

Union internationale des télécommunications

Le Rapport essentiel sur la téléphonie IP

PAR LE GROUPE D'EXPERTS
SUR LA TÉLÉPHONIE IP / UIT-D

Aidons le monde à communiquer



Union
internationale des
télécommunications

UIT Unité Cyberstratégies

Le Rapport essentiel sur la téléphonie IP

par le Groupe d'experts sur
la téléphonie IP / UIT-D

© UIT 2003

Tous droits réservés. Aucune partie du présent rapport ne peut être reproduite sous quelque forme que ce soit, sans l'autorisation écrite préalable de l'UIT.

Les dénominations et classifications employées dans le présent rapport n'impliquent l'expression d'aucune opinion de la part de l'Union internationale des télécommunications concernant le statut juridique ou autre de tel ou tel territoire, ni l'acceptation ou l'approbation d'une quelconque frontière. Le terme «pays» utilisé dans le présent rapport désigne un pays ou un territoire.

PRÉFACE

La possibilité de transmettre des signaux vocaux sur des réseaux IP, avec tous les problèmes qui en découlent et les possibilités qu'elle offre, au niveau par exemple de l'intégration de la voix et des données, constitue une étape décisive de la convergence que l'on observe dans le secteur des TIC. La «téléphonie IP» est un sujet tabou, aussi bien pour ses partisans que pour ses détracteurs, répartis en deux camps farouchement opposés. Après consultation avec le Directeur du Bureau de la normalisation des télécommunications et son homologue du Bureau des radiocommunications, le Bureau de développement des télécommunications (BDT) a décidé de placer cette question à l'ordre du jour, conformément au point 3 de l'Avis D (voir Annexe O) adopté par le troisième Forum mondial des politiques de télécommunication (FMTP-01, Genève, 7-9 mars 2001).

Considérant que d'importantes questions techniques, socio-économiques et de politique générale doivent être abordées par les pays en développement à l'heure de l'introduction de la téléphonie IP, le FMTP-01 a invité l'UIT-D à établir un rapport à la Conférence mondiale de développement des télécommunications (CMDT-02) pour que celle-ci prenne les mesures nécessaires.

J'ai donc chargé un Groupe d'experts de procéder aux activités définies afin de faciliter l'introduction de la téléphonie IP, compte tenu des considérations d'interopérabilité et de leurs implications s'agissant d'introduire la téléphonie IP dans les pays en développement au niveau des réseaux de télécommunication à commutation de circuits nationaux et internationaux.

Aujourd'hui, nous sommes heureux de constater que les deux camps se rapprochent et que de nombreuses questions épineuses ont été soulevées et résolues. Le rôle du BDT, catalyseur et vecteur de diffusion de l'information, est essentiel pour régler de tels problèmes, et nous sommes résolus à persévérer dans notre entreprise.

Conçu dans le but de donner aux administrations des pays en développement des lignes directrices sur les stratégies propres à faciliter l'introduction de la téléphonie IP, le «Rapport essentiel sur la téléphonie IP» a été élaboré par le Groupe d'experts composé de représentants aussi bien de pays en développement que de pays développés, d'Etats Membres de l'UIT et de Membres de Secteur de l'UIT-D, sous la présidence de M. Nabil Kisrawi.

Les travaux du Groupe d'experts sur la téléphonie IP suscitent déjà beaucoup d'intérêt dans le cadre des activités ordinaires de recherche et d'assistance technique du BDT en ce qui concerne l'utilisation et la gestion des réseaux IP dans les pays en développement. Je tiens à cet égard à remercier le Président Nabil Kisrawi, pour son précieux appui et ses initiatives de ces derniers mois, initiatives qui nous ont permis de surmonter des obstacles de taille. Je tiens également à remercier tous les experts et les administrations et entreprises dont ils relèvent, pour leur contribution extrêmement utile.



Hamadoun I. Touré

Directeur
Bureau de développement des télécommunications

AVANT-PROPOS

La Conférence de plénipotentiaires, par sa Résolution 101 (Minneapolis, 1998) a reconnu que les réseaux fondés sur le protocole Internet (réseaux IP) revêtaient une importance décisive pour l'avenir et seraient un important moteur de croissance de l'économie mondiale au XXI^e siècle, et elle a souligné qu'il était nécessaire de cerner les conséquences du déploiement de ces réseaux dans les Etats Membres de l'UIT, notamment en ce qui concerne l'interopérabilité entre les réseaux IP et les autres types de réseau de télécommunication, ainsi que les moyens propres à assurer la qualité demandée par les utilisateurs.

Comparé au trafic vocal, le trafic de données s'accroît rapidement, si bien que la conception traditionnelle des réseaux téléphoniques pouvant également acheminer du trafic de données pourrait bien (mais à quelle échéance et dans quelles conditions?) faire place à la notion de réseaux de transmission de données également capables d'acheminer du trafic téléphonique.

C'est par la Décision 498, prise à sa session de l'an 2000, que le Conseil de l'UIT a décidé de convoquer à Genève, du 7 au 9 mars 2001, le troisième Forum mondial des politiques de télécommunication (FMPT-01), afin de procéder à un débat et à un échange de vues sur le thème de la téléphonie IP. Le Forum a adopté l'Avis D compte tenu des problèmes particuliers que la téléphonie IP peut poser dans les pays en développement. L'Avis D doit permettre de répondre aux nombreux problèmes auxquels se heurtent les pays en développement et plus particulièrement ceux auxquels se heurtent de nombreux opérateurs de télécommunication publics (ou privés mais en position dominante) à l'heure de l'introduction de la téléphonie IP, notamment en ce qui concerne:

- les conséquences, au niveau des flux de recettes, du fait que les tarifs de la téléphonie IP sont moins élevés que ceux des prestations équivalentes du réseau téléphonique public commuté (RTPC);
- la nécessité de ne pas imposer des contraintes supplémentaires aux réseaux RTPC lorsqu'ils sont interconnectés à des réseaux IP;
- les moyens de mesurer la qualité de fonctionnement et d'identifier les flux de trafic en cas d'interfonctionnement réseaux IP/réseaux RTPC;
- les moyens de mobiliser les fonds nécessaires à investir dans des réseaux IP;
- enfin, les moyens de régler les problèmes de numérotage et d'adressage.

Les conclusions et les principaux aspects de téléphonie IP traités dans le présent rapport répondent à bon nombre de ces questions ainsi qu'à celles qui découlent des tâches énumérées au point 3 de l'Avis D.

A cette occasion, je tiens à remercier tous les experts et les rapporteurs, qui n'ont pas ménagé leur peine, ainsi que M. Hamadoun I. Touré, Directeur du BDT, et ses services, pour l'appui que le Groupe d'experts a trouvé auprès d'eux.



Nabil Kisrawi

Président du Groupe d'experts de l'UIT-D sur
la «téléphonie IP» (point 3 de l'Avis D)

REMERCIEMENTS

L'UIT-D souhaite remercier tous les membres du Groupe d'experts sur la téléphonie IP pour leur excellent travail et pour leur opiniâtreté.

Le texte du présent rapport a été élaboré par un Groupe d'experts, conduit par M. Nabil Kisrawi (Syrian Telecommunication Establishment), assisté d'un Vice-Président, M. Peter Kenduiywo (Telkom Kenya Ltd). La coordination globale a été assurée par M. Désiré Karyabwite, Coordinateur IP, Unité «Cyberstratégies», UIT/BDT.

Le Groupe était divisé en plusieurs Groupes de Rapporteur: le Groupe du Rapporteur pour les questions techniques, dirigé par M. Jamel Zenkri (Tunisie) assisté de M. Souheil Marine (ALCATEL France); le Groupe du Rapporteur pour les questions économiques, dirigé par M. Sameer Sharma (Telecom Regulatory Authority of India) assisté de M. Kumar Jayant (Inde); le Groupe du Rapporteur pour les questions politiques, dirigé par Mme Virginia Sheffield (Etats-Unis) assistée de Mme Julie Kearney (Federal Communications Commission, Etats-Unis); le Groupe du Rapporteur pour les ateliers et les aspects formation, dirigé par Mme Rosa Rizvangoul Cissé (SOTELMA, Mali) assistée de M. Désiré Karyabwite et le Groupe du Rapporteur pour la liste de facteurs pour l'introduction de la «téléphonie IP», dirigé par le Président du Groupe d'experts.

