

Téléphonie sur IP :

Bilan UREC et résultat de quelques tests

- Philippe LECA, Philippe.Leca@urec.cnrs.fr
CNRS / UREC
- Jean-Luc ARCHIMBAUD, Jean-Luc.Archimbaud@urec.cnrs.fr
CNRS / UREC

Entre mai et juillet 99, 2 stagiaires, un à l'INRIA Rhône-Alpes, l'autre à l'UREC Grenoble ont étudié les différents composants pour véhiculer le téléphone sur un réseau IP. Pour nous, unité réseaux du CNRS, l'objectif était de faire un état des éléments disponibles à cette convergence voix et données, de mesurer quels services on pouvait en attendre et de manipuler certains produits pour se rendre compte de leur maturité. Le but de ces stages était donc dans un premier temps de faire un bilan des protocoles existants et nécessaires, des « boîtes » disponibles et de lister les différentes solutions techniques. Puis, dans un second temps, et de faire quelques tests pour un certain service, avec des produits du marché, CISCO pour ne pas les nommer.

Ce document présente la problématique de la téléphonie sur IP et une synthèse de ces stages.

Le lecteur devra tenir compte du fait que nous ne sommes pas des experts dans ce domaine très vaste, que notre problématique est celle du monde académique (nous ne sommes ni des industriels, ni des opérateurs télécoms) et que les résultats des tests correspondent à un état des produits d'un constructeur à la date de ces tests.

■ Pourquoi la téléphonie sur IP ?

Actuellement les laboratoires de recherche ou les universités gèrent deux réseaux séparés : un réseau de données, concrètement IP typiquement sur Ethernet, et un réseau téléphonique en étoile autour d'un autocommutateur, PABX (Private Automatic Branch Exchange). Ces deux réseaux sont généralement administrés par deux équipes différentes. Le téléphone, avec une facture en moyenne dix fois supérieure à celle de la transmission de données, est un poste budgétaire très important qui malgré la baisse du coût des communications n'a pas tendance à chuter de manière très significative. Ces deux réseaux peuvent (pour les plus récents) utiliser le même câblage constitué de paires torsadées avec les mêmes répartiteurs et dans les mêmes fourreaux mais avec des câbles séparés.

Quand la technique permet maintenant de véhiculer le téléphone sur IP et que la presse informatique l'annonce partout, il est évident que cela ne laisse pas insensible les décideurs qui voient très bien comment faire des économies en :

- fonctionnement : la possibilité de ramener la facture téléphonique dans le même ordre de grandeur que la facture du réseau de données (diviser par dix) ne laisse pas indifférent ;
- ressources humaines : on peut constituer une seule équipe gérant les deux services ;
- investissement : on peut utiliser un seul réseau physique et ainsi minimiser le coût en infrastructure.

Côté services, cette intégration peut aussi permettre d'ajouter des fonctions de communications nouvelles aux équipements que nous utilisons :

- un poste téléphonique va pouvoir communiquer avec n'importe quel ordinateur de l'Internet ;
- un ordinateur intégrera toutes les fonctions d'un téléphone ;
- le transport de la vidéo entre ordinateurs sera plus facilement généralisable ;
- l'intégration des messageries vocales et Internet sera très facile ;
- de nouveaux services d'annuaires, de communications de groupe (« multicast téléphonique »)... seront facilement réalisables...

On peut aussi entrevoir un avenir (certains en rêve) où un équipement unique remplacera notre poste téléphonique actuel et notre micro-ordinateur ; ou plus vraisemblablement l'arrivée de toute une variété de matériels



