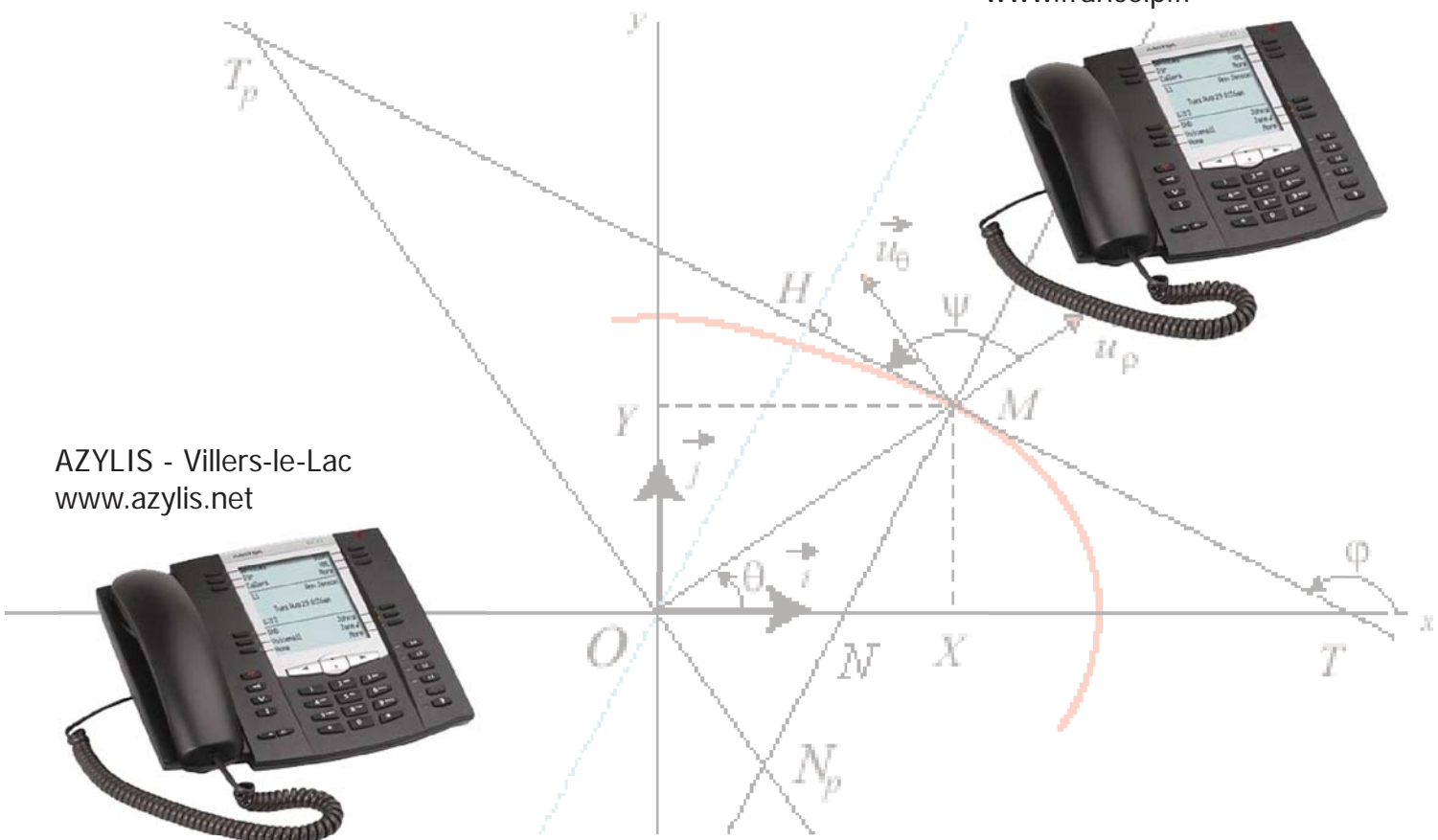


# Déployer la téléphonie IP dans de bonnes conditions

Christophe JEANNEROT et Olivier ADLER

FRANCE IP - Troyes  
[www.franceip.fr](http://www.franceip.fr)

AZYLIS - Villers-le-Lac  
[www.azylis.net](http://www.azylis.net)







## RÉALISATION

Christophe JEANNEROT (christophe.jeannerot@azyllis.net)  
société AZYLIS, ingénieur système et réseau, diplômé de l'université de Franche Comté

Olivier ADLER (olivier.adler@franceip.fr)  
société FRANCE IP, ingénieur du son, diplômé de l'université de Louvain-La-Neuve

## SOMMAIRE

### 1. Introduction

### 2. Les différentes approches de la téléphonie IP

- a. La ToIP ou Téléphonie sur IP
- b. La VoIP ou Voix sur IP
- c. La téléphonie Full IP
- d. La téléphonie VoIP libre

### 3. Perspectives d'avenir pour la téléphonie Full IP

### 4. Les principaux types d'installations en Téléphonie IP

- a. La téléphonie Full IP avec une connexion Privé ou Internet
- b. Le Centrex IP

### 5. La vérification d'une installation

- a. Qualification de l'installation à l'intérieur de l'entreprise.
- b. Critères de qualification des liens IP
- c. Qualification des opérateurs

### 6. ENUM au secours de la VoIP

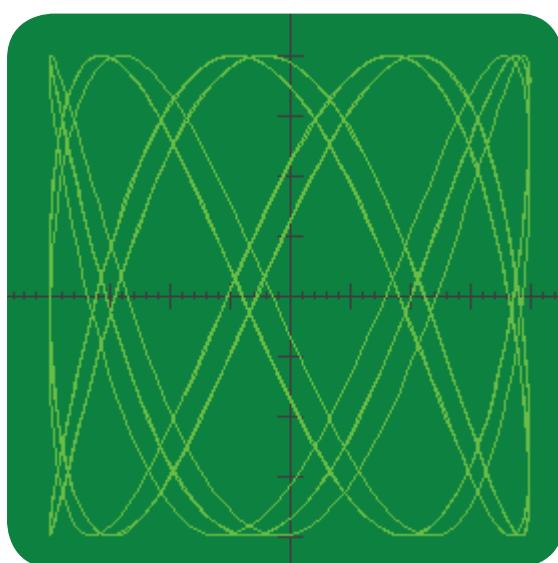
---

## 1. Introduction

**C**e document est destiné à aider les installateurs téléphonistes, ainsi que les TPE et PME, dans leur démarche de migration vers la téléphonie Full IP. Celle-ci consiste à transmettre les appels téléphoniques de bout en bout par des liens IP, à travers le LAN de l'entreprise, puis à travers un réseau WAN, qu'il soit public (Internet) ou privé. Il ne fait aucun doute aujourd'hui que la téléphonie évoluera vers le Full IP, à court ou moyen terme. Tous les acteurs de ce marché doivent donc s'y préparer dès aujourd'hui.