Par ailleurs, le rapport a bénéficié des informations et des observations fournies par plusieurs experts que nous tenons à remercier. Nous tenons tout particulièrement à exprimer notre gratitude aux personnes suivantes:

Mme Fiona ALEXANDER, Department of Commerce (Etats-Unis)
M. Andjai Fulbert ANDZADZI, Gabon Telecom
M. Housseynou Hamady BA, Secrétariat d'Etat auprès du Premier Ministre (Mauritanie)
M. Riad BAHOUN, Chief Executive Officer et General Manager, TIT (Liban)
M. Richard BEAIRD, Department of State (Etats-Unis)
M. Mark CARVELL, Department of Trade and Industry (Royaume-Uni)
Mme Helen DOMENICI, Federal Communications Commission (Etats-Unis)
M. Maurice GHAZAL, Ministry of Telecommunications (Liban)
M. Rainer HANDEL, Siemens AG (Allemagne)
M. Emmanuel IDOUNDOU, Office des Postes et Télécommunications (Gabon)
M. Aysel KANDEMIR, Telecommunications Authority (Turquie)
M. Tshoganetso KEPALETSWE, Botswana Telecommunication Authority
M. Daniel KIERNAN, ALCATEL (France)
M. Svend KRAEMER, Commission européenne (Belgique)
M. Hassane MAKKI, Office fédéral de la communication (Suisse)
M. Nangithia MBOGORI, Telkom Kenya Ltd
M. Hassan MOTALEBPOUR, Telecommunication Company of Iran
M. Hussein Ahmed Mohamed OSMAN, SUDATEL (Soudan)
M. Lamoussa OUALBEOGO, Office National des Télécommunications (Burkina Faso)
M. Arthur REILLY, CISCO Systems (Etats-Unis)
M. Sameer SHARMA, Telecom Regulatory Authority of India
Mme Sally SHIPMAN, US Department of State (Etats-Unis)
Mme Paule SIBIETA, France Télécom
M. Gyan Prakash SINGH, Videsh Sanchar Nigam Ltd (Inde)
M. Yasuhito TAMADA, Mission permanente du Japon à Genève
M. Chris TAYLOR, Cable & Wireless (Royaume-Uni)
M. Jean-Louis TERTIAN, ART (France)
M. Barka Koigoumo TOURÉ, SOTELMA (Mali)
Mme Elham ZAKARIA, Egypt Telecom

Par ailleurs, l'élaboration du présent rapport n'aurait pas été possible sans l'aide des membres de l'Unité «Cyberstratégies», en particulier M. Alexander Ntoko, Mme Christine Ochienghs, Mme Martine Métral et M. Efreem Yosef que nous tenons à remercier chaleureusement. Nous souhaitons également remercier Mme Renée Zbinden (Département de la composition des publications de l'UIT) et son équipe pour la production du présent rapport ainsi que M. Nicolas Stauble qui a conçu la page de couverture.

TABLE DES MATIÈRES

	<i>Page</i>
PRÉFACE	iii
AVANT-PROPOS	iv
REMERCIEMENTS	v
PARTIE I – La mise en place de la téléphonie IP: Considérations générales	1
Chapitre I.1 – Considérations relatives à la mise en place de la téléphonie IP	3
I.1.1 Observations générales	3
I.1.2 Définition de travail de la téléphonie IP	3
I.1.2.1 Motivations techniques en faveur de la téléphonie IP	3
I.1.2.2 Présentation des différents types de téléphonie IP	4
I.1.2.3 Définition de travail de la téléphonie IP	8
Chapitre I.2 – Liste de facteurs pour la mise en place de la téléphonie IP	10
PARTIE II – Téléphonie IP – Aspects techniques	11
Chapitre II.1 – Architecture des réseaux	13
II.1.1 Architectures des réseaux téléphoniques traditionnels existants	13
II.1.2 Architectures des réseaux de données	14
II.1.3 Invasion des réseaux de télécommunication par les données	15
II.1.4 A quoi ressembleront les réseaux de télécommunication de demain?	16
II.1.4.1 Architecture NGN de Telecordia.....	16
II.1.4.2 Architecture logicielle du consortium Softswitch	18
Chapitre II.2 – Stratégies de migration des réseaux téléphoniques vers les réseaux NGN; quand, comment et pour quoi faire?	19
II.2.1 Contexte de la migration vers les NGN.....	19
II.2.2 RTPC pour la voix et Internet	19
II.2.2.1 TDM et SS7 [A]	19
II.2.2.2 Services de réseau intelligent [B]	19
II.2.2.3 Accès Internet [C].....	20

	<i>Page</i>
II.2.3 Consolidation du RTPC.....	20
II.2.3.1 Consolidation de la commutation [D]	20
II.2.3.2 Consolidation de l'accès [E] et VoDSL [F]	21
II.2.3.3 Services de convergence RI-Internet [G]	21
II.2.3.4 Accès de service ouvert [H]	22
II.2.4 Voix sur paquet pour les ressources partagées	22
II.2.4.1 Partage des ressources via les passerelles intégrées [I]	22
II.2.4.2 TGW [J] avec commutateurs logiques de classe 4 [K]	23
II.2.5 Voix sur paquet pour l'accès.....	23
II.2.5.2 Passerelle résidentielle [M]	23
II.2.5.3 Passerelle d'accès dans le DSLAM [N]	24
II.2.5.4 Passerelles d'accès distribué [O, P]	24
II.2.5.5 Téléphones IP [Q]	24
II.2.6 Introduction du multimédia	24
II.2.6.1 Clients IP [R] avec commutateur logique multimédia [S]	25
II.2.6.2 Portail de vente et interfaces ouvertes [T]	25
II.2.6.3 Nouvelles applications [U]	25
II.2.7 Migration vers le NGN complet	25
II.2.7.1 Remplacement des équipements hérités [V]	25
II.2.7.2 Migration vers la signalisation tout IP [W]	26
II.2.8 Autre stratégie de migration	26
Chapitre II.3 – Applications	28
II.3.1 Avantages pour les utilisateurs finals	28
II.3.2 Réseau virtuel à ressources partagées VoIP	28
II.3.3 Applications multimédias	28
II.3.3.1 Services interactifs	28
II.3.3.2 Diffusion et transfert de flux continu	29
II.3.3.3 Stockage et restitution	29
II.3.3.4 Services de multidiffusion.....	30
Chapitre II.4 – Qualité de service	31
II.4.1 Qualité de service dans le contexte du réseau téléphonique.....	31
II.4.1.1 Aspects techniques	31
II.4.1.2 Aspects liés à l'organisation du réseau	32
II.4.2 Qualité de service dans les réseaux de données	33
II.4.3 Qualité de service d'un réseau IP utilisé pour la téléphonie	34
II.4.3.1 Difficultés techniques.....	34
II.4.3.2 Solutions techniques pour la qualité de service sur les réseaux IP.....	35
II.4.3.3 Aspects liés à l'organisation et au modèle de fourniture de service par les réseaux IP	35

	<i>Page</i>
Chapitre II.5 – Sécurité	37
II.5.1 Sécurité dans le contexte du réseau téléphonique	37
II.5.2 Sécurité dans le contexte du réseau IP	38
II.5.3 Interceptions légales pour la téléphonie IP	40
Chapitre II.6 – Codage.....	41
II.6.1 Technologies de codage utilisées dans le contexte du réseau téléphonique.....	41
II.6.1.1 Le codage MIC (modulation par impulsion et codage).....	41
II.6.1.2 Le codage différentiel MICD, MICDA et MDA.....	41
II.6.2 Technologies de codage pour la téléphonie utilisant un réseau IP	42
Chapitre II.7 – Accessibilité	44
II.7.1 Accès au réseau téléphonique.....	44
II.7.2 Accès aux réseaux de données et à l'Internet.....	44
II.7.3 Accès à la téléphonie IP et aux réseaux NGN	45
Chapitre II.8 – Plans de numérotage et d'adressage pour les services téléphoniques aux abonnés à IP natif.....	47
Chapitre II.9 – Conclusions de la partie II: Aspects techniques.....	48
PARTIE III – Telephonie IP – Aspects économiques	49
Chapitre III.1 – Incidences économiques générales de la téléphonie IP	51
III.1.1 Remarques générales.....	51
III.1.2 Comparaison entre la téléphonie IP (fixe et mobile, réseau d'accès et réseau central) et la téléphonie à commutation de circuits (fixe et mobile)	51
III.1.3 Coûts d'investissement et coûts de l'exploitation et de la maintenance.....	53
III.1.4 Ressources humaines, y compris formation du personnel aux réseaux IP	53
Chapitre III.2 – Calcul global des coûts et fixation des prix	54
III.2.1 Méthodes de calcul des coûts pour la téléphonie IP	54
III.2.1.1 Remarques générales.....	54
III.2.1.2 Modèles de calcul des coûts.....	54
III.2.1.3 Méthode de calcul des coûts fondée sur les éléments du réseau	54
III.2.1.4 Etat des forces du marché	54
III.2.1.5 Rééquilibrage des tarifs: tarification fondée sur les coûts.....	55
III.2.2 Questions liées à la facturation.....	55
III.2.3 Durée d'amortissement	56
III.2.4 Base de la fixation des prix	57
III.2.4.1 Structure générale de la fixation des prix.....	57
III.2.4.2 Fixation des prix pour les utilisateurs finals.....	57