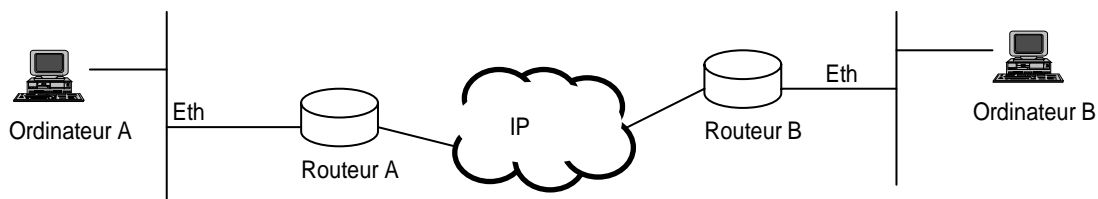
hybrides entre le téléphone actuel et le micro-ordinateur, qui intégreront les fonctions de base des deux équipements, mais chacun avec des fonctions plus poussées et une ergonomie mieux adaptée à un type d'utilisation.

■ Les différentes configurations

Intégrer la voix et les données, c'est mixer un ensemble de services et d'équipements divers et cela peut se concrétiser de manières très différentes. C'est aussi réunir plusieurs mondes qui ont des objectifs économiques différents, voire divergents. Ainsi sous cette formule fourre-tout, un constructeur de PABX (monde téléphoniste) ne mettra pas les mêmes services qu'un constructeur de routeurs (monde réseaux informatiques), ni que Microsoft (monde ordinateurs).

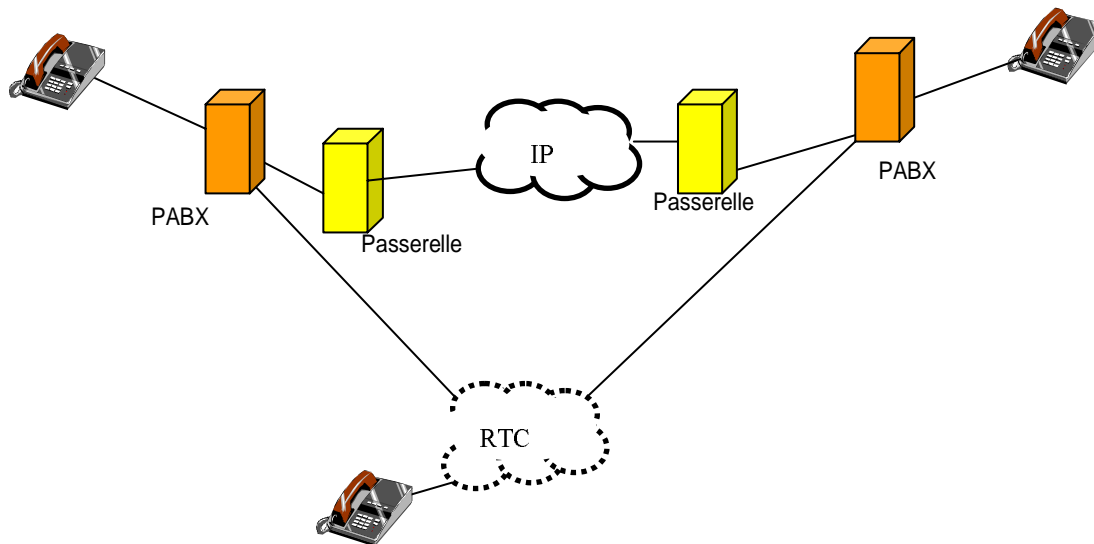
En effet il y a différentes architectures possibles, sans vraiment de comparaison entre elles, l'une n'est pas meilleure que l'autre, elle répond simplement à un besoin ou à un objectif différent. Les grandes classes sont les suivantes.

Le tout sur IP : il s'agit d'ajouter la fonction « téléphone » aux ordinateurs connectés sur l'Internet. C'est la fonction d'émulation de téléphone avec portage de la voix sur IP d'un ordinateur à un autre. Solution exclusivement logicielle assez facile à mettre en place mais qui reste donc limitée au seul réseau des ordinateurs IP.