**E**n abordant ces problématiques d'un point de vue très pratique, le but est de transmettre aux installateurs, aux techniciens et responsables informatiques, les informations nécessaires pour concevoir, tester ou évaluer efficacement leur système VoIP, qu'il soit déjà installé, dans un contexte de tests avant le déploiement, ou afin de former du personnel.

**L**es auteurs, tous deux dirigeants de sociétés pionnières dans le déploiement de la téléphonie IP professionnelle, possèdent une sérieuse expérience du terrain, en tant qu'installateurs téléphonistes et revendeurs de grands opérateurs. Chaque jour confrontés aux problèmes du terrain, et avec le désir de satisfaire leurs clients, ils ont mis au point des règles et usages simples, afin de réussir dans de bonnes conditions les migrations vers la voix sur IP.



---

# 1. Les différentes approches de la téléphonie IP

Il est important de bien faire la différence entre la ToIP (Téléphonie sur IP) et la VoIP (Voix sur IP). En effet ces deux technologies, proches et complémentaires, sont souvent confondues.

## a. La ToIP ou Téléphonie sur IP

La téléphonie sur IP (ToIP) est un service de téléphonie fourni sur un réseau de télécommunications interne utilisant le protocole IP. Cette technologie permet d'utiliser l'infrastructure existante (réseau LAN Ethernet) afin de raccorder des terminaux IP que l'on nomme téléphones IP. Elle permet d'offrir tous les services associés à la convergence de la voix et des données. Les appels vers le réseau téléphonique traditionnel (RTC) peuvent être acheminés par des lignes classiques de type analogiques ou numériques via des passerelles (FXO, BRI ou PRI). La plupart des solutions de ToIP sont nativement compatibles avec la téléphonie VoIP et peuvent permettre d'acheminer en IP les appels extérieurs.

## b. La VoIP ou Voix sur IP

La voix sur IP (VoIP) est un service de téléphonie qui achemine les communications via un réseau externe IP (WAN), souvent le réseau privé d'un opérateur ou le réseau public Internet. C'est votre opérateur téléphonique VoIP qui véhiculera vos appels vers le réseau RTC\*.

Si la ToIP est depuis plusieurs années une technologie ayant fait ses preuves, tant au niveau de sa qualité vocale qu'au niveau des fonctionnalités (innovations apportées grâce à la convergence des réseaux), la qualité des appels en VoIP va dépendre principalement de la qualité des liens IP, et surtout de la qualité de l'interconnexion RTC de l'opérateur. Les liens fibre FTTH ou cuivre SDSL sont les mieux placés pour garantir le niveau de qualité et de stabilité nécessaire au transport de la voix. Les liens ADSL, même s'ils sont utilisables dans la pratique, posent pour la plupart des problèmes pour acheminer la voix dans des conditions idéales (nous y reviendrons un peu plus loin). Malheureusement les liens fibre et SDSL sont encore souvent trop onéreux pour les TPE / PME, ce qui ralentit fortement le développement de la téléphonie VoIP pour cette cible.

\*RTC : réseau téléphonique commuté, ou réseau téléphonique traditionnel

## c. La Téléphonie Full IP

C'est la combinaison de la ToIP et de la VoIP. Tous les appels transitent par le réseau IP, d'abord sur le réseau interne de l'entreprise (LAN), puis sur un réseau IP externe (WAN), le plus souvent fibre optique, ADSL ou SDSL. Les communications transitent par un opérateur VoIP, qui sert de passerelle entre le monde IP et le monde de la téléphonie traditionnelle (RTC).

On différencie deux structures très différentes :

La solution IPBX interne où le standard téléphonique est installé au sein de l'entreprise.

La structure centrex IP, où le standard est externalisé chez l'opérateur VoIP.

La première solution réduit fortement les coûts lorsque le nombre de postes augmente. Elle offre plus de souplesse, une meilleure fiabilité et des facilités de mise en oeuvre en terme de redondance et de contrôle des installations. Elle permet d'acheminer les appels vers l'extérieur par différents opérateurs et fournisseurs d'accès, de relier des sites distants directement. Elle offre ainsi une grande indépendance et une grande liberté face aux fournisseurs, tout en facilitant la mise en concurrence des offres, y compris pendant la phase de production.

---

Le centrex IP, plutôt destiné aux installations de très petite taille, pose le problème de la dépendance totale vis à vis d'un opérateur VoIP, souvent également fournisseur d'accès pour le lien IP. En centrex IP, le changement d'opérateur est une opération délicate.

#### d. La Téléphonie VoIP libre

Elle est basée sur le principe de la téléphonie VoIP, avec en plus la possibilité de joindre directement ses correspondants. Elle permet d'appeler depuis un téléphone ou un IPBX vers un autre IPBX, sans passer par un opérateur. Deux technologies coexistent. La première, largement utilisée dans le monde, est une technologie de transition, basée sur le système ENUM. Elle convertit les numéros de téléphones en adresses IP, en interrogeant un serveur DNS ENUM. Le principe est similaire à celui utilisé pour la conversion des noms de domaine en adresses IP. La deuxième remplace les numéros de téléphone habituels par des adresses URI basé sur un nom de domaine, du type `secretariat@dupont.fr`. Ces deux technologies sont déjà supportées nativement par les installations VoIP ouvertes. La technologie URI nécessitera la généralisation des terminaux téléphoniques disposant d'un clavier Azerty. Ces derniers sont pour l'instant réservés aux installations haut de gamme.