	<i>Page</i>
Chapitre III.3 – Expérience des pays développés et des pays en développement.....	58
III.3.1 Expérience d'entreprise.....	58
III.3.2 Inde.....	58
III.3.3 Hong Kong.....	59
III.3.4 Singapour.....	59
Chapitre III.4 – Impact économique de la téléphonie IP.....	60
III.4.1 Impact sur les recettes des opérateurs historiques.....	60
III.4.1.1 Remarques générales.....	60
III.4.1.2 Diminution des recettes existantes.....	60
III.4.1.3 Possibilité de création de nouveaux revenus grâce à la prise en compte des modèles convergents applicables aux données et aux télécommunications.....	61
III.4.1.4 Stratégie économique des opérateurs historiques.....	61
III.4.2 Impact de la téléphonie IP sur les consommateurs.....	63
III.4.3 Impact de la téléphonie IP sur les taxes de règlement des comptes internationaux.....	63
III.4.4 Incidences économiques de l'obligation de service universel sur la téléphonie IP.....	64
III.4.5 Questions liées à l'interconnexion.....	64
Chapitre III.5 – Conclusions de la partie III: Aspects économiques.....	69
PARTIE IV – TELEPHONIE IP – Aspects réglementaires.....	71
Chapitre IV.1 – Examen des cadres réglementaires actuels.....	73
IV.1.1 Remarques générales.....	73
IV.1.2 Aperçu.....	73
IV.1.3 Réexamen de certaines questions.....	74
IV.1.3.1 Atteindre les objectifs politiques dans le contexte de la convergence et des conditions existantes du marché.....	74
IV.1.3.2 Encourager l'investissement, stimuler l'innovation, promouvoir le développement et ouvrir les marchés.....	74
IV.1.3.3 Avantages pour les utilisateurs.....	74
IV.1.3.4 Objectifs en matière d'accès/service universel pour les services de télécommunication.....	74
IV.1.3.5 Examen d'aspects techniques tels que la qualité de service.....	75
IV.1.3.6 Politiques d'interconnexion et d'accès.....	75
IV.1.4 Contacts avec les agences.....	75
Chapitre IV.2 – Etudes de cas et partage d'expériences.....	76
IV.2.1 Introduction.....	76
IV.2.2 Résultats des politiques englobant la téléphonie IP.....	76
IV.2.3 Politiques compatibles avec la transition/convergence des réseaux.....	76

	<i>Page</i>
IV.2.4 Partage d'expériences dans le développement de nouvelles méthodes et approches.....	77
IV.2.4.1 Remarques générales	77
IV.2.4.2 Approches d'une réglementation sectorielle «technologiquement neutre»..	77
IV.2.4.3 Application de la réglementation nationale sur les télécommunications en faveur d'une concurrence réelle, obligations d'accès et/ou de service universel et autres expériences.....	77
IV.2.5 Implications politiques potentielles d'ENUM	78
IV.2.6 Formation et sensibilisation des régulateurs et des opérateurs.....	78
Chapitre IV.3 – Conclusions de la partie IV: Aspects politiques.....	80
PARTIE V – Telephonie IP – Ateliers et formation	81
Chapitre V.1 – Considérations générales.....	83
V.1.1 Introduction	83
Thème 1: Réseaux IP et introduction de la téléphonie IP.....	83
Thème 2: Ateliers de formation pour le personnel technique	83
Thème 3: Ateliers de formation sur des questions de réglementation associées à l'introduction de la téléphonie IP.....	83
Chapitre V.2 – Séminaires et ateliers organisés	84
V.2.1 Remarques générales.....	84
V.2.2 Atelier régional pour la région des Etats arabes: recommandations.....	84
Chapitre V.3 – Stratégies de développement d'une politique de formation à la téléphonie IP.....	86
V.3.1 Organisation d'ateliers	86
V.3.1.1 Thème 1: Réseaux IP et introduction à la téléphonie IP.....	86
V.3.1.2 Thème 2: Ateliers de formation du personnel technique.....	86
V.3.1.3 Thème 3: Ateliers de formation aux aspects réglementaires de l'introduction de la téléphonie IP	87
V.3.2 Mise en place d'une politique de formation en matière de téléphonie IP	87
Chapitre V.4 – Conclusions de la partie V: Ateliers et formation.....	89
Annexe A – Protocole Internet (IP) et protocole datagramme d'utilisateur (UDP)...	91
A.1 Le protocole IP	91
A.2 Le protocole UDP.....	91
Annexe B – Qualité de service pour le protocole VoIP.....	93
B.1 Perte.....	93
B.2 Délai	93
B.3 Gigue	95
B.4 Echo.....	96

	<i>Page</i>
Annexe C – Protocoles pour la fourniture de VoIP avec une bonne qualité de service.....	97
C.1 Le protocole RTP	97
C.2 Le protocole RTCP.....	98
C.3 Le protocole de réservation de ressources (RSVP)	99
C.4 Le protocole de services différenciés (DiffServ).....	100
C.5 Le protocole de commutation multiprotocole avec étiquette (MPLS)	101
C.5.1 Les composants MPLS	102
C.5.2 LSR et LER	102
C.5.3 FEC.....	102
C.5.4 Etiquettes et association d'étiquettes	102
C.5.5 Format de base des étiquettes MPLS.....	103
Annexe D – Le protocole IPSec.....	105
Annexe E – Principes et techniques de codage	107
E.1 Le codage différentiel (MICD, MICDA, MDA)	107
E.2 Le codage par synthèse (LPC, CELP).....	108
Annexe F – Les protocoles du niveau application pour la voix sur IP	109
F.1 Le protocole H.323 de l'UIT-T	109
F.2 Le protocole SIP de l'IETF	111
Annexe G – Les protocoles du niveau réseau pour la voix sur IP	115
G.1 Le protocole H.248/MEGACO de l'UIT-T/IETF	115
G.2 Le protocole BICC de l'UIT-T	116
Annexe H – Numérotage électronique (ENUM).....	117
Annexe I – Abréviations	119
Annexe J – Questions et problèmes appelant un complément d'examen.....	125
Annexe K – Travaux de normalisation concernant la «téléphonie IP».....	127
Annexe L – Avis A du FMPT-01.....	141
Annexe M – Avis B du FMPT-01	145
Annexe N – Avis C du FMPT-01.....	147
Annexe O – Avis D du FMPT-01	149
Annexe P – Interconnexion dans l'Union européenne (UE).....	151

PARTIE I

LA MISE EN PLACE DE LA TÉLÉPHONIE IP: CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

Chapitre I.1 – Considérations relatives à la mise en place de la téléphonie IP

I.1.1 Observations générales

Suite à la partie 3 de l'Avis D (Annexe O ci-jointe), adopté par le troisième Forum mondial des politiques de télécommunication sur la téléphonie IP (FMPT-01, Genève, 7-9 mars 2001), M. Hamadoun I. Touré, Directeur du BDT, a invité des experts de pays développés et de pays en développement à planifier une stratégie de transformation de leurs réseaux en réseaux IP. En réponse à ces invitations, trois réunions d'experts sur la téléphonie IP se sont tenues sous la présidence de M. Nabil Kisrawi (Syrie) assisté de M. Peter Kenduiwo (Kenya), Vice-Président (9 et 10 juillet; 8-10 octobre et 13 et 14 décembre 2001).

Ces réunions d'experts étaient chargées des tâches suivantes, énumérées dans l'Avis D, concernant l'UIT-D:

- a) établir, dès que possible, une liste de facteurs dont les pays en développement pourront tenir compte pour accélérer la mise en œuvre des réseaux IP et pour faciliter ainsi la mise en place de la téléphonie IP;
- b) donner des avis et fournir une assistance aux pays en développement pour répondre à leurs besoins et à leurs préoccupations concernant les incidences techniques, socio-économiques et politiques de la mise en œuvre de la téléphonie IP;
- c) soumettre un rapport à la prochaine CMDT, afin qu'elle prenne les mesures nécessaires.

Les travaux se sont déroulés comme suit: la première réunion a décidé de créer des Groupes de Rapporteur, c'est-à-dire des Groupes placés sous la responsabilité d'un Rapporteur. Pour les questions techniques, c'est M. Jamel Zenkri (Tunisie) qui a été désigné, assisté de M. Souhail Marine (Alcatel France). M. Sameer Sharma (Inde), assisté de M. Kumar Jayant (Inde), a été chargé des aspects économiques. Le Rapporteur pour les questions de politique était Mme Virginia Sheffield (Etats-Unis), assistée de Mme Julie Kearney (Etats-Unis); pour les ateliers et les aspects formation, Mme Cisse Rosa Rizvangoul (Mali) était assistée de M. Désiré Karayabwite (UIT/BDT). Enfin, le Rapporteur chargé de la liste de facteurs était M. Nabil Kisrawi, Président du Groupe d'experts.

I.1.2 Définition de travail de la téléphonie IP

I.1.2.1 Motivations techniques en faveur de la téléphonie IP

Même si elle ne représente pas encore un pourcentage notable du volume global du trafic téléphonique mondial, la téléphonie IP gagne rapidement du terrain et les motivations techniques en faveur de son déploiement sont les suivantes:

- Le réseau à commutation de circuits a été conçu et optimisé pour fournir un produit unique – des liaisons en phonie duplex commutables 4 kHz entre les points (liaisons numériques à 64 kbit/s).
- Les informations sont généralement transmises par salves et non en flux continu, comme pour la voix.
- Le moyen le plus efficace de transporter ces salves de données est d'utiliser des paquets d'informations pouvant être imbriqués les uns après les autres dans un réseau avec d'autres paquets acheminés depuis des sources différentes et vers des destinations différentes.
- Pendant plus de 40 ans, les signaux vocaux ont été codés numériquement en flux de 64 kbit/s pouvant être transportés sur des canaux à 64 kbit/s. Toutefois, certains progrès en matière de codage vocal permettent d'obtenir des débits allant de 5-8 kbit/s à 64 kbit/s (qualité audio supérieure). Dans le réseau à commutation de circuits à 64 kbit/s, il semble difficile de multiplexer des signaux vocaux à des débits autres que 64 kbit/s. Cependant, les abonnés à la téléphonie IP ont besoin de se raccorder à l'ensemble des abonnés à la téléphonie classique dans le monde, soit plus d'un milliard de personnes, et en effectuant le transcodage, il faut convertir le faible débit en codage standard de 64 kbit/s (la situation rappelle celle où il a fallu raccorder le codage à faible débit des réseaux mobiles aux réseaux RTPC fixes).