L'ordinateur est équipé d'un micro, d'un haut-parleur, d'une carte son (full-duplex) et d'un logiciel de téléphonie sur IP. Il numérise, compresse et encapsule les échantillons de voix dans les paquets IP avant de les envoyer sur l'Internet. L'adresse du destinataire est en général l'adresse IP du poste de destination sauf si on passe par un annuaire. Cette solution est disponible suivant 2 sous-ensembles actuellement. L'un est issu du monde MBONE (VAT ou RAT) ou le téléphone point à point n'est pas la fonction première recherchée, avec des versions pas très stables. L'autre, appliquant la norme H323 comme le logiciel Netmeeting de Microsoft. Outre la qualité de service nécessaire dans le réseau (cf. chapitre suivant) un des problèmes est que ces deux sous-ensembles semblent non communiquant entre eux. Ainsi il est difficile de trouver une solution généralisable qui permettent d'intégrer des stations Unix (où les logiciels MBONE sont assez facilement utilisables mais Netmeeting inexistant) et des stations Windows.

L'interconnexion de PABX : il s'agit là de l'inverse de la solution précédente. On désire assurer la communication entre les postes téléphoniques. On veut connecter les autocommutateurs téléphoniques entre eux non pas avec des liaisons réservées point à point (MIC par exemple) mais au travers d'un réseau de données. L'interconnexion peut se faire de 3 manières différentes, avec des contraintes différentes : multiplexage de la liaison (au niveau optique ou électronique), multiplexage ATM (par exemple un VP réservé à l'interconnexion de 2 PABX) ou au travers d'un réseau IP généraliste



La plupart des constructeurs téléphoniques ont déjà à leur catalogue des cartes ATM ou Ethernet (avec IP) sur leurs PABX pour assurer ces types d'interconnexion. Il faut noter que pour les solutions ATM nécessitent un réseau de données ATM au milieu mais assurent par définition d'ATM la qualité de service nécessaire à la téléphonie, ce qui n'est pas le cas du réseau IP généraliste où on retrouve le même problème de qualité que sur le réseau IP.

Mais ce sont visiblement des solutions financièrement avantageuses par rapport à une liaison spécialisée inter-PABX traditionnelle.

Certains constructeurs téléphoniques essaient aussi de mixer les fonctions en essayant d'utiliser le réseau IP traditionnel par défaut et quand celui-ci n'offre pas la qualité requise d'utiliser des liaisons RNIS. Si cette solution semble simple théoriquement, il reste à vérifier qu'elle fonctionne correctement en vraie grandeur.