## 2. Perspectives d'avenir pour la téléphonie Full IP

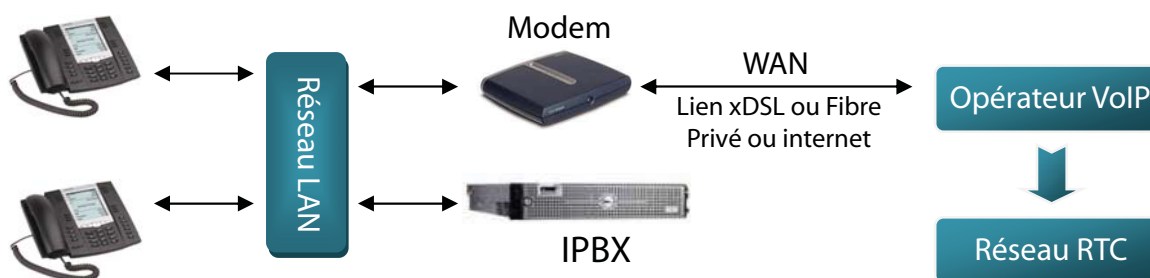
Après une première phase de déploiement timide où les entreprises se sont contentées de l'option ToIP, il apparaît clairement aujourd'hui que la téléphonie Full IP offre des avantages indéniables, sur le plan technique et fonctionnel, mais aussi sur le plan commercial, avec des coûts réduits et une liberté d'action presque totale (notamment dans le choix des opérateurs et des fournisseurs d'accès). La conséquence directe étant une meilleure mise en concurrence des offres. Elle ouvre la voie également à la téléphonie VoIP libre, avec l'avantage d'une fiabilisation globale du réseau téléphonique par un abandon progressif des interconnexions RTC / IP.

Malgré tous ses avantages, la téléphonie Full IP reste encore un challenge pour la plupart des installateurs en téléphonie traditionnelle, parce qu'elle demande une bonne maîtrise des réseaux IP, mais aussi et surtout parce que les offres des opérateurs VoIP et des fournisseurs d'accès ne sont pas encore totalement en adéquation avec les besoins des entreprises, spécialement pour la cible TPE et PME.

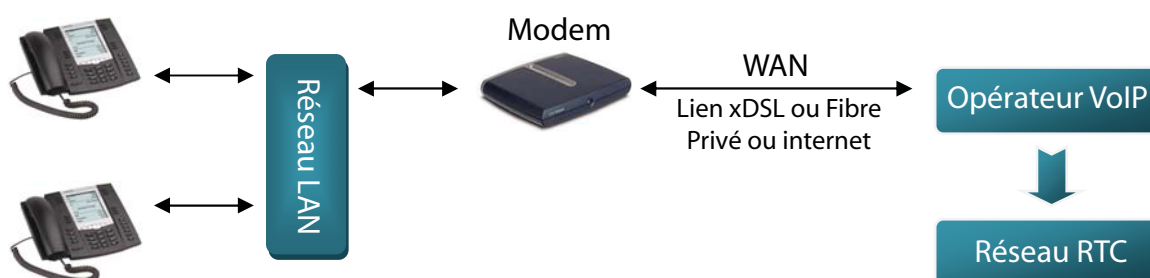
Dans ce fascicule, il sera question d'en vulgariser tous les aspects nébuleux, afin de poser les bases nécessaires à une bonne compréhension des différents mécanismes menant au succès de son déploiement. Le but sera de montrer que la téléphonie Full IP est un concept viable, dans la mesure où un minimum de pré-requis sont satisfaits. Des efforts importants doivent néanmoins être réalisés au sein des opérateurs et des fournisseurs d'accès. Les installateurs et clients TPE - PME, grâce à ce document, pourront certainement susciter la motivation nécessaire pour que des offres adaptées soient mises en place rapidement.

### 3. Les principaux types d'installations en Téléphonie IP

#### a. La téléphonie Full IP (ToIP + VoIP)



#### b. Le Centrex IP



### 5. La vérification d'une installation téléphonique IP

La qualité finale d'une installation dépend de la qualité du maillon le plus faible dans la chaîne IP. Il faudra donc vérifier chaque point, et corriger chaque problème le cas échéant, avant d'aller plus loin.

#### a. Qualification de l'installation à l'intérieur de l'entreprise.

La qualification de l'installation téléphonique interne d'une entreprise est certainement la partie la plus simple, car elle fait appel à des habitudes de travail que les techniciens en informatique maîtrisent généralement bien. Les paragraphes qui suivent détaillent les points les plus importants à prendre en compte.

---

## Vérification du câblage Ethernet :

Il est important de certifier les paramètres techniques des câbles (bande passante, diaphonie, résistance, impédance, tensions POE, conformité aux standards etc...). Ces tests seront réalisés par des techniciens réseaux, avec les matériels de tests adéquats, au minimum un qualificateur Ethernet CAT 5 ou 6, ou mieux un certificateur Ethernet CAT 5 ou 6. Pour les liaisons fibre optique, les tests habituels photométriques et réflectométriques seront réalisés.

La séparation des câbles réseau et des câbles secteurs est importante également, afin d'éviter des bourdonnements dans les téléphones, surtout s'ils sont alimentés en POE.

Les liaisons Half-Duplex, les HUB Ethernet (concentrateurs), les domaines de collision Ethernet sur câble CAT5 ou sur câble coaxial 10 base2 ou 10 base5 sont à proscrire absolument. Une règle simple est d'utiliser au moins des switches (commutateurs Ethernet) et un câblage 100 Mbps, sur toute l'installation.

Par précaution, il sera utile de forcer la vitesse des switches en 100 Mbps et en mode Full-Duplex. Le switch négocie généralement en automatique la vitesse et le mode, cela peut poser des problèmes. Le mode Ethernet contrôle de flux, présent sur certains switches récents, sera désactivé car il génère souvent plus de problèmes qu'il n'en résout en environnement LAN.

## Vérification de la connectivité IP des postes téléphoniques :

On utilisera la méthode classique par Ping ICMP. On vérifiera que le temps de latence soit constant, de l'ordre de la milliseconde sur un réseau LAN.

L'adressage en IP statique, simple et efficace pour les petites installations, procure une meilleure fiabilité qu'un serveur DHCP. Une solution plus confortable, pour les installations de taille plus importante, consiste à mettre en place 2 serveurs DHCP, sur lesquels on déclare des réservations d'adresses IP (les mêmes sur les deux serveurs). En cas de panne d'un des deux serveurs, l'installation ne sera pas perturbée.

## Vérification des enregistrements des postes IP sur le commutateur téléphonique :

Chaque poste doit s'enregistrer dès son démarrage sur le commutateur IPBX.

## Vérification de la stabilité globale du système :

Tous les postes doivent maintenir leur enregistrement SIP sur le commutateur IPBX. Des outils simples sont disponibles pour le vérifier, tels que les commandes "show registry" et "qualify=yes" sous Asterisk, qui permettent de surveiller la connectivité entre les postes et l'IPBX.