Le Rapport essentiel sur la téléphonie IP

- Des progrès considérables ont été réalisés notamment par le Groupe d'étude sur l'ingénierie Internet (IETF) en vue de permettre le transport de la voix en temps réel ou quasi réel via la technologie IP qui utilise les différents types de codage de la voix. Les produits de qualité Télécom qui intègrent ces protocoles sont introduits avec une qualité de service visant à répondre aux besoins des clients. L'IETF travaille actuellement sur des protocoles qui devront veiller à ce que les exigences de qualité de service soient satisfaites de façon cohérente tout au long des réseaux traversés.
- La flexibilité requise en matière de transport des flux d'informations des utilisateurs (débit constant ou variable, vitesses différentes, etc.) encourage une évolution des réseaux à commutation par paquets vers un réseau intégré unique permettant toute une série d'applications.
- Un réseau intégré (à commutation par paquets) peut permettre de réduire les coûts d'exploitation et de maintenance liés à la superposition des réseaux. Cependant, certaines dépenses supplémentaires seront nécessaires à court terme.
- Par ailleurs, la flexibilité des réseaux à commutation par paquets, qui permet de tenir compte des nouveaux flux d'information ayant diverses caractéristiques et basés sur le protocole IP ainsi que sur l'ensemble des interfaces standard ouvertes et des langages disponibles, autorise l'introduction de nouvelles applications générant de nouveaux flux de recettes. Dans certains cas, ces possibilités pourraient être *le véritable* moteur de l'introduction de la transmission IP dans les réseaux de télécommunication, évitant la «reproduction» des services téléphoniques existants.
- Les réseaux IP peuvent utiliser les mêmes installations de transport des couches basses sous-jacentes, par exemple les paires métalliques torsadées, le câble, le réseau hertzien, la fibre optique ou encore le satellite. La migration vers les réseaux IP peut se faire de façon économique, en déployant les commutateurs/routeurs de paquets IP qui peuvent être connectés par le biais des installations existantes. Ces conditions ont permis d'offrir un accès Internet aux marchés de masse dans les pays développés, grâce à la disponibilité et à l'universalité de ces installations de transport.

I.1.2.2 Présentation des différents types de téléphonie IP

On peut distinguer, selon la nature du réseau IP utilisé, deux grandes catégories pour la transmission de la voix sur des réseaux IP. La première repose essentiellement sur le réseau Internet, considéré comme l'interconnexion d'un ensemble de réseaux publics ou privés à l'échelle mondiale. La seconde est fournie par des opérateurs de service utilisant des réseaux IP gérés, au sein desquels un certain nombre de mécanismes (algorithmes de routage, codages, etc.) ont été préalablement introduits pour assurer un niveau de qualité de service acceptable pour la parole.

Il y a trois scénarios d'utilisation de la voix sur VoIP, selon les équipements terminaux et les types de réseaux mis en œuvre:

Scénario 1: d'ordinateur à ordinateur

Dans ce scénario, l'appelant et l'appelé disposent tous deux d'ordinateurs¹ leur permettant de se connecter au réseau Internet, habituellement via le réseau d'un fournisseur de services Internet (ISP)². L'établissement de la communication vocale entre les deux correspondants nécessite une entente préalable entre eux, dans la mesure où il faut que les deux usagers soient connectés à l'Internet en même temps (en fixant un rendez-vous

¹ En réalité, par «ordinateur» ou «PC», on entend un appareil capable d'exécuter un programme logiciel d'application de la voix sur IP. Aujourd'hui, nous voyons émerger des applications avancées d'utilisateur telles que des ordinateurs de poche (PDA) ou des téléphones mobiles perfectionnés capables de faire tourner des logiciels de VoIP; le terme «PC» est utilisé par la suite pour des raisons de facilité et doit être compris dans le sens général ci-dessus.

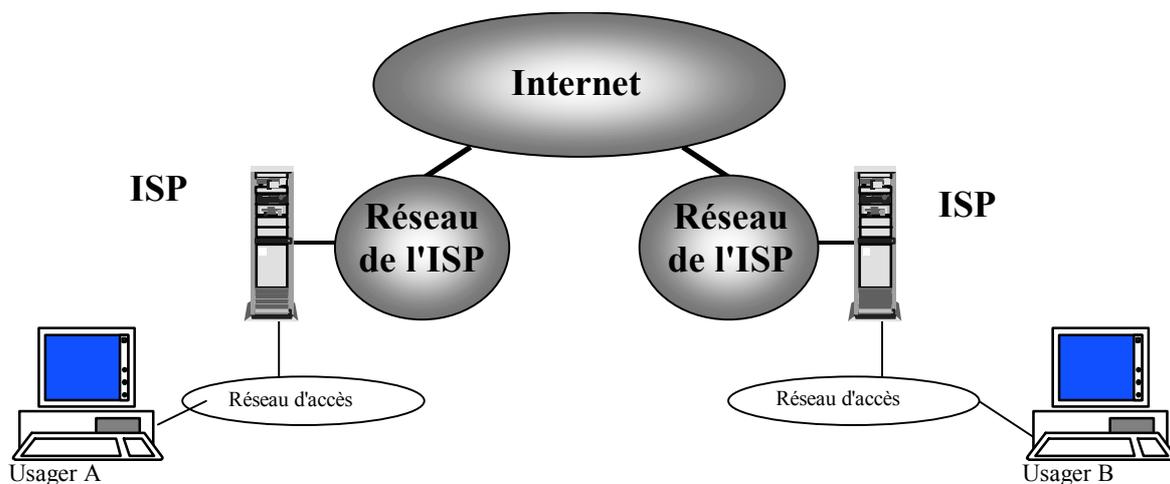
² Le rôle de l'ISP est d'abord de permettre à ses abonnés de se connecter à son réseau et de leur fournir une adresse IP leur permettant d'utiliser les applications Internet. Le cas de l'accès à l'Internet par l'intermédiaire d'un ISP est cité ici comme l'exemple dominant. Bien sûr, les utilisateurs connectés directement à un LAN ou WAN (réseaux d'entreprise ou universitaire) peuvent avoir une adresse IP – bien que ce soit une adresse privée derrière un schéma de traduction d'adresses de réseau (NAT) – et utiliser les applications Internet sans l'intervention d'un ISP.

préalable pour la communication via Internet, à moins, bien sûr, qu'ils ne soient connectés en permanence) et utilisent des logiciels de voix sur IP compatibles³. De plus, l'appelant doit connaître l'adresse IP de l'appelé; pour ce faire, les correspondants doivent se mettre d'accord sur la consultation d'un serveur d'annuaire en ligne (mis à jour à chaque connexion) où les utilisateurs s'enregistrent à chaque communication, ou ont d'autres moyens de localisation lorsqu'ils connaissent la disponibilité de la connexion de leur correspondant à l'Internet (techniques de messagerie instantanée).

Dans ce scénario, le réseau d'accès utilisé pour accéder à l'ISP est en général le réseau téléphonique public, grâce à un simple appel téléphonique. Ce mode d'accès continue de prévaloir, même dans les pays développés. Des solutions de remplacement dites à «large bande», s'appuyant sur le réseau téléphonique (technologie de ligne d'abonné numérique ou DSL), sur un réseau de télévision par câble ou sur un réseau d'accès hertzien (technologie LDMS), commencent à être mises en œuvre mais elles n'ont pas encore atteint le stade d'une large diffusion, même si certains pays sont déjà bien équipés⁴.

Le rôle de l'ISP dans ce scénario ne dépasse pas celui de la simple fourniture d'accès au réseau qui permet à son tour d'accéder à l'Internet. L'application voix utilisée par le client est transparente pour l'ISP et aucune disposition spécifique n'est assurée afin de garantir la qualité du service vocal. En somme, on ne peut pas parler dans un tel scénario de «téléphonie» au sens classique, entendue comme la fourniture d'un service par un fournisseur tiers, mais simplement de l'utilisation d'une application vocale via l'Internet. Celle-ci est en fait devenue banale à l'instar de toutes les applications du réseau. Le protocole utilisé entre les deux interlocuteurs est souvent celui de la Recommandation H.323 (voir Annexe F.1) défini par l'UIT-T (application NetMeeting par exemple), mais le protocole SIP de l'IETF (voir Annexe F.2) pourrait gagner de l'importance à l'avenir. Cette solution est illustrée par la Figure 1 ci-dessous.

Figure 1 – Téléphonie IP d'ordinateur à ordinateur



³ Les logiciels de téléphonie actuellement sur le marché sont tous structurés de manière semblable. Ils présentent un tableau de bord qui sert d'écran de contrôle pour les principales fonctions de téléphonie et donne accès aux menus de configuration et d'options. Tous les logiciels mettent en relation avec des IRC (pour Internet Relay Chat qui sont des espaces de dialogue en temps réel permettant d'échanger des messages texte en direct) qui donnent la liste des personnes utilisant le même logiciel et connectées en direct. Selon le produit, un menu permet aussi de passer un appel vers une adresse IP identifiée, permanente et correspondant à une machine déjà connectée au réseau. Le cryptage des conversations vocales peut être inclus dans certains produits. Une option messagerie permet la prise de messages vocaux par la machine.

⁴ Les principaux opérateurs de l'Union européenne, de l'Amérique du Nord et de la Corée indiquent qu'ils ont déjà une disponibilité de 90% d'accès ADSL (voir les rapports du programme «Nouvelles initiatives» de l'UIT sur le large bande: «Promoting broadband», «Economic and Regulatory Implications of Broadband» et «Naissance du large bande»).