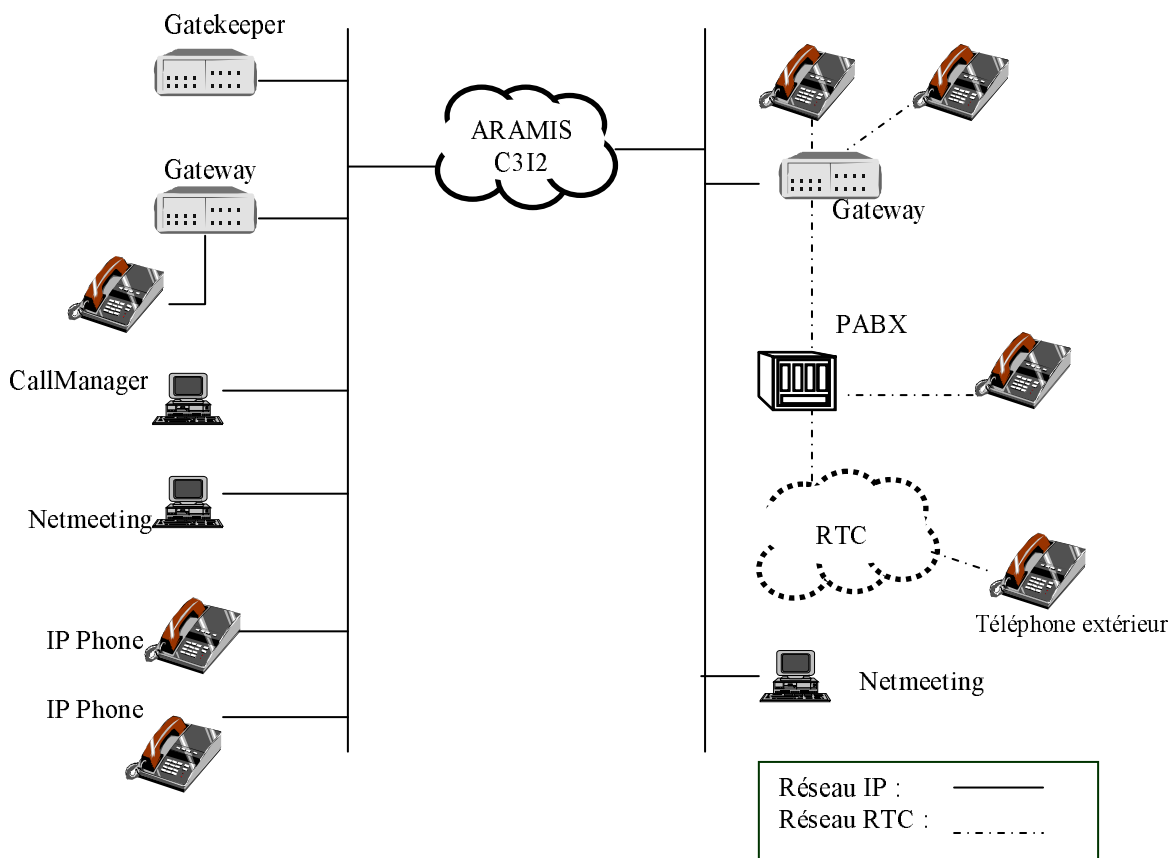
Des solutions qui permettent de faire communiquer téléphones traditionnels et ordinateurs entre eux : l'objectif est de réunir les deux mondes, Internet et RTC (Réseau Téléphonique Commuté). C'est avec ce type de solution qu'on peut réellement parler d'intégration voix et données. C'est la problématique que voulait étudier et expérimenter l'INRIA et l'UREC à travers ces 2 stages.

Une solution est d'utiliser un ensemble d'éléments qui suivent la norme H323 (cf. paragraphe suivant) : terminaux H323 (« IPphone », téléphones avec une prise Ethernet et pas RJ11, ou micro-ordinateur avec logiciel tel que Netmeeting), passerelles (gateways) permettant de relier les deux mondes, mais pouvant aussi jouer un rôle de concentrateurs de téléphones classiques, gardes-barrière (gatekeeper) élément logiciel qui assure des fonctions d'administration : contrôle, traduction d'adresses...

Cette solution présente de nombreux avantages. Répondant à une norme (H.323) elle est plus ouverte. Ensuite de nombreuses sociétés comme Cisco, Lucent, Nortel, etc. proposent ce genre d'équipements. De même que l'interconnexion de PABX, elle offre l'immense intérêt de faire le lien entre réseaux IP et RTC, sans toutefois être obligé d'avoir un accès physique au PABX.

Voici une des maquettes de test réalisée entre l'INRIA Montbonnot et l'UREC Grenoble séparés de 10 kilomètres. Le réseau IP central est le réseau régional généraliste ARAMIS, qui à l'époque des tests utilisait l'infrastructure de test C3I2 (IP sur ATM) entre l'INRIA et l'UREC.





■ Contraintes, protocoles et éléments

Contraintes

Une communication téléphonique est une application très réel donc qui impose des contraintes au réseau que n'imposent pas les applications traditionnelles telles que FTP, Web et même telnet. La littérature sur le sujet converge vers les contraintes suivantes :

- Délai de transmission (temps de latence) : il faut que le temps de transport des données entre l'émetteur et le récepteur soit faible. Un retard est supportable jusqu'à 300 ms, il devrait être inférieur à 150 ms pour une bonne interactivité. Ce retard est engendré principalement par les routeurs traversés (dépend de la charge du réseau) mais aussi par le traitement des éléments logiciels (lors des compressions, codages...) dans les équipements d'extrémité.
- Bande passante : sans compression, la voix nécessite 64 Kbps de bande passante, avec compression on peut descendre jusqu'à 5 Kbps. Dans ce dernier cas la qualité du son est moins bonne et le temps de traitement pour la compression et la décompression au départ et à l'arrivée augmente ainsi le temps de latence.
- La perte de paquets : la voix supporte bien les pertes de paquets par rapport à d'autres applications. On considère que le taux de pertes doit être inférieur à 20 %. A noter que la retransmission des paquets erronés ou perdus est inutile car elle induirait un temps de latence trop important.
- La gigue : c'est une variation du délai de transmission de l'information. Elle provient de la variation de la charge du réseau (si la taille des files d'attente dans les routeurs augmente le temps de latence augmente et inversement), éventuellement des routes différentes utilisées (IP est un mode sans connexion où un flot de datagrammes peut emprunter des chemins différents lors d'un même appel téléphonique). Cette gigue ne doit pas être trop importante. On peut diminuer celle-ci en ajoutant des mémoires tampons dans le chemin, mais cela peut engendrer une augmentation du temps de latence.
- L'écho : sur le chemin, différents équipements peuvent induire des phénomènes d'écho. Les passerelles H323 par exemple assurent la transmission du signal entre un réseau 4 fils (Ethernet) en un réseau 2 fils (téléphone analogique) ce qui provoque des phénomènes électroniques d'écho. Il faut que les équipements aient des fonctions d'annulation d'écho.

Le réseau RTC bâti autour du mode connecté où on réserve une bande passante de 64 Kbps à chaque communication téléphonique, avec des commutateurs téléphoniques construits pour la voix, suit depuis de nombreuses années ces contraintes. Les équipements d'extrémités (téléphones) sont aussi adaptés aux caractéristiques de ce réseau.

Mais dans notre problématique, pour prendre en compte toutes ces contraintes il faut :

- que les logiciels et les équipements d'extrémités soient performants : induisent peu de temps de latence, ne créent pas d'écho...
- que le réseau IP traversé de bout en bout ait des qualités de services : peu de temps de latence, assez de bande passante, peu de gigue... Si sur un réseau local GigaEthernet peu chargé on peut s'attendre à avoir ces qualités sans trop de problème, par contre sur les réseaux WAN et MAN il sera nécessaire d'avoir des mécanismes de qualités de services IP (IntServ, Diffserv) implémentés sur tout le chemin.

Protocoles

Sur un réseau IP, pour véhiculer des datagrammes soumis à des contraintes de temps réel, comme la téléphonie on utilise :

- UDP : mode sans connexion et sans correction d'erreur, simple donc peu coûteux en temps de traitement et qui permet d'assurer des diffusions entre plusieurs stations facilement.
- RTP (Real Time Protocol) : protocole au dessus de UDP. Il indique le type de codage de l'information transportée, permet d'assurer le bon séquençement des trames, ajoute des marqueurs de temps. Il supporte des sessions multicast. Il ne garantit pas le bon acheminement des paquets, ni une quelconque qualité de service.
- RTCP : protocole de contrôle (le C signifiant Control) des flux RTP. Il transmet périodiquement des informations de contrôle entre les participants à une session comme des statistiques de réception et d'émission, informations indicatives de la qualité de service.

Au dessus de UDP avec RTP et RTCP ont été définies un ensemble de normes pour transporter de la voix et de la vidéo sur Internet, pas encore totalement stabilisées : H.323, SIP, MGCP (dont la promotion semble à l'ordre du jour). Elles ne sont pas équivalentes en terme de service, elles ne prennent pas encore en compte toutes les contraintes du service téléphonique et leurs degrés de développement respectifs varient.

Mais à ce jour, les travaux menés autour de H.323 semblent donner à cette norme une certaine avance sur les standards concurrents (notamment grâce à son utilisation dès son apparition par Microsoft et Intel). C'est celle-ci qui a été étudiée et utilisée par les produits testés.

H.323 est une recommandation UIT-T (Union Internationale des Télécommunications, secteur Télécoms), variante de la norme H320 (visiophonie sur RNIS). Destinée aux réseaux de paquets fonctionnant en mode sans connexion et sans garantie de qualité de service, elle répond à la problématique de l'Internet. Elle définit :

- Des normes de compression des flux audio et vidéo que les équipements doivent nécessairement supporter.
- Des protocoles de signalisation pour l'interopérabilité des équipements.
- Des possibilités de limitation de la bande passante réservée pour chaque type de communication.

Le standard H.323 fournit ainsi une base pour la communication utilisant de l'audio, de la vidéo et des données à travers les réseaux IP. Il permet de garantir l'interopérabilité des équipements et d'implémenter des mécanismes de qualité de service.

Composants H323 et éléments CISCO

H.323 définit 4 composants majeurs :

- Terminaux H323 : équipements des utilisateurs (clients finaux). Ce sont par exemple des PC avec le logiciel Netmeeting.
- Passerelles (gateways) : entre un réseau IP et le RTC ou RNIS. Elles assurent entre autres le codage et le décodage de la voix, la mise en paquets, la suppression de l'écho. Ces boites ont typiquement une interface Ethernet (connectée au réseau IP) et un ensemble de ports paire torsadée pour connecter des téléphones classiques ou des PABX.
- Gardes-barrière (gatekeepers) : éléments logiciel qui assurent la gestion des adresses (IP et E164 téléphonique), contrôlent les accès, aident à gérer la bande passante (autorisation ou non d'ouvrir des connexions selon la charge du réseau). Un garde-barrière administre une « zone », ensemble d'éléments H323 comme un PABX. Il n'est pas obligatoire.

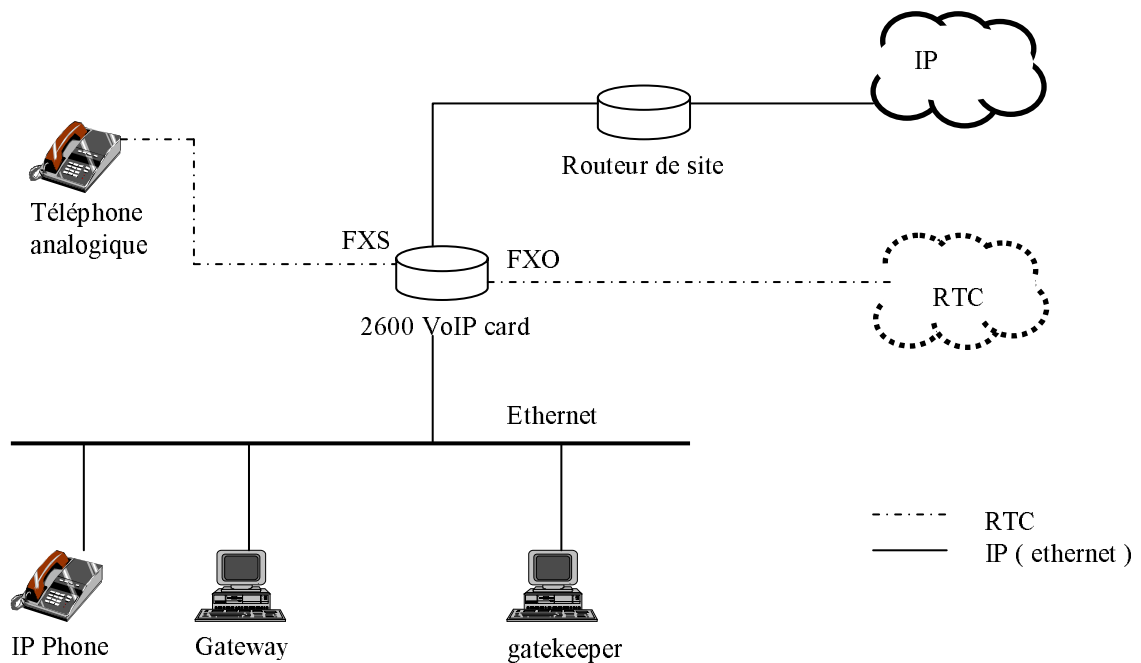


- Multipoint Control Units (MCUs) : éléments logiciels qui permettent de gérer des flux multicast, soient en utilisant les fonctionnalités multicast du réseau (tel que le MBONE) ou par des liaisons points à points (fonction de réflecteur).

Ces composants ont été définis de manière théorique et certaines boites peuvent inclure plusieurs composants ou une partie des fonctions d'un composant.

Dans la recherche d'équipements plusieurs constructeurs ont été contactés. Seul CISCO a accepté de nous prêter pendant plusieurs semaines certains équipements H323.

Dans les tests plusieurs équipements dans différentes configurations ont été utilisés. Toutes les configurations ont ressemblé à celle ci-dessous, éclatée généralement sur les 2 sites :



Les éléments H323 utilisés dans les tests se « traduisent » en matériels CISCO de la manière suivante :

- La fonction passerelle a été assurée par des cartes VoIP sur des CISCO 2600 : une carte **FXS** (*Foreign eXchange Station*) pour connecter des postes téléphoniques analogiques avec 2 ports et 1 carte **FXO** (*Foreign eXchange Office*) qui a permis de se brancher à un PABX et ainsi au RTC avec 2 ports. Nous avons eu 2 CISCO 2611 identiques.
- La fonction garde-barrière a été assurée par un CISCO 3620 installé à l'INRIA. Un seul suffit pour toute une zone.
- Les terminaux H323 ont été des PC multimédia équipés de Netmeeting ou de Internet Vidéo Phone.

Nous avons aussi utilisé des IP Phones de CISCO, téléphones avec une prise Ethernet qui, avec un logiciel CallManager sur un PC sont l'équivalent de terminaux H323, avec uniquement la fonction voix.

De l'étude, il ressort que la norme H323 est complexe. La littérature critique indique aussi qu'elle n'est pas exempte de limites (risque de désynchronisation lié à la distribution des tables d'état du réseau, résolution d'adresses...) et rappelle qu'il faudra créer des hiérarchies de gardes-barrière comme il existe des hiérarchies d'autocommutateurs téléphoniques.

■ Tests effectués

Pour réaliser les tests un petit plan d'adressage a été réalisé : 0 pour sortir vers le PABX et le RTC, 1XX pour les équipements INRIA, 2XX pour l'UREC, 10X et 20X pour les téléphones analogiques, 11X et 21X pour les stations avec netmeeting, 12X et 22X pour les IPPhones.

La configuration des équipements a généralement été assez simple mais a néanmoins été réalisée avec l'aide d'un ingénieur CISCO. A titre d'exemple, les commandes pour configurer le port 1/0/0 avec le numéro 200 sur la carte VoIP sont :

```
voice-port 1/0/0
    timeouts call-disconnect 0
dial-peer voice 200 pots
    destination pattern 200
    port 1/0/0
```

Un problème initial a été le filtrage installé à l'entrée de chacun des sites INRIA et UREC qui bloquait toute communication entre les 2 sites. H323 utilise des numéros de port dynamiques et nos routeurs n'ayant pas des fonctions évoluées de filtrage dynamique, nous avons supprimé tout filtrage pour les équipements des expérimentations. Cette ouverture n'est pas acceptable à grande échelle. Il faudra étudier une manière plus restrictive d'ouvrir les portes au trafic H323.