## Vérification du paramétrage de l'IPBX :

Tous les postes doivent fonctionner parfaitement sur des appels internes, la qualité audio doit être absolument parfaite.

Le codec utilisé doit être G711a, pour obtenir une qualité similaire à celle des téléphones analogiques ou ISDN. L'utilisation généralisée du G711a permet d'éviter les conversions successives qui dégradent la qualité du signal audio.

---

## Les problèmes d'écho :

L'écho n'existe pas en tant que tel dans une installation Full IP car le signal est transmis en Full duplex, en utilisant un canal différent pour l'émission et la réception.

Il peut être généré :

- Par un téléphone de mauvaise qualité (analogique ou IP).
- Par un téléphone (analogique ou IP) dont le micro ou l'écouteur sont réglés trop fort (boucle acoustique). Les systèmes main libre sont générateurs de problèmes d'écho ou de mauvaise qualité audio. On conseillera de les utiliser seulement si nécessaire.
- Par une ligne téléphonique analogique de grande longueur.
- Par une mauvaise adaptation d'impédance entre un téléphone analogique et sa ligne ou son interface FXS.
- Par une interface analogique (FXO ou FXS) de mauvaise qualité ou mal réglée. Les problèmes d'écho sont donc toujours générés soit acoustiquement, soit électriquement sur les lignes analogiques, à cause de leur longueur, ou à cause d'un problème d'adaptation d'impédance.

Dans la mesure du possible, on essaiera de résoudre le problème à sa base :

- En adaptant correctement les impédances des terminaux analogiques (des réglages existent dans certains postes téléphoniques et dans la plupart des interfaces FXO / FXS). Attention à l'impédance française qui est différente de celle des équipements d'autres pays. Les réglages par défaut du matériel importé sont souvent inadaptés.
- En réglant correctement les niveaux audio des postes téléphoniques.

Pour combattre l'écho acoustique, la plupart des téléphones IP intègrent un supprimeur d'écho, dont la qualité dépendra beaucoup du fabricant. Pour les lignes et téléphones analogiques, les interfaces FXO et FXS possèdent un supprimeur d'écho, dont l'efficacité dépend également beaucoup du constructeur. L'utilisation de téléphones IP de bonne qualité garantira que l'installation ne génère pas d'écho acoustique.

Dans tous les cas, le succès ne dépend pas uniquement de l'installation locale, mais aussi du niveau de qualité des installations distantes. Il est indispensable d'une manière globale d'équiper les clients avec du matériel de qualité pour garantir l'interopérabilité de tout le réseau.

Une règle simple est de supprimer si possible tous les interfaçages analogiques, FXO et FXS, qui sont responsables d'une bonne partie des problèmes rencontrés. Les postes téléphoniques sans fil sont également souvent générateurs d'écho, à cause d'une qualité moindre ou à cause d'un interfaçage de mauvaise qualité.

---

## La mise en place de la QOS (qualité de service) sur le LAN

Cette phase, contrairement aux idées reçues, n'est pas indispensable. L'expérience montre que la plupart des petits réseaux Ethernet d'entreprises ne sont pas suffisamment chargés pour nécessiter la mise en place de la QOS sur le LAN. Il sera plus pertinent dans la plupart des cas de soigner le traitement du réseau WAN.

Néanmoins, dans certains cas, elle pourra être indispensable ou bénéfique, au moins sur certains segments du LAN, comme sur des liaisons de rocares.

La segmentation du réseau en VLAN n'est pas une nécessité non plus pour les petites installations, même si elle apporte des avantages en termes de sécurité et de maîtrise du trafic. Il sera plus économique et plus efficace, dans ces situations, de scinder totalement le réseau voix et le réseau données, avec des switches et un câblage physiquement séparés.

Globalement, plus de 95 % des problèmes de qualité en VoIP sont causés par les réseaux WAN ou par les opérateurs VoIP. En cas de problème, il faudra commencer par vérifier ceux-ci avant de perdre du temps et de l'argent sur un diagnostic du LAN.

Une fois la QOS paramétrée, il faudra s'assurer de son bon fonctionnement, dans tous les cas de figure, en passant des appels avec une charge réseau maximum sur le LAN.

L'utilisation d'un analyseur SIP permettra de mesurer les paramètres importants tels que le jitter et la perte de paquets, afin d'avoir une idée précise des performances temps réel du réseau.

Attention, la mise en place de la QOS sur le LAN ne résout aucunement les problèmes de QOS qui peuvent se poser sur les liens IP externes (WAN).

## La mise en place de la QOS sur le WAN

Si les liens WAN sont partagés avec des transferts de données, il est indispensable de gérer la QOS au niveau du routeur WAN. Cette étape est extrêmement importante. La QOS doit être paramétrée de telle sorte que les paquets audio aient toujours une priorité quasi temps réel par rapport aux autres paquets. Si le lien est dédié à la téléphonie, la QOS sera inutile, sauf en cas de mise en place d'un accès pour le management de l'installation.

La QOS sera d'autant plus importante que le débit des liens IP sera faible. Pour des débits inférieurs à 512 Kbits/s, il est souvent difficile d'obtenir une qualité sonore satisfaisante. La raison tient à la présence de trames de données Ethernet de taille importante (1500 octets), générant un jitter important à de tels débits. Le meilleur des ordonnanceurs ne sera pas efficace sur ce type de lien, sauf s'il est capable de fragmenter les trames (un seul constructeur propose ce type de matériel).

Si vous êtes dans ce cas de figure, il faudra réduire sensiblement le MTU\*, ou bien utiliser un routeur sachant fragmenter les trames de données en présence de trafic audio. La solution raisonnable consistera à augmenter la bande passante du lien, ou bien à dédier le lien à la téléphonie IP.

NB : Réduire le MTU pose souvent des problèmes de compatibilité avec les applications informatiques. Fragmenter les trames IP n'est pas toujours idéal, cela peut poser des problèmes de compatibilité avec le routeur distant.

\* le jitter est une mesure statistique, c'est une moyenne de la variation du temps de latence.

\* MTU = maximum transmit unit, taille maximum de trame transmissible

Une fois la QOS WAN mise en place, il faut tester son efficacité. La procédure consiste à lancer des transferts de fichiers de grande taille (bilatéraux), lancer éventuellement des logiciels de téléchargement peer to peer (pour stresser le routeur), échanger des courriers électroniques avec des pièces jointes de grande taille, puis pas-

---

ser des appels VoIP, tout en mesurant la performance du WAN avec un analyseur SIP à chaque extrémité du lien. La plupart du temps, il ne sera pas possible de brancher un analyseur\* ou une sonde logicielle chez l'opérateur, il faudra alors utiliser des techniques de test sur trois points\*\*, afin de se faire une idée précise de la qualité des communications.