Le Rapport essentiel sur la téléphonie IP

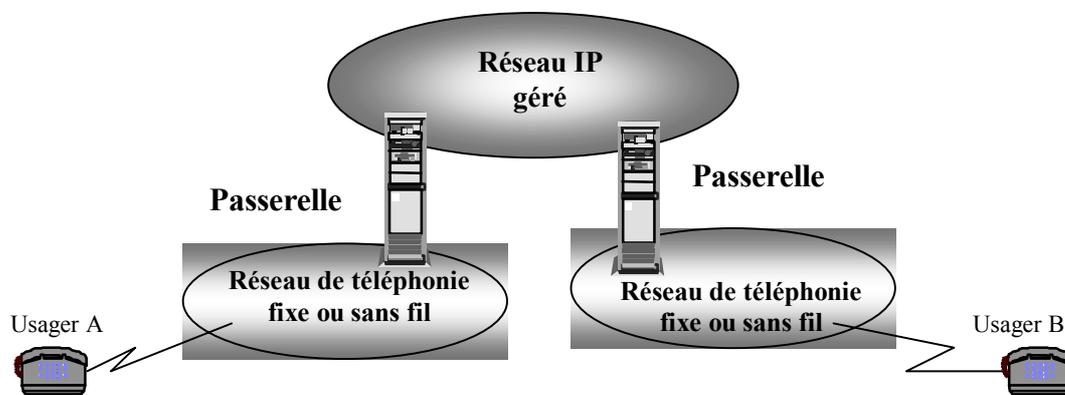
Scénario 2: De téléphone à téléphone via IP

Dans ce cas, l'appelant et l'appelé sont tous les deux des abonnés au réseau téléphonique public (fixe ou mobile) et utilisent de manière classique leur appareil téléphonique pour la communication vocale. On peut distinguer deux méthodes pour communiquer au moyen de deux postes téléphoniques ordinaires via un réseau IP ou Internet.

Utilisation de passerelles

Cela signifie qu'un ou plusieurs acteurs de télécommunication ont mis en place des passerelles permettant de transmettre la voix sur un réseau IP d'une manière qui soit transparente pour les usagers téléphoniques. Il s'agit dans ce cas non pas de l'Internet mais d'un réseau IP «géré», c'est-à-dire d'un réseau dont le dimensionnement a été conçu afin de permettre le transport de la voix avec une qualité de service acceptable. La Figure 2 ci-dessous illustre un tel scénario.

Figure 2 – Téléphonie IP de téléphone à téléphone en utilisant des passerelles



Dans ce scénario, les passerelles et le réseau IP géré pourraient appartenir à des acteurs différents selon qu'il s'agit:

- d'un usage purement interne de la voix sur IP au sein du réseau d'un opérateur téléphonique unique qui possède et gère l'ensemble de l'opération, traitant aussi bien l'utilisateur A que l'utilisateur B;
- de la fourniture d'un service vocal longue distance par un opérateur longue distance utilisant la technologie de la voix sur IP (les utilisateurs A et B appartenant alors à des réseaux distincts), auquel cas l'ensemble de l'opération appartient à cet opérateur longue distance et est géré par lui.

Utilisation de boîtiers d'adaptation

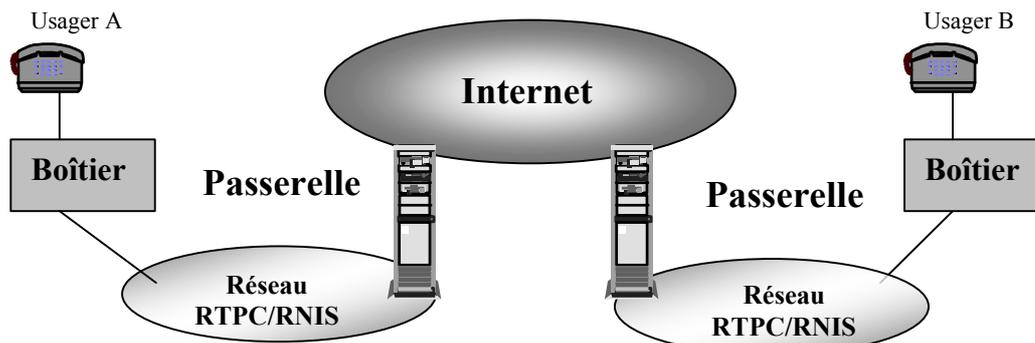
Un certain nombre de sociétés commercialisent des boîtiers ressemblant à des modems, qui s'intercalent entre le poste téléphonique de l'utilisateur et son branchement au RTPC.

Pour le bon fonctionnement de ce dispositif, chacun des deux usagers a besoin d'un abonnement auprès d'un fournisseur ISP dont les paramètres d'accès ont été préprogrammés dans le boîtier.

L'appelant établit sa communication comme sur un réseau de télécommunication classique, et la première phase de la communication est en fait établie sur ce réseau; mais aussitôt après, les boîtiers s'échangent les informations nécessaires à la deuxième phase. La communication traditionnelle est alors rompue et les boîtiers établissent, grâce aux informations qu'ils se sont échangées et aux paramètres préétablis, une

connexion entre chacun des deux correspondants et son ISP respectif. Une fois la communication établie, les boîtiers assurent localement la conversion de la voix en paquets IP à transporter sur l'Internet (voir la Figure 3). Ce scénario est, sur le principe, très proche du scénario 1 sauf que les deux usagers peuvent faire l'économie d'un PC et la prise de «rendez-vous» sur Internet est facilitée par l'initialisation de la procédure sous la forme d'un appel téléphonique. Toutefois, ce type de dispositif n'a eu qu'un succès marginal, car il nécessite – comme pour le cas ordinateur à ordinateur – que les deux correspondants soient équipés chacun du même type de boîtier.

Figure 3 – Téléphonie de téléphone à téléphone en utilisant des boîtiers d'adaptation



Dans ce scénario, les deux méthodes mettent en œuvre deux types de réseau pour l'établissement de la communication téléphonique: l'Internet ou un réseau IP géré et le RTPC.

Scénario 3: D'ordinateur à téléphone ou de téléphone à ordinateur

Dans ce scénario, l'un des usagers dispose d'un ordinateur lui permettant de se connecter à Internet via un réseau d'accès et un ISP (de manière similaire au scénario 1)⁵ 55(5), tandis que l'autre usager est un abonné «normal» d'un réseau téléphonique fixe ou mobile.

D'ordinateur à téléphone

Lorsque l'utilisateur disposant d'un ordinateur souhaite appeler un correspondant sur le poste téléphonique de ce dernier, il doit d'abord se connecter à Internet de manière classique via le réseau de son ISP. Une fois connecté, il utilise le service d'un fournisseur de téléphonie sur Internet (ITSP) qui fait fonctionner une passerelle permettant d'accéder au point le plus près du central téléphonique de l'abonné demandé. C'est cette passerelle qui se chargera de l'appel du correspondant et de l'ensemble de la signalisation relative à la communication téléphonique du côté du correspondant demandé.

Il est à noter que l'ITSP assure un service unidirectionnel d'ordinateur à téléphone et ne gère pas des abonnés en tant que tels; *en fait, l'abonné ayant l'ordinateur utilise les services de l'ITSP uniquement pour des appels sortants*. Il est également à noter que l'ITSP dispose d'un réseau IP géré, garantissant une certaine qualité de service pour la voix jusqu'à la passerelle la plus proche de l'abonné demandé, et que l'ITSP gère également l'interconnexion avec l'opérateur téléphonique de celui-ci. En dépit de leur utilisation de la technologie VoIP, les ITSP se considèrent comme des prestataires de services téléphoniques et offrent en général leurs services aux particuliers de manière classique (avec une taxation à la minute).

⁵ La remarque notée pour le scénario 1 s'applique aussi ici; le cas des ISP est simplement l'exemple dominant. L'utilisateur peut se connecter à l'Internet derrière un LAN ou un WAN sans passer nécessairement par un ISP.

Le Rapport essentiel sur la téléphonie IP

Téléphone à ordinateur

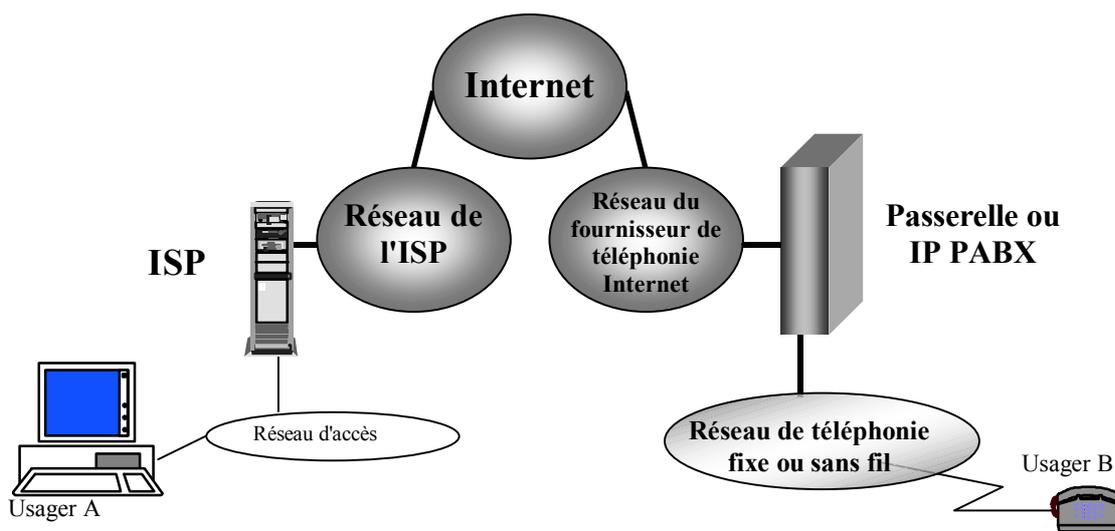
Dans ce cas, l'appelant est l'utilisateur du téléphone et l'appelé est l'utilisateur de l'ordinateur. Comme un utilisateur du téléphone peut, pour l'essentiel, composer un numéro E.164 pour joindre un appelé, l'utilisateur du PC devrait en quelque sorte avoir un numéro E.164:

- soit indirectement: au cas où son interconnexion au réseau se fait par l'intermédiaire d'un autocommutateur privé (PABX) fondé sur la technologie IP (en réalité, dans ce cas, il est plus indiqué de parler d'un «téléphone IP» que d'un PC connecté au réseau LAN géré par le PABX IP);
- soit directement: dans ce cas, l'abonné IP a une adresse E.164 attribuée par un opérateur de téléphonie IP.

Techniquement parlant, seul le premier de ces deux cas fonctionne aujourd'hui, grâce à l'existence de dispositifs PABX IP. Le second cas fonctionnera quand un mécanisme de conversion sera mis en œuvre par l'opérateur IP afin de convertir le numéro public E.164 en adresse IP de l'appelé. Cela ne sera possible qu'avec la mise en œuvre d'une technologie comme le protocole ENUM, qui sera examiné à l'Annexe H.

La Figure 4 ci-dessous illustre ce scénario.

Figure 4 – Téléphonie IP d'ordinateur à téléphone ou de téléphone à ordinateur



I.1.2.3 Définition de travail de la téléphonie IP

La Commission d'études 2 de l'UIT-T a publié les explications ci-après concernant le terme «téléphonie IP»:

«IP est l'abréviation anglaise de Internet Protocol (protocole Internet). Il s'agit d'un protocole de communication mis au point par IETF pour assurer la prise en charge de réseaux à commutation par paquets. Par **téléphonie IP**, on entend l'échange d'informations, principalement sous forme de signaux vocaux, par un mécanisme dénommé protocole Internet».

Il convient également de prendre note de la position de la Commission d'études 2 concernant la «téléphonie Internet»:

«L'association des termes «Internet» et «téléphonie» est considérée comme impropre. L'Internet offre de nombreuses possibilités aux utilisateurs, notamment la capacité d'acheminer des signaux vocaux bidirectionnels en temps réel ou quasi réel. Nous estimons qu'il s'agit là d'une capacité indissociable de l'Internet et non d'un service de télécommunication».

Hormis l'éventuelle utilisation du réseau téléphonique comme réseau d'accès à Internet, les scénarios présentés ci-dessus permettent de différencier deux types d'applications:

Type 1: Celles qui nécessitent l'intervention d'un opérateur, permettant grâce à une passerelle d'offrir partiellement (dans un sens, comme dans le scénario 3) ou totalement (dans les deux sens, comme dans le scénario 2 avec les passerelles) une commutation vers le réseau téléphonique public commuté mondial.

Type 2: Celles qui ne nécessitent aucune intervention d'un fournisseur tiers (comme dans les scénarios 1 et 2 avec les boîtiers) et où aucune passerelle n'est nécessaire; dans ce cas, l'application de la voix sur IP est considérée comme une des multiples applications du monde Internet.

Le type 2 se rapproche de ce que la Commission d'études 2 considère comme «téléphonie Internet», dans le sens où il utilise la «capacité indissociable de l'Internet et non un service de télécommunication». Les scénarios du type 1, pour leur part, utilisent le protocole Internet en tant que support téléphonique, mais nécessitent l'intervention d'un opérateur, ne serait-ce que pour fournir un service d'interconnexion vers un abonné d'un réseau téléphonique. Ils se rapprochent de la définition de la téléphonie IP ci-dessus, bien que cette définition ne porte que sur la technologie de transport utilisée pour la transmission de la parole (à savoir, le protocole Internet) et ne semble pas tenir compte des autres attributs connus de la téléphonie en tant que **service** fourni par un opérateur.

Il va sans dire que le premier type d'utilisation est le plus intéressant, du moins à court et moyen terme. Il est seul à permettre l'accès à plus d'un milliard d'utilisateurs des réseaux de télécommunication de par le monde et à contribuer ainsi à l'accès universel aux services de télécommunication.

Le second type n'est intéressant, à court terme, qu'au sein de la communauté des usagers de l'Internet; il ne sera valide comme modèle de communication universel que lorsque l'ensemble des équipements d'utilisateur de par le monde (et notamment les terminaux) aura migré vers un accès «natif» en technologie IP pour accéder à l'Internet et lorsque les technologies nécessaires à la mise en œuvre de la qualité de service pour les applications impliquant une interaction entre personnes (que ce soit par la voix et/ou par d'autres médias) auront été largement introduites dans les réseaux IP. Dans la suite de ce document, nous nous intéresserons à la discussion des problèmes de mise en œuvre du service de téléphonie IP et des interactions entre les réseaux téléphoniques publics et les réseaux employant la technologie IP. Les motivations techniques pour la migration du service de la téléphonie vers la technologie de réseaux IP, ainsi que les perspectives ouvertes par cette migration pour l'offre de nouveaux services, seront également examinées.

Chapitre I.2 – Liste de facteurs pour la mise en place de la téléphonie IP

A la suite du FMPT-01, le Groupe d'experts sur la «téléphonie IP» a mené à bien les tâches qui lui avaient été confiées pendant les réunions. Au début, la liste suivante de facteurs a été mise au point («liste de facteurs») pour aider dans leur travail les décideurs et régulateurs nationaux lorsque ceux-ci envisageaient, dans le respect de leur souveraineté nationale, l'introduction de la téléphonie IP. Tout en reconnaissant que chaque pays doit prendre en compte les conditions qui lui sont propres, on a fait figurer dans cette liste, à l'intention des Etats Membres, les facteurs que ceux-ci peuvent utiliser pour accélérer la mise en place de réseaux IP susceptibles de mener à l'instauration de la téléphonie IP. Il importe de noter que les idées et propositions faites dans cette liste ne représentent pas des conditions préalables à l'introduction de la téléphonie IP.

- 1) Est-ce que la croissance du trafic des télécommunications et les proportions relatives des communications vocales et de la transmission de données militent en faveur de l'introduction de la téléphonie IP?
- 2) Etudier les compétences et la formation nécessaires pour déployer rapidement du personnel qualifié capable de relever, dans les domaines techniques et opérationnels et dans ceux de la gestion et de la politique générale, les défis découlant du nouvel environnement de la téléphonie IP.
- 3) Service universel: rôle d'un système de téléphonie IP dans la fourniture d'un service/accès universel.
- 4) Des prix raisonnables: quels paramètres doivent être pris en compte pour que:
 - les prix de la téléphonie IP envisagée soient calculés à un niveau qui permette d'utiliser les applications aussi largement que possible;
 - tenir compte des coûts qui interviennent dans l'établissement de prix raisonnables pour ce service, notamment:
 - des redevances d'interconnexion;
 - le cas échéant, des taxes de transit raisonnables;
 - le cas échéant, des taxes imposées par les pouvoirs publics.
- 5) Interconnexion: existe-t-il des obstacles techniques et/ou opérationnels à l'interconnexion et quelles mesures doit-on prendre pour les lever?
- 6) Numérotage: quelles mesures peuvent être nécessaires pour mettre en œuvre le système de numérotage approuvé au niveau international pour les systèmes de téléphonie IP (E-164 et/ou ENUM)?
- 7) Etudier dans quelle mesure un système peut prévenir et/ou identifier des utilisations non autorisées, et étudier les moyens d'identifier celles-ci et leur impact sur le RTPC et d'autres fournisseurs de services de télécommunication.
- 8) Analyser les conséquences de l'exploitation de la téléphonie IP sur les réseaux et les services de télécommunication existants et sur les recettes qu'ils engendrent, tout en évaluant l'avantage global que l'on peut tirer de l'introduction de la téléphonie IP.
- 9) Etudier les questions de concurrence qui se posent entre les systèmes IP et les réseaux et services de télécommunication existants afin d'assurer un environnement concurrentiel.
- 10) Etudier dans quelle mesure les systèmes IP peuvent assurer la confidentialité et la sécurité des communications.
- 11) Etudier dans quelle mesure la téléphonie IP répond aux besoins de communications d'urgence.
- 12) Etudier les sources d'investissement ayant une large assise, y compris des partenariats entre le secteur privé et le secteur public et les sources nationales et étrangères en vue de la mise sur pied de réseaux et de services IP.
- 13) Rechercher des modes de réglementation non discriminatoires, transparents et efficaces qui soient compatibles avec la durabilité des nouvelles technologies.

PARTIE II

TÉLÉPHONIE IP – ASPECTS TECHNIQUES

Chapitre II.1 – Architecture des réseaux

On peut décrire un réseau de télécommunication comme l'ensemble des infrastructures permettant de transporter de l'information d'un point de connexion au réseau à un autre. La notion de réseau est née du besoin de partage des infrastructures afin d'en optimiser les coûts. En effet, une même ligne de transmission peut être utilisée par des utilisateurs différents pour des durées différentes. A ces lignes internes, il faudrait ajouter des réseaux de distribution, ou d'accès, pour atteindre l'ensemble des utilisateurs potentiels du réseau.

II.1.1 Architectures des réseaux téléphoniques traditionnels existants

Au cours du temps, les réseaux téléphoniques ont connu des évolutions considérables, mues essentiellement par le progrès technologique dans différents domaines (commutation, transmission, accès, exploitation et maintenance). La numérisation de leurs techniques de transport est considérée comme la dernière évolution majeure que les réseaux de télécommunication ont connue et elle a constitué un facteur d'intégration important.

La finalité d'un réseau téléphonique a toujours été associée à la fourniture d'un service universel de communication de qualité. Cela a plusieurs conséquences sur les techniques utilisées et le mode d'interconnexion entre sous-réseaux.

Tous les opérateurs téléphoniques de par le monde font chacun fonctionner un sous-réseau du réseau téléphonique mondial. Afin d'assurer le service de communication universel entre tous leurs abonnés respectifs, ils se doivent d'interconnecter leurs réseaux et de s'entendre sur un système unique et cohérent de désignation de leurs abonnés.

L'exigence de qualité de service implique que des ressources (capacités des circuits, vitesses de transmission, arrangements de gestion) adéquates soient mobilisées pendant toute la durée d'une communication dans chacun des sous-réseaux impliqués dans l'appel entre les deux parties communicantes. Cela influence non seulement la technologie utilisée pour transporter la voix, mais surtout la conception même de la logique incorporée dans les composants actifs (les commutateurs) du réseau et du langage commun (la signalisation) qu'ils utilisent entre eux afin de permettre le bon acheminement d'un appel entre deux ou plusieurs abonnés.

La technologie actuelle utilisée pour le transport de la voix dans les réseaux téléphoniques est celle dite de la «commutation de circuits». Elle repose sur le principe qu'une ressource (circuit) doit être réservée pour une communication depuis le moment de son établissement jusqu'à sa conclusion. La taille de cette ressource – exprimée en débit binaire depuis la numérisation des réseaux téléphoniques – est de 64 kbit/s. Cette limite avait été choisie à l'époque car elle permettait une bonne numérisation des échantillons de voix humaine dont le spectre se situe entre 300 et 3 400 Hz⁶. Des techniques plus récentes de codage de la voix permettent de réduire sensiblement la valeur de 64 kbit/s définie pour un circuit; toutefois, dans la mesure où il s'agit du débit utilisé dans la plupart des composants actifs et de transmission dans l'ensemble du réseau téléphonique mondial, il serait difficile de le faire évoluer sans un coût excessif et sans mettre en péril une des qualités principales de ce réseau: le service universel. Pour illustrer ce point, on peut mentionner que, bien que le réseau moderne sans fil GSM utilise un codage qui n'utilise que 8 kbit/s sur la partie radio, le codage atteint 64 kbit/s lorsque la voix atteint les commutateurs mobiles.

De même, l'architecture d'un réseau téléphonique repose sur le postulat qu'il est utilisé essentiellement pour des communications vocales de personne à personne, ce qui est un avantage en termes d'optimisation du réseau pour cette application, mais également une source de faiblesse si le même réseau est utilisé pour d'autres applications (transfert de données) dont les exigences diffèrent de celles qui appartiennent à la voix.

D'où vient l'idée d'utiliser le réseau téléphonique pour d'autres applications et celle, concomitante, selon laquelle on pourrait transporter la voix autrement que sur des circuits 64 kbit/s? Ce sera discuté après le bref historique des réseaux de données qui suit.

⁶ Au taux de 8 000 échantillons codés, à 8 bits, par seconde.

II.1.2 Architectures des réseaux de données

Les réseaux de données étaient initialement conçus – et sont toujours largement utilisés – pour interconnecter des ordinateurs, leurs serveurs et les plates-formes de gestion. Les applications utilisant un réseau de données sont généralement des applications informatiques assurant l'échange de données entre des machines. Le déploiement des réseaux de données a explosé après l'introduction massive des ordinateurs dans les entreprises et dans les universités par suite des progrès réalisés dans le domaine des technologies de l'information (mini-ordinateurs puis micro-ordinateurs, y compris portables).

Les réseaux de données affichent une certaine «neutralité» vis-à-vis des applications qu'ils acceptent, caractérisent généralement le transport des données par «paquets», chaque paquet contenant tout ou partie des données à transférer entre deux ordinateurs ainsi que l'adresse de l'ordinateur de destination. Le réseau étant essentiellement responsable du transfert des paquets vers l'ordinateur de destination avec une qualité de service définie par l'utilisateur (entendu ici comme l'application de la machine émettrice, sans connaissance *a priori* de la nature de cette application). Cela offre l'avantage d'un réseau multiservice où l'architecture n'est pas conditionnée par une application spécifique, le réseau pouvant aussi servir ultérieurement pour des applications qui n'étaient même pas conçues au moment de son déploiement initial. Cette souplesse a conduit, par exemple, à utiliser les réseaux de données (spécialement les réseaux IP) pour de nouveaux types d'applications de communication «en rapport avec l'humain», telles que les transmissions vocales et vidéo, et au travers de dispositifs – encore négligeables mais qui décolleront vraisemblablement dans les années à venir – d'application capables d'exécuter un sous-ensemble donné d'applications de communication sans qu'il soit besoin d'un ordinateur «à tout faire».

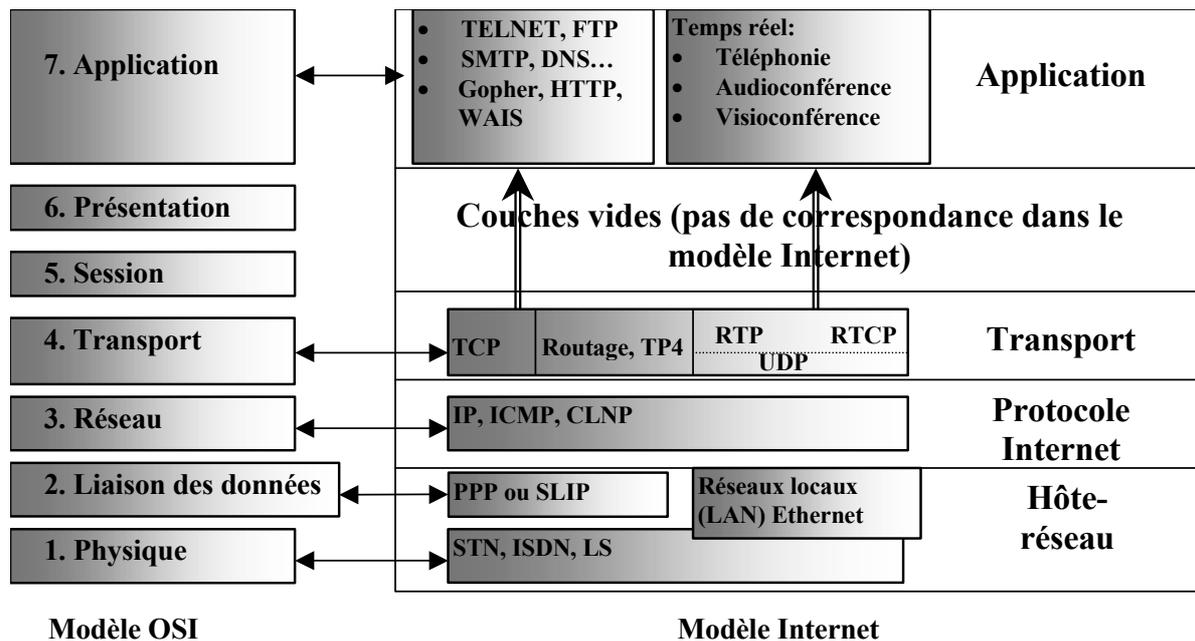
Ce souci d'ouverture et de généralité (c'est-à-dire de neutralité et de transparence vis-à-vis des applications) a conduit à la définition par l'ISO du modèle d'interconnexion des systèmes ouverts (OSI). Ce modèle repose sur une architecture à sept couches, chaque couche fournissant des services à celle qui est juste en dessous; la couche «application» est celle située au plus haut niveau du modèle. Une série de protocoles spécifiques a été définie pour «peupler» les différentes couches du modèle OSI. Il est évident que dans tout déploiement de réseau, seul un sous-ensemble ou «profil» de ces protocoles est utilisé. L'interconnexion des réseaux n'est donc pas préétablie et doit être mise en œuvre au cas par cas, grâce à des passerelles ou ponts plus ou moins complexes.

Un protocole d'interconnexion connu sous le nom de «Internetworking ou Internet Protocol» a été développé dès la fin des années 60 aux Etats-Unis, initialement afin de permettre la communication entre les ordinateurs universitaires travaillant pour la défense américaine. Ce protocole appartient au niveau 3 (réseau) du modèle OSI. La Figure 5 ci-dessous décrit la correspondance avec les protocoles et les applications qui lui sont associés.

Le protocole IP est indépendant des couches sous-jacentes, ce qui signifie qu'il peut s'adapter à un réseau dont les supports sont aussi variés que nombreux. Par contre, il s'agit d'un protocole simple qui ne met pas en œuvre de contrôle d'erreur.

L'Annexe A.1 décrit le protocole IP et l'Annexe A.2 décrit le protocole datagramme d'utilisateur (UDP) utilisé pour transporter la voix sur IP. Il est à noter que les applications associées au protocole IP ont été développées progressivement au fil du temps. Jusqu'au début des années 1990, les applications les plus utilisées étaient Telnet (ouverture d'une session sur un ordinateur distant), FTP (récupération de fichiers d'un ordinateur distant) et le courrier électronique (pour l'échange de messages électroniques). Ces applications étaient essentiellement utilisées par des personnes de la communauté scientifique et technique accédant à des ordinateurs sur leur lieu de travail. L'émergence de l'application *World Wide Web* (protocole HTTP) et l'existence d'ordinateurs personnels assez puissants ont été à l'origine du développement de l'utilisation de l'Internet par le grand public, au milieu des années 90.

Figure 5 – Correspondance entre l'Internet et le modèle OSI



II.1.3 Invasion des réseaux de télécommunication par les données

Une fois la nécessité d'interconnecter des ordinateurs personnels à des réseaux de données devenue apparente, l'usage du réseau mondial de télécommunication comme réseau d'accès s'est imposé comme le choix le plus naturel!

Ce choix est motivé par deux raisons: la première est l'ubiquité du réseau téléphonique, notamment dans les pays développés, où chaque foyer est doté d'une ou de plusieurs lignes téléphoniques; la seconde est la capacité des modems permettant de convertir les informations numériques de l'ordinateur personnel en signaux analogiques pour transmission sur le réseau téléphonique.

Aujourd'hui, les interconnexions d'ordinateurs personnels à l'Internet s'effectuent majoritairement par le réseau téléphonique mondial, y compris dans les pays développés. De ce fait, le trafic de données dépasse dans les réseaux téléphoniques de certains pays développés celui de l'application voix pour laquelle ils ont été conçus à l'origine⁷. Cette croissance du trafic de données est le résultat d'une bonne pénétration de l'Internet (spécialement dans les pays développés), de l'innovation dans les technologies IP et de la croissance dynamique des applications d'utilisateurs et de l'infrastructure Internet. Cette croissance du trafic de données a aussi tiré la demande et le développement de l'accès Internet à «large bande», grâce à de nouvelles technologies telles que DSL, la télévision par câble, ou la boucle locale hertzienne pour ne citer qu'elles. Cependant, ces technologies n'ont pas encore remplacé l'accès à l'Internet par numérotation qui est toujours dominant, même dans les pays développés. Il convient de noter par ailleurs que la technologie DSL se base sur les fils de cuivre physiques posés par un opérateur téléphonique.

⁷ Bien que l'accès à l'Internet via des serveurs ait été largement déployé dans les pays développés et que le trafic vers les ISP soit sorti du réseau téléphonique aussitôt que possible (pour éviter les encombrements au niveau du transit), deux problèmes demeurent: 1) l'encombrement au niveau de l'accès n'est pas supprimé; et 2) un opérateur téléphonique traitant un gros trafic Internet devrait déployer des réseaux de données pour traiter le trafic Internet.

Le Rapport essentiel sur la téléphonie IP

Le premier problème posé par cette invasion du réseau téléphonique par les données concerne l'adéquation aux applications de données d'un mode de transport impliquant des circuits de taille définie et qui doivent être réservés pour toute la durée de la communication. C'est un problème, car les applications de données comportent souvent une proportion très grande de périodes de silence, on parle dans ce cas d'«application sporadique». On peut aisément observer que le mode de transport en circuits commutés n'est pas adapté à ce type d'applications et que le mode de transport par paquets cité plus haut serait mieux adapté.

Le second problème est le suivant: compte tenu du fait que le réseau de télécommunication achemine plus de données que de signaux vocaux, ne serait-il pas plus judicieux de faire migrer ces derniers vers une technologie de transport par paquets de type IP? Cela amène à se demander quelles voies de migration peuvent conduire à de tels réseaux voix/données convergents et comment ils pourraient offrir leurs services aux utilisateurs finals. Ces problèmes seront discutés plus loin, mais auparavant il serait utile de conclure ce chapitre par une digression sur les évolutions vers les réseaux de télécommunication de demain.

II.1.4 A quoi ressembleront les réseaux de télécommunication de demain?

II.1.4.1 Architecture NGN de Telecordia

Nous avons pu observer plus haut les évolutions parallèles qui ont conduit à la mise en place de deux types de réseaux, chacun optimisé pour le transport du type d'information dominant pour lequel il a été conçu (la parole pour le réseau de téléphonie et les données de toutes sortes pour les réseaux de données). L'usage du réseau de téléphonie pour l'accès à Internet et la possibilité de transporter la voix sur un réseau par paquets de type IP amènent à envisager la possibilité d'une convergence entre ces deux types de réseaux.

En effet, l'objectif ultime devrait-il être l'existence future d'un type unique de réseaux interconnectés indépendants des services, capables de transporter les données, la voix et tout autre type d'application? Dans l'affirmative, quelles sont alors les principales caractéristiques qu'un tel réseau de prochaine génération doit «emprunter» aux réseaux de données d'une part et aux réseaux de téléphonie d'autre part?

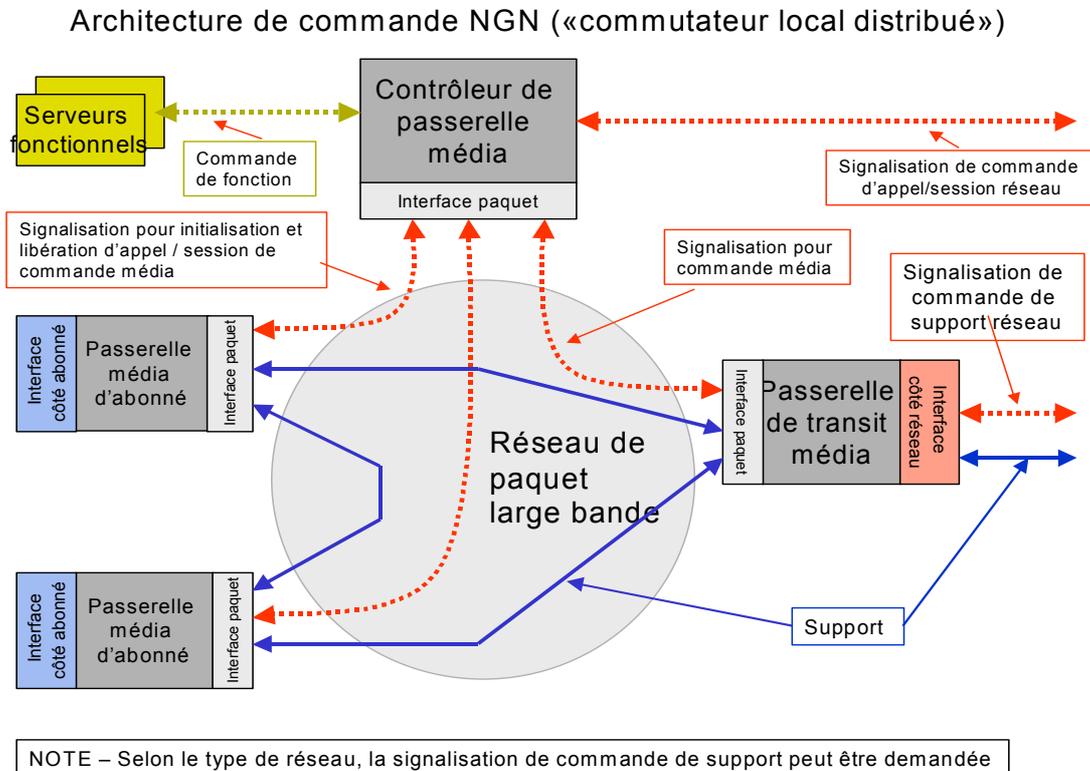
Le concept de réseau de prochaine génération a été introduit à l'origine par Bellcore. Un tel réseau se caractérise essentiellement par la séparation du transport et des fonctions de commande, et par le fait que le transport est fondé sur la technologie des paquets. Le but de cette architecture est de construire un réseau convergent, dans lequel voix et données partagent la même infrastructure de transport. Un autre but de cette architecture est d'ouvrir la voie à un nouveau genre de services. Un réseau de prochaine génération peut présenter les caractéristiques techniques suivantes:

- Les données d'application sont acheminées sous forme de paquets/cellules;
- un accès à large bande;
- des réseaux multiservices avec une qualité de service sur le réseau périphérique;
- le traitement optique dans le réseau central;
- une architecture de gestion répartie ouverte qui remplace le commutateur «monolithique» classique;
- une couche intelligente distribuée qui sépare la logique de commande du transport;
- des plates-formes et des interfaces de programme d'application (API) ouvertes pour la création, l'offre et la fourniture de services intelligents/évolués;
- la «technologie Web» pour la gestion de réseaux et services, y compris «l'autogestion» des clients (*Web-based management*).

L'**architecture de commande** peut être caractérisée par la décomposition du commutateur local monolithique classique en unités qui traitent le flux média, une unité qui contient la logique pour la commande d'appel/session et un réseau large bande de paquets qui fournit la connectivité. Ces unités (fonctionnelles) peuvent être contenues dans des boîtiers séparés physