différents qui vont donc traiter le phénomène d'écho de manière différente.

Il est également à préciser que le transport de communication sur IP est très dépendant du temps de latence d'un réseau. Ce délai influe beaucoup sur la qualité acoustique d'une conversation. Avec l'arrivée des réseaux hauts débits et ADSL, les temps de latence deviennent acceptables pour une utilisation quotidienne de la voix sur IP, contrairement aux connexions par liaison satellite qui souffrent d'un temps de latence souvent trop important pour supporter les applications de voix sur IP. En moyenne, le temps de latence sur ce type de liaison est estimé entre 400 et 800 millisecondes alors qu'une connexion filaire (fibre optique ou cuivre) bénéficie d'un temps de latence de 60 à 200 millisecondes.

2.3.2) Les codecs audio en VoIP

2.3.2.1) Principe de fonctionnement

Dans ce chapitre, nous nous intéresserons seulement aux codecs de la voix (série G7XX).

Le terme Codec est construit d'après les mots Compression et DÉCompression. Il s'agit d'un procédé permettant de compresser et de décompresser un signal, de l'audio ou de la vidéo, le plus souvent en temps réel. Le procédé peut être sous forme de logiciel ou encore de matériel (hardware). Par extension, c'est le logiciel ou le circuit qui contient cet algorithme. Ces algorithmes de compression de données permettent, en général, de réduire la taille du fichier original par des facteurs allant de 2 à 100 (voire plus pour certaines applications). Depuis peu, les codecs permettent même de faire la VoIP avec une simple connexion bas débit.

La compression se fait soit avec des algorithmes purement mathématiques de compression de données sans perte d'information ou par des algorithmes prenant en compte les caractéristiques des données à compresser et qui peuvent perdre des informations dites « non pertinentes ».

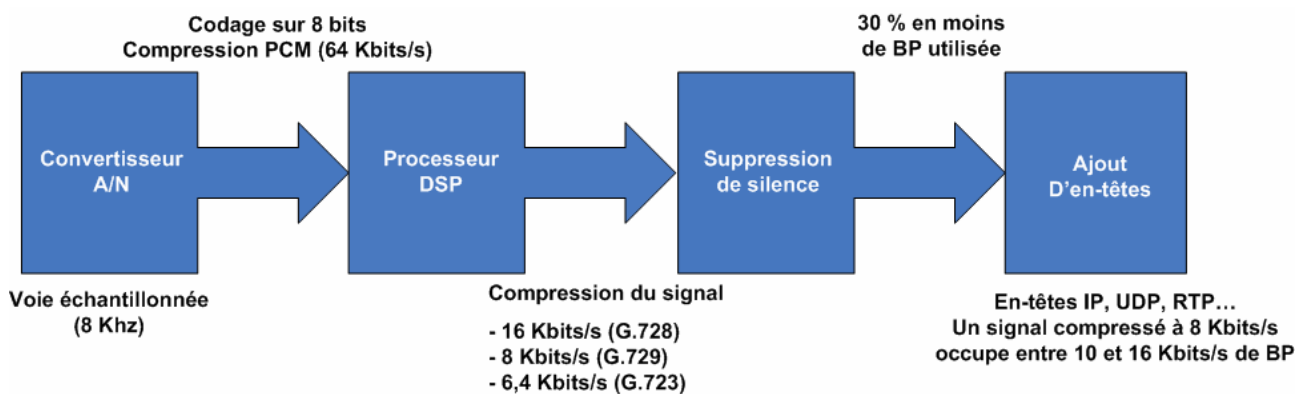
La compression Ogg Vorbis par exemple, compresse le son suivant des critères « psycho-acoustiques » (phénomènes de masquage, pré-écho, seuil d'audition...) prenant en compte les fréquences non ou peu audibles du spectre sonore telles que les harmoniques et les fréquences très aiguës. C'est une compression « destructive », car elle perd des informations sonores.

Le transport de la voix sur un réseau IP nécessite au préalable tout ou une partie des étapes suivantes :

- *Numérisation* : dans le cas où les signaux téléphoniques à transmettre sont sous forme analogique, ces derniers doivent d'abord être convertis sous forme numérique suivant le format PCM (Pulse Code Modulation) à 64 Kbps. Si l'interface téléphonique est numérique (accès RNIS, par exemple), cette fonction est omise.

- *Compression* : le signal numérique PCM à 64 Kbps est compressé selon l'un des formats de codec (compression / décompression) puis inséré dans des paquets IP. La fonction de codec est le plus souvent réalisée par un DSP (Digital Signal Processor). Selon la bande passante à disposition, le signal voix peut également être transporté dans son format originel à 64 Kbps. On distingue deux types de compression : la compression dite « sans perte » et la compression dite « avec pertes », qui seront étudiées par la suite.
- *Décompression* : côté réception, les informations reçues sont décompressées (il est nécessaire pour cela d'utiliser le même codec que pour la compression) puis reconverties dans le format approprié pour le destinataire (analogique, PCM 64Kbps, etc.).

Le synoptique suivant permet de visualiser le rôle joué par les codecs :



Explication du synoptique :

La voix, qui est un signal électrique analogique utilisant une bande de fréquences de 300 à 3400 Hz, est d'abord échantillonné numériquement par un convertisseur puis codé sur 8 bits, puis compressé par les fameux codecs (il s'agit de processeurs DSP, comme indiqué précédemment) selon une certaine norme de compression variable selon les codecs utilisés. Ensuite, les silences observés lors d'une conversation sont éventuellement supprimés pour être ensuite habillés avec des en-têtes en IP.

La compression de données traite de la manière dont on peut réduire l'espace nécessaire à la représentation d'une certaine quantité d'informations. Elle a donc sa place aussi bien lors de la transmission que lors du stockage des données. On peut classer les méthodes de compressions en deux types, compression avec perte (également dite *non conservative*) et compression sans perte.

Compression sans perte :

La compression est dite *sans perte* lorsqu'il n'y aucune perte de données sur l'information d'origine. Il y a autant d'information après la compression qu'avant, elle est seulement réécrite d'une manière plus concise (c'est par exemple le cas de la compression zip). La compression sans perte est dite aussi compactage. Les cogages Huffman, RLE et Lempel-Ziv-Welch sont les plus utilisés.

Compression avec pertes :

Utilisée pour compresser des photos, des bandes musicales, des films, ... Cette technique est fondée sur une idée simple : seul un sous-ensemble très faible de toutes les images possibles possède un caractère exploitable et informatif pour l'œil. Ce sont donc ces images-là qu'on va s'attacher à coder de façon courte.

Dans la pratique, l'œil a besoin pour identifier des zones qu'il existe des corrélations entre pixels voisins, c'est-à-dire qu'il existe de zones contiguës de couleurs voisines. Les programmes de compression s'attachent à découvrir ces zones et à les coder de la façon aussi compacte que possible. Ainsi, il y a moins d'informations après la compression qu'avant, l'information retranchée étant sélectionnée d'après des critères fixés selon le type de données traitées.

Ainsi, l'efficacité des algorithmes est importante surtout quand on travaille en temps réel (codage de la voix) et dans des environnements souvent limités en puissance de calcul (microprocesseurs embarqués dans des téléphones IP, etc.).

2.3.2.2) Les éléments importants

L'objectif d'un codec est d'obtenir une bonne qualité de voix avec un débit et un délai de compression les plus faibles possibles. Le coût du DSP est lié à la complexité du codec utilisé. Les codecs les plus souvent mis en oeuvre dans les solutions VoIP sont G.711, G.729 et G.723.1.

La qualité de la voix obtenue par les codecs G.729 et G.723.1 (à 6.4Kbps) est très proche de celle du service téléphonique actuel, et ce pour des débits entre 8 et 10 fois inférieurs. Ces deux codecs présentent une meilleure qualité que celle des réseaux téléphoniques cellulaires (GSM). Offrant une qualité de voix très proche, le codec G.729 se distingue essentiellement par la bande passante qu'il requière. Le choix d'un équipement implémentant l'un ou l'autre de ces codecs devra donc être fait selon la situation, en fonction notamment de la bande passante à disposition et du retard cumulé maximum estimé pour chaque liaison (selon les standards de l'UIT, le retard aller (« one-way delay ») devrait être inférieur à 150 ms). En réalité, c'est le protocole SIP (cf. 1.4) qui déterminera le choix du codec à utiliser pour la communication téléphonique.

Il est aussi important de préciser que dans certains pays, des brevets logiciels existent pour les codecs et de ce fait, il est nécessaire pour se procurer de tels codecs, d'acheter la licence correspondante au propriétaire du brevet sur les codages (notamment sur les codages G.723.1 et G.729).

Nous allons étudier dans la suite les avantages et inconvénients de chacun de ces codecs.

2.3.2.3) Les différents codecs

Le paramètre d'échantillonnage ou codec (pour compression / décompression) est structurant en VoIP. Le codec détermine à quelle vitesse la voix est échantillonnée et dimensionne par là même le flux de données numériques que va générer la transformation d'un échantillon temporel de voix analogique. Les codecs sont répertoriés par leur nom à l'ITU (International Telecommunication Union). Les codecs les plus utilisés et leurs vitesses d'échantillonnage sont les suivants :

Nom du codec	Débit en kbps
G.711	64
G.726	32
G.726	24
G.728	16
G.729	8
G.723.1 MPMLQ	6,3
G.723.1 ACELP	5,3

Le choix du codec est un compromis entre la qualité de service souhaitée et la capacité de l'infrastructure IP à délivrer une bande passante et des paramètres de qualité de service qui vont impacter cette qualité. Le paramètre le plus déterminant auquel on s'intéresse pour commencer est la bande passante que l'on met en regard du nombre de communications simultanées à écouler.

De plus, le choix du codec influe également sur le délai d'échantillonnage, c'est-à-dire sur la durée de numérisation de la voix à l'émission puis de conversion en signal voix à la réception. Ce temps varie donc de quelques millisecondes avec le codec G.711 (échantillonnage 64 kbps) à plus de 50 ms en G.723 (échantillonnage 6,3 ou 5,3 kbps). C'est une des raisons pour laquelle le choix du codec impacte le score MOS (Mean Opinion Score, pour « note moyenne d'appréciation ») d'appréciation de la clarté de la voix, indépendamment des autres caractéristiques de l'infrastructure.

Un des intérêts de réaliser des simulations de trafic en avant projet de développement de Voix sur IP est de pouvoir calculer une valeur estimée de score MOS. La méthode MOS est une mesure subjective de la QoS (Qualité de Service) de la voix par des opérateurs humains. Elle n'a pas pour objet de fournir des données objectives mais d'obtenir une appréciation de la clarté de la voix reçue grâce à une enquête auprès d'un panel d'utilisateurs ou d'opérateurs représentatifs. Cette méthode est définie par la spécification ITU P800. Son application est coûteuse et délicate, mais elle sert souvent de dernier recours lors de problèmes de plainte des utilisateurs du service de téléphonie. Elle s'applique aussi bien à la téléphonie traditionnelle qu'à la ToIP (Telephony over IP).

Calcul du facteur R de l'E-model :

L'ETSI a développé un modèle de calcul de la qualité de transport de la voix de bout en bout, de la bouche de l'émetteur à l'oreille du récepteur, connu sous le nom de E-model (référence ETSI : ETR 250). Ce modèle a été standardisé par l'ITU sous la référence G.107. Le principe de l'E-model consiste à calculer une grandeur unique R en fonction d'un certain nombre de paramètres. La formule simplifiée du calcul de R est la suivante :

$$R = R0 - Is - Id - Ie + A$$

Le principe de la formule est de partir d'un certain capital de Qos, égal à R0, et de lui ôter les dommages causés par les différents aspects de la transmission.

R0 : coefficient initial signal / bruit, « capital initial de QoS », égal à 94,3 en VoIP (R0 est la valeur que l'on obtiendrait si la transmission était parfaite. Comme le simple fait de numériser la voix à l'émission pour la reconvertir en signal analogique à la réception provoque une dégradation, la recommandation attribue à R0 une valeur par défaut de 94,3, correspondant à une valeur MOS de 4,5).

Is : coefficient de dommages simultanés avec l'émission de la voix (bruit de fond ...) (Is intègre les dommages qui sont simultanés à l'émission de la voix, dus notamment aux conditions d'émission).

Id : coefficient de dommages dus au délai de transmission et de transport.

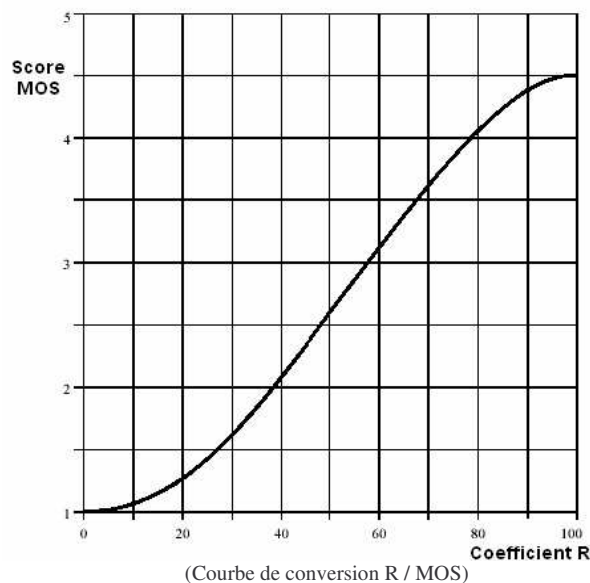
Ie : coefficient de dommages de distorsion causés par les équipements (il intègre la probabilité qu'un paquet soit retransmis sur le réseau, ainsi que les facteurs de distorsion introduits par le codage de la voix).

A : coefficient d'amélioration (il s'agit d'un coefficient de prise en compte de facteurs d'amélioration du réseau. Le principe est de considérer que le fait d'avoir une facilité d'accès au service de téléphonie permet de supporter quelques désagréments : par exemple A = 10 pour les mobiles. On accepte sur un téléphone portable des imperfections que l'on ne tolérerait pas en téléphonie fixe).

Le facteur R ainsi calculé de 0 à 100 permet de déduire directement un coefficient MOS de 0 à 5. Dans la réalité les valeurs de R oscillent entre 50 et 93,2, soit la limite basse acceptable pour le récepteur et la limite haute liée aux possibilités techniques de transformation de la voix humaine en signal. La moyenne de la valeur R sur les services en production se situe dans la fourchette 70 à 80.

Conversion R / MOS :

Le graphique suivant présente la courbe $MOS = f(R)$. Le facteur MOS est la perception humaine tirée d'un protocole de test précis. L'inflexion vers le haut indique qu'à partir d'un certain niveau de qualité, l'augmentation de celle-ci, reflétée par le facteur R, est moins perçue par l'utilisateur. On observe le même phénomène en bas de la courbe, une diminution de R étant moins perçue par l'utilisateur quand la qualité est déjà très dégradée.



Le tableau suivant présente la correspondance entre les valeurs de R et la qualité de la voix transmise :

Coefficient R	Qualité de transmission de la voix
90-100	Excellent
80-90	Bien
70-80	Moyen
60-70	Pas très bien
50-60	Mauvais
0-60	Très mauvais

Le codec introduit donc une composante dans I_e , dont les valeurs sont données ci-après :

Codec	Débit Codec (en kbps)	Coefficient I_e	Facteur R « intrinsèque »
G.711 PCM	64	0	94,3
G.726 ADPCM	32	7	87,3
G.726 ADPCM	24	25	69,3
G.728 LD-CELP	16	7	87,3
G.729 CS-ACELP	8	10	84,3
G.723.1 MP-MLQ	6,3	15	79,3
G.723.1 ACELP	5,3	19	75,3

En cas de transcodages multiples, les coefficients α se cumulent, ce qui rend cette opération extrêmement coûteuse en terme de bilan de QoS. Le taux de perte de données influera d'autant plus sur α que l'on aura choisi un codec lent.

Les recommandations pour assurer la qualité de la voix sur IP :

Pour s'assurer qu'une infrastructure IP peut recevoir un tel service de voix sur IP, il faut vérifier l'obtention régulière dans le temps de valeurs générant un bon niveau d'écoute humaine (niveau **Bon**). Dans le cadre d'une étude préliminaire visant à qualifier un réseau IP, il faudra tenir compte des composants de ToIP non encore présents sur le réseau mais qui auront un impact sur le délai de transit dès l'infrastructure une fois celle-ci complètement déployée, tels que les passerelles et les postes téléphoniques IP. Des mesures ou simulations qui n'intégreraient pas des éléments à venir seraient incomplètes.

Le tableau ci-après présente les seuils de valeurs pour les paramètres critiques et les conséquences constatées pour le niveau de service de VoIP en codec G.711 64 kbps :

	Bon	Moyen	Mauvais
Délai de transit	$D < 150 \text{ ms}$	$150 \text{ ms} < D < 400 \text{ ms}$	$400 \text{ ms} < D$
Gigue de phase	$G < 20 \text{ ms}$	$20 \text{ ms} < G < 50 \text{ ms}$	$50 \text{ ms} < G$
Perte de données	$P < 1\%$	$1\% < P < 3\%$	$3\% < P$

De plus, l'architecture réseau devra offrir une bande passante suffisante pour le nombre de conversations de voix que l'on souhaite satisfaire simultanément. Contrairement à ce qui se produit avec les données où les utilisateurs peuvent tolérer un certain niveau de dégradation des temps de réponse, le manque de bande passante interrompt immédiatement le service de voix sur IP. Il n'est donc pas possible d'économiser la bande passante lorsqu'on souhaite travailler en VoIP.

Sur les réseaux IP avec des débit moyens ou faibles (artères de débit inférieur à 1 Mbps), on activera avec profit la segmentation des paquets IP. Cela permet de diminuer la taille moyenne des paquets de données (mais pas des paquets de voix) sur le réseau et de réduire les délais d'attente des petits paquets de voix. Dans ce type de réseaux, lorsque que la bande passante est insuffisante et qu'il n'est pas possible d'augmenter cette dernière, on peut avoir recours à la compression des 40 octets de l'entête RTP (mécanisme dit cRTP) pour arriver à moins de 5 octets d'entête. Cette solution présente l'inconvénient d'augmenter le délai de transit, et est de ce fait réservée à des réseaux rapides à l'échelle des besoins de la voix sur IP.

Remarque : mode PLC :

Afin d'améliorer la clarté en atténuant l'effet négatif sur le rendu de la voix causé par la perte aléatoire de quelques paquets, on peut avoir recours au mode PLC (pour Packet Loss Concealment). Ce mode consiste à remplacer la portion du signal de voix manquant par une extrapolation de la portion précédente de l'information, ce qui revient à lisser un signal incomplet. De plus, ce mécanisme ne consomme quasiment aucune ressource dans le bilan global du délai de transit et est donc mis en œuvre pour améliorer la régularité de la clarté. Cependant, il n'est d'aucune efficacité en cas de pic de perte de données dû à une congestion du réseau.

2.4) Couche Session : SIP

2.4.1) Introduction générale

Dans ce chapitre, nous ne parlerons pas du protocole H.323 bien qu'il soit encore très utilisé. Dans les prochaines années, le protocole SIP devrait petit à petit remplacer H.323.

Le protocole SIP (Session Initiation Protocole) a été initié par le groupe MMUSIC (Multiparty Multimedia Session Control) et désormais repris et maintenu par le groupe SIP de l'IETF donnant la RFC 3261. SIP est un protocole de signalisation appartenant à la couche session du modèle OSI.

Son rôle est d'ouvrir, modifier et libérer les sessions. L'ouverture de ces sessions permet de réaliser de l'audio ou vidéoconférence, de l'enseignement à distance, de la voix (téléphonie) et de la diffusion multimédia sur IP essentiellement. Un utilisateur peut se connecter avec les utilisateurs d'une session déjà ouverte.

Pour ouvrir une session, un utilisateur émet une invitation transportant un descripteur de session permettant aux utilisateurs souhaitant communiquer de s'accorder sur la compatibilité de leur média, SIP permet donc de relier des stations mobiles en transmettant ou redirigeant les requêtes vers la position courante de la station appelée.

Enfin, SIP possède l'avantage de ne pas être attaché à un médium particulier et est sensé être indépendant du protocole de transport des couches basses (TCP, UDP, ...).

2.4.2) Principe et fonctionnement

SIP intervient aux différentes phases de l'appel :

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

Avec SIP, les utilisateurs qui ouvrent une session peuvent communiquer en mode point à point, en mode diffusif ou dans un mode combinant ceux-ci. SIP permet donc l'ouverture de sessions en mode :

- Point-à-point : Communication entre 2 machines, on parle d'unicast.
- Diffusif : Plusieurs utilisateurs en multicast, via une unité de contrôle M.C.U (Multipoint Control Unit).
- Combinatoire : Plusieurs utilisateurs pleinement interconnectés en multicast via un réseau à maillage complet de connexions.

Voici les différents éléments intervenant dans l'ouverture de session :

- Suivant nature des échanges, choix des protocoles les mieux adaptés (Rsvp, Rtp, Rtcp, Sap, Sdp).
- Détermination du nombre de sessions, comme par exemple, pour véhiculer de la vidéo, 2 sessions doivent être ouvertes (l'une pour l'image et l'autre pour la vidéo).
- Chaque utilisateur et sa machine est identifié par une adresse que l'on nomme Url SIP et qui se présente comme une Url Mailto.
- Requête Uri permettant de localiser le proxy server auquel est rattaché la machine de l'appelé.
- Requête SIP, une fois le client (machine appelante) connecté à un serveur Sip distant, il peut lui adresser une ou plusieurs requêtes SIP et recevoir une ou plusieurs réponses de ce serveur. Les réponses contiennent certains champs identiques à ceux des requêtes, tels que : Call-ID, Cseq, To et From.

Les échanges entre un terminal appelant et un terminal appelé se font par l'intermédiaire de requêtes :

- Invite : Cette requête indique que l'application (ou utilisateur) correspondante à l'Url SIP spécifié est invité à participer à une session. Le corps du message décrit cette session (par ex : média supportés par l'appelant). En cas de réponse favorable, l'invité doit spécifier les médias qu'il supporte.
- Ack : Cette requête permet de confirmer que le terminal appelant a bien reçu une réponse définitive à une requête Invite.
- Options : Un proxy server en mesure de contacter l'UAS (terminal) appelé, doit répondre à une requête Options en précisant ses capacités à contacter le même terminal.
- Bye : Cette requête est utilisée par le terminal de l'appelé à fin de signaler qu'il souhaite mettre un terme à la session.
- Cancel : Cette requête est envoyée par un terminal ou un proxy server à fin d'annuler une requête non validée par une réponse finale comme, par exemple, si une machine ayant été invitée à participer à une session, et ayant accepté l'invitation ne reçoit pas de requête Ack, alors elle émet une requête Cancel.
- Register : cette méthode est utilisée par le client pour enregistrer l'adresse listée dans l'URL TO par le serveur auquel il est relié.

Une réponse à une requête est caractérisée, par un code et un motif, appelés code d'état et raison phrase respectivement. Un code d'état est un entier codé sur 3 bits indiquant un résultat à l'issue de la réception d'une requête. Ce résultat est précisé par une phrase, « textbased », expliquant le motif du refus ou de l'acceptation de la requête.

Le code d'état est donc destiné à l'automate gérant l'établissement des sessions SIP et les motifs aux programmeurs. Il existe 6 classes de réponses et donc de codes d'état, représentées par le premier bit :

1xx = Information - La requête a été reçue et continue à être traitée.

2xx = Succès - L'action a été reçue avec succès, comprise et acceptée.

3xx = Redirection - Une autre action doit être menée afin de valider la requête.

4xx = Erreur du client - La requête contient une syntaxe erronée ou ne peut pas être traitée par ce serveur.

5xx = Erreur du serveur - Le serveur n'a pas réussi à traiter une requête apparemment correcte.

6xx = Echec général - La requête ne peut être traitée par aucun serveur.

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

- L'UAS (User Agent Server) : Il représente l'agent de la partie appelée. C'est une application de type serveur qui contacte l'utilisateur lorsqu'une requête SIP est reçue. Et elle renvoie une réponse au nom de l'utilisateur.
- L'U.A.C (User Agent Client) : Il représente l'agent de la partie appelante. C'est une application de type client qui initie les requêtes.

Le relais mandataire ou PS (Proxy Server), auquel est relié un terminal fixe ou mobile, agit à la fois comme un client et comme un serveur. Un tel serveur peut interpréter et modifier les messages qu'il reçoit avant de les retransmettre :

- Le RS (Redirect Server) : Il réalise simplement une association (mapping) d'adresses vers une ou plusieurs nouvelles adresses. (lorsqu'un client appelle un terminal mobile - redirection vers le PS le plus proche - ou en mode multicast - le message émis est redirigé vers toutes les sorties auxquelles sont reliés les destinataires). Notons qu'un Redirect Server est consulté par l'Uac comme un simple serveur et ne peut émettre de requêtes contrairement au Ps.
- Le LS (Location Server) : Il fournit la position courante des utilisateurs dont la communication traverse les Rs et PS auxquels il est rattaché. Cette fonction est assurée par le service de localisation.
- Le RG (Registrar) : C'est un serveur qui accepte les requêtes Register et offre également un service de localisation comme le LS. Chaque PS ou RS est généralement relié à un Registrar.

2.5) Couche Transport : TCP, UDP et RTP

La couche Transport permet à différentes applications de communiquer entre elles. La difficulté principale repose donc sur l'identification des applications, celles-ci pouvant être selon la machine et son système d'exploitation un programme, une tâche ou un processus. Le nom donné aux applications pouvant être différent d'une machine à une autre, un système de numéro a été mis en place : il permet d'associer à un type d'applications un type de données par l'intermédiaire d'identifiants appelés ports.

Il existe deux protocoles qui permettent à deux applications d'échanger des données, et cela indépendamment du type de réseau emprunté : le protocole TCP orienté connexion, qui assure le contrôle d'erreurs et le protocole UDP (puis RTP) non orienté connexion et dont le contrôle d'erreur est assez rudimentaire.

2.5.1) Le modèle TCP/IP

S'inspirant du modèle OSI sans y être cependant totalement identique, le modèle TCP/IP possède quatre couches uniquement :

Modèle TCP/IP	Modèle OSI
Couche Application	Application
	Présentation
	Session
Couche Transport (TCP)	Transport
Couche Internet (IP)	Réseau
Couche Accès Réseau	Liaison
	Physique

Ainsi, les couches du modèle TCP/IP ont des tâches beaucoup plus diverses que celles du modèle OSI puisqu'à une couche du modèle TCP/IP, peuvent correspondre plusieurs couches du modèle OSI.

- **La couche Accès Réseau** spécifie la forme sous laquelle les données doivent être acheminées quelque soit le type de réseau utilisé.
- **La couche Internet** est chargée de fournir le paquet de données (paquet IP).
- **La couche Transport** assure l'acheminement des données, ainsi que les mécanismes permettant de connaître l'état de la transmission.
- **La couche Application** englobe les applications standard du réseau, telles que TELNET, SMTP ou FTP.

Dans cette partie, nous nous intéresserons seulement à la couche transport du modèle TCP/IP.

2.5.2) Le protocole TCP

2.5.2.1) Introduction et philosophie

TCP (Transmission Control Protocol) est un protocole de transport fiable, en mode connecté. Les applications transmettent des flux d'octets sur le réseau. TCP découpe le flux d'octets en segments, dont la taille dépend de la MTU du réseau sous-jacent.

Une session TCP fonctionne en trois phases :

- L'établissement de la connexion
- Les transferts de données
- La fin de la connexion.

L'établissement de la connexion :

Même s'il est possible, pour deux systèmes, d'établir une connexion entre eux simultanément, dans le cas général, un système ouvre un 'socket' (point d'accès à une connexion TCP) et se met en attente passive de demandes de connexion d'un autre système. Ce fonctionnement est communément appelé ouverture passive, et est utilisé par le côté serveur de la connexion.

Le côté client de la connexion effectue une ouverture active en envoyant un segment SYN au serveur, ce qui constitue la première étape de la poignée de mains en trois temps. Le serveur doit répondre à un segment SYN valide par un segment SYN/ACK.

Enfin, le client répond au serveur avec un segment ACK, complétant la poignée de main en trois temps, et donc la phase d'établissement de la connexion.

Le transfert de données :

Pendant la phase de transferts de données, certains mécanismes clefs permettent d'assurer la robustesse et la fiabilité de TCP. En particulier, les numéros de séquence sont utilisés afin d'ordonner les segments TCP reçus et de détecter les données perdues, les checksums permettent la détection d'erreurs, et les acquittements ainsi que les temporisations permettent la détection des segments perdus ou retardés. Pendant la phase d'établissement de la connexion, les numéros de séquence initiaux sont échangés par les deux interlocuteurs.

Ces numéros de séquence sont utilisés pour décompter les données dans le flux d'octets. On trouve toujours deux de ces nombres dans chaque segment TCP, qui sont *le numéro de séquence* et *le numéro d'acquittement* :

- Le numéro de séquence représente le propre numéro de séquence de l'émetteur TCP.
- Le numéro d'acquittement représente le numéro de séquence du destinataire.

Afin d'assurer la fiabilité de TCP, le destinataire doit acquitter les segments reçus en indiquant qu'il a reçu toutes les données du flux d'octets jusqu'à un certain numéro de séquence. Une amélioration de TCP, nommée acquittement sélectif (selective acknowledgement ou SACK), autorise le destinataire TCP à acquitter des blocs de données reçus dans le désordre.

Grâce aux numéros de séquence et d'acquittement, les systèmes terminaux peuvent remettre les données reçues dans l'ordre à l'application destinataire. Le choix du numéro de séquence initial est une des clefs de la robustesse et de la sécurité des connexions TCP.

Une somme de contrôle sur 16 bits, constituée par le complément à un de la somme des compléments à un de tous les éléments d'un segment TCP (en-tête et données), est calculée par l'émetteur, et incluse dans le segment émis. Le destinataire recalcule la somme de contrôle du segment reçu, et si elle correspond à la somme de contrôle reçue, on considère que le segment a été reçu intact et sans erreur.

La somme de contrôle en complément à un utilisée par TCP est relativement peu fiable selon les standards modernes. Ceci restreint l'utilisation de TCP à des réseaux offrant des taux d'erreurs faibles. Si TCP était redéfini aujourd'hui, on utiliserait probablement un CRC sur 32 bits au lieu du mécanisme actuel. Ce manque de fiabilité de la somme de contrôle est partiellement compensé par l'utilisation fréquente d'un CRC ou d'un meilleur contrôle d'intégrité au niveau de la couche de liaison au-dessous de TCP et IP, comme par exemple dans les trames Ethernet (cf. 1.7).

Les acquittements des données émises, ou l'absence d'acquittements, sont utilisés par les émetteurs pour interpréter de façon implicite l'état du réseau entre les systèmes finaux. À l'aide de temporisations, les émetteurs et destinataires TCP peuvent modifier le comportement du flux de données. C'est ce qu'on appelle généralement le contrôle de flux.

TCP utilise un certain nombre de mécanismes afin d'obtenir une bonne robustesse et des performances élevées. Ces mécanismes comprennent l'utilisation d'une fenêtre glissante, l'algorithme de démarrage lent (slow start), l'algorithme d'évitement de congestion (congestion avoidance), les algorithmes de retransmission rapide (fast retransmit) et de récupération rapide (fast recovery), etc. Des recherches sont menées actuellement afin d'améliorer TCP pour traiter efficacement les pertes, minimiser les erreurs, gérer la congestion et être rapide dans des environnements très haut débit.

La fin de connexion :

La phase de terminaison d'une connexion utilise une poignée de main en quatre temps, chaque extrémité de la connexion effectuant sa terminaison de manière indépendante. Ainsi, la fin d'une connexion nécessite une paire de segments FIN et ACK pour chaque extrémité.

2.5.2.2) Spécification fonctionnelle

Structure d'un segment TCP :

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Port Source																Port destination															
Numéro de séquence																															
Numéro d'acquittement																															
Taille de l'en-tête				Réservé				URG	ACK	PSH	RST	SYN	FIN	Fenêtre																	
Checksum																Pointeur de données urgentes															
Options																								Remplissage							
Données																															

- Port source : Numéro du port source
- Port destination : Numéro du port destination
- Numéro de séquence : Numéro de séquence du premier octet de ce segment
- Numéro d'acquittement : Numéro de séquence du prochain octet attendu
- Taille de l'en-tête : Longueur de l'en-tête en mots de 32 bits (les options font partie de l'en-tête)
- Réservé : Réservé pour un usage futur
- Drapeaux
 - URG : Signale la présence de données URGentes
 - ACK : Signale que le paquet est un accusé de réception (ACKnowledgement)
 - PSH : Données à envoyer tout de suite (PuSH)
 - RST : Rupture anormale de la connexion (ReSeT)
 - SYN : Demande de SYNchronisation ou établissement de connexion
 - FIN : Demande la fin de la connexion
- Fenêtre : Taille de fenêtre demandée, c'est-à-dire le nombre d'octets que le récepteur souhaite recevoir sans accusé de réception
- Checksum : Somme de contrôle (CRC, Cyclic Redundancy Check) des données de l'en-tête
- Pointeur de données urgentes : Position relative des dernières données urgentes.
- Options : Facultatifs
- Remplissage : Zéros ajoutés pour aligner les champs suivants du paquet sur 32 bits, si nécessaire
- Données : Séquences d'octets transmis par l'application (par exemple: +OK POP3 service ready, ...)

TCP utilise la notion de numéro de port pour identifier les applications. À chaque extrémité de la connexion TCP est associé un numéro de port sur 16 bits assigné à l'application émettrice ou réceptrice. Les ports peuvent faire partie de trois catégories de base: les ports bien connus, les ports enregistrés et les ports dynamiques/privés :

- Les ports bien connus sont assignés par l'IANA(Internet Assigned Numbers Authority) et sont souvent utilisés par des processus système ou ayant des droits privilégiés. Les applications bien connues qui fonctionnent en tant que serveur et sont en attente de connexions utilisent généralement ces types de ports. Exemples: FTP (21), TELNET (23), SMTP (25) et HTTP (80).
- Les ports enregistrés sont généralement utilisés par des applications utilisateur comme ports sources éphémères pour se connecter à un serveur, mais ils peuvent aussi identifier des services non enregistrés par l'IANA.
- Les ports dynamiques/privés peuvent aussi être utilisés par des applications utilisateur, mais plus rarement. Ils n'ont pas de sens en dehors d'une connexion TCP particulière.

La transmission dans le cas de la VoIP doit se faire en temps réel. L'utilisation de TCP comme protocole de transport ne permet pas ceci. C'est pourquoi, le protocole utilisé sera UDP.

2.5.3) Le protocole UDP

2.5.3.1) Introduction générale

UDP (User Datagram Protocol) est un protocole de transport comme TCP vu précédemment. UDP n'établit pas de connexion. Il ne dispose d'aucun moyen de vérifier que les datagrammes atteignent leur destination, ce qui fait dire qu'il est un protocole non fiable. En revanche, il présente l'avantage d'avoir un paquet IP dont l'en-tête beaucoup est plus simple que celui du protocole TCP.

Ainsi, il est utilisé quand il est nécessaire soit de transmettre des données très rapidement, au prix d'une éventuelle perte d'une partie de ces données, soit de transmettre de petites quantités de données et où l'utilisation d'une connexion TCP serait trop lourde. Il a pour point commun avec le protocole TCP d'utiliser un système de ports. Il sera donc utilisé pour transmettre les données dans le cadre d'une communication VoIP.

2.5.3.2) Spécification fonctionnelle

Comme nous l'avons dit, l'en-tête d'un datagramme UDP est bien plus simple que celui de TCP :

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Port Source (16 bits)																		Port Destination (16 bits)													
Longueur (16 bits)																		Somme de contrôle (16 bits)													
Données (longueur variable)																															

2.5.4) Le protocole RTP

RTP (Real-Time Transfert Protocol) n'est pas un réel protocole de transfert, puisqu'il utilise l'UDP, car comme nous l'avons vu, le TCP n'est pas multicast et ne permet pas un envoi immédiat de flots de données.

RTP appartient plutôt à la couche application du modèle OSI, mais nous avons choisi de l'étudier en même temps qu' UDP.

Il n'est pas non plus vraiment temps-réel par lui-même (les réseaux actuels comme l'Ethernet n'étant pas temps-réel puisqu'il n'y a pas de délai maximum garanti), mais sera utilisé avantageusement sur un réseau temps réel (par exemple un réseau ATM à bande passante garantie, un canal optique, une radiodiffusion, ou un canal satellite).

Il accorde des fonctions temporelles en tant que service pour des applications multimédia, comme la VoIP. Il ajoute un entête spécifique aux paquets UDP pour informer sur le type de media transporté, le séquençement et la synchronisation des datagrammes, afin que le récepteur puisse détecter les datagrammes perdus sur le réseau ou incorrectement reçus, et puisse éventuellement reconstituer un flux continu.

RTP est unidirectionnel et peut être utilisé pour la diffusion (multicast) via satellite. Il est alors extrêmement économique en terme de ressources réseau pour servir un grand nombre de récepteurs, ce qui permet d'augmenter considérablement le débit utile et la qualité de codage du contenu.

Il peut éventuellement être utilisé conjointement avec un canal de retour (feedback) sur la qualité de service (QoS) via RTCP (Real Time Control Protocol), négocié indépendamment. Ce feedback peut par exemple informer l'émetteur sur les propriétés temps-réel du canal, l'état du tampon du récepteur, ainsi que demander des changements de compression/débit pour les applications multimédia par exemple (dans ce cas, les données manquantes pourront être transmises via Unicast).

Pour la diffusion en masse cependant (flux en direct, radiodiffusé ou via satellite), cette voie de retour n'est généralement pas utilisée, mais le contenu est transmis plusieurs fois en parallèle avec un décalage temporel suffisant pour pallier aux interruptions temporaires de qualité de réception, mais n'excèdent pas les limites des tampons des récepteurs (normalement pas plus d'une quinzaine de secondes d'écart). Le récepteur peut alors reconstituer et réordonner la séquence complète afin d'obtenir un flux continu sans perte.

La mise en œuvre de RTP en mode Multicast demande la configuration préalable de routage au niveau du récepteur, qui doit faire lui-même la demande de routage à ses routeurs hôtes, entre l'émetteur et le récepteur. L'émetteur quant à lui informe séparément les routeurs de diffusion auquel il est directement connecté.

Pour les contenus protégés à valeur ajoutée, l'absence de voie de retour implique l'utilisation de clé de décryptage du contenu, que le récepteur doit négocier séparément avec l'émetteur (chacun peut recevoir facilement le contenu encrypté simplement en se connectant au routeur de diffusion). RTP lui-même ne s'occupe pas du cryptage et transporte le contenu de façon transparente.

RTP est la version normalisée internationale de l'ancien protocole propriétaire RDP (initialement créé pour Real Player) en voie d'obsolescence.

2.6) Couche Réseau : IP

2.6.1) Vue d'ensemble du protocole

Le protocole IP (Internet Protocol) est chargé de l'élaboration et du transport des paquets de données, appelés paquets IP, sans toutefois en assurer la livraison. Il traite ces paquets indépendamment les uns des autres, et définit leur représentation, leur routage et leur expédition. Le destinataire du message est déterminé par le protocole IP à l'aide de trois champs :

- Le champ adresse IP : adresse de la machine.
- Le champ masque de sous-réseau : un masque de sous-réseau permet au protocole IP de déterminer la partie de l'adresse IP qui concerne le réseau.
- Le champ passerelle par défaut : permet au protocole Internet de savoir à quelle machine transmettre le paquet si la machine destinataire n'appartient pas au réseau local.

Les paquets IP sont donc des données qui ont été encapsulées, c'est-à-dire auxquelles on a rajouté des en-têtes correspondant à des informations telles que l'adresse IP du destinataire etc. Ces données sont ensuite analysées par des routeurs, qui en assurent le transit.

Il existe deux versions d'IP : IPv4 et IPv6. IPv4 utilise une adresse IP sur 32 bits, ce qui est un facteur limitant à l'expansion d'Internet puisque "seulement" 4 294 967 296 adresses sont possibles. Cette limitation conduit à la transition d'IPv4 vers IPv6, actuellement en cours de déploiement, qui devrait progressivement le remplacer.

Elle est pour l'instant contournée grâce à l'utilisation de techniques de translation d'adresses NAT ainsi que par l'adoption du système CIDR.

2.6.2) Spécification fonctionnelle

Voici la structure d'un paquet IP :

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Version (4 bits)				Longueur d'en-tête (4 bits)						Type de service (8 bits)												Longueur totale (16 bits)									
Identification (16 bits)											Drapeau (8 bits)			Décalage Fragment (13 bits)																	
Durée de vie (8 bits)										Protocole (8 bits)						Somme de contrôle de l'en-tête (16 bits)															
Adresse IP destination (32 bits)																															
Données																															

Classe d'adressage IP :

Il existe différentes classes d'adressage IP suivant les cas d'utilisation :

Classes d'adresses		
	De	A
Classe C	192.168.0.0	223.255.255.255
Classe B	128.0.0.0	191.255.255.255
Classe A	0.0.0.0	126.255.255.255

Classes non utilisables		
Classe D	224.0.0.0	239.255.255.255
Classe E	240.0.0.0	255.255.255.255
Plages non utilisables		
	127.0.0.0	127.255.255.255
Plages utilisables pour votre réseau local		
Classe C	192.168.0.0	192.168.255.255
Classe B	172.16.0.0	172.31.255.255
Classe A	10.0.0.0	10.255.255.255
Les adresses finissant par 0 et 255 ne sont pas utilisables pour une machine		

2.7) Couche Liaison : Ethernet

2.7.1) Introduction et philosophie

Ethernet est un protocole de réseau informatique à commutation de paquets implémentant la couche physique et la sous-couche MAC du modèle OSI. Le standard qui a été le plus utilisé dans les années 1990 et qui l'est toujours est le 802.3 de l'IEEE. Ce dernier a largement remplacé d'autres standards comme le Token Ring et l'ARCNET.

Le nom Ethernet vient de *Ether*, milieu mythique dans lequel baigne l'Univers, et *net*, abréviation de réseau en anglais.

L'Ethernet est basé sur le principe de pairs sur le réseau, envoyant des messages dans ce qui était essentiellement un système radio, captif à l'intérieur d'un fil ou d'un canal commun, parfois appelé *l'éther*. Chaque pair est identifié par une clé globalement unique, appelée adresse MAC, pour s'assurer que tous les postes sur un réseau Ethernet ont des adresses distinctes.

Une technologie connue sous le nom de *Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection* (Détection de porteuse avec accès multiples et détection de collision) ou CSMA/CD régit la façon dont les postes accèdent au média (cf. 1.8).

En pratique, ceci fonctionne comme une discussion ordinaire, où les gens utilisent tous un médium commun (l'air) pour parler à quelqu'un d'autre. Avant de parler, chaque personne attend poliment que plus personne ne parle. Si deux personnes commencent à parler en même temps, les deux s'arrêtent et attendent un court temps aléatoire.

Il y a de bonnes chances que les deux personnes attendent un délai différent, évitant donc une autre collision. Des temps d'attente exponentiels sont utilisés lorsque plusieurs collisions surviennent à la suite.

Comme dans le cas d'un réseau non commuté toutes les communications sont émises sur un médium partagé, toute information envoyée par un poste est reçue par tous les autres, même si cette information était destinée à une seule personne. Les ordinateurs connectés sur l'Ethernet doivent donc filtrer ce qui leur est destiné ou non.

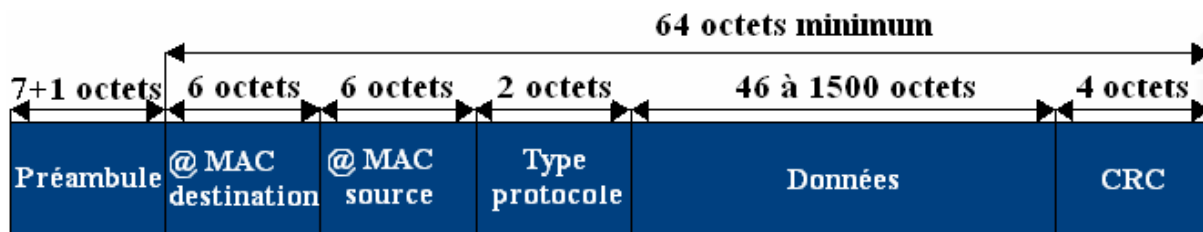
Ce type de communication « quelqu'un parle, tous les autres entendent » d'Ethernet est une de ses faiblesses, car pendant que l'un des noeuds émet toutes les machines du réseau reçoivent et doivent de leur côté observer le silence. Ce qui fait qu'une communication à fort débit entre seulement deux postes peut saturer tout un réseau local.

De même, comme les chances de collision sont proportionnelles au nombre de transmetteurs et aux données envoyées, le réseau devient extrêmement congestionné au-delà de 50% de sa capacité (indépendamment du nombre de sources de trafic).

Pour résoudre ce problème, les commutateurs ont été développés afin de maximiser la bande passante disponible. Suivant le débit utilisé il faut tenir compte du domaine de collision régi par les lois de la physique et notamment le déplacement électronique dans un câble de cuivre.

Si l'on ne respecte pas ces distances maximales entre machines le protocole CSMA/CD n'a pas lieu d'exister.

2.7.2) Spécification fonctionnelle



Préambule :

- Sert à la synchronisation bit et caractère. 7 octets pour le préambule et 1 octet pour le délimiteur sont utilisés pour permettre à l'émetteur et au récepteur de synchroniser leur communication.
- Les bits de délimiteur sont toujours 10101011, utilisé pour indiquer que c'est le début de la trame.

Adresse destinataire :

- Sur 48 bits, elle est fixée par le constructeur de la carte et elle est unique. Cette adresse est appelée comme adresse MAC ou adresse physique.
- Si l'adresse de destinataire est FFFF FFFF FFFF (adresse de diffusion), la trame est envoyée à toutes les machines du réseau.

Type Protocole :

- Sur 16 bits, il s'agit d'un code qui indique le protocole du réseau utilisé au-dessus d'Ethernet.
- Ex: 0800 = IP, 0806 = ARP, 0600 XNS, ...

Données :

- La taille des données est de 64 octets au moins et 1518 octets au maximum. Les en-têtes d'IP sont aussi placés ici.

- DSAP : Destination Service Access Point
- SSAP : Source Service Access Point
- CTRL : Control bits for Ethernet communication
- NLI : Network Layer Interface

CRC :

- Cyclic Redundancy Check : Code détecteur d'erreurs sur 32 bits permettant de détecter les erreurs de transmission. Il n'y a pas de retransmission en cas d'erreur, la trame est tout simplement ignorée.

2.8) Couche Physique : CSMA/CD

2.8.1) Principe générale

CSMA/CD est l'abréviation de *Carrier Sense Multiple Access /Collision Detection*. Il gère le partage de l'accès physique au réseau Ethernet.

- Carrier Sense : écoute de la porteuse.
- Multiple Access : plusieurs stations (machines) peuvent émettre simultanément avec un risque de collision.
- Collision Detection : détection des erreurs de collision et traitement en envoyant un JAMMING signal.

Ce type de protocole est dit « probabiliste », c'est-à-dire qu'il n'est pas possible de déterminer avec certitude le délai d'envoi d'un message. Rappelons que dans un réseau Ethernet les stations se partagent le même medium de communication, qu'il n'y a pas de jeton ni de priorité d'émission.

Lorsqu'un ordinateur veut envoyer de l'information, il obéit à l'algorithme suivant :

- Si le média n'est pas utilisé, commencer la transmission, sinon aller à l'étape 4.
- *[transmission de l'information]* Si une collision est détectée, continue à transmettre jusqu'à ce que le temps minimal pour un paquet soit dépassé (pour s'assurer que tous les postes détectent la collision), puis aller à l'étape 4.
- *[fin d'une transmission réussie]* Indiquer la réussite au protocole du niveau supérieur et sortir du mode de transfert.
- *[câble occupé]* Attendre jusqu'à ce que le fil soit inutilisé.
- *[le câble est redevenu libre]* Attendre pendant un temps aléatoire, puis retourner à l'étape 1, sauf si le nombre maximal d'essais de transmission a été dépassé.
- *[nombre maximal d'essais de transmission dépassé]* Annoncer l'échec au protocole de niveau supérieur et sortir du mode de transmission.

Par conséquent plus une trame est grande plus elle est efficace et moins de collisions se produiront sur le réseau.

L'étude de ces différents protocoles est importante pour bien comprendre les mécanismes qui entrent en jeu dans la VoIP. On se rend bien compte que le respect du temps réel par exemple n'est pas évident. Tous ceci pour dire que la VoIP présente des atouts indéniables par rapport à la téléphonie classique mais tous les problèmes rencontrés ne sont pas encore résolus.

3) L'IPBX

3.1) Avant l'IPBX : Le PABX

Un PABX (Private Automatic Branch eXchange) est un autocommutateur téléphonique privé. En d'autres termes, il représente l'élément central qui distribue les appels téléphoniques arrivés, autorise les appels téléphoniques départs, gère les terminaux téléphoniques ainsi que toutes les autres fonctionnalités ou options.

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

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

Les PABX permettent à des entités analogiques et numériques de communiquer entre elles grâce aux interfaces et équipements suivants :

Interface RNIS : permet de raccorder sur le PABX un ou plusieurs liens RNIS (T0 ou T2), communément appelé(s) NUMERIS par France Télécom. Les liens NUMERIS permettent en supplément de faire transiter, outre la voix, des données ainsi que toutes les informations de signalisation, de taxation et la SDA (Sélection Directe à l'Arrivée ; cf. ci-après).

Interface RTC : permet de raccorder sur le PABX un ou plusieurs liens analogiques provenant de l'opérateur de télécommunications (comme France Télécom par exemple), ou d'autres lignes en provenance d'autres PABX.

Equippedement de postes analogiques : permet de raccorder un certain nombre de postes analogiques, sur cette interface, afin d'offrir tous les services de téléphonie à une ou plusieurs personnes ayant accès au réseau.

Equippedement de postes numériques : permet de raccorder un certain nombre de postes numériques, sur cette interface, afin d'offrir tous les services de téléphonie à une ou plusieurs personnes ayant accès au réseau.

Enfin, les PABX offrent les fonctionnalités suivantes :

Sélection Directe à l'Arrivée (SDA) : permet à un appelant externe d'appeler directement un poste interne du PABX sans passer par un standard quelconque.

Numérotation abrégée collective : permet d'appeler un correspondant externe fixe ou mobile, en composant un préfixe spécifique et unique sur l'ensemble des postes téléphoniques raccordés sur le PABX.

Exemple : 8021 pour appeler la société de maintenance au lieu de composer 0 + 01 41 23 45 67.

Numérotation abrégée individuelle : permet d'appeler un correspondant externe fixe ou mobile, en composant un préfixe spécifique et unique (ou une touche spécifique) sur un seul poste téléphonique raccordé sur le PABX. En général, c'est l'utilisateur lui-même qui programme ce numéro individuel.

Plan de numérotation : c'est un plan de numérotation qui précise quel est le préfixe précis à composer sur le clavier d'un poste téléphonique pour avoir la fonctionnalité désirée.

Exemples concrets :

Pour sortir vers l'extérieur, il faut composer le 0.

Pour appeler en interne le standard, il faut composer le 9.

Pour appeler en interne la messagerie vocale, il faut composer le 51.

Pour appeler en interne les postes téléphoniques, il faut composer le poste compris entre 1000 et 1999.

Plan des suffixes : c'est un plan de numérotation qui précise quel est le suffixe précis à composer sur le clavier d'un poste téléphonique pendant une communication téléphonique pour avoir la fonctionnalité désirée.

Exemple : pour passer en conférence à trois, il faut appuyer sur 3.

Sonneries différenciées : cette fonctionnalité permet de distinguer, par le timbre, le type d'appel (appel interne, appel externe, appel urgent, rappel automatique, rappel de rendez-vous etc.).

Standard automatique : l'appelant externe est dirigé, via un menu interactif, au sein de la société, et à terme redirigé vers l'opératrice.

Substitution : si une personne ne se trouve pas sans son bureau et souhaite émettre un appel, vers l'étranger par exemple, à partir d'un poste ne permettant pas de composer l'indicatif correspondant tel que le 00, alors la personne appelant peut utiliser un code dit « de substitution » pour obtenir les mêmes droits que si elle téléphonait de son propre poste.

Taxation : permet de visualiser mois par mois, en détail, et de répartir les coûts téléphoniques dans les différents services d'une société.

Transfert : si une personne reçoit une communication qui ne lui est pas destinée, elle peut la transférer, par une manoeuvre, sur un autre poste intérieur ou extérieur.

Va et vient : cette fonctionnalité est utile en phase de double appel ; en effet, si une personne est en communication avec deux correspondants, elle est en mesure de passer de l'un à l'autre par une manoeuvre.

Verrouillage : permet de rendre le poste inutilisable, sauf pour les numéros d'urgence ou abrégés, selon configuration.

3.2) Le PABX et l'IPBX

L'IPBX, ou Intranet Private Branch eXchange ou encore Internet Protocol Branch eXchange pour certains, est la version "IP" du PABX. Il gère la plupart des communications en interne grâce à l'infrastructure réseau de l'entreprise.

Il sert aussi (quand la fonction est incluse dans le système) de lien avec les lignes téléphoniques externes. Certains IPBX sont logiciels alors que d'autres ne sont que des boîtes noires à base d'électronique. Ils ont, de plus, la possibilité de faire toutes les fonctions classiques présentes sur les PABX (renvois d'appels, mises en attente avec musique, etc.).

Une installation téléphonique, en entreprise ou à l'école par exemple, qu'elle soit classique ou sur IP, s'appuie sur les mêmes principes. On dispose de terminaux téléphoniques (poste téléphonique mais aussi télécopieur, modem, etc ...). Ces terminaux sont raccordés à un autocommutateur comme vu précédemment. L'autocommutateur est un central téléphonique automatique, qui relie des lignes entre elles, qu'il s'agisse de liaisons locales (reliées à un terminal téléphonique) ou de lignes extérieures (à destination d'autres autocommutateurs).

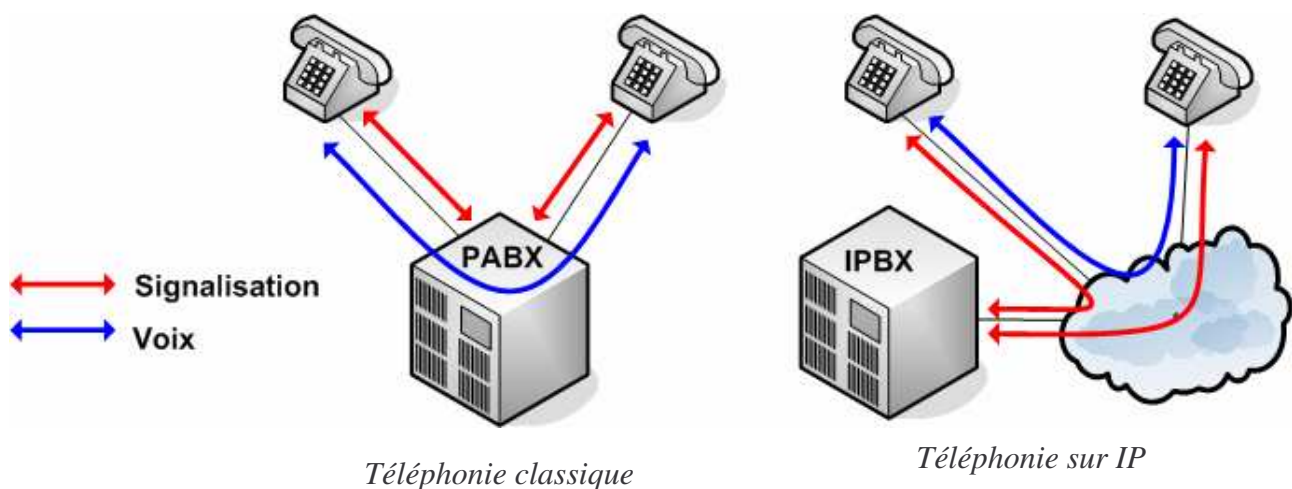
Une de ses fonctions premières est le routage d'appel : quand une demande d'établissement de communication arrive sur une de ses entrées (en provenance d'un poste téléphonique ou d'une ligne d'interconnexion), il doit déterminer sur quelle sortie envoyer cette demande puis l'acheminer.

Il gère également la taxation, les différentes fonctionnalités avancées telles que, par exemple, le rappel automatique, les différents types de renvois automatiques, les signaux de double appel, etc.

Sur les différentes lignes de l'autocommutateur circulent donc deux types d'informations :

- La signalisation (numéro composé sur le terminal, signal d'appel, ...), qui sert à gérer la communication.
- La communication proprement dite.

Ainsi, en téléphonie classique, toute communication passe donc forcément par le PABX, alors qu'en téléphonie sur IP, la communication peut se faire directement de poste à poste.

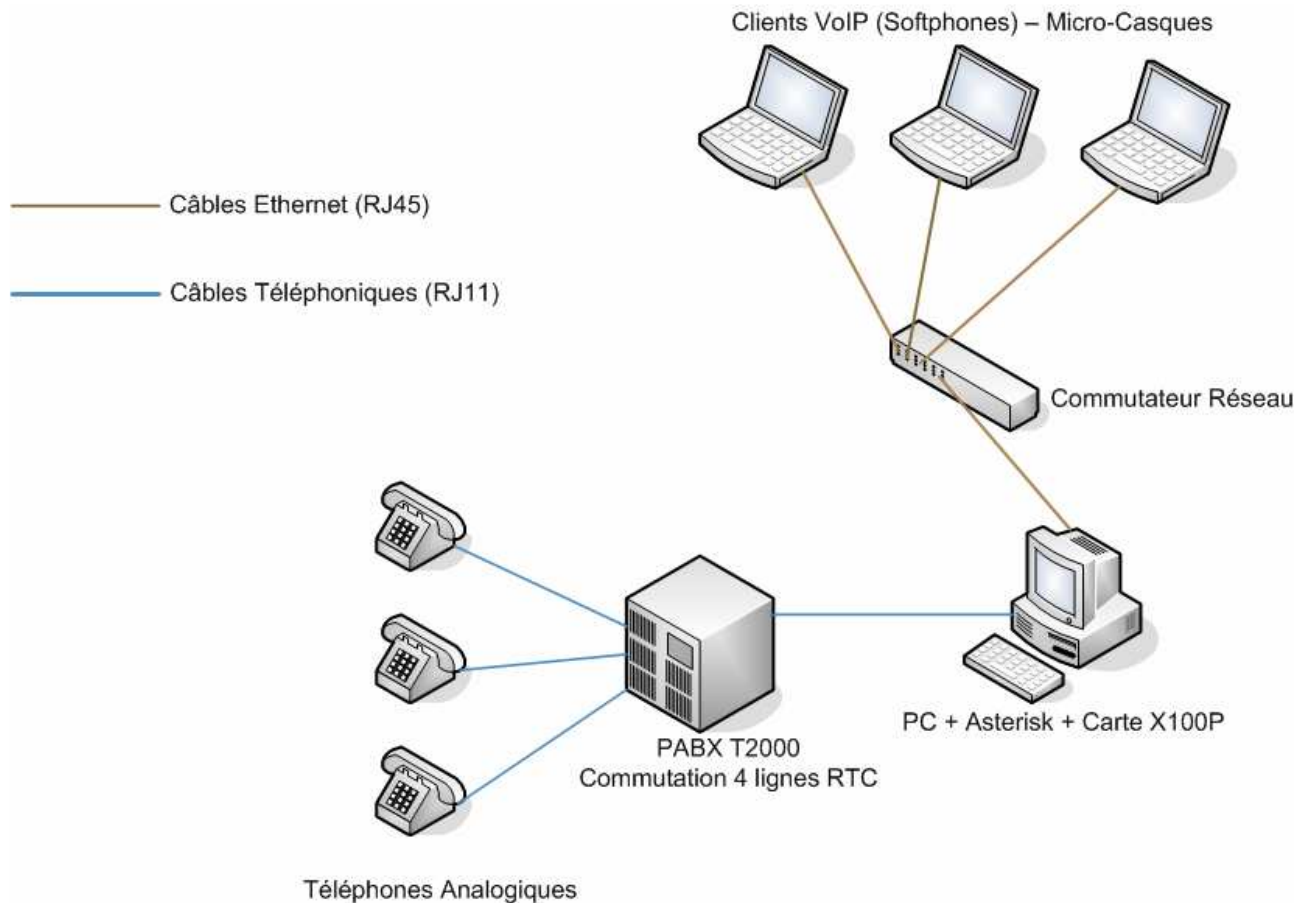


L'IPBX, qui prend progressivement sa place pour opérer un ensemble de fonctionnalités équivalent à celui du PABX, fait appel à des techniques très orientées micro informatique, et n'est bien souvent "qu'un" programme implémenté sur un système d'exploitation (qui peut être propriétaire et crée de toutes pièces par le constructeur, ou bien un système ouvert de type Linux), et s'interfaçant avec les circuits de supports de télécommunication.

4) Architecture générale du projet

4.1) Le synoptique

Le schéma ci-dessous correspond à l'architecture que nous souhaitons mettre en place dans le cadre de notre projet.



Notre architecture sera composée de :

- 3 téléphones analogiques standard.
- Un PABX T2000 relié à un PC permettant de le commander.
- Un PC standard que lequel sera installé Asterisk. Ce PC sera aussi pourvu d'une carte Ethernet standard ainsi que d'une carte DIGIUM X100P permettant de relier le PABX au PC.
- Un commutateur réseau permettant de relier plusieurs terminaux IP au serveur Asterisk.
- Plusieurs ordinateurs sur lesquels sont installés des Softphones permettant la VoIP. Ces ordinateurs devront être équipés de microcasque.
- Plusieurs câbles Ethernet (RJ45), téléphonique (RJ11)... permettant de raccorder les différents éléments de cette architecture.

4.2) Asterisk : Un IPBX soft

4.2.1) Présentation

Asterisk est un logiciel libre (dont les sources sont disponibles et modifiables selon les termes de la licence, cf paragraphe 3.2.3) permettant à un micro ordinateur de type PC de se comporter comme un PABX IP. Il permet à cet ordinateur d'offrir toutes les fonctionnalités des PABX propriétaires coûteux.

Développé principalement par Mark Spencer de la société Digium, le développement du logiciel est financé par la vente de solution matérielle telles que des cartes permettant à Asterisk de se comporter comme une passerelle VoIP / Téléphonie classique.

La licence sous laquelle Asterisk est fourni a permis à de nombreux acteurs de s'impliquer eux aussi dans le développement du logiciel, et il a ainsi rapidement acquis de nombreuses fonctionnalités.

Ainsi Asterisk permet de mettre en place une messagerie vocale, des conférences à plusieurs utilisateurs, des serveurs vocaux, la distribution et le transfert des appels.

Il supporte les protocoles H323 et SIP en sus de son protocole IAX (« Inter-Asterisk eXchange », permettant de connecter entre eux plusieurs serveurs Asterisk).

Asterisk est à l'origine développé pour tourner sur plateforme Linux avec processeur Intel IA32 (de l'Intel i386 jusqu'aux derniers Pentiums et compatibles).

Cependant il est conçu pour être très portable, et il est connu comme fonctionnant aussi sur les plateformes suivantes:

- Linux PPC (Processeurs IBM, Motorola)
- FreeBSD, OpenBSD, NetBSD sur processeurs Intel ou compatibles.
- Mac OS X

Plus généralement tous les systèmes d'exploitation de type Unix ou dérivés peuvent accueillir Asterisk moyennant un portage simple.

Cette portabilité associée à un faible besoin en ressources processeur rend Asterisk particulièrement intéressant dans le monde embarqué: il devient possible de créer des boîtiers IPBX de faible dimensions, et ainsi de les positionner dans le monde des petites et moyennes entreprises comme une solution intéressante à plus d'un titre face aux solutions propriétaires.

La société Digium développe, en plus d'Asterisk, un module (nommé zaptel) permettant au noyau Linux de reconnaître toutes les fonctionnalités du matériel qu'ils produisent.

Asterisk est ainsi certifié comme fonctionnant avec les cartes Digium, qui offrent une solution peu onéreuse de passerelle VoIP / RTPC.

Les développeurs ou les sociétés souhaitant étendre les fonctionnalités d'Asterisk peuvent le faire grâce à un système de plugins permettant le contrôle d'Asterisk par des programmes écrits en langage C, Perl ou Python par exemple.

4.2.2) Fonctionnalités

Ce système de plugins offre des possibilités d'extensions quasiment infinies. Cependant Asterisk couplé au plugin « Asterisk Management Portal » Offre les fonctionnalités suivantes:

- Passerelle SIP et/ou H323 permettant aux clients de s'authentifier.
- Passerelle VoIP / RTPC ou VoIP / Numéris si le PC est équipé d'une carte Digium adaptée Client SIP ou H323 permettant à Asterisk de passer lui même des appels par un fournisseur de service VoIP.
- Messagerie vocale avec possibilité d'envoi par mail des messages aux utilisateurs.
- Gestion des files d'attente d'appels pour chaque utilisateur.
- Centralisation de l'état de chaque téléphone, permettant d'avoir en un seul affichage l'état de tous les clients VoIP du réseau (via Asterisk Management Portal).
- Organisation de conférences téléphoniques entre utilisateurs.
- Transfert d'appel conditionnel ou inconditionnel.

Une liste plus complète des possibilités d'Asterisk est disponible sur le site que la société Digium a dédié à leur produit : www.asterisk.org.

4.2.3) Licence

Une des raisons du succès d'Asterisk est la licence très permissive sous laquelle il est distribué : la licence GPL (General Public Licence).

Cette licence, aussi utilisée par le noyau Linux et des milliers d'autres programmes, est axée autour des « 4 libertés »:

- La liberté d'exécuter le logiciel, pour n'importe quel usage.
- La liberté d'étudier le fonctionnement d'un programme et de l'adapter à vos besoins.
- La liberté de redistribuer des copies.
- La liberté d'améliorer le programme et de rendre publiques vos modifications afin que l'ensemble de la communauté en bénéficie.

Dès lors, n'importe quelle personne ou société ayant les compétences nécessaires est libre d'adapter Asterisk à son besoin, puis de vendre ou redistribuer gratuitement le produit modifié, et ce à la seule condition que les sources accompagnent leur nouvelle version.

Il ne faut cependant pas confondre un code disponible sous licence GPL et un code dans le domaine public : le copyright du code appartient toujours à Mark Spencer et à Digium, seule un droit de regard et modification est accordé à l'utilisateur.

Il lui est en revanche interdit de s'approprier le code et de nier sa provenance.

Pour plus d'informations, se référer au texte complet de la licence GPL disponible à l'adresse suivante:

<http://www.gnu.org/copyleft/gpl.html>

4.3) La carte digium X100P

La carte Digium X100P est une carte au format PCI permettant au PC faisant office de serveur Asterisk de se raccorder au RTPC (Réseau Téléphonique Public Commuté).

Contrairement à d'autres cartes plus sophistiquées proposées par Digium pour raccorder la machine Asterisk au réseau téléphonique, la carte X100P n'offre qu'une ligne analogique. Ainsi elle est capable d'effectuer un seul appel simultanément.

Cette carte n'est en fait qu'un MODEM 56K comme on trouve sur une grande quantité d'ordinateurs. Sa seule différence est d'être certifiée comme fonctionnant avec le module Zaptel du noyau Linux, et ainsi d'être pleinement reconnue et utilisée par Asterisk. Cette simplicité permet à la carte d'être vendue à des prix très attractifs (aux alentours de 50 euros).

Digium, réalisant qu'un tel produit ne permettait pas d'appliquer des marges suffisantes, a arrêté sa production pour se tourner vers des produits plus haut de gamme. Cependant de nombreux fabricants produisent des clones de cartes Digium X100P ou X101P qui fonctionnent parfaitement avec Asterisk.

Cette carte, de par son faible coût, nous a semblé adaptée pour ce projet, qui de toute façon est limité par la faible capacité de notre Autocommutateur Analogique.

Pour un déploiement en entreprise, la société déployant l'IPBX souhaitera probablement se tourner vers du matériel permettant de nombreux appels sortants et entrants simultanés, et disposant d'un support de la part de Digium, tel que par exemple :

La carte Wildcard TE411P proposant jusqu'à 128 canaux ISDN et offrant un traitement hardware permettant l'annulation d'écho.

Ou bien la carte Wildcard TDM2400P supportant jusqu'à 24 lignes analogiques.



La carte Wildcard TDM2400P

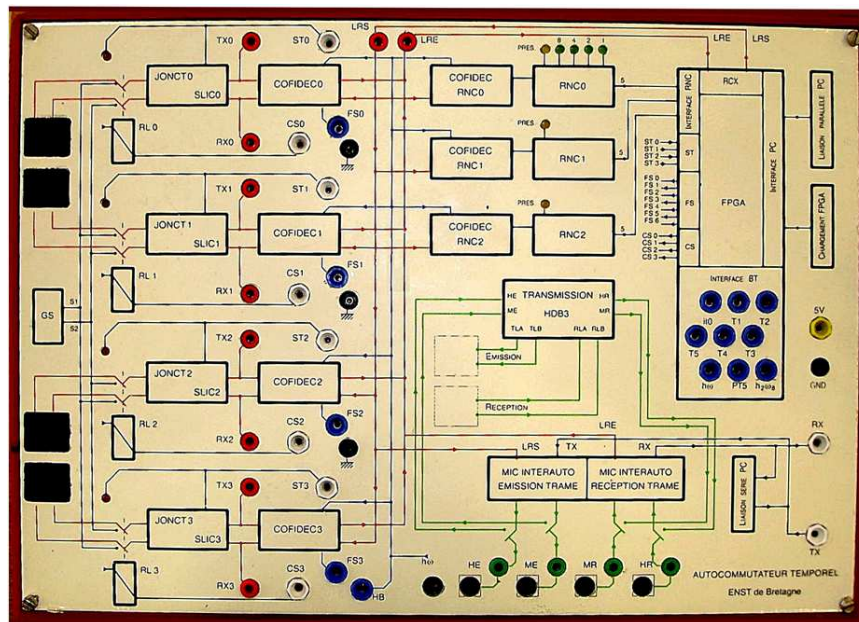


La carte Wildcard TE411P

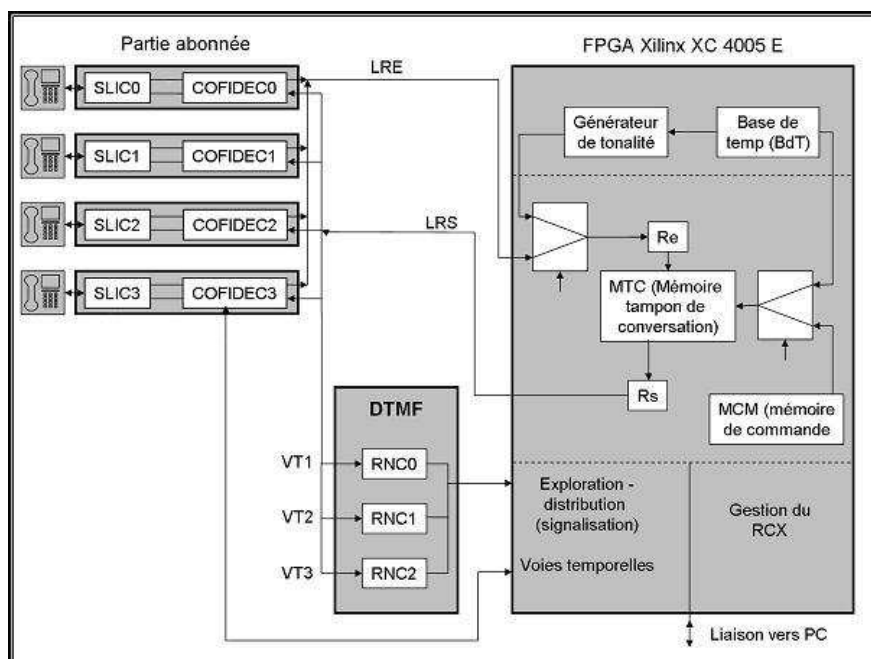
4.4) L'autocommutateur T2000

L'autocommutateur va nous permettre de connecter des clients de la téléphonie classique à des clients VoIP, c'est à dire les softphones installés sur les ordinateurs. Il permettra en faite de « simuler » le RTC. On pourra donc connecter trois téléphones à cette maquette. On réserve une ligne pour la connexion à la carte digium X100P.

Voici l'aspect général de la maquette T2000 :



Ainsi que son synoptique :



4.5) Le coût du projet

Nous utilisons dans la mesure du possible du matériel déjà présent dans le laboratoire de Signal et Télécommunications et libre d'utilisation. Pour ce qui concerne les clients VoIP, nous utiliserons des Softphones installés sur des ordinateurs portables. Cette solution présente un intérêt majeur : un coût inexistant, on trouve dans le commerce des softphones libres de droit. Ils permettent de remplacer l'utilisation d'IPhone dont le prix d'achat est prohibitif.

Le tableau ci-dessous présente la répartition des coûts suivant les postes de dépenses.

Intitulé du poste de dépense	Coût Unitaire	Quantité	Coût Total	Délais de Livraison	Utilisation
Achat d'un téléphone analogique	7,99€	3	23,97€	Disponible en magasin	Connectés au PABX T2000, ils permettent d'effectuer des communications téléphoniques
Achat de câbles RJ11 (long. < 2m)	2€	4	8€	Disponible en magasin	Permet de connecter les téléphones au PABX
Prêt du PABX T2000	NC	1	NC	Disponible au labo	Permet de simuler le Réseau Téléphonique Commuté (RTC)
Prêt de PC	NC	2	NC	Disponible au labo de T.S.T	Un PC utilisé comme serveur (Asterisk) et l'autre permettant de commander le PABX
Application Asterisk	0€	1	0€	Disponible sur Internet	Logiciel gratuit utilisé comme IPBX
Achat Carte DIGIUM X100P	20€	2	40€	1 semaine	Permettant de relier une ligne RTC au PC.
Prêt d'un switch	NC	1	NC	Disponible au labo	Permet de relier plusieurs softphones au serveur
Achat d'un microcasque	10€	3	30€	Disponible en magasin	Permet de téléphoner avec un softphone
Client VoIP – Softphone	0€	3	0€	Disponible sur Internet	Permet de téléphoner en IP à partir d'un PC
Prêt ordinateur portable	NC	3	NC	Disponible	Utilisé comme terminal téléphonique IP

Soit un coût total pour ce projet de moins de 100€ TTC. Cependant, qu'en est-il dans le cas d'une entreprise regroupant un grand nombre d'employés ou encore dans le cas d'une société ayant des filiales en France et peut-être ailleurs ? L'installation de cette nouvelle technologie permettrait-elle vraiment une économie ? C'est ce que nous allons étudier dans la partie suivante.

4.6) Etude économique de la ToIP

4.6.1) Etat du marché de la ToIP en Europe

IP or not IP : telle n'est plus la question !

La technologie IP appliquée à la téléphonie a maintenant atteint son seuil de maturité. Si la migration IP a été initialement motivée par la réduction des coûts téléphoniques, les investissements nécessaires pour réaliser cette convergence, en termes de sécurité, de bande passante et de qualité de service, opposés à la baisse des tarifs téléphoniques, ont vite fait apparaître deux tendances fortes : la migration vers IP en douceur et le déploiement d'applications à valeur ajoutée telles que la messagerie unifiée et le CTI.

Les entreprises peuvent alors choisir, soit une migration douce du parc existant, permettant de diminuer les investissements initiaux et donc de maximiser le retour sur investissement, soit un renouvellement complet de l'infrastructure téléphonique. Evolution ou révolution, chacun y trouve son compte ; le choix s'effectuera après une analyse poussée de l'existant et des besoins de l'entreprise.

Dans tous les cas, le marché de la ToIP en Europe et plus particulièrement en France se porte très bien. Alors que 9 % des entreprises de plus de 50 salariés sont équipées d'IP-PBX (Hybrides ou tout IP) en 2004, 19 % prévoient de s'équiper de ce type de systèmes de communication durant l'année 2005. Cependant, les intentions d'équipement sont contrastées puisque 24 % des entreprises de 100 à 500 salariés ont l'intention de s'équiper en 2005 alors que les intentions d'équipement des entreprises de 50 à 100 sont de 17 % (source AASTRA MATRA Telecom / IDC).

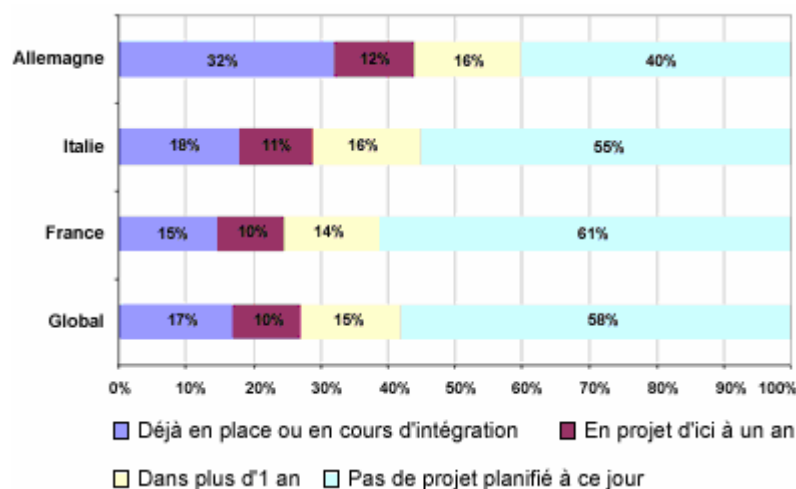
Bien que les équipements de téléphonie sur IP ne représentent en 2004 que 5 % du marché des équipements réseaux, le marché en valeur des équipements de ToIP d'entreprise qui regroupe les IPPBX et les téléphones IP est un segment particulièrement dynamique (68 % de croissance prévue pour l'année 2005) si on compare sa croissance à celle du marché IT dans son ensemble (4,4 % pour l'année 2005). De plus les différentes études menées révèlent également que pour l'année 2004, le marché des IP-PBX en valeur représente 13 % du marché des systèmes de communication (ventes neuves, renouvellement, upgrade...).

Le marché européen des IP-PBX est évalué, pour l'année 2004, à 805,1 M€ avec une croissance de 50,5 % prévue en 2005. Le marché français des équipements IP-PBX affiche quant à lui une croissance annuelle moyenne supérieure à la croissance européenne avec un taux de croissance annuel moyen pour la période 2003-2005 de 53,1% (source AASTRA MATRA Telecom / IDC).

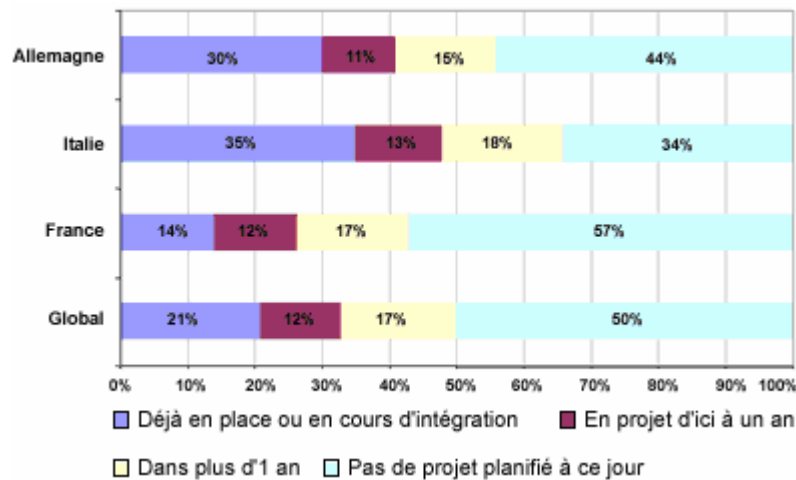
Actuellement de nombreux décideurs s'interrogent sur la stratégie à adopter pour faire migrer leur réseau le plus facilement possible avec des coûts réduits au maximum.

A ce propos, le cabinet de conseil IDC a mené une enquête auprès de 250 entreprises européennes (France, Allemagne, Italie) de 300 salariés et plus, réparties sur quatre secteurs d'activité (Industrie-BTP, Commerce et distribution, Services et secteur public), voici les conclusions de cette enquête.

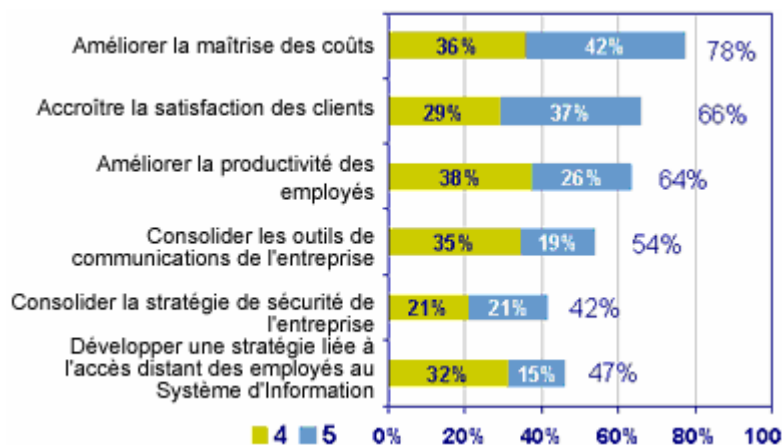
- Avez-vous prévu d'intégrer le trafic voix et données sur votre réseau d'entreprise et, si OUI, à quelle échéance ?



- Utilisez-vous actuellement ou prévoyez-vous d'utiliser des téléphones IP ?



- Sur une échelle de 1 à 5 (1 = peu important : 5 = très important). Pouvez-vous noter l'importance des motivations suivantes qui vous ont poussé ou qui pourraient vous pousser à mettre en place une solution de gestion des appels (entrants et sortants) ?



Ces chiffres très encourageants démontrent bien l'intérêt grandissant des entreprises pour cette technologie. De plus grâce aux effets de volume, les coûts ne vont faire que baisser permettant d'ouvrir le marché à de plus en plus d'entreprises (TPE, PME/PMI, ...). Les offres se clarifiant et les solutions techniques se simplifiant permettent aussi d'accélérer la part de marché de la ToIP par rapport à la téléphonie traditionnelle. Tout ceci est le signe d'un marché mature en devenir.

Aujourd'hui de nombreuses structures de grande taille expérimentent le concept sur un périmètre distinct (Service, Agence ...), ou planifient déjà son déploiement pour 2006. Les autres l'étudient, mais aucune ne la délaisse.

Selon, les prévisions les plus défavorables, la ToIP devrait représenter :

- ➔ 50% du Marché dans 6 ans
- ➔ 80 % du marché dans 11 ans

Les prévisions les plus favorables divisent ce temps par trois.

A la vue de ces différents chiffres extrêmement positifs en ce qui concerne le déploiement des solutions de VoIP en Europe, une question nous vient tout naturellement à l'esprit : Quels sont alors les ingrédients d'un tel succès ?

4.6.2) Avantages de la ToIP par rapport à la téléphonie classique

Le renouvellement du central téléphonique ou un déménagement peuvent être des opportunités pour adopter la voix sur IP. Mais d'autres critères sont aussi déterminants, notamment une amélioration de l'organisation du travail et une pérennité des investissements.

→ Économiser sur la facture téléphonique

Le transport à moindre frais de la voix entre sites est, depuis les prémices de la technologie, le premier argument de la téléphonie sur IP. Même si ce transport n'est pas réellement gratuit et même si les coûts téléphonique voix ont baissé, il reste d'actualité. En effet, nombre d'entreprises ont déjà interconnecté leurs sites via des VPN/IP pratiquement prêts à recevoir les nouveaux flux. Des économies importantes peuvent être rapidement réalisées si les communications longues distances entre sites sont nombreuses. Dans ce cas, l'entreprise réalisera un retour sur investissement en moins de deux ans. Lorsque les appels à l'étranger sont fréquents, il est en outre possible de centraliser la sortie vers le réseau public, donc de mieux négocier des tarifs auprès d'un seul opérateur.

→ Pérenniser l'investissement

Un central téléphonique est habituellement amorti sur une période de cinq à huit ans. Or, les constructeurs traditionnels opèrent actuellement un basculement spectaculaire vers l'IP. Si leurs offres traditionnelles doivent encore être conservées un certain temps au catalogue, on peut penser qu'elles disparaîtront d'ici moins de cinq ans. Le remplacement d'un PBX en bout de course ou l'équipement d'un nouveau site par un central téléphonique utilisant un réseau IP local ou étendu, représente donc un choix stratégique bien plus pérenne.

→ Simplifier les infrastructures

Sur le réseau étendu, l'IP permet souvent une réduction du nombre de liens, notamment lorsque les anciens PBX étaient interconnectés via des liaisons louées dédiées ou des circuits virtuels Frame Relay. En effet, tous les flux passeront par un VPN/IP. Même situation sur le réseau local Ethernet sur lequel cohabiteront voix et données. À la clé, un câblage banalisé, une maintenance facilitée et une seule prise murale par utilisateur.

→ Faciliter l'administration et la mobilité

Alors que les PBX classiques nécessitent l'intervention d'un prestataire ou d'un spécialiste pour le moindre déménagement d'un utilisateur, l'usage d'un IPBX s'avère beaucoup plus souple. Les postes téléphoniques n'étant plus physiquement attachés à des lignes, un utilisateur peut conserver son numéro en cas de déplacement vers un autre bureau ou même sur un autre site. Dans les deux cas, il peut emporter son téléphone qui sera automatiquement reconnu une fois reconnecté, ou s'identifier, même pour une durée de quelques heures, sur un autre poste. Cela permet notamment de créer rapidement des groupes de travail ou de monter ponctuellement un petit centre d'appels dans une salle de réunion.

→ Homogénéiser les services téléphoniques sur un ensemble de sites

Grâce à la centralisation du gestionnaire d'appels (principal composant d'un IPBX), le moindre site distant bénéficie de la même richesse de services téléphoniques que le siège de l'entreprise. En fait, un simple lien IP suffit dès lors que la liaison est capable de véhiculer les flux. Même le poste d'un télétravailleur sera vu et géré comme un employé normal. Cette homogénéité peut être mise à profit pour mettre en œuvre un centre d'appels virtuel, c'est à dire dont les agents sont géographiquement dispersés.

→ Faciliter l'intégration avec le système d'information

En principe, les PBX classiques permettent une intégration totale avec le système d'information, qu'il s'agisse de réaliser une messagerie unifiée, de centraliser un annuaire, ou de s'interfacer avec une application de gestion de la relation client. Mais une telle intégration a un coût, car plus ou moins propriétaire, et complexe à mettre en œuvre au sein de l'entreprise.

Cette fonction est nativement présente sur la plate-forme IPBX, qui est elle-même une application parmi d'autres. Certains constructeurs donnent accès à ses fonctions, via le concept de « web services ». Les téléphones deviennent pour leur part des terminaux informatiques offrant un accès à des applications très variées.

L'interface vocale et l'écran de taille réduite requièrent des développements certes particuliers, qui peuvent toutefois être basés sur des standards comme XML ou VoiceXML. Cette meilleure intégration avec le système d'information peut engendrer des gains de productivité difficiles à chiffrer, mais bien réels.

→ Évoluer plus facilement

Dans la mesure où le gestionnaire d'appels est pratiquement en veille une fois qu'il a initialisé un appel, il peut gérer un nombre de postes très important. Tant que le réseau est en mesure d'absorber les flux, nul besoin de le mettre à niveau. Il suffit de connecter de nouveaux postes IP. Par contre, au-delà d'un certain seuil, il faudra quand même augmenter le nombre de cartes sortant sur le réseau public. Mais on est loin des contraintes imposées par les PBX, dont l'extension par tranche et les principes tarifaires manquent de souplesse.

→ Regrouper les équipes et se passer d'un prestataire

Le passage à l'IP s'accompagne généralement d'une absorption de la téléphonie par le service informatique. Ce qui conduit à une réduction d'effectifs ou au redéploiement du personnel. Il faut alors offrir une formation aux ingénieurs de téléphonie pure afin qu'ils puissent aussi participer à la migration IP. Lorsque l'entreprise est trop petite pour entretenir une cellule dédiée à la téléphonie, la migration vers l'IP lui permettra de mettre fin au contrat de maintenance avec un prestataire spécialisé.

Cette liste exhaustive des avantages de la ToIP par rapport à la téléphonie classique, ne doit pas cacher les difficultés importantes liées à la convergence des réseaux voix et donnés. Avant toute décision, une étude approfondie du système d'information déjà en place dans l'entreprise s'impose.

4.6.3) Les points à surveiller avant de migrer

L'opportunité d'une migration vers la téléphonie sur IP dépend surtout de l'infrastructure existante. Des difficultés liées à la disponibilité, à l'alimentation des postes, à la sécurité ou au sans fil génèrent des surcoûts. Il est donc primordial pour les décisionnaires de se poser les bonnes questions.

- Quel est l'état de mes réseaux locaux (LAN) ?
 - Quel type de câblage est en place et où ?
 - Quels investissements seront nécessaires pour adapter mes réseaux de données au trafic vocal ?
- Comment se développe l'entreprise aujourd'hui et demain ?
 - Combien de sites ?
 - Combien d'utilisateurs ?
 - Quels sont les projets de développement ?
 - Quelles sont les demandes d'accès distants ou nomades ?
 - Quelles sont les demandes d'accès des nouveaux services ?
- Quel est le trafic prévisionnel pour la voix et les données ?
 - Trafic intra sites ?
 - Trafic extra sites ?
 - Trafic extra net ?
- Quel est le coût de possession des mes équipements actuels ?
 - Quels sont les coûts d'administration et de gestion ?
 - Quels sont les coûts de déménagement/modification ?
- Quelles sont les solutions WAN actuelles et leurs coûts ?
 - Quels sont les besoins inter sites ?
 - Quel est le niveau de service requis ?

Dans tous les cas, une étude approfondie de l'existant est nécessaire avant tout changement. De plus, il faudra plus particulièrement vérifier certaines caractéristiques du réseau. Ceci permettant d'accéder à une qualité de service en adéquation avec les espérances de l'entreprise et les attentes des usagers.

➔ Mettre à niveau le réseau étendu

Le transport de la voix sur un réseau IP étendu est certes bon marché mais il n'est pas gratuit. Outre la bande passante consommée, la téléphonie se révèle exigeante au niveau du délai de latence et du taux de pertes de paquets. Dans le cas le plus fréquent, la voix emprunte le chemin d'un VPN/IP sur lequel l'opérateur doit savoir prioriser les flux temps réels critiques. Soit un surcoût de 15 à 20 % par rapport à un VPN sans priorisation. Les flux vocaux ne peuvent excéder 20 % de la bande passante totale et il faut proscrire l'ADSL car son débit est asymétrique et son délai de latence est plus élevé qu'en SDSL.

SDSL et liaisons louées restent pratiquement seuls en lice, excepté quand les raccordements en fibre optique sont possibles. D'autre part, les réseaux métropolitains (MAN) basés de bout en bout sur la fibre sont bien adaptés au transport de flux téléphoniques entre sites voisins.

→ Dimensionner le réseau local

Un réseau local existant n'est pas forcément en mesure de supporter les nouveaux flux. Une évolution vers la commutation Ethernet 100 Mbit/s représente le minimum requis. La mise en œuvre de mécanismes de priorisation des flux est rarement nécessaire mais il serait avantageux de segmenter ces derniers via des réseaux locaux privés virtuels (VLAN).

→ Récupérer l'existant en téléphonie classique

Lorsqu'une société ne dispose que d'un seul type de central téléphonique et qu'elle opte pour l'offre IP du même constructeur, la migration sera progressive, sans heurts et sans perte de services. Dans le cas d'un parc hétérogène, l'interopérabilité est déjà partielle et ne sera guère plus dégradée par la migration vers une solution IP tierce. D'autant que les constructeurs de solutions IP ont fait des efforts pour supporter les protocoles d'interopérabilité.

→ Conférer une certaine autonomie aux sites distants

Les centraux téléphoniques utilisant un réseau IP local ou étendu parviennent à retrouver la fiabilité des PBX classiques grâce à des configurations logicielles mono applicatives donc très stables et des architectures en grappe. Mais, revers de la centralisation du gestionnaire d'appels, en cas de panne d'un lien réseau, les sites secondaires sont démunis.

La tolérance à une telle panne a un coût. Cisco préconise la mise en œuvre de fonctionnalités de téléphonie réduites sur les routeurs des sites distants. 3Com et Alcatel proposent plutôt le déploiement de petits gestionnaires d'appels. Dans tous les cas, une "media gateway" permettra d'effectuer des appels locaux sans passer par le site central, donc à moindre frais.

→ Intégrer la téléphonie sans fil

Pour la téléphonie sans fil, il semble logique d'opter pour le déploiement d'un réseau WiFi et de téléphones IP compatibles avec cette norme. Mais ces derniers sont plus chers, plus lourds et moins autonomes que les combinés DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunications, le standard des téléphones sans fils classiques). De plus, le roaming (passage du téléphone d'un point d'accès à un autre) est trop lent pour passer inaperçu.

Certains constructeurs corrigent ce défaut moyennant la mise en œuvre de technologies propriétaires. Il en va de même pour la priorisation de la voix sur le point d'accès Wi-Fi, qui fait actuellement l'objet d'un processus de standardisation à l'IETF (Internet Engineering Task Force).

L'alternative consiste à greffer une infrastructure DECT. Le mariage avec l'IP peut alors entraîner des effets de bords dus au fait que chacun utilise ses propres modèles de compression. Le problème peut être réglé par des mémoires tampon et des circuits d'annulation d'écho.

Au final, le choix entre DECT et Wi-Fi dépend de l'existant. Si l'entreprise est déjà équipée en DECT, elle le conservera, sinon, elle aura intérêt à attendre quelques mois avant de choisir le Wifi.

➔ Autoalimenter les postes téléphoniques

Les premiers IPBX imposaient une connexion de chaque poste au secteur. Il est désormais possible de fournir la tension via les paires Ethernet dédiées aux données à condition que les commutateurs puissent supporter une mise à niveau réalisée grâce à une carte fille spécifique.

A la mi-2003, l'IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) a ratifié une norme baptisée 802.3 F qui standardise ce mode d'alimentation, permettant ainsi de relier téléphones et commutateurs hétérogènes. Toutefois, la jeunesse de cette norme impose encore des tests de compatibilité. Pour les commutateurs de plus de deux ou trois ans, l'alimentation ne peut passer que par les paires de fils Ethernet non utilisées, moyennant un adaptateur externe qui a un coût et qui complique la mise en oeuvre.

➔ Assurer la sécurité

Comme tout flux IP, les communications vocales peuvent être interceptées. Pire : le gestionnaire d'appels ne voit rien puisqu'il se contente d'initialiser les communications. C'est donc le poste IP qui doit traiter le problème, d'abord en s'authentifiant auprès du gestionnaire d'appels, ensuite en détectant un changement d'adresse MAC ou IP du correspondant.

➔ Calculer le retour sur investissement (ROI)

Une solution IPBX revient 20 à 50 % plus cher (hardware et software) mais l'investissement est contrebalancé par des coûts d'exploitation plus faibles et des avantages qualitatifs. Il faut réaliser un calcul de retour sur investissement qui tient compte de l'existant, des contrats de maintenance, de la nécessité de faire évoluer le réseau ou encore des déménagements planifiés. Chacun de leur côté, Alcatel et Telindus ont développé des offres de services ou des logiciels permettant d'évaluer le ROI, le type de migration adapté (brutale ou progressive) et le bon moment pour la réaliser.

Après l'analyse de tous ces points, l'entreprise pourra alors choisir la technologie la plus adaptée à ses besoins en toute connaissance de cause. Cependant, suivant la taille, l'activité et la répartition géographique de celle-ci, il est possible de mettre en place différents schémas de migration vers la ToIP.

4.6.4) Les architectures de migration vers la ToIP

La voix sur IP est assez mature aujourd'hui pour proposer aux entreprises une large palette de produits et services possibles. Il s'agit pour ces entreprises de savoir comment effectuer ces migrations. En effet, les solutions de voix sur IP sont multiples et changent selon la taille des entreprises et leur secteur d'activité.

La VoIP dans une TPE

Les TPE désignent les petites entreprises d'un ou deux employés. Les TPE opteront pour une solution VoIP qui consiste en l'achat d'un adaptateur voix sur IP et d'une souscription à un service de VoIP qui permet de collecter et de terminer les appels.

Une micro entreprise n'est pas en mesure de négocier des prix très attractifs avec son opérateur téléphonique traditionnel du fait de sa petite taille. En effet, un opérateur national pourrait effectivement revoir ses prix vers l'international si l'entreprise génère beaucoup de trafic ce qui est rarement le cas lorsqu'elle est une TPE. Il est donc impératif pour les TPE de souscrire à une solution VoIP pour la réduction des coûts qui sera certainement significative.

Pour les TPE situées hors de France, il est recommandé d'effectuer une recherche approfondie des services offerts par les différents fournisseurs VoIP. La première étape consisterait à se renseigner auprès des fournisseurs présents dans le même pays que l'entreprise. L'objectif pour une TPE qui souhaite migrer vers la VoIP consiste à faire le point sur les destinations de ses appels. En effet, selon la destination de la plupart de ses appels, la recherche d'un fournisseur VoIP s'orientera de manière différente.

Il est également primordial de faire une estimation du nombre d'heures d'appels effectuées dans le mois afin de mesurer si le coût de l'abonnement est rentabilisé ou s'il serait plus judicieux d'opter pour une solution VoIP sans abonnement.

La VoIP dans une PME

Il existe deux solutions possibles recommandées pour les petites et moyennes entreprises qui souhaitent migrer vers la Voix sur IP :

- L' IPBX (ou PABX distribué)
- Le PABX virtuel (ou PABX centralisé ou IP Centrex)

La différence entre ces deux solutions de voix sur IP ne réside pas dans les fonctionnalités qui sont en fin de compte, les mêmes. Cette différence réside uniquement sur le lieu où est hébergée la solution (équipement et logiciels). C'est-à-dire que l'entreprise peut souhaiter héberger la solution IPBX dans ses locaux ou bien laisser le soin de l'hébergement du matériel par le fournisseur de service lui-même.

Rappelons que nous sommes dans un environnement IP (Internet) et que la transmission des données et de la voix s'effectue à travers ce réseau. Il est donc tout à fait possible, que le PABX de votre société ne soit pas dans les locaux de votre entreprise, mais dans ceux de votre opérateur VoIP.

Adopter une solution distribuée

Dans ce cas de figure, l'entreprise dispose d'une solution PABX complète (équipements et logiciels) au sein de ses locaux. Le logiciel le plus utilisé actuellement est le logiciel Asterisk (sur Linux). Ce logiciel étant celui que nous utilisons dans le cadre de notre projet. Il est donc possible d'utiliser Asterisk comme « proxy server » au sein d'une agence et en tant qu'IPBX entre sites distants d'une même entreprise (protocole IAX).

L'entreprise dispose avec une telle solution, des fonctionnalités propres aux PABX traditionnels pour un coût beaucoup moins élevé. En effet, les PABX basés sur Internet (IPBX) sont beaucoup moins chers que les traditionnels PABX utilisés jusqu'à présent dans la plupart des entreprises. Si la PME opte pour une telle solution, c'est elle qui devra assurer la maintenance du PABX ce qui n'est pas le cas si elle opte pour une solution centralisée ou virtuelle.

Adopter une solution virtuelle (IPcentrex)

La solution IPBX virtuelle (centralisée) est de plus en plus utilisée par les entreprises qui souhaitent bénéficier d'un système PABX moins coûteux que le PABX traditionnel mais dont ils n'ont pas à assurer la maintenance.

L'IPcentrex se différencie des solutions PABX traditionnels sur plusieurs points :

- Délégation de l'aspect technique

L'IPcentrex permet à l'entreprise de déléguer tout l'aspect technique du central téléphonique à son opérateur VoIP tout en conservant la maîtrise fonctionnelle des services via une interface d'administration. Cette interface permet une configuration de certains points propres à l'entreprise tels que la langue utilisée pour le standard automatique, l'attribution de lignes téléphoniques à certains postes, etc.

- Délégation des équipements

Il ne nécessite plus de disposer d'un PABX dans les locaux de l'entreprise. C'est le fournisseur VoIP qui héberge le central téléphonique dans ses propres locaux.

- Gestion des appels

Il permet une meilleure gestion des appels au sein d'une entreprise. En effet, les opérateurs VoIP offrent souvent une trace claire des communications. Il est possible de prévenir ou empêcher les abus en limitant les appels depuis un poste spécifique au sein d'une entreprise.

- Location des services

Bénéficier d'une solution IPcentrex ne nécessite pas l'achat du matériel. Les opérateurs VoIP proposent de louer ce service.

- Solution évolutive

Il est une solution évolutive qui s'adapte parfaitement aux besoins de l'entreprise. En effet, une solution IPcentrex a moins de limites en terme de capacité, que les PABX traditionnels.

La VoIP dans une Grande Entreprise (GE)

Deux solutions sont particulièrement recommandées pour les grandes entreprises.

Serveur de type SER (protocole SIP)

La première solution consisterait en l'implémentation d'un serveur SIP de type SER (SIP Express Router) au sein des locaux de cette entreprise. Une telle technologie est assez mature pour pouvoir être utilisée par les entreprises multi-sites. En effet, elle est utilisée par un grand nombre d'opérateurs de VoIP qui servent une communauté de plusieurs milliers, voir dizaines de milliers de personnes à travers le monde. Ces personnes peuvent communiquer gratuitement les unes avec les autres via un softphone ou un téléphone IP. Les utilisateurs au sein d'une grande entreprise pourraient donc communiquer gratuitement. L'entreprise devrait alors créer son propre domaine SIP et associer à ce domaine SIP, des comptes SIP. Un compte SIP correspond à un compte utilisateur où autrement dit, un numéro de téléphone SIP.

Ces numéros de téléphone dit 'numéros SIP' ne peuvent être contactés depuis un téléphone fixe ou mobile directement. En effet, les numéros SIP au sein d'une entreprise ne sont visibles qu'à l'intérieur de cette entreprise. Autrement dit, seuls les numéros SIP associés au domaine de l'entreprise peuvent joindre directement les autres numéros SIP appartenant au même domaine.

Les équipements nécessaires à l'implémentation complète d'une solution de voix sur IP basée sur un serveur SIP sont : un serveur SIP, des gateways et des adaptateurs ATA en plus des équipements traditionnels au sein d'un réseau informatique dans une entreprise.

Serveur Asterisk (protocoles IAX et SIP)

La seconde solution consisterait en l'adoption de serveurs Asterisk implémentés sur chaque branche de l'entreprise. L'adoption d'Asterisk au sein d'une entreprise permet d'avoir des fonctionnalités qui diffèrent des serveurs SIP et l'intégration d'une telle solution VoIP ne s'effectuerait pas de la même manière que la solution décrite précédemment.

En effet, Asterisk est basé sur le protocole IAX (même si il supporte aussi le protocole SIP ou H323). En effet, la limite du protocole SIP réside dans sa difficulté à s'intégrer au sein de réseaux disposant d'un NAT..

De plus, une solution Asterisk ferait office de PABX au sein d'une entreprise. En effet, Asterisk offre toutes les fonctionnalités d'un PABX classique. Asterisk est considéré comme le PABX nouvelle génération, basé sur IP (Internet) dont le coût d'installation et d'exploitation est moins élevé que le coût d'un PABX traditionnel. Comme nous l'avons dit précédemment, la solution est d'utiliser Asterisk comme « proxy server » au sein d'une agence et en tant qu'IPBX entre sites distants d'une même entreprise (protocole IAX). Cette implémentation permet de s'affranchir du problème de translation d'adresse.

5) Objectifs atteints

Au cours de ces six mois de projet, nous avons pu mettre en place :

Deux clients SIP peuvent établir une communication entre eux.

Un client SIP peut appeler un client analogique, et inversement. Cependant, la carte Digium X100P étant très basique, elle ne détecte pas le raccrochage de la ligne analogique, ce qui a pour conséquence qu'il est impossible d'établir un second appel vers un poste analogique sans avoir au préalable réinitialisé le programme de commande de la T2000. Ce problème n'apparaissant par lors du raccordement de la carte X100P à une ligne France Télécom, il doit s'agir d'un problème de détection des fréquences.

La messagerie vocale : un client SIP peut alors accéder à ses messages de deux façons, soit en appelant sa messagerie vocale, soit en consultant ses mails (il recevra alors un nouveau mail, dans lequel il trouvera le message vocal sous forme de pièce jointe).

Les utilisateurs peuvent effectuer des conférences en rejoignant une salle de conférence.

CONCLUSION

Actuellement, il est évident que la téléphonie IP va continuer de se développer dans les prochaines années. Ce marché est assez jeune mais se développe à une vitesse importante. C'est aujourd'hui que les entreprises doivent investir dans la téléphonie IP.

IP étant maintenant un protocole très répandu dans le monde des réseaux, de nombreuses entreprises peuvent à moindre coût profiter de la téléphonie au travers de ce standard. De plus cette migration facilite la convergence téléphonie informatique et la mobilité.

Comme nous l'avons dit tout au long de ce rapport, une étude approfondie du réseau existant est nécessaire avant d'envisager une migration du réseau téléphonique traditionnel vers une solution de VoIP. Une fois cette étape franchie, il est impératif d'étudier les offres proposées sur le marché, notamment choisir entre une solution insourcing ou outsourcing.

On peut ainsi vraisemblablement penser que le protocole IP deviendra un jour un standard unique permettant l'interopérabilité des réseaux mondialisés. C'est pourquoi l'intégration de la voix sur IP n'est qu'une étape vers EoIP : Everything over IP (le tout IP).

Ce projet a été très intéressant pour nous. Tout d'abord, il nous a permis d'approfondir nos connaissances dans les domaines du traitement du signal et des réseaux. De plus, ce projet a été l'occasion pour nous d'élargir notre connaissance du travail en équipe, de se répartir les tâches et de respecter un calendrier. Malgré les difficultés rencontrées, nous avons réussi à conduire ce projet de son point de départ à sa phase de validation.

Nous tenons à remercier toutes les personnes qui nous ont encadrées au cours de ce projet : Monsieur DEVRIENT, chef du département de Traitement du Signal, Monsieur WILTORD, qui nous a aidé au lancement du projet, et surtout, Monsieur COUTURIER, notre chef de projet qui s'est toujours montré très disponible à notre égard.



Annexes

A1) Guide utilisateur

A1.1) Installation Debian Linux 3.1 et Asterisk 1.2.3

La première étape afin de déployer l'IPBX est l'installation de la distribution Debian de Linux.

A1.1.1) A propos de ce Document

Ce document a pour but de guider l'utilisateur dans tout le processus d'installation de GNU/Linux Debian 3.1, et celle d'Asterisk 1.2.3. Il constitue la documentation de toute l'installation logicielle effectuée lors de notre projet de fin d'année. Son objectif est de permettre au lecteur l'installation d'une plate-forme de test du logiciel Asterisk.

Toutes les captures d'écrans de l'installation de linux Debian sont issues de :

<http://people.via.ecp.fr/~alexis/formation-linux/>

Ce document est donc, en tant qu'oeuvre dérivée d'un ouvrage publié sous licence GPL, fourni sous cette même licence dont le texte intégral est disponible à l'adresse :

<http://people.via.ecp.fr/~alexis/formation-linux/gpl.html>

De plus, outre la documentation Debian disponible à l'adresse précédente, d'autres documents nous ont été d'une aide précieuse lors de l'installation logicielle de notre projet, parmi lesquels :

- <http://www.voip-info.org/wiki/>

- Asterisk: The Future of Telephony de Jim Van Meggelen, Jared Smith et Leif Madsen. publié chez O'Reilly.

A1.1.2) Choix de la plate-forme : Linux Debian 3.1

Comme nous l'avons vu, Asterisk est un logiciel conçu dès le départ pour être très portable, et il fonctionne sous un très grand nombre de plateformes. Mais comme Linux possède une quantité importante de pilotes permettant d'utiliser le matériel nécessaire à Asterisk pour communiquer avec le monde de la téléphonie non IP (que ce soit le réseau téléphonique RTC, ou RNIS), nous nous sommes orientés vers cette solution pour déployer notre prototype de PBX VoIP.

Cependant, l'appellation Linux pour décrire un système d'exploitation (comme dans la phrase « Linux est un concurrent de Microsoft Windows ») est abusive : en effet, Linux n'est que le noyau du système d'exploitation, c'est à dire la partie qui gère le matériel. Au-dessus de ce noyau, de nombreuses couches de logiciels existent, afin de permettre à l'utilisateur d'interagir avec le système. Le noyau Linux est souvent utilisé avec les logiciels GNU, donnant le couple GNU/Linux. La particularité de Linux comme des logiciels GNU, est d'être fourni sous une licence particulière, la licence GPL. Cette licence stipule entre autres que le logiciel doit être accompagné de ses sources.

Dès lors, de nombreuses entités (associations, entreprises commerciales, agences gouvernementales, etc) compilent le noyau Linux et les outils GNU afin de fournir un système d'exploitation utilisable par l'utilisateur. Chacune de ces entités produit donc sa propre version de Linux, appelée une « Distribution ». Même si elles sont toutes basées sur les mêmes logiciels, elles diffèrent par leur support commercial, les outils fournis avec chacune d'elle, les logiciels installés par défaut, leur spécialité, etc.

Il existe autant de distributions Linux que de besoins, mais parmi les distributions généralistes les plus populaires figurent :

RedHat GNU/Linux (www.redhat.com)

SuSe GNU/Linux (www.novell.com)

Ubuntu GNU/Linux (www.ubuntu.com)

Mandriva GNU/Linux (www.mandriva.com)

Debian GNU/Linux (www.debian.org)

Toutes ces distributions permettent d'installer Asterisk, et certaines d'entre elles en proposent même une version dans leurs CDs d'installation.

Nous avons choisi d'installer Debian GNU/Linux dans sa dernière version stable, la version Sarge (3.1), pour les raisons suivantes :

- Debian a un « release cycle » très long, c'est à dire que le temps entre la sortie d'une version N et la sortie de la version N+1 est long, ce qui assure que notre version disposera de mises à jour de sécurité pendant une longue période.
- Cette distribution installe peu de logiciels par défaut, laissant à l'utilisateur le choix manuel des composants qu'il souhaite installer.
- Elle dispose d'une communauté d'utilisateurs très active, permettant d'avoir une réponse très rapide en cas de problème.

A1.1.3) Matériel requis

Linux Debian est réputé comme étant l'une des distributions Linux demandant le moins de ressources pour son installation ; n'importe quel micro ordinateur récent n'aura donc aucun problème pour faire tourner Debian GNU/Linux.

Outre les micro ordinateurs de type PC Intel / AMD (IA 32), Debian peut être installé sur les micro ordinateurs ayant pour processeurs AMD Athlon64/Opteron et Xeon EMT64, Motorola 680x0, Alpha, Sun SPARC, ARM, PowerPC, HP PA-RISC, Intel Itanium et MIPS.

La disponibilité de Debian et d'Asterisk pour autant d'architectures est intéressante, puisqu'elle signifie que cette documentation est valable pour une gamme de machines allant du PC Dell aux stations Alpha VMS en passant par les stations Sun SPARC.

Les besoins d'Asterisk en puissance de calcul sont beaucoup plus élevés et dépendent du nombre de communications simultanées et des codecs utilisés. Mais, à titre illustratif, le tableau ci-dessous indique les ordres de grandeur des besoins en puissance de calcul en fonction du nombre de communications simultanées :

Petit système (<10 appels)	Moyen (entre 10 et 200 appels)	Grand (de 200 à 5000 appels)
Intel Celeron 400Mhz 128Mo RAM	AMD Opteron mono ou biprocasseur, 1Go RAM	Charge répartie entre plusieurs systèmes Asterisk

De plus, il est nécessaire de choisir une carte permettant de faire l'interconnexion de l'ordinateur Asterisk et du réseau téléphonique existant. Dans notre cas, nous avons utilisé une carte Digium X100P, offrant une seule ligne analogique. Cependant pour tout déploiement, il conviendra de se renseigner auprès de sociétés comme Digium (www.digium.com) afin de savoir quel matériel serait le plus adapté.

A1.1.4) Téléchargement du média d'installation

GNU/Linux Debian 3.1 est offerte sous la forme de 14 CD de 700Mo ou 2 DVD. Une autre option permettant d'éviter le téléchargement de 9Go de données et l'utilisation d'un CD dit CD de « net install ». Ce CD contient le minimum nécessaire à la reconnaissance du matériel, et il ira ensuite télécharger les programmes nécessaires à l'installation sur Internet.

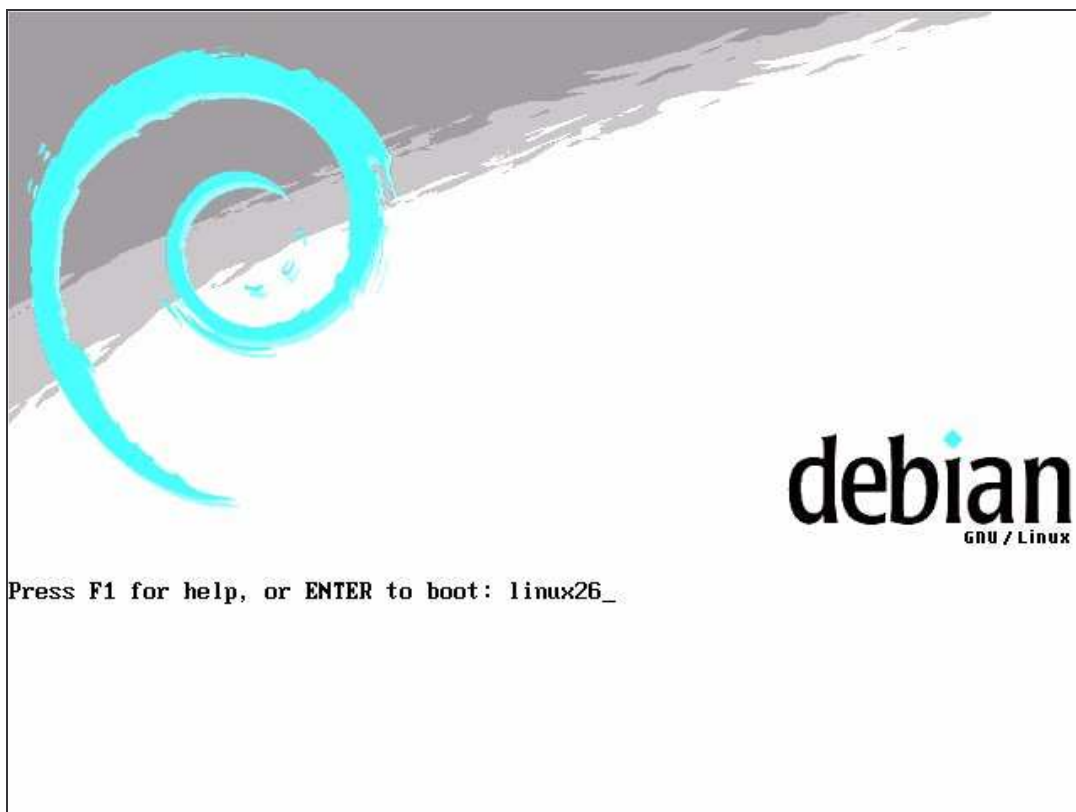
Le CD de net install est disponible à l'adresse suivante sous forme de fichier iso :

ftp.free.fr/mirrors/cdimage.debian.org/debian-cd/3.1_r0a/i386/iso-cd/debian-31r0a-i386-netinst.iso.

Une fois le cédérom téléchargé et gravé, il suffit de l'insérer dans le lecteur et de redémarrer l'ordinateur (en ayant pris soin de s'assurer que le BIOS est configuré pour démarrer sur le cédérom).

A1.1.5) Débuter l'installation

Si l'ordinateur démarre sur le cédérom, vous devriez voir apparaître l'écran suivant :



C'est à cet instant que l'on a la possibilité d'indiquer à Debian sur quel noyau démarrer. La version 3.1 de Debian propose d'utiliser soit une version 2.4 de Linux, soit une version 2.6, plus récente. Nous utiliserons la version 2.6 pour son support matériel et ses performances qui sont meilleures que celles de la version 2.4. Indiquons donc « linux26 » puis validons par « entrée ».

Le programme d'installation pose ensuite deux questions concernant la langue et le clavier de l'utilisateur. Puis se lance la détection du matériel de l'ordinateur. Aucune action de l'utilisateur n'est nécessaire pendant cette phase.

A1.1.6) Configuration du réseau

Si le programme d'installation a reconnu la carte réseau de l'ordinateur et a réussi à charger un pilote pour celle ci, il va ensuite essayer de configurer le réseau.

Tout d'abord, il essaie de contacter un serveur DHCP afin d'obtenir une adresse automatiquement. Si cette requête échoue, il va demander à l'utilisateur de renseigner manuellement :

- L'adresse IP de la machine
- Le masque de sous-réseau
- L'adresse IP de la passerelle par défaut
- L'adresse IP d'un serveur DNS (facultatif)
- Le nom de la machine
- Le nom du domaine

Il convient de noter qu'il est impératif de renseigner les paramètres réseau correctement : en effet puisque nous utilisons un CD de « net install », le programme d'installation va tenter de contacter des serveurs distants afin de télécharger les données nécessaires à la poursuite de l'installation. Si le réseau est mal configuré ou indisponible, l'installation ne pourra continuer.

A1.1.7) Partitionner

L'étape suivante consiste à créer les partitions nécessaires à l'installation de Linux. Il faut savoir que tout système GNU/Linux nécessite au minimum deux partitions pour pouvoir fonctionner. Dans le cadre présent d'installation d'un prototype, nous nous contenterons de ce partitionnement :

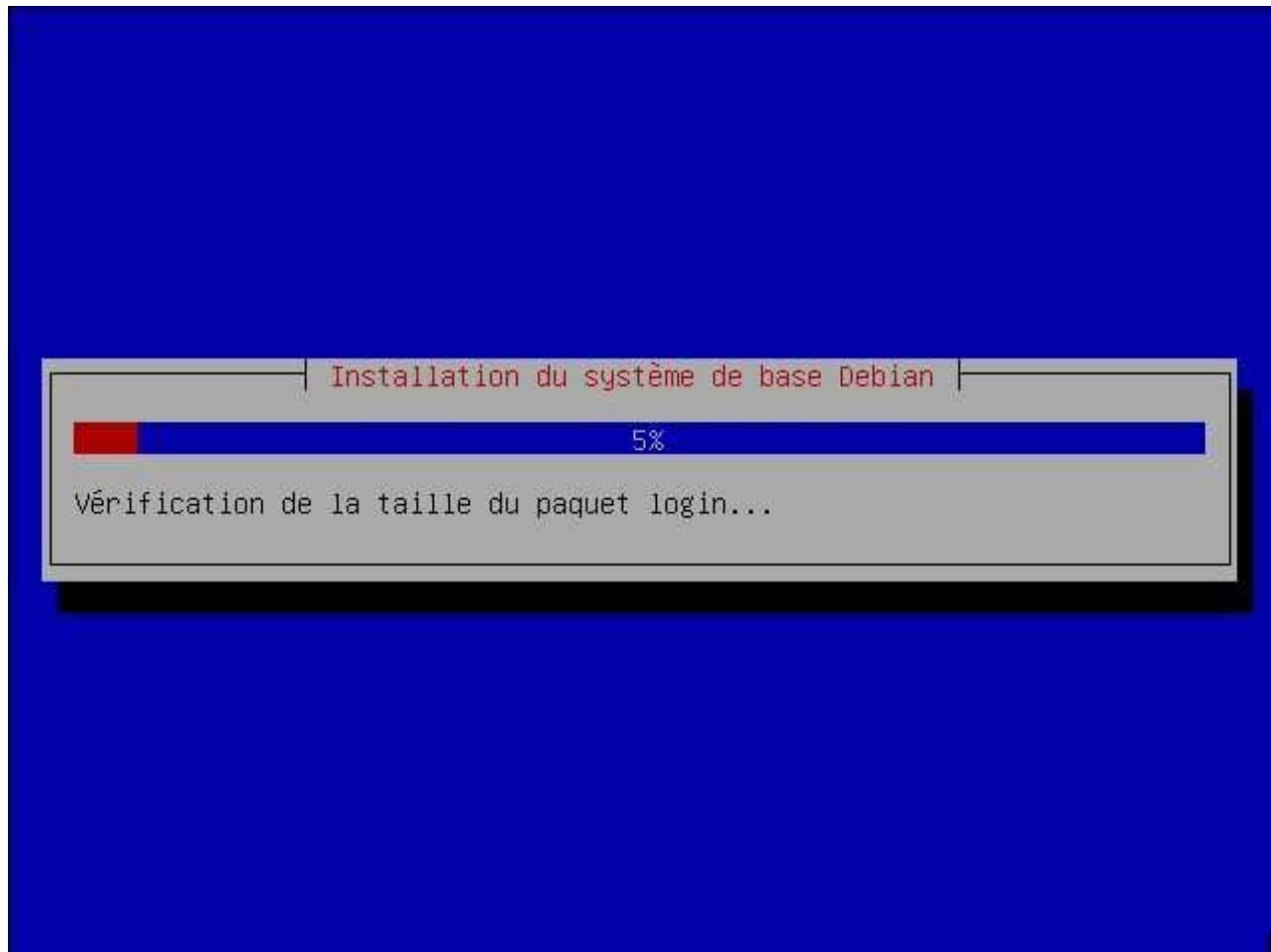
<i>Nom</i>	<i>Explication</i>	<i>Système de fichier</i>
/ (root)	Espace destiné à contenir les données du système	ext3
Swap	Espace dédié à la mémoire virtuelle, utilisée lorsque le système ne dispose plus de mémoire vive	swap

Ce schéma de partitionnement est celui proposé de base par l'installateur Debian. Cependant il a ses limites : du fait que toutes les données soient situées dans une même partition, un programme défaillant peut remplir le dossier /tmp (dossier temporaire) d'informations de déboguage, et occuper tout l'espace disque, rendant la machine inutilisable.

Pour un déploiement en production, il conviendrait de dédier des partitions séparées aux divers répertoires utilisés, ce qui offre, certes moins de souplesse, mais plus de robustesse.

A1.1.8) Installation du système de base

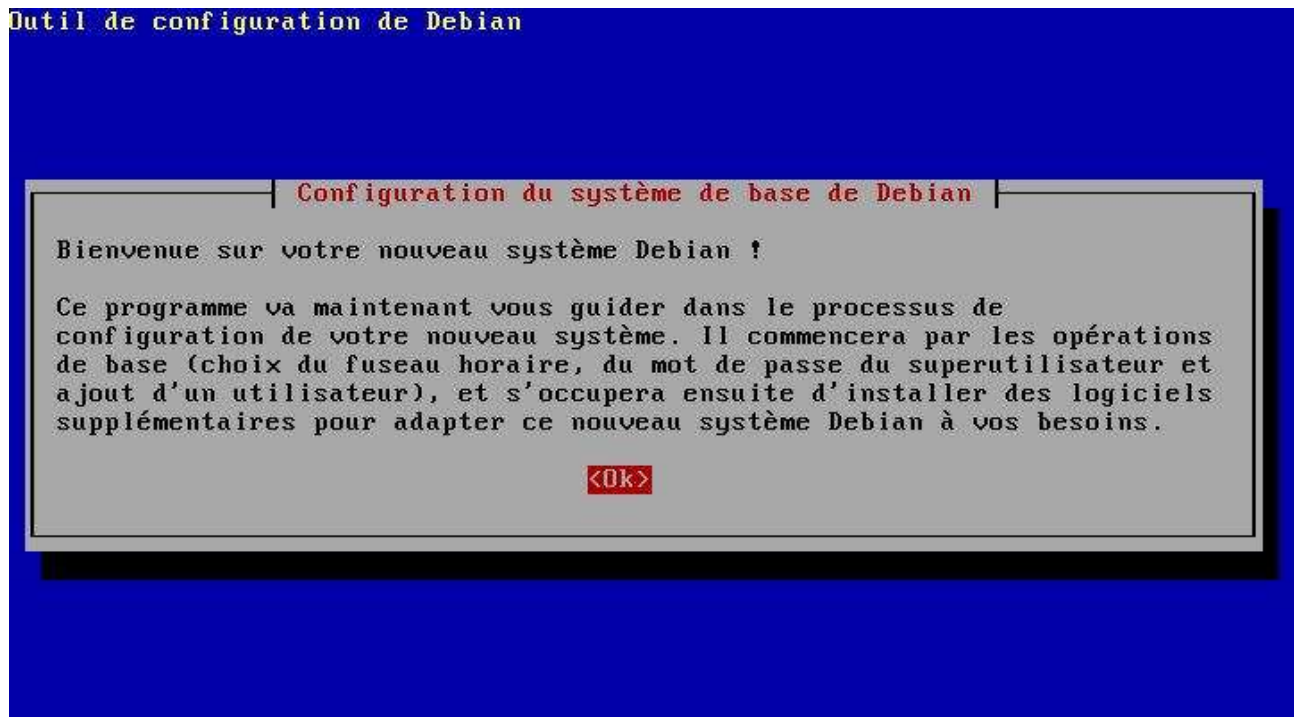
Une fois le disque dur partitionné, l'installateur commence son travail sur le système de base. Aucune action n'est nécessaire de la part de l'utilisateur, qui ne peut que patienter.

**A1.1.9) Premier démarrage**

L'étape suivante est l'installation d'un « boot loader », c'est-à-dire un programme permettant à l'utilisateur de choisir quel système il souhaite utiliser au démarrage de son ordinateur. Par exemple, dans le cas d'un ordinateur sur lesquels seraient installés Microsoft Windows et Debian GNU/Linux, le boot-loader présentera à l'utilisateur un menu lui permettant de décider quel système il souhaite utiliser. Le boot-loader installé avec Debian est GRUB.

Une fois le gestionnaire de démarrage installé, le programme éjecte le CD d'installation et redémarre l'ordinateur. L'écran de bienvenue suivant apparaît :

Outil de configuration de Debian



A1.1.10) Fin de la configuration du système

L'heure

La première question posée par le programme après ce message de bienvenue concerne l'heure du système. Il faut répondre « Oui » à la question « L'horloge est-elle à l'heure GMT » si Microsoft Windows n'est pas installé sur l'ordinateur. En répondant oui, on indique au programme d'installation que l'horloge matérielle du PC (celle qui est consultable dans le BIOS) est réglée sur l'heure de Greenwich, et Linux s'adaptera en ajoutant toujours une heure à l'horloge matérielle.

La réponse « non » est destinée aux utilisateurs de Microsoft Windows. En effet Microsoft Windows ne fait pas de distinction entre son horloge et l'horloge matérielle.

Les mots de passe

Le système demande ensuite le mot de passe du super utilisateur, l'utilisateur « root ». Cet utilisateur est l'administrateur du système, il a tout pouvoir sur les dossiers système, y compris celui de « tout casser ». C'est pour cela qu'il faudra aussi, comme le propose le programme d'installation, créer un autre utilisateur pour toutes les opérations qui ne nécessitent pas les « super pouvoirs ». Nous verrons plus tard comment autoriser des utilisateurs normaux à accéder à certaines commandes du super utilisateur.

A1.1.11) Les paquets

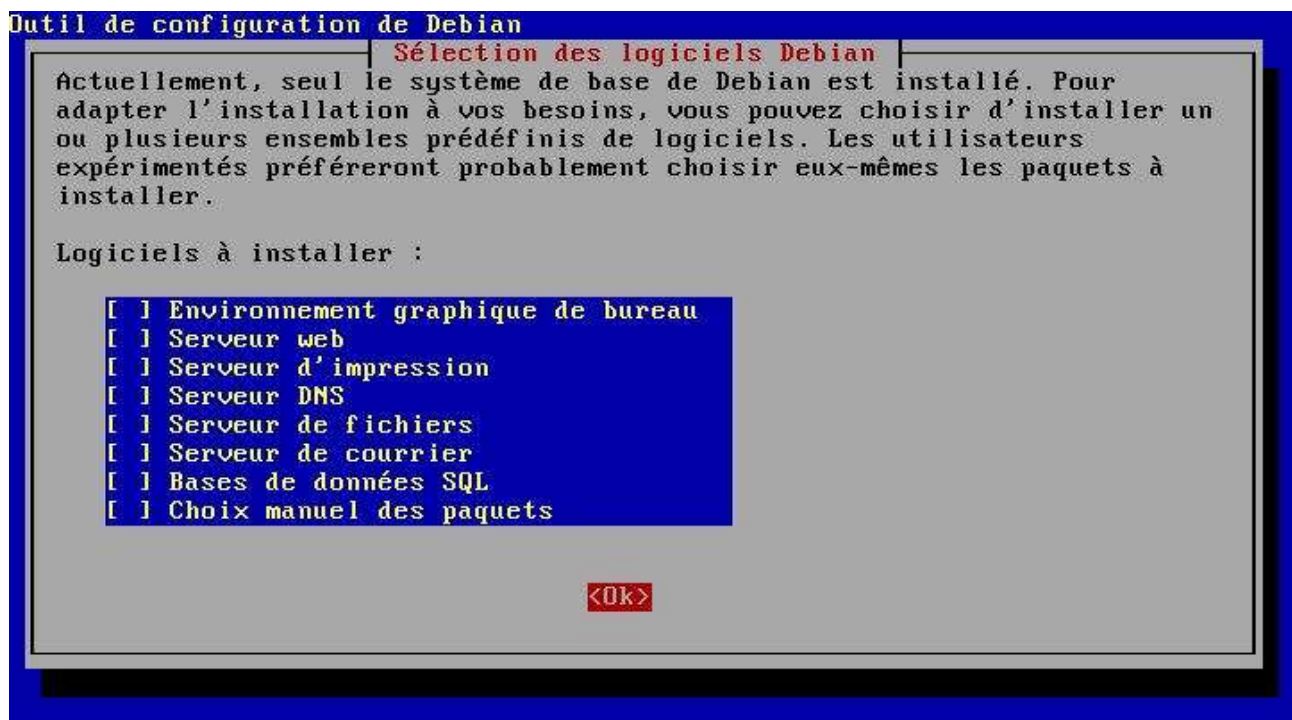
Choix du miroir

Une fois les mots de passe configurés, le programme d'installation propose une liste de serveurs Internet agissant comme des miroirs de « ftp.debian.org ». Ces serveurs contiennent tout le contenu des 14 CD d'installation (et même bien plus), et c'est sur eux que l'installateur ira télécharger les programmes que nous souhaitons installer.

Tous les sites proposés par l'installateur devraient offrir une rapidité suffisante, cependant, les abonnés de free.fr utiliseront probablement « ftp.fr.debian.org » (hébergé par free.fr) et ceux de wanadoo « ftp2.fr.debian.org » (hébergé par Wanadoo).

Installation des logiciels supplémentaires

Après le téléchargement de la liste des logiciels disponibles, l'utilisateur se voit présenter l'écran suivant :



Il faut alors s'assurer qu'aucune case n'est cochée (nous installerons manuellement plus tard les logiciels que nous désirons), puis sélectionner OK.

Le programme va maintenant télécharger sur le miroir choisi tous les programmes nécessaires. Ensuite le système est prêt !

A1.1.12) Installation des paquets nécessaires

Une fois l'invite de connexion disponible « login : », il est nécessaire de se connecter en tant qu'administrateur (root) afin de pouvoir installer les logiciels dont nous aurons besoin.

Note sur l'installation de logiciels sous Linux

Il est très important de réaliser que l'installation des logiciels sous Linux ne se passe pas, sauf cas très précis, comme sous Windows. Sous Linux, on utilise un programme nommé gestionnaire de paquets (nommé **apt-get** dans le cas de Debian). Ce programme est chargé de chercher sur Internet (sur « ftp.fr.debian.org » par exemple) ou sur les DVD d'installation la dernière version disponible du logiciel demandé, de la télécharger puis de l'installer.

Mais, ce programme se charge aussi d'installer toutes les dépendances. Par exemple si l'on souhaite installer un jeu, **apt-get** installera automatiquement la librairie graphique utilisée par le jeu, mais aussi toutes les librairies de programmation dont a besoin le logiciel.

Cette approche présente un avantage certain : en cas de problème de sécurité ou de bogue dans un logiciel, il suffit de dire à **apt-get** « mets tout le système à jour », alors **apt-get** ira chercher des versions corrigées de tous les logiciels installés sur le système.

Cependant Linux Debian 3.1 est la version dite stable de Debian, dans le sens où les logiciels qu'elle contient ne changent pas, sauf pour corriger des bugs de sécurité. C'est donc une version particulièrement adaptée aux serveurs, puisqu'une fois configurés, les logiciels inclus dans Debian auront leur suivi de sécurité assuré, mais aucune nouvelle version ne sera installée. Ce système est opposé à la version « unstable » de Debian, qui, elle, est en perpétuelle évolution, avec parfois des dizaines de nouvelles versions de logiciels tous les jours.

La version d'Asterisk actuellement présente dans la Debian stable est la version 1.0.7. Afin de profiter des possibilités des versions plus récentes d'Asterisk, nous allons donc télécharger les sources de la dernière version d'Asterisk disponible (1.2.4), puis les compiler. L'installation d'un logiciel à partir de ses sources est beaucoup plus longue, et implique le téléchargement de toutes les librairies de développement nécessaires (compilateur C, librairies utilisées par le programme, sources du noyau dans le cas de la compilation d'un pilote matériel).

Les paquets nécessaires

Pour compiler Asterisk, Zaptel (pilotes de la carte RTC) et libpri (librairie dont a besoin Asterisk), nous aurons besoin des paquets suivants :

<i>Nom</i>	<i>Nom</i>
kernel-headers-`uname -r`	libeditline-dev
Bison	libedit-dev
Openssl	libedit2
Libssl	libncurses5
libssl-dev	libncurses5-dev
libeditline0	

On peut consulter une description de chacun de ces paquets avec la commande :
apt-cache show nom_du_paquet

Mais nous aurons aussi besoin d'autres programmes:

<i>Nom</i>	<i>Description</i>
Apache	Serveur web qui nous permettra de configurer l'accès web à la messagerie vocale
Perl	perl et mod_perl, car le programme d'accès à la messagerie vocale est écrit en perl
perl-suid	
Postfix	Serveur d'email, qui nous permettra de configurer l'envoi des messages vocaux par mail
Sudo	Permettant de donner des pouvoirs de super utilisateurs aux utilisateurs réguliers, à configurer avec la commande « visudo ».
Sox	Permettant de transcoder des fichiers son, afin de les mettre au format GSM accepté par Asterisk
Ssh	Permettant un accès à distance à la machine via le port 22 TCP et un client comme putty sous windows
Wget	Permettant de télécharger des fichiers à partir de serveurs ftp ou http

Une fois tous ces paquets installés à l'aide de la commande **apt-get install nom_du_paquet**, nous pouvons procéder au téléchargement d'Asterisk et de Zaptel ainsi qu'à leur compilation puis leur installation.

Pour plus d'informations sur **apt-get** et la configuration des dépôts sur lesquels il doit chercher les logiciels, se reporter à la documentation suivante :

<http://people.via.ecp.fr/~alexis/formation-linux>

A1.1.13) Téléchargement d'Asterisk et de Zaptel

Se placer dans le dossier des sources:

```
cd /usr/src
```

Puis télécharger les fichiers nécessaires:

```
wget http://ftp.digium.com/pub/telephony/zaptel/zaptel-1.2.3.tar.gz
```

```
wget http://ftp.digium.com/pub/telephony/asterisk/asterisk-1.2.4.tar.gz
```

```
wget http://ftp.digium.com/pub/telephony/asterisk/asterisk-addons-1.2.1.tar.gz
```

```
wget http://ftp.digium.com/pub/telephony/asterisk/asterisk-sounds-1.2.1.tar.gz
```

```
wget http://ftp.digium.com/pub/telephony/libpri/libpri-1.2.2.tar.gz
```

Ensuite extraire toutes ces archives:

```
tar xvzf zaptel-1.2.3.tar.gz
```

```
tar xvzf asterisk-1.2.4.tar.gz
```

```
tar xvzf asterisk-addons-1.2.1.tar.gz
```

```
tar xvzf asterisk-sounds-1.2.1.tar.gz
```

```
tar xvzf libpri-1.2.2.tar.gz
```

Une fois toutes les sources extraites, on peut effacer les archives:

```
rm -f *.tar.gz
```

A1.1.14) Compilation et installation de Zaptel

Avant de compiler zaptel, il peut être intéressant d'éditer le fichier **zconfig.h** disponible dans le dossier des sources de zaptel (**/usr/src/zaptel-1.2.3**). Notamment, si le processeur de l'ordinateur est un processeur supportant les instructions MMX (à partir de l'Intel Pentium 1 MMX), il peut être intéressant de décommenter la ligne :

```
/* #define CONFIG_ZAPTEL_MMX */
```

De même, dans ce fichier il faudra préciser quel jeu de fréquences envoyer par défaut, en modifiant la ligne **#define DEFAULT_TONE_ZONE 0** et en remplaçant le 0 par un 2 pour la France, par exemple.

Une fois ces modifications apportées, on peut se lancer dans la compilation de Zaptel :

```
cd /usr/src/zaptel-1.2.3  
make  
make install
```

A1.1.15) Compilation et installation de libpri

La compilation de libpri est effectuée avec les commandes suivantes :

```
cd /usr/src/libpri-1.2.2  
make  
make install
```

A1.1.16) Compilation et installation d'Asterisk

La compilation d'asterisk se fait comme suit :

```
cd /usr/src/asterisk-1.2.4  
make clean  
make  
make install
```

Puis pour installer des fichiers de configuration d'exemple :

```
make sample
```

Puis pour installer une interface web à la messagerie vocale :

```
make webvmail
```

La configuration de cette interface à la messagerie vocale sera abordée plus tard.

A1.1.17) Installations des sons

Pour installer des sons utilisables dans asterisk, il suffit de suivre la procédure suivante:

```
cd /usr/src/asterisk-sounds-1.2.1  
make install
```

A1.1.18) Conclusion

Nous disposons maintenant d'une plate-forme fonctionnelle basée sur Linux et disposant de la dernière version d'Asterisk. Il reste maintenant la configuration de ce dernier, ce au travers des fichiers de configurations disponibles dans **/etc/asterisk** et de **/etc/zaptel.conf**.

A1.2) Configuration d'Asterisk

La configuration d'Asterisk se fait grâce à un certain nombre de fichiers, d'extension .conf, que l'utilisateur est en mesure de modifier à l'aide de la commande « sudo » (permet d'avoir accès aux fichiers en tant qu'administrateur). Cependant, avant de guider le lecteur dans les différentes étapes de la configuration, il est nécessaire que celui-ci se familiarise avec le langage utilisé dans « le monde Asterisk ».

A1.2.1) Configuration des différents fichiers

Le fichier « extensions.conf »

Le fichier « extensions.conf » contient les différentes étapes à suivre lors du traitement d'un appel. C'est que l'on appelle le « dialplan ». Il définit les instructions à exécuter, étape par étape, lors d'un appel entrant ou sortant. C'est pourquoi il est considéré comme le cœur de l'IPBX Asterisk. Contrairement aux systèmes traditionnels de téléphonie, le dialplan d'Asterisk est entièrement personnalisable. Il est donc primordial de bien comprendre son architecture.

Le fichier « extension.conf » est généralement situé dans le répertoire **/etc/asterisk**, mais son emplacement peut varier suivant l'installation d'Asterisk effectuée. Le dialplan est formé de quatre parties principales :

- Les contextes
- Les extensions
- Les priorités
- Les applications

Les contextes (context)

Les dialplans sont découpés dans différentes sections appelées « context ». Sans ordre contraire, les contextes sont séparés les uns des autres et ne peuvent donc pas interagir entre eux. De cette manière une extension définie dans un contexte est complètement isolée des autres extensions.

Les contextes sont écrits entre crochets ([...]). Le nom peut être formé de lettres minuscules ou majuscules, de chiffres de 0 à 9, de trait d'union (-) ou de « underscore » (_). Par exemple, un contexte pour les appels entrants peut ressembler à :

[incoming] ou en français à **[entrants]**

Toutes les instructions placées après la définition d'un contexte font partie de ce dernier jusqu'à ce que le prochain contexte soit défini. Il est intéressant de noter que les contextes **[general]** et **[globals]** sont réservés à une utilisation spécifique.

Il est important en terme de sécurité de bien configurer le « dialplan ». Par exemple, une entreprise peut autoriser ou non les appels vers l'international et donc définir les possibilités d'utilisation des ressources en fonction de chaque profil d'utilisateur.

Les extensions (Extensions)

Une extension est une instruction exécutée par Asterisk. Son exécution est déclenchée par un appel venant de l'extérieur ou suite aux chiffres saisis par l'appelant, par exemple dans le cas d'un standard automatique. Les extensions définissent donc le traitement des appels à effectuer. La syntaxe pour une extension est la suivante :

exten =>

Une extension complète possède trois composantes :

- Le nom de l'extension
- La priorité
- L'application à exécuter

Ces trois composantes sont séparées par des virgules :

exten => le nom, la priorité, l'application ()

Il existe des extensions particulières :

- L'extension « **s** » : Cette extension spéciale peut être présente dans n'importe quel contexte. Elle permet d'effectuer des applications par défaut dès qu'un appel entrant est détecté par Asterisk (par exemple une sonnerie provenant d'une ligne FXO).
- L'extension « **i** » : Cette extension permet de gérer les entrées invalides. Par exemple, si un utilisateur presse une touche qui ne correspond à aucune extension, alors l'appel sera dirigé vers l'extension « **i** ».
- L'extension « **t** » : Cette extension sert dans le cas suivant : supposons que l'appelant appelle un standard téléphonique, qui lui demande alors d'entrer le numéro de la personne qu'il cherche à joindre et supposons que cet appelant ne saisisse pas à temps le numéro demandé, alors l'appel est envoyé vers l'extension « **t** ».

Les priorités (Priorities)

A une extension correspondent plusieurs étapes. Toutes ces étapes sont définies comme étant plus ou moins prioritaires, grâce au numéro attribué à la composante « priorité » de l'extension correspondant à ces étapes. De cette façon, Asterisk sait dans quel ordre il doit exécuter les différentes étapes. La numérotation est établie séquentiellement en partant de 1.

Il est important de ne pas se tromper dans la numérotation (par exemple de 1 à 3) car Asterisk arrêtera automatiquement le traitement de l'appel.

- Priorité non numérotée : la version d'Asterisk (1.2) que nous utilisons dans le cadre de notre projet permet l'usage de la priorité « **next** ». Ainsi, si on indique « **n** » comme priorité, Asterisk exécutera automatiquement l'application suivante.

Les applications (Applications)

L'application est la composante la plus importante du dialplan d'Asterisk. Chaque application exécute une action spécifique, telle que décrocher la ligne : **Answer()**, diffuser un son en arrière plan : **Playback()** ou bien raccrocher la ligne : **Hangup()**.

Il est possible de spécifier des arguments à l'intérieur des parenthèses. Les différents arguments doivent être séparés par des virgules. Ces arguments permettent par exemple de spécifier le destinataire dans le cas d'un transfert d'appel.

Les applications les plus utilisées sont :

- L'application **Answer()** : Cette application est utilisée pour prendre une ligne. Par exemple, dans le cas où un appelant extérieur souhaite joindre un client SIP. Cette application ne prend pas d'argument.
- L'application **Playback()** : Cette application est utilisée pour diffuser un son à l'appelant. Pour cela, il est nécessaire de spécifier le nom du fichier son à lire en argument. On ne doit en aucun cas indiquer l'extension du fichier.
- L'application **Background()** : Comme **Playback()**, cette application permet de diffuser un son à l'appelant. Cependant, quand l'appelant appuie sur une touche de son clavier téléphonique, Asterisk cherche alors à joindre l'extension qui correspond au chiffre saisi. Cette application sera donc utilisée dans le cas d'un standard téléphonique automatique (le 1014 de France Télécom par exemple). Ceci permet d'aiguiller automatiquement l'appel vers le bon destinataire dans le cas d'une entreprise par exemple.
- L'application **Dial()** : Cette application permet de connecter différents visiteurs provenant d'horizons différents (lignes externes ou internes). Elle accepte jusqu'à quatre arguments. Le premier est le nom de la destination que l'on souhaite joindre. Pour cela, il peut être intéressant d'utiliser des variables (voir partie suivante).
- L'application **Goto()** : Elle est utilisée pour transférer l'appel vers un autre contexte, une autre extension et donc une autre priorité. Il est donc nécessaire de renseigner les arguments :
exten => 123,1,Goto(contexte,extension,priorité)
- L'application **Hangup()** : Cette application fait comme son nom l'indique : elle raccroche la ligne. Elle est donc généralement utilisée en fin de contexte et ne prend pas d'argument.

Etude des variables globales et des inclusions

Variables globales définies par l'utilisateur

Les variables globales s'appliquent à toutes les extensions présentes dans les différents contextes que l'on peut trouver à l'intérieur du dialplan. Elles sont déclarées dans le contexte **[globals]**. Ce contexte doit être situé au début du fichier « **extensions.conf** ».

On trouvera par exemple au début de notre fichier « **extensions.conf** »:

```
[globals]
```

```
PIERRE = SIP/pierre
```

```
OLIVIER = SIP/olivier
```

```
AUDE = SIP/aude
```

```
OUTBOUNDTRUNK = Zap/1
```

La variable EXTEN

Cette variable contient le ou les chiffres composés par l'appelant. Par exemple, en utilisant l'application « **SayDigits()** » qui permet de diffuser le son correspondant au chiffre saisi par l'utilisateur, on peut vérifier que la saisie effectuée est conforme au souhait de l'utilisateur :

```
exten => _XXX,1,SayDigits(${EXTEN})
```

Dans cet exemple, l'application **SayDigits ()** indique les trois chiffres que l'utilisateur a composé (ces trois chiffres étant ici représentés par la série de X).

On peut aussi utiliser la variable **\${EXTEN}** en indiquant le nombre de chiffres que l'on souhaite enlever. Pour cela, on utilise la syntaxe suivante : **\$ {EXTEN : x}**, où **x** correspond au nombre de chiffres que l'on souhaite supprimer. Ceci est très utile notamment lorsque l'on souhaite joindre une ligne extérieure. En effet, supposons (et c'est le cas dans notre projet) qu'il faille saisir le « 9 » pour sortir puis saisir le numéro de la personne que l'on souhaite appeler, alors, on ordonnera dans la ligne de commande de ne tenir compte de la séquence de chiffres saisie qu'après le chiffre 9.

Les inclusions

Ceci permet d'accéder à un contexte spécifique. La syntaxe est conforme à celle-ci :

```
include => context
```

Voici le contenu de notre fichier « extension.conf » :

On commence par définir les variables globales, correspondant aux clients SIP et qui vont permettre d'alléger l'écriture, dans le contexte **[globals]** :

; CONTEXTE GLOBAL DANS LEQUEL ON DECLARE LES VARIABLES

```
[globals]
```

```
PIERRE = SIP/pierre
```

```
OLIVIER = SIP/olivier
```

```
AUDE = SIP/aude
```

```
OUTBOUNDTRUNK = Zap/1
```

Il est à noter que la variable **OUTBOUNDTRUNK = Zap/1** correspond à la ligne à travers laquelle un client SIP va pouvoir passer un appel vers l'extérieur (soit vers une ligne France Télécom, soit vers un poste analogique de la maquette T2000) et recevoir des appels provenant de l'extérieur.

On crée ensuite le contexte **[incoming]**, qui concerne les appels provenant de l'extérieur. Dans ce contexte, notre est le suivant : lorsqu'un utilisateur (SIP ou analogique) appelle l'extension 204 (numéro du standard téléphonique), alors il va joindre un standard, où il va lui être demandé d'entrer le numéro de la personne qu'il souhaite joindre. Ainsi, lorsqu'il aura saisi le numéro en question, il pourra être mis en relation avec la personne qu'il souhaite appeler. Ce qui correspond donc bien au principe d'un standard téléphonique. La configuration du standard téléphonique se fait donc dans le fichier « **extensions.conf** », de la manière suivante :

**; CONTEXTE CONCERNANT LES APPELS ENTRANTS, C'EST-A-DIRE
PROVENANT DE L'EXTERIEUR
[incoming]**

***; IL S'AGIT EN FAIT D'UN STANDARD TELEPHONIQUE DONT LE NUMERO EST
; 204***

; Si quelqu'un compose le 204, il lui est alors demandé d'entrer un numéro :

exten => s,1,Answer()

exten => s,2,Background(vm-enter-num-to-call)

; Si le numéro entré est 1, alors la communication s'arrête :

exten => 1,1,Playback(digits/1)

exten => 1,2,Hangup()

; Si le numéro composé est 2, alors Aude est appelée :

exten => 2,1,Playback(digits/2)

exten => 2,2,Dial(\${AUDE})

; Si le numéro composé est 3, alors Pierre est appelé :

exten => 3,1,Playback(digits/3)

exten => 3,2,Dial(\${PIERRE})

; Si le numéro entré est 4, alors Olivier est appelé :

exten => 4,1,Playback(digits/4)

exten => 4,2,Dial(\${OLIVIER})

De cette façon, si un client (SIP ou analogique) compose le numéro de la machine Asterisk sur le PABX, on lui demande alors de composer le numéro de la personne qu'il cherche à joindre (fonction **Background(enter-ext-of-person)**). S'il appuie sur la touche 1, alors la fonction **Playback(fr/digits/1)** lui confirme par oral la touche qu'il vient de presser. Puis, la communication s'achève, comme le justifie l'emploi de la fonction **Hangup()**. En revanche, si l'utilisateur appuie sur la touche 2, la touche 3 ou la touche 4, la fonction **Playback(digits/X)** (X correspondant à 2, 3 ou 4) permet de lui confirmer oralement le numéro qu'il a composé puis la fonction **Dial(\${NOM})** (NOM correspondant respectivement à AUDE, PIERRE et OLIVIER) lui permet de joindre la personne dont le nom est placé entre accolades dans la fonction **Dial**.

Enfin, on crée les extensions propres à chaque client SIP dans le contexte **[internal]** :

; CONTEXTE CONCERNANT LES APPELS INTERNES
[internal]

; APPEL DESTINE A PIERRE

exten => 200,1,Dial(\${PIERRE},10)
exten => 200,2,Playback(vm-isunavail)

Pour joindre Pierre, il faudra donc composer le 200. Si celui-ci ne décroche pas avant 10 secondes, alors on en avertit la personne émettant l'appel.

Il est également possible de gérer les appels externes, effectués vers une ligne France Télécom par exemple, ou vers les postes analogiques de la maquette T2000, en créant un contexte spécifique à cela et en saisissant les lignes de commandes suivantes :

; CONTEXTE PERMETTANT DE PASSER DES APPELS VERS L'EXTERIEUR
[outbound-local]

ignorepat => 9

; APPELS VERS DES ABONNES FRANCE TELECOM

; Les numéros correspondants aux postes extérieurs commencent par 9 et
; comptent au total 11 chiffres.
; Cependant, il ne faut pas tenir compte du premier chiffre, d où la syntaxe
; qui suit :
exten => _90XXXXXXXXXX,1,Dial(OUTBOUNDTRUNK/\${EXTEN:1})

; Si la communication ne peut être établie, alors on en avertit l appelant :
exten => _90XXXXXXXXXX,2,Congestion()
exten => _90XXXXXXXXXX,102,Congestion()

Les numéros correspondants aux postes extérieurs commencent par 9 et comptent au total 11 chiffres. Cependant, il ne faut pas tenir compte du premier chiffre, qui sert seulement à indiquer que l'appel est un appel externe, d'où l'utilisation de la fonction **ignorepat**. De plus, on peut constater l'emploi de la variable **EXTEN**, dont on prend la valeur en compte après le premier chiffre, c'est-à-dire après le chiffre 9, grâce à la syntaxe **\${EXTEN:1}**. Il est alors possible de joindre l'extension à dix chiffres composée par l'appelant par l'intermédiaire de la ligne analogique, comme le justifie la syntaxe **OUTBOUNDTRUNK/\${EXTEN:1}**.

Cependant, afin que cela fonctionne correctement, il est indispensable de rajouter la ligne **include => outbound-local** au tout début du contexte **[internal]**.

Si l'appel ne peut aboutir (soit parce que la ligne est occupée, soit parce que le numéro ne peut pas être composé pour une quelconque raison), alors l'application de **Congestion()** est appelée et joue "un signal occupé rapide" (tonalité de congestion), qui avertit l'appelant que l'appel a échoué.

; APPELS VERS LA MAQUETTE T2000

; Les numéros correspondants aux postes liés à la maquette T2000 commencent par 9 et comptent au total 5 chiffres.

; Cependant, il ne faut pas tenir compte du premier chiffre, d'où la syntaxe

; qui suit :

exten => _92XXX,1,Dial(\${OUTBOUNDTRUNK})/\${EXTEN:1})

exten => _92XXX,2,Congestion()

exten => _92XXX,102,Congestion()

Les numéros correspondants aux postes liés à la maquette T2000 commencent par 9 et comptent au total 5 chiffres. Cependant, il ne faut pas tenir compte du premier chiffre, pour les mêmes raisons que dans le cas précédent, ce qui est possible grâce à la fonction **ignorepat**. Le principe est donc exactement le même pour les appels destinés aux postes de la maquette T2000 que pour ceux destinés à des abonnés France Télécom, mais avec un numéro à cinq chiffres au lieu d'un numéro à onze chiffres.

En conclusion, il est primordial de porter une attention toute particulière à la réalisation du dialplan. En effet, une mauvaise planification du traitement des appels pourra entraîner des difficultés de fonctionnement d'Asterisk, voir un arrêt complet du système.

Maintenant que l'utilisateur a pris connaissance des principaux paramètres indispensables à la configuration d'Asterisk, il va pouvoir modifier les différents fichiers qui interviennent dans le bon fonctionnement de notre IPBX.

Le fichier « sip.conf »

Le fichier « **sip.conf** » permet de déclarer les différents clients SIP, qui font partie de notre système. Le protocole de déclenchement de session (SIP), souvent utilisé dans les téléphones VoIP, est responsable de l'établissement et du relâchement des appels, avec toutes les renégociations qui ont lieu pendant ces appels. Fondamentalement, il aide deux points finaux à dialoguer entre eux (si possible, directement entre eux).

Le fichier « **sip.conf** » commence par la section **[general]**, qui contient les arrangements de canal et les options par défaut pour tous les utilisateurs définis dans « **sip.conf** ».

Grâce à l'utilisation de DNS (Domain Name System), il est possible d'obtenir une adresse logique à laquelle joindre une personne sans tenir compte de l'adresse IP qui se cache derrière. Cette possibilité est désactivée par défaut dans Asterisk mais il est fortement recommandé de l'activer, grâce à la ligne de commande : **srvlookup = yes**, saisie dans la section **[general]** du fichier « **sip.conf** ».

Chaque raccordement est défini en tant que **user**, **peer** ou **friend**. Le type **user** est employé pour authentifier des appels d'arrivée, le type **peer** est employé pour des appels sortants, et le type **friend** est employé pour les deux. Le nom de l'extension est défini dans les crochets ([]). Dans notre cas, nous avons défini pierre en tant que **friend**.

Un **secret** est un mot de passe utilisé pour l'authentification. Le **secret** de pierre est dans notre exemple **pierre**. De plus, il est possible de surveiller la latence entre le serveur Asterisk et le téléphone avec la ligne de code **qualify = yes**, déterminant ainsi si l'extension est accessible ou non. Par défaut, Asterisk considérera une extension accessible si la latence est inférieure à deux secondes. Il est possible de configurer le temps de latence souhaité, en indiquant celui-ci à la place de **yes** dans la ligne **qualify = yes**.

Si une extension est derrière un dispositif effectuant la translation d'adresses (NAT : Network Address Translation), comme un routeur ou un firewall, on peut alors le configurer de la manière suivante : **nat = yes** pour forcer Asterisk à employer l'adresse à partir de laquelle les paquets sont reçus. La ligne de code **host = dynamic** a pour conséquence que l'extension doit s'enregistrer auprès du serveur Asterisk afin que celui-ci sache comment atteindre l'extension en question. En écrivant **host = static**, la contrainte ci-dessus est désactivée et l'extension ne doit pas nécessairement s'enregistrer auprès du serveur. Dans notre cas, **host = dynamic**.

Ensuite, la ligne suivante a été saisie : **canreinvite = no**. Dans SIP, les « invites » sont employées pour installer des appels et pour réorienter des médias. De plus, toute invitation effectuée après l'invitation initiale (c'est-à-dire après l'établissement de la communication) dans le même dialogue est une « réinvitation ». Pour plus de clarté, prenons l'exemple suivant : supposons que deux personnes A et B s'échangent des informations. Si le client A met sa communication avec le client B en attente et qu'Asterisk est configuré pour jouer de la musique pendant l'attente, alors Asterisk va envoyer une réinvitation au client B, lui disant de diriger son flux d'informations vers l'IPBX. Asterisk est ensuite capable de jouer de la musique ou une annonce au client qui est en attente, à savoir le client B. Le client A va ensuite entrer une commande "plus en attente", ce qui lance une réinvitation au client B (qui redirige alors son flux de media vers le premier client (le client A)), termine ainsi la musique d'attente et reconnecte les clients.

Normalement, quand deux points finaux établissent un appel, ils échangent leurs informations directement de l'un à l'autre. Asterisk viole généralement cette règle en restant dans le chemin de ces flux d'informations, ce qui lui permet de détecter les chiffres composés sur le bloc de touches du téléphone. Ceci est nécessaire car, si Asterisk ne peut pas déterminer la longueur de l'appel, alors la facturation pourrait être erronée. La configuration du **canreinvite = no** force Asterisk à rester dans le chemin de médias, ne permettant pas à des messages de RTP d'être échangés directement entre les points finaux.

Pour finir, **context = internal** indique l'endroit où se situent les instructions employées pour contrôler ce que le client SIP est en droit de faire, et pour traiter les appels destinés à cette extension. Le nom de contexte configuré dans « sip.conf » est le même que le nom du contexte dans « extensions.conf » qui contient les instructions.

Voici un extrait du fichier « **sip.conf** » que nous avons configuré :

```
; CONTEXTE GLOBAL  
[general]
```

```
context=default  
srvlookup=yes
```

```
; CONTEXTE DECRIVANT LES CARACTERISTIQUES RELATIVES A PIERRE  
[pierre]
```

```
type=friend  
username=pierre  
secret=pierre  
quality=yes  
nat=no  
canreinvite=no  
host=dynamic  
context=internal
```

Le fichier « zaptel.conf »

En règle générale, le dossier « /etc/asterisk/ » contient l'ensemble des fichiers de configuration d'Asterisk. Cependant, le fichier « zaptel.conf » est localisé dans le répertoire « /etc/ » pour des raisons historiques.

Ce fichier permet de configurer trois éléments principaux qui sont :

- La façon d'identifier l'interface de la carte DIGIUM X100P
- Le type de signalisation que l'interface exige
- Les caractéristiques téléphoniques du pays (type de sonnerie, fréquence des différences signaux de signalisation,...)

Nous rappelons au lecteur que la carte DIGIUM X100P permet d'interconnecter le monde analogique (commutateur T2000) au monde IP (Softphones) dans le cadre de notre projet. Il faut donc indiquer à Asterisk les caractéristiques de la carte, tels que le nombre de broche FXO et FXS.

Une broche FXO ne produit pas de tonalité, il l'en accepte une. Par contre, une broche FXS fournit toutes les signalisations téléphoniques, telles qu'un signal alternatif produisant la sonnerie ou la tonalité d'appel. Dans notre cas, la carte est reliée à la maquette T2000, le système Asterisk doit donc informer la T2000, par l'intermédiaire de cette carte, de la volonté de réaliser un appel, etc.... Nous allons donc indiquer au système que cette carte est en fait un port FXS. Dans tous les cas, les deux types de broche permettent une communication bidirectionnel.

De plus ce fichier permet d'indiquer au système dans quel zone géographique nous nous situons. Ceci permet de prendre en compte les caractéristiques téléphoniques de la France par exemple.

Voici le contenu du fichier « zaptel.conf » de notre projet :

```
fxsks=1  
loadzone=fr  
defaultzone=fr
```

Le fichier « zapata.conf »

Dans ce fichier, nous allons définir les caractéristiques matérielles de la carte X100P pour le système Asterisk. Ce fichier permet aussi de définir le comportement du port FXS défini dans le fichier « zaptel.conf ». Par exemple, on peut choisir d'autoriser ou non l'affichage de l'identifiant de l'appelé, la mise en attente d'un appel, l'annulation d'écho, etc..

Les principales options disponibles sont :

- usecallerid : activer ou non l'affichage de l'identifiant de l'appelant
- hidecallerid : Masquer ou non ce même identifiant
- callwaiting : Activer ou non la mise en attente d'un appel
- transfer : Permettre ou non le transfert d'un appel
- echocancel : Supprimer ou non l'annulation d'écho
- echotraining : Permet d'analyser ou non le type d'écho permettant de le supprimer

Il existe de multiples options comme celles présentées ci-dessus.

Voici le contenu du fichier « Zapata.conf » de notre projet :

```
[trunkgroups]
; definition des trunk

[channels]
; hardware channels
; default
usecallerid=no
hidecallerid=no
callwaiting=no
threewaycalling=yes
transfer=yes
echocancel=yes
echotraining=yes
;define channels
context=incoming
signalling=fxs_ks
channel=1
busydetect=yes
```

A1.2.2) Ajout de services supplémentaires

L'objectif de cette partie est d'attribuer une messagerie vocale et une boîte e-mail à chaque client SIP. Ainsi, si un abonné (SIP ou analogique) cherche à joindre un client SIP, et que celui-ci ne répond pas, l'appelant sera alors envoyé sur la messagerie de l'appelé et pourra lui laisser un message. L'appelé pourra alors consulter son message vocal de deux façons :

- Soit en appelant sa messagerie vocale, à l'aide de l'extension 500.
- Soit en consultant sa boîte e-mail, dans laquelle il trouvera le message vocal laissé par l'appelant et pourra l'écouter.

Configuration de la messagerie

« SIP.CONF »

Afin de pouvoir créer une messagerie vocale, il faut rajouter les lignes suivantes surlignées en **gras** dans le fichier « **sip.conf** » :

; CONTEXTE GLOBAL

[general]

context=default

srvlookup=yes

; CONTEXTE DECRIVANT LES CARACTERISTIQUES RELATIVES A PIERRE

[pierre]

type=friend

username=pierre

secret=pierre

quality=yes

nat=no

canreinvite=no

host=dynamic

context=internal

mailbox=200

Le numéro attribué à « mailbox » sera le numéro que le client composera pour accéder aux messages qu'il a reçus sur sa messagerie.

« VOICEMAIL.CONF »

Ensuite, il faut également modifier le fichier « **voicemail.conf** » et rajouter les lignes suivantes dans le contexte **[default]** :

```
; CONTEXTE DANS LEQUEL ON CREE LES BOITES MAILS DES  
; UTILISATEURS SIP  
[default]
```

; création des mailboxes de Pierre, Aude et Olivier :

```
200 => 1210,pierre,pierre@10.0.0.1  
201 => 1483,aude,aude@10.0.0.1  
202 => 1611,olivier,olivier@10.0.0.1
```

Ainsi, si Pierre appelle sa messagerie vocale, il devra entrer son extension (200) ainsi que son mot de passe (1210). Ensuite, le serveur de mail ayant été configuré, il pourra accéder à sa boîte e-mail à l'adresse pierre@asteriskirt08.esme.fr.

« EXTENSION.CONF »

Enfin, pour que la configuration de la messagerie soit complète, il faut également modifier le fichier « **extensions.conf** ». Les modifications correspondent aux lignes de codes indiquées ci-dessous et surlignées en **gras** :

```
; CONTEXTE CONCERNANT LES APPELS INTERNES
```

```
[internal]
```

```
include => outbound-local
```

```
; APPEL DESTINE A PIERRE
```

```
; Si quelqu'un compose le 200, c'est-à-dire le numéro de Pierre, soit celui-ci décroche  
; à temps, soit l'appelant est envoyé sur la messagerie vocale de Pierre :
```

```
exten => 200,1,Dial(${PIERRE},10)
```

```
exten => 200,2,Playback(vm-isunavail)
```

```
exten => 200,3,VoiceMail(u200)
```

```
exten => 200,103,VoiceMail(b200)
```

```
; Le n° 500 sert à joindre sa propre messagerie vocale
```

```
exten => 500,1,VoiceMailMain()
```

De cette manière, si Pierre ne décroche pas au bout de 10 secondes, ou si sa ligne est occupée, alors la personne cherchant à le joindre est dirigée vers sa messagerie vocale (fonction **VoiceMail(u200@default)** si le correspondant est indisponible et fonction **VoiceMail(b200@default)** si le correspondant est occupé) après avoir entendu un son lui indiquant l'indisponibilité de son correspondant (fonction **Playback(vm-isunavail)**).

La personne appelée peut accéder à son message en appelant le 500 (fonction **VoiceMailMain()**).

Configuration de la boîte e-mail

Avant de pouvoir configurer la mailbox de chaque utilisateur, il faut d'abord configurer son serveur de mail local. En effet, tous les ordinateurs sous Linux ont besoin d'un serveur mail pour fonctionner correctement. Nous allons donc configurer un serveur de mail, qui gère le mail en local ainsi que l'envoi et la réception des mails.

POSTFIX

➔ Pour l'installation de Postfix :

Le serveur de mail installé par défaut sur Debian est Exim. Nous préférons le remplacer par **Postfix**, qui est réputé fiable et facile à configurer et saisissons la ligne de commande suivante :

```
# apt-get install --purge postfix
```

➔ Pour la configuration de Postfix :

Lors de l'installation du package, le programme d'installation sous Debian pose des questions de configuration. A la première question « **Type de configuration ?** », il faut répondre « **Pas de configuration** ».

Une fois que l'installation du package est terminée, il faut entrer la commande suivante dans le Shell pour relancer la procédure de configuration (cette astuce permet d'avoir un assistant de configuration plus détaillé) :

```
# dpkg-reconfigure postfix
```

Au deuxième écran, le programme redemande alors « **Type de configuration ?** », mais cette fois-ci, il faut répondre « **Site Internet** » et ensuite, accepter tous les paramètres qui nous sont proposés par défaut.

Afin de nous faciliter la configuration de Postfix, nous allons télécharger un fichier de configuration basique :

```
wget http://people.via.ecp.fr/~alexis/formation-linux/config/main.cf
```

Puis nous déplaçons ce fichier vers le dossier contenant les fichiers de configuration de Postfix à l'aide de la commande :

```
mv main.cf /etc/postfix "
```

Ainsi, une fois que nous avons personnalisé le fichier main.cf en lisant les commentaires contenus dans ce fichier, nous pouvons dire à Postfix de relire sa configuration à l'aide de la commande suivante :

```
# /etc/init.d/postfix reload
```

Les utilisateurs qui ont des comptes sur le serveur peuvent alors recevoir des mails à l'adresse nom_du_compte@nom_de_domaine. Par exemple, si l'utilisateur **olivier** reçoit un mail, celui-ci est stocké dans le fichier /var/mail/olivier.

AJOUTER UN SERVEUR POP

On souhaite maintenant ajouter un serveur POP afin d'acheminer les mails reçus par le serveur sur le PC de leur destinataire. Pour ajouter un service POP3 (il s'agit en effet de la troisième version de POP) à notre serveur de mail, il suffit d'installer **Qpopper** à l'aide de la commande suivante :

```
# apt-get install qpopper
```

La configuration de Qpopper se fait dans le fichier **/etc/qpopper.conf**.

CONFIGURATION DU FICHIER SIP.CONF

On rajoute les lignes ci-dessous surlignées en **gras** dans le contexte **[general]** du fichier « **sip.conf** » :

[general]

port=5060

bindaddr=0.0.0.0

allow=all

context=default

srvlookup=yes

A2) Glossaire

ADSL : Asymmetric Digital Subscriber Line

ATM : Asynchronous Transfer Mode

CRC : Cyclic Redundancy Check

CSMA/CD : Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection

DF: Don't Fragment

DSP : Digital Signal Processor

ETSI : European Telecommunications Standards Institute

FTP: File Transfer Protocol

IANA : Internet Assigned Numbers Authority

IETF : Internet Engineering Task Force

IHL : Internet Header Length

IP: Internet Protocol

IPBX : IP-Based Private Branch Exchange

ITU : International Telecommunication Union

LAN : Local Area Network

MF: More Fragments

MOS : Mean Opinion Score

MTU: Maximum Transfer Unit

OSI: Open Systems Interconnection traduit par Interconnection de Systèmes Ouverts

PABX : Private Automatic Branch Exchange

PCM : Pulse Code Modulation

PLC : Packet Loss Concealment

QoS : Quality of Service

RFC : Request For Comments

RTC : Réseau Téléphonique Commuté

RTCP : Réseau Téléphonique Commuté Public

RTP : Realtime Transport Protocol

SDA : Sélection Directe à l'Arrivée

SIP : Session Initiation Protocol

TCP: Transmission Control Protocol

ToIP : Telephony over IP

TTL : Time To Live

UDP: User Datagram Protocol

UIT : Union Internationale des Télécommunications

A3) Bibliographie

Ouvrages ou articles de presse

- « Asterisk : The Future of Telephony » de Jim Van Meggelen, Jared Smith, and Leif Madsen paru en septembre 2005.
- Guide de l'AFUTT (Association Française des Utilisateurs des Télécommunications) « Voix et Téléphonie sur IP » paru en 2006.
- Livre Blanc conjointement réalisé par le cabinet IDC et la société AASTRA MATRA Telecom intitulé « Quelle demande des entreprises face aux solutions de gestion des appels en environnement IP? » paru en 2005.
- Polycopié de cours « Conception des Réseaux de Communication » (M.Carpentier)
- Polycopié de cours « Protocole SIP » (M.Couturier)

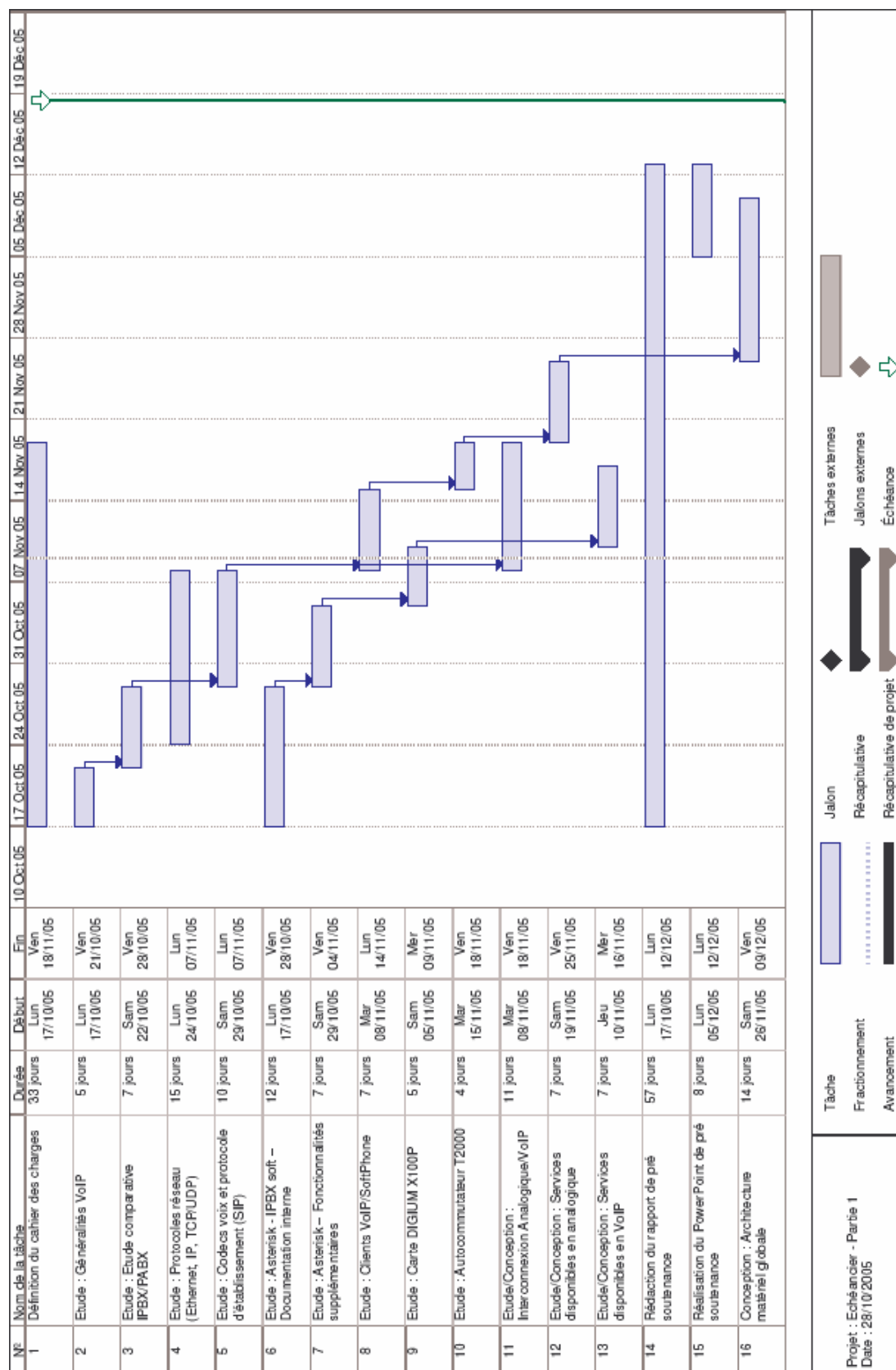
Request For Comments (RFC) de l'Internet Engineering Task Force (IETF)

- RFC 768 : « UDP : User Datagram Protocol »
- RFC 791 : « IP : Internet Protocol »
- RFC 793 : « TCP : Transmission Control Protocol »
- RFC 894 : « ETHERNET »
- RFC 1889 : « RTP : A Transport Protocol for Real-Time Applications »
- RFC 3261 : « SIP : Session Initiation Protocol »

URL des sites Internet

- <http://www.asteriskdocs.org/>
- <http://www.asteriskguru.com/>
- <http://www.voip-info.org/wiki/>
- <http://www.automated.it/guidetoasterisk.htm>
- <http://www.asteriskdocs.org/modules/news/>
- <http://www.readytechnology.co.uk/open/ipp-codecs-g729-g723.1/>
- <http://www.voipsa.org/Activities/taxonomy.php>
- <http://www.asteriskguru.com/tutorials/>
- <http://www.voip-forum.com/>
- <http://www.voip-info.org/wiki/>
- <http://software.newsforge.com/software/>
- <http://www.zdnet.com/>
- <http://www.cisco.com/>
- <http://www.eads.com/>
- <http://www.alcatel.fr/>
- <http://www.avaya.com/>
- <http://www.asterisk.org/>
- <http://www.digium.com/>
- <http://www.wengo.fr/>
- <http://www.click-and-call.com/>

A4) Echancier



A5) Cahier de suivi du projet

Cahier de suivi du projet		
DATE	SUJET	COMMENTAIRE
26/09/2005	Choix du projet	Intitulé : Etude, conception et réalisation d'un PABX IP.
05/10/2005	Réunion de projet	Réunion le 05/10/2005. 1ère réunion définissant les axes possibles d'étude
10/10/2005	Réunion de projet	Réunion le 10/10/2005 à 16h15 avec M Couturier. Discussion autour de la faisabilité du projet. Recherche de nouveaux axes d'étude tout en restant dans le domaine de la VoIP.
12/10/2005	Rencontre groupe projet - FT&Rd	Rencontre de Monsieur Sébastien Wiltord - Responsable d'une Unité de Recherche du laboratoire sur la VoIP à FT&Rd - Présentation faite à M Wiltord du sujet. Trois angles d'étude ont été définis - Prise de rendez vous pour le 19/10/2005 avec pour objectif de bien définir le sujet du projet.
17/10/2005	Réunion de projet	Définition du sujet du projet - Détermination des problèmes suite à l'utilisation de la maquette T2000. Prendre contact avec DMS pour demander le prêt d'une maquette ETD500 incluant le nouveau Slic VoIP. Faire un résumé pour Monsieur HABIB, quand le cadre technique fonctionnel sera bien défini. Orientation de l'étude : Présentation du projet : Domaine : VoIP. Prochaine réunion le 24/10/2005 à 16h. Elaborer le cahier des charges (incluant les coûts des composants, les délais, ...) pour le 04/11/2005. Relecture prévue le même jour dans l'après midi à 14h. Proposition d'Aude pour faire une ouverture sur la sécurité dans la VoIP : Utilisation d'IPsec
19/10/2005	Conférence VoIP	Nous nous sommes rendu à la conférence VoIP/INTEROP. Prise de contact avec de nombreuses entreprises, mais rien de sérieux. Salon intéressant, mais pas assez technique, plutôt orienté commercial
19/10/2005	Réunion de projet	Réunion le 19/10/2005 en présence de M. Wiltord dans les locaux de FT&Rd. Présentation des objectifs fixés et du plan de travail à suivre pour le projet. Plan de travail validé par M. Wiltord et M. Couturier.
21/10/2005	Mise à jour du Plan de travail	Modification du plan de travail du projet. Prise en compte des recommandations de M. Wiltord.
26/10/2005	Elaboration de l'échéancier	Définition des WP, ainsi que des durées relatives de ces WP. Elaboration de l'échéancier sous Microsoft Project.
04/11/2005	Réception du colis	Réception ce matin des deux cartes X100P en provenance d'Oslo (Norvège). Test des deux cartes à 13h avant la réunion avec M. Couturier. Les 2 cartes semblent fonctionner correctement.

DATE	SUJET	COMMENTAIRE
04/11/2005	Réunion de projet	Réunion de projet avec M. Couturier. Présentation à M. Couturier du cahier des charges. Date de remise finale du cahier des charges fixée au 18/11/2005 à 10h dans le bureau de M. Couturier.
18/11/2005	Réunion de projet	Remise du cahier des charges à M. Couturier. Cahier des charges accepté par M. Couturier. Aucune modification à apporter
10/12/2005	Pré soutenance de projet	Pré soutenance de notre projet en présence de M. Devriendt et de M. Couturier. Nos choix sont validés par M. Devriendt.
03/01/2006	Réunion de projet	Réunion de projet avec M. Couturier. Planning de réalisation pratique établi. Validation des objectifs du projet au niveau de l'implémentation de l'IPBX Asterisk.
10/02/2006	Réunion de projet	Démonstration en présence de M. couturier des possibilités techniques de notre système. La connexion de la T2000 au système Asterisk est en place. Il est donc possible d'établir un appel entre un téléphone analogique et un client VoIP.
27/02/2006	Réunion de projet	Présentation technique des avancées du projet. Mise en place d'un serveur de messagerie permettant l'envoi d'un mail à la personne absente. Le message sonore est en pièce jointe du message. Réalisations de l'étude économique et d'un guide décrivant l'installation de Debian (distribution Linux).
24/03/2006	Réunion de projet	Remise à M. Couturier du rapport de notre projet. Choix du plan de la présentation PowerPoint.
27/03/2006	Réunion de projet	Validation par M. Couturier du rapport de projet. Préparation des points à soulever lors de la soutenance. Optique de vendre notre solution VoIP à des professionnels.

A6) Plan de Travail Commun du projet (PTC)

PTC Projets 3BR
Projet IRT08 (RET08)

Prochaine réunion
le 31/03/2006 à 14h00

Il est prévu de suivre scrupuleusement ce Plan de Travail Commun pendant toute la durée du projet Etude, conception et déploiement d'un PABX IP. Un responsable sera nommé afin suivre tous les aspects techniques, renseignements sur documents (internet, etc...) questions posées sur tel ou tel aspect technique, de planification etc.... Joel Couturier assure le suivi du PTC. Il devra contrôler, orienter voire corriger les anomalies qui lui sont soumises par l'équipe

ACTIONS	RESP.	DATE	ETAT	COMMENTAIRES
Ressource Projet				
Le Duc Aude, Derache Pierre, Picquet Olivier	tous	ASAP	T	
compétences / JC + equipe	tous	ASAP	T	Dès désignation de la ressource (toutes les ressources sont réalisées le xx xx xx)
Contrat d'équipe projet Etude, conception et réalisation d'un PABX IP	tous	ASAP	T	Orienter l'étude vers ce que l'on va faire
Réaliser le contrat (documents de suivi de projet)	tous	ASAP	T	etablir un échéancier (resp Pierre.), tenir à jour un cahier du projet (infos techniques issues des recherches sur "Projet PABX IP", des demandes à des tierces personnes, des contacts industriels, des retard sur ces différentes demandes, des manques d'informations soient erronées , soient non communiquées, des problèmes humains sur l'activité du groupe
Suivi document dans le circuit etabli en accord equipe + JC (voir étude de faisabilité)	tous	hebdomadaire (1h)	T	J.Couturier devra assurer la cohérence et donner les orientations du projet à partir du cahier des charges et du planning
Etablir un Cahier des charges (périmètre techniques et fonctionnel)	Tous	18/11/2005 à 10h	T	cahier des charges remis le 18/11/2005 à 10h discuté et acquit
Cahier des charges fonctionnel et technique	JC/tous		T	Définition du périmètre fonctionnel et technique de l'étude sous responsabilité du projet, usages, risques, finalité, achat de matériels
Description (topologie du réseau RTCP/ IP)	tous	04/11/2005	T	Etablir le schéma topologique du réseau maquette PABX IP protocole de communication IP via un logiciel emulant la voix sur IP (avec pile TCP/IP)
Décrire les usages de ce protocole de communication équivalent à la norme xxxxxx existants et déterminer d'autres usages possibles et attendus par les utilisateurs finaux	tous	ASAP	T	si pb sur les usages et rencontres avec les industriels, intervention de JC avant fin octobre (reponse suite à entrevue avec FTR&D S.Wiltord). Présentation projet . Attente contact le 12/10/2005. Envoi mail le a S.Wiltord. RDV avec resp le 18/10/2005.

Négociation	Tous	mi-novembre	T	suite aux visites guidées convention VOIP
Réaliser le contrat (document Draft du rapport du projet)	Equipe projet	avant début décembre	T	Pour le 10/12 fournir le rapport de pre-soutenance, PTC, bibliographie, et acronymes et l'échéancier . Le rapport devra contenir etat de l'art, les aspects techniques, les choix d'orientation et les usages en cours (à remettre à Patrick Devriendt au plus tard avant le 10/12/2005) . Présentation sous PowerPoint. Préparer la soutenance et avis de relecture sur le rapport
Assurer la cohérence du groupe	JC/tous	ASAP	T	
	JC			
Environnement IP existant sur PABX	tous	ASAP	T	recherche et prendre contact avec les resp. de déploiement de l'application sous VoIP en cours de réalisation (Sebastien Wiltord)
Documentation	Equipe		T	classification des documents en cours et résultats
Configuration			T	
Environnement de test ou de visites sur sites PABX IP (FTR&D)	tous	mercredi 10/2005	T	une personne de l'équipe est chargée de ce suivi auprès des industriels (si accord des responsables)
Actions / si problèmes	JC	hebdomadaire (1h)		
sur les points techniques(état d'avancement du protocole de communication)	equipe	03/01/2006	T	Plateforme de test VOIP
sur les points fonctionnels				couverture existante
sur les différents contacts industriels				satisfaction, évolution, etc...
sur les usages en cours ou en attentes	Tous	ASAP (attente mi-nov)		VOIP
Formuler les attentes en termes de réactivité attendue sur problèmes rencontrés	JC	permanent		Mail à Patrick Devriendt 
PHASE 2 : continuité du projet configuration et déploiement d'un PABX IP	tous	02/01/2006	T	suite à la réunion d'observations de pré soutenance du 16/12/2005 avec prises en compte des remarques de P.Devriendt
Configuration serveur SIP	équipe	02/01/2006	T	pilotage de l'étude par Pierre : install Debian install SIP (seulement une partie de ce protocole a été étudiée et installé dans le cadre de notre projet VOIP
configuration des drivers et installation sur T2000	équipe	10/02//2006	EC	installation des drivers (bilan)
Projet + rapport VOIP	équipe	mi-mars	T	pilote et coordonne le projet en interne du groupe
Bilan global du projet	tous	#####	☠️👉	préparation Power Point soutenance projet VOIP
Présentation projet interne VOIP	tous +Devriendt	04/04/2006	EC	le 4/4/2006 Soutenance projet + démo