Certains (trop) rares opérateurs VoIP mettent à disposition de leurs clients un générateur de porteuse 1 KHz accessible sur un numéro spécial. Il sera d'une grande utilité pour se faire rapidement une opinion de la qualité. Du côté client un tel générateur pourra être mis en place facilement sur une installation possédant un IPBX ouvert.

L'utilisation de liens IAX pose le problème des mesures. En effet, l'offre en termes d'analyseurs de trafic IAX est inexistante.

\*Technique utilisant un site supplémentaire équipé d'un générateur de signal et / ou d'un analyseur SIP.

\*\* Technique mettant en œuvre un deuxième lien WAN de même type ou plus performant, afin de pouvoir récupérer des informations concernant la performance du lien dans le sens montant.

On utilisera de préférence pour la gestion QOS un ordonnanceur capable de garantir non seulement la bande passante mais aussi le délai d'acheminement, tel que HFSC. HTB et CBQ sont souvent utilisés mais ne sont pas adaptés à la VoIP.

Afin d'éviter d'augmenter le temps de latence et le jitter sur le WAN, il est primordial de régler le débit maximum en trafic sortant bien en dessous de la valeur disponible, ceci afin de ne pas remplir le buffer du modem. Le pourcentage de marge dépendra du type d'ordonnanceur.

En ADSL ou SDSL, il est également très important de ne pas confondre les débits ATM avec les débits réels IP. Il faudra se baser sur les débits IP et non ATM pour les réglages de QOS. Les fournisseurs d'accès mélangent copieusement ces deux méthodes pour brouiller les cartes. Les débits IP sont inférieurs d'environ 20%, la valeur exacte dépend du type d'encapsulation IP vers AAL5 (IPOA, MER, PPPOE, PPPOA), et du type d'encapsulation AAL5 vers ATM (VC-MUX ou LLC/SNAP).

De la plus efficace à la moins efficace en terme de débit, voici les divers types d'encapsulation ATM utilisés en ADSL :

IPoA : IP <-> AAL5 <-> ATM (utilisé par Free)

MER (ETHoA) : IP <-> Ethernet <-> AAL5 <-> ATM (utilisé par Club Internet)

les deux types suivants sont à éviter en téléphonie IP à cause des ruptures cycliques de sessions PPP :

PPPoA : IP <-> PPP <-> AAL5 <-> ATM

PPPoE : IP <-> PPP <-> Ethernet <-> AAL5 <-> ATM (technique obsolète encore largement utilisée)

Entre la couche AAL5 et ATM, l'option LLC/SNAP permet d'encapsuler plusieurs protocoles dans un même canal VCC ATM. C'est inutile, y compris en ADSL Multi-Play car chaque canal est toujours sur un VCC différent. Elle est malgré tout utilisée par certains opérateurs.

Il est à noter qu'il est souvent utile d'augmenter la marge de bruit d'un modem ADSL, afin d'obtenir une meilleure stabilité du lien. Certains modems possèdent un réglage trop bas pour favoriser le débit. Malheureusement peu de fabricants donnent accès à ce réglage. L'utilisation des tableaux de statistiques et de mesures présents dans la plupart des modems permettra de se faire rapidement une idée de la qualité du lien au niveau physique (niveau 1).

---

Dans tous les cas, la qualité des appels doit rester identique quelque soit la charge du WAN, quelque soit l'heure de la journée.

## b. Les critères de qualification des liens IP

En dehors des tests sur la QOS vu précédemment, les liens IP doivent être testés. Ils sont responsables d'une part non négligeable des problèmes de qualité que l'on peut rencontrer en IP.

### Les principaux paramètres à prendre en compte :

- Jitter, latence, bande passante, taux d'erreurs, stabilité à long terme.
- Durées des sessions PPPOE ou PPPoA. Si la durée est de 24H, la rupture doit s'effectuer de préférence dans la nuit, idéalement initiée par le fournisseur d'accès.
- Nombre de sauts jusqu'à la destination finale. De trois ou quatre sauts jusqu'à plus de vingt sauts, pour certains fournisseurs d'accès. La destination des données influe également largement sur le nombre de sauts, plus ce nombre est faible, meilleure est, généralement, la qualité et la fiabilité de la liaison.
- Contrairement aux idées reçues, la bande passante n'est pas forcément le problème le plus fréquent. Le jitter et la stabilité à long terme des liens par contre doivent être surveillés de près.

Le fournisseur d'accès doit s'engager non seulement sur le débit fourni, mais aussi sur le jitter maximum et sur la stabilité du lien. Le temps de latence varie en général assez peu, il doit néanmoins rester dans des limites correctes. Une valeur normale pour de l'ADSL se situe entre 15 et 60ms, 80 ms devant être considéré comme une valeur maximale à ne pas dépasser sous peine de nuire au confort des communications (cela correspond à 160 ms pour une communication utilisant deux liens ADSL à 80ms). La valeur de jitter maximum dépend des équipements à relier entre eux. Certains opérateurs tolèrent très mal des jitters élevés, d'autres acceptent des valeurs extrêmes. En règle générale, on se méfiera des liens dont le jitter dépasse 15 ms.

Certains liens IP (ou certaines routes) peuvent à certaines heures provoquer un jitter de l'ordre de la seconde. Ils sont inutilisables en téléphonie. Les codecs utilisés influencent également la tolérance. Le G711 n'apporte aucune protection, le G729 possède un mécanisme interne de buffer et de compensation des paquets perdus. Avant de passer en G729, il faudra tenter de corriger la qualité du lien, puis utiliser les réglages de buffer et de correction des données disponibles sur les IPBX et sur certains téléphones.

Les liaisons ADSL utiliseront de préférence les protocoles IPOA ou MER, pour éviter les ruptures, toutes les 24 heures ou 7 jours. Ces coupures durent le temps d'établissement d'une session PPP, de quelques secondes, à quelques dizaines de secondes si le modem resynchronise également le lien physique. Elles entraînent une coupure totale des communications vers l'extérieur, et un raccrochage possible des appels. Dans le cas des postes déportés, elles entraînent souvent une indisponibilité du poste distant qui peut aller de quelques minutes à une indisponibilité totale, selon le paramétrage du poste et du routeur associé.

Certains routeurs ou firewall effectuant une translation d'adresse NAT, posent des problèmes en cas de rupture de lien WAN, spécialement en PPPoE. Les conséquences directes sont la perte des liens téléphoniques, avec la nécessité d'une intervention manuelle de redémarrage.

Les liens IP publics, reliés directement à l'Internet, soulèvent le problème des attaques IP. Celles-ci peuvent détériorer la qualité des communications en encombrant la bande passante du lien. Ce problème ne peut pas être résolu autrement que par la mise en place d'un firewall du côté du fournisseur d'accès. Dans la pratique c'est un problème peu fréquent, mais il doit être pris en considération pour des clients qui ont besoin d'un trafic de qualité

---

On veillera particulièrement à surveiller les performances des liens IP aux heures de pointe de trafic. En effet, les opérateurs n'offrent pas toujours un niveau de service suffisant pour la VoIP, surtout sur les liens ADSL qui ne sont pas prioritaires. Un DSLAM, un routeur, ou un lien opérateur surchargé peuvent produire des baisses de qualité dans des proportions significatives.

Les liens ADSL posent également le problème de la diaphonie exogène. Plusieurs lignes peuvent empreinter le même câble. Il se produit alors un couplage électromagnétique entre paires distinctes. Plus le trafic augmente, plus la diaphonie augmente, avec pour résultat une augmentation du taux d'erreurs, en particulier sur les lignes qui sont au centre du câble et aux heures de pointe.

Si le budget et la situation géographique le permettent, on choisira donc de préférence des liens fibre optique, ou à défaut SDSL, qui ne présentent pas les inconvénients de la plupart des liens ADSL :

- Pas de ruptures de sessions PPP.
- Débit symétrique plus adapté à la transmission de la Voix.
- Diaphonie exogène réduite en SDSL grâce à l'utilisation de câbles dédiés.
- Très bonne stabilité des liens fibres grâce à la technologie optique, immune aux interférences.

Un type de lien intéressant pour la cible TPE-PME est l'ADSL Multi-VC1 (ou Multi-Play), qui malheureusement n'est pas largement disponible commercialement. Il permet d'avoir deux ou plusieurs canaux différents dans la même liaison ADSL, un canal pour Internet, un autre pour la téléphonie VoIP. Le modem gère lui même la QOS, en ATM, ce qui est plus simple à paramétrer et plus performant que la QOS sur IP. En effet la faible taille des trames ATM permet un ordonnancement beaucoup plus fin, même sur des liens de faible débit. Par exemple sur un lien 128 kbit/s, parfois rencontré sur des lignes ADSL de grande longueur, la gestion QOS reste performante.

Les grands opérateurs utilisent déjà ce type de liaison depuis plusieurs années pour leurs offres «box». La mise en place d'offres similaires pour les installateurs téléphonistes et les TPE - PME n'est qu'un problème commercial.

Enfin, pour les communications VoIP, la fibre optique apporte une bien meilleure fiabilité et qualité de service. La téléphonie IP profiterait pleinement d'un câblage WAN fibre optique. Les offres tardent à venir. Notons que l'opérateur historique a prévu le déploiement d'une telle offre sur tout le territoire en 2009.

Pour les liens IP, la garantie du service et du rétablissement n'empêche pas une panne de plusieurs heures. Le prix des liens SDSL avec garantie de rétablissement sous 4 heures, lié au faible dédommagement en cas de non respect du contrat, montre que d'autres solutions doivent être envisagées pour garantir le service téléphonique. Il peut être plus intéressant de posséder plusieurs liens moins bien garantis, éventuellement ADSL, loués à des opérateurs différents, plutôt qu'un seul lien onéreux, avec des garantis extrêmes. Le dégroupage total permettra d'améliorer la tolérance aux pannes grâce à la présence d'équipements et de liens opérateurs non mutualisés.

La mise en place d'un système d'agrégation des liens en niveau 2 devra être considérée pour des entreprises ayant des besoins critiques en terme de disponibilité du service, ou lorsque les coupures sur les appels téléphoniques ne sont pas tolérables pour l'image de l'entreprise cliente. Cette agrégation devra de préférence être indépendante des fournisseurs d'accès. Elle utilisera des liens IP différents et des serveurs d'agrégation situés dans des centres informatiques différents. Il n'est pas rare de voir des pannes électriques paralyser des centres entiers. Des ruptures de fibres optiques ou des pannes de routeurs peuvent également anéantir le réseau complet d'un fournisseur d'accès ou d'un opérateur VoIP.

L'expérience montre que pour une petite installation, un lien ADSL2+ secondé par une ligne analogique de secours peut fournir un service VoIP performant et très peu coûteux, avec une garantie de redondance sur la ligne analogique. Dans certaines zones, ce type de lien "économique" pourra ne pas fonctionner correctement à cause d'une charge trop importante des liens opérateurs ou des équipements DSLAM.

---

## c. Qualification des opérateurs

C'est certainement la partie la plus délicate, la plus complexe, la plus importante d'une installation Full IP.

L'expérience montre que plus de 90 % des problèmes proviennent d'un manque de qualité ou de fiabilité des opérateurs VoIP. Il est encore rare de voir une journée passer sans voir un appel en échec pour une raison inconnue.

Rien ne sert d'avoir un coûteux lien SDSL ou fibre si l'opérateur VoIP n'offre pas une qualité de service suffisante. La garantie du service n'a d'ailleurs aucune valeur si celui-ci est mauvais. Mieux vaut avoir un service non garanti qui marche bien, quitte à avoir un fournisseur de secours, plutôt qu'un service garanti qui fonctionne mal.

L'opérateur historique place la barre très haut depuis plus de 30 ans en ce qui concerne la fiabilité des appels, que ce soit en terme de qualité audio, comme en terme de signalisation des appels (sonnerie, messages vocaux, tonalités d'erreurs standardisées).

Il est donc extrêmement important, pour satisfaire un client PME, de proposer un opérateur irréprochable, ou plusieurs complémentaires, capables de réagir dans les minutes qui suivent en cas de problème grave.

La France souffre d'un manque de coordination des opérateurs alternatifs qui focalisent sur leurs difficultés commerciales plus que techniques. Pourtant une entente entre les différents acteurs est nécessaire afin de garantir l'homogénéité du réseau.

Le résultat est que la qualité audio des appels, mais encore plus leur signalisation, n'est pas toujours à la hauteur de l'espérance des clients. L'exemple le plus frappant est certainement celui de la perte de la présentation du nom sur la majorité des appels.

Tant que les opérateurs n'offriront pas tous une qualité suffisante, il ne sera pas possible de garantir un service irréprochable dans tous les cas de figure, car les appels téléphoniques transitent souvent par plusieurs fournisseurs.

Les tests VoIP menés par les bureaux d'études ne reflètent pas forcément la réalité. Les critères utilisés ne prennent pas toujours en compte l'environnement des utilisateurs. Pour être objectives, les analyses doivent s'effectuer dans un contexte déterminé, en fonction de la cible de clientèle. Pour chacune d'elles, les conditions peuvent être différentes : type d'installations (IPBX ou centrex IP), type de liens IP, nombre d'opérateurs VoIP utilisés... Dans chaque cas, il est nécessaire de réaliser un grand nombre d'appels de tous types, dans le sens entrant comme dans le sens sortant, depuis des lieux différents, sur des installations différentes. Il est important de tester la constance de la qualité lorsque les appels sont à destination ou en provenance d'opérateurs différents, afin de vérifier la qualité de leurs interconnexions. La qualité audio devra faire l'objet d'une attention particulière, avec des mesures prenant en compte la nature des liens IP (présence de micro-coupures, stabilité des appels sur plusieurs minutes). Les tests sont souvent effectués avec le codec G729, ce qui est une aberration dans le cadre de la mesure des performances d'une installation professionnelle. Le G729 masque les problèmes de qualité qui peuvent survenir plus loin dans la chaîne de routage des appels. A contrario, l'utilisation du G711 permet d'effectuer des mesures précises, et de détecter des conversions de codec "cachées" au sein des opérateurs. L'utilisation de générateurs et d'analyseurs audio, du côté RTC comme du côté IP, est une obligation pour fournir des résultats fiables et objectifs. Les tests d'écoute subjective doivent venir en complément des tests techniques, et non pas le contraire. Enfin le type de matériel de mesure utilisé doit être précisé.

La téléphonie fixe doit apporter un confort supplémentaire par rapport à la téléphonie mobile. Lors d'une migration, un professionnel n'appréciera pas d'obtenir une qualité de voix inférieure à celle dont il disposait auparavant sur ses lignes téléphoniques traditionnelles. Le passage à la voix sur IP doit absolument se faire sans perte de qualité. C'est tout à fait possible, en conjuguant l'utilisation généralisée du codec G711, des liens IP de bonne qualité et des opérateurs VoIP performants.

---

Il faudra particulièrement veiller au respect de l'utilisation du G711a sur tous les liens opérateurs, pour leurs liaisons clients comme pour leurs liaisons internes. Certains utilisent le codec G729 pour économiser la bande passante ou pour résoudre des problèmes de jitter sur leur interconnexion RTC (buffers trop petits). Le G729 sera particulièrement destructeur de qualité pour les appels vers les mobiles, à cause d'une conversion G729 vers GSM. Des tests audio simples (analyse spectrale et mesure de rapport signal/bruit) permettent de détecter ces conversions "cachés".

Dans de bonnes conditions, la qualité obtenue est souvent supérieure à celle de la téléphonie traditionnelle, grâce au transport numérique du signal audio de bout en bout, jusqu'au poste téléphonique.

### La qualité du service sur les appels entrants :

La bonne prise en charge des numéros entrants (SDA) est un problème épineux. Les communications étant facturées seulement sur les appels sortants, les opérateurs VoIP sont généralement peu motivés pour fournir un service efficace sur les numéros entrants. Ils rendent également leurs clients dépendants en maintenant la lourdeur des procédures de portabilité des numéros, empêchant la fuite vers la concurrence.

Pour ces raisons, le modèle économique actuel semble inadapté à la fourniture d'un service téléphonique national de qualité. Les défaillances d'opérateurs (financières ou techniques) posent également le problème de la perte de service sur un grand nombre de clients. De tels problèmes ont commencé à apparaître chez des opérateurs de grande taille. Les risques de voir ce scénario catastrophe se reproduire ne sont pas négligeables au vu de la concentration du marché qui s'annonce.

Une méthode pour résoudre ce problème serait de mettre en place une plate-forme coopérative pour traiter tous les appels entrants. Cette entité appartiendrait à l'ensemble des installateurs téléphonistes. L'état pourrait exercer un contrôle plus facilement, ce qui favoriserait la fiabilité du service et comblerait le vide juridique actuel, dans le but de protéger les utilisateurs des ruptures de service. Tous les numéros seraient gérés sur une seule plate-forme, ce qui en faciliterait la gestion : attributions, portabilités, insertions dans les annuaires et résiliations.

Avec la structure actuelle, lorsqu'un opérateur est défaillant, les clients finaux peuvent perdre le service des appels entrants pendant une période de plusieurs jours ou plusieurs semaines, voire pendant la durée d'une procédure judiciaire. C'est inacceptable dans un environnement professionnel. Le cas s'est déjà rencontré à plusieurs reprises avec des ruptures de service de quelques heures à quelques jours, touchant de quelques centaines à plusieurs dizaines de milliers d'abonnés.

### Avant de sélectionner un opérateur :

Ouvrir un ou plusieurs comptes de test, passer des appels, vérifier la qualité audio, la qualité de la signalisation, la vitesse d'obtention des numéros, vers les fixes, vers les portables, et vers l'étranger si nécessaire. Vérifier également la fiabilité sur une période plus longue. Généralement un à deux mois suffisent pour se faire une idée de la fiabilité à moyen terme d'un opérateur. Vérifier qu'il propose bien tous les services de base indispensables à la bonne marche du service téléphonique :

- Attribution rapide de nouveaux numéros SDA
- Portabilité rapide des numéros, (y compris portabilité subséquente, portabilité d'un numéro ayant appartenu à l'origine à l'opérateur historique ou portabilité entre opérateurs alternatifs).
- Inclusion dans l'annuaire universel
- Routage des numéros d'urgence (conversion de 2 chiffres vers numéros locaux à 10 chiffres)
- Compatibilité avec les numéros spéciaux (numéro à 3, 4 et 6 chiffres...)
- Vérifier les tarifs des services, comme celui de la portabilité, et les durées d'engagement.

---

Les problèmes devront être résolus avant la mise en fonctionnement de l'installation, sous peine d'aller vers une situation de crise risquant de dégénérer vers des pertes financières importantes. Une installation téléphonique est souvent d'une importance stratégique dans l'entreprise. Son bon fonctionnement, sa fiabilité, et ses systèmes de secours doivent être à la hauteur des exigences requises par le client. On veillera à garder un maximum d'indépendance face aux fournisseurs d'accès et aux opérateurs VoIP, afin de minimiser la gêne en cas de défaillance de l'un d'eux. Dans ce sens, le Centrex IP est déconseillé.

Le retour en arrière d'une migration Full IP est très difficilement envisageable, principalement à cause de la lourdeur actuelle et du coût des portabilités de numéros. D'où l'importance du choix des opérateurs et de la nécessité de créer une entité fédératrice représentative de l'ensemble des installateurs pour obtenir des garanties sur le service.

### Les tests à réaliser pour qualifier un opérateur :

- Vitesse d'obtention des numéros, délai avant la première sonnerie (en particulier vers les mobiles).
- Pourcentage de réussite d'obtention des numéros.
- Qualité audio (qualité d'écoute subjective, Mean Opinion Score, microcoupures, coupures, distorsions, bruit de fond, détection de silence, mode half-duplex, artefacts de compression...)
- Qualité de l'interconnexion avec le réseau RTC, souvent très différente de la qualité lors des appels entre numéros appartenant au même opérateur. A tester dans les deux sens.
- Qualité des appels vers et depuis les réseaux mobiles.
- Fonctionnement correct de la présentation du nom et du numéro, dans les deux sens, vers tous les opérateurs fixes et mobiles.
- Fiabilité des numéros SDA, ils doivent être joignables 100 % du temps depuis tous les autres opérateurs y compris depuis les réseaux mobiles.
- Constance de la qualité des appels, la nuit et le WE. Certains opérateurs routent leur trafic différemment pendant ces périodes.
- Signalisation correcte des sonneries et des erreurs, avec les bons messages vocaux et les bonnes tonalités. Le temps d'attente avant un retour d'erreur ne doit pas excéder 10 secondes.
- Compatibilité early media (pré-décroché).
- Compatibilité avec les services étendus (transferts d'appels, abonné absent, correspondant déjà en ligne, répondants sur occupation, numéro non attribué...)

En cas de doute, il pourra être judicieux de comparer les résultats avec ceux que l'on peut obtenir au même moment avec une ligne de l'opérateur historique, analogique ou numérique, qui sont encore une référence en termes de qualité de signalisation.

Aujourd'hui une majeure partie des numéros lui appartiennent encore, et possèdent donc une qualité de traitement élevée. Au fur et à mesure que ses parts de marché diminueront, les opérateurs alternatifs prendront une plus grande part de responsabilité dans la qualité globale du réseau téléphonique.

Il sera donc de plus en plus important pour les clients d'obtenir de leur part une qualité compatible avec une utilisation professionnelle.

## 6. ENUM au secours de la VoIP

Pour compléter le système téléphonique traditionnel, afin de réduire les coûts grâce au routage des numéros en IP et pour ne pas être entièrement dépendant des opérateurs, ENUM se développe petit à petit dans le monde. La France accuse un sérieux retard par rapport à certains de ses voisins européens, avec un dossier ouvert depuis 2001, pratiquement abandonné.

---

Ce système permet à un standard téléphonique IP d'en contacter directement un autre à l'extérieur de l'entreprise. La communication ne passe donc plus par un opérateur, mais suit le chemin d'un routage naturel IP, généralement plus direct et globalement plus fiable en terme de joignabilité car le nombre de sauts et de technologies différentes jusqu'à la destination diminue fortement. ENUM fait profiter également de la haute disponibilité du réseau Internet, qui sait contourner automatiquement une panne. Centralisée sur le réseau d'un opérateur ou dans un centre informatique, une panne peut avoir des conséquences désastreuses sur un ensemble d'abonnés. Une panne sur le réseau Internet n'aura généralement qu'une incidence limitée sur le nombre d'utilisateurs déconnectés.

Avantage non des moindres, le système ENUM permet aussi d'abaisser le coût des communications à son strict minimum, soit celui de la bande passante nécessaire pour véhiculer l'appel.

En contrepartie, il pose le problème du SPAM téléphonique et de la gestion QOS sur tout le territoire. En comparaison par rapport à l'augmentation de la fiabilité et de la facilité d'attribution des numéros qu'il procure, ces problèmes sont mineurs et des solutions techniques existent déjà. Le spam peut être limité par la mise en place d'un protocole d'authentification, provoquant une responsabilisation juridique. La gestion de la qualité du service et du routage optimisé peut être prise en charge par les fournisseurs d'accès, qui y trouveraient des parts de revenus supplémentaires, compensant les pertes induites sur les minutes de communication.

Dans la pratique ENUM est fiable, plus fiable que le service d'un opérateur VoIP. Tôt ou tard, il faudra obligatoirement l'utiliser, lorsque la majorité du parc téléphonique sera Full IP, pour profiter des réductions de coûts et de la fiabilité engendrées par une infrastructure IP globale.

ENUM induit de profonds bouleversements dans les mentalités. Il crée de nouveaux métiers et en supprime d'autres, comme celui d'opérateur en téléphonie fixe. Il est nécessaire de se préparer dès aujourd'hui aux modifications commerciales et techniques que sa mise en place provoque.

Parmi ces grands changements, la gratuité\* des communications : Enum est à la téléphonie fixe ce que le courrier électronique est à la communication écrite.

\* réduite au coût de la bande passante nécessaire pour acheminer les appels.

Les opérateurs conserveront le contrôle de la téléphonie mobile et de la téléphonie internationale grâce à leurs infrastructures fermées. Il faudra donc conserver des connexions opérateurs VoIP pour l'interconnexion avec les réseaux mobiles et avec l'international.

Les FAI proposeront certainement dans un futur proche des offres proposant le routage optimisé et la gestion de la qualité de service. Les coûts des liens Internet de base intégreront alors celui d'une gestion de qualité globale, permettant de communiquer en VoIP sans problème de qualité audio, sur des liens Internet publics.

La téléphonie Full IP libre offre l'occasion de faciliter la gestion des ressources en numérotation pour les installateurs, face à la lourdeur de la situation actuelle. Elle est une formidable avancée en ce qui concerne la simplification des attributions et des portabilités de numéros. Elle peut stimuler fortement le marché des installateurs grâce à une reprise de contrôle et une fiabilisation de la plupart des services fournis aux clients, services autrefois gérés de façon monopolistique (mais efficace) par un seul opérateur.