Voici quelques combinaisons d'appels qui ont été réalisées avec quelques commentaires des expérimentateurs :

- Téléphone analogique vers téléphone analogique connectés sur le même CISCO2600 ou sur 2 CISCO2600, l'un à l'INRIA, l'autre à l'UREC avec et sans garde-barrière : qualité audio correcte mais avec un peu de friture et bien moins bonne que celle que l'on a sur le réseau RTC. Un peu d'écho côté INRIA, beaucoup côté UREC. La câble téléphone (Cisco-Téléphone) à l'UREC est peut-être à incriminer.
- Téléphone analogique vers PABX et RTC (en numérotant 0 pour accéder au PABX puis 0 pour sortir sur le RTC et ensuite le numéro du destinataire) et inversement (depuis RTC vers téléphone sur le 2600) : la qualité audio est bonne mais au bout de 2 minutes le son devient inaudible, il apparaît un sifflement très fort qui ressemble à un effet larsen. D'après l'ingénieur CISCO, ce serait peut-être du à un problème d'impédance entre le PABX et le 2600.
- Appel entre 2 IPPhones : la qualité est bonne mais prévoir une façon d'annuler des commandes de la configuration. A la moindre erreur il faut tout reprendre à zéro.
- Appel d'un PC avec Netmeeting à l'UREC vers un téléphone analogique sur le 2600 à l'INRIA et inversement : la qualité audio est très moyenne voire mauvaise, et ce sans raison visible.
- Appel d'un téléphone vers un PC avec Netmeeting sur le même site : cela ne marchait que dans un sens avec la version utilisée de l'IOS. Ce problème a été corrigé en installant une nouvelle version.

De ces quelques commentaires on peut déjà se faire une idée de la qualité des communications obtenues. Il est évident que peu de temps a pu être consacré à résoudre chaque problème mais les expérimentateurs étaient souvent démunis devant un problème : d'où vient le problème ? de la configuration d'un équipement ? lequel ? d'un bug ? du câblage téléphonique ? de la charge du réseau ? du logiciel de la station ?

Faute de temps, les fonctionnalités du garde-barrière (contrôle des accès...) ainsi que du MCU (multicast) n'ont pu être testés.

■ Bilan

De cette étude et de ces tests, un certain nombre de conclusions s'imposent :

- Les normes existent pour utiliser postes téléphoniques et postes informatiques indifféremment comme terminaux téléphoniques et faire communiquer ces 2 mondes. Mais celles-ci semblent très complexes, peut-être parce que le problème est complexe.
- Des équipements existent mais peu de constructeurs ont l'ensemble complet H323 nécessaire. Ces équipements semblent très jeunes avec des logiciels peu stables.
- Des problèmes de base sont encore présents dans les communications : coupure du son, larsen, écho, friture... Or la priorité pour la téléphonie est d'avoir une qualité de son parfaite.

Avec un peu d'analyse on peut faire le bilan suivant :



- La technologie n'est pas mure. Il est trop tôt pour envisager de déployer largement ce type de solution sur un réseau de production. Peut-être certains sous-ensembles restreints peuvent être utilisés mais après les avoir parfaitement configurés, réglés et après des tests complets.
- Tant que la qualité audio obtenue sur IP sera inférieure à celle du RTC il sera difficile de faire accepter ce recul aux utilisateurs même au bénéfice d'économies substantielles. Et pour obtenir cette qualité il faudra suffisamment de bande passante en local et des mécanismes de qualité de service (DiffServ ou IntServ) en réseaux WAN.
- La téléphonie et l'informatique forment deux cultures différentes, il sera difficile et long d'intégrer les personnels de ces mondes dans une même équipe.
- Les fonctions actuelles des PABX sont maintenant nombreuses : transfert d'appel, messagerie vocale... tout en rappelant la « vieille » possibilité d'avoir une opératrice. Toutes ces fonctions devront se retrouver dans les produits de téléphonie sur IP.

Mais néanmoins, il faut suivre de près les développements dans ce domaine, acquérir les connaissances nécessaires pour comprendre et faire des tests. Il n'y a pas d'impossibilité technique à envisager de transporter un jour tout le trafic téléphonique sur l'Internet. Mais cela sera-t-il assez simple et rentable pour justifier une intégration complète ? Il faudra que beaucoup d'acteurs se mobilisent pour cette évolution, donc qu'il y ait assez de « business » à faire dans ce domaine. N'oublions pas le moteur principal de nos évolutions technologiques actuelles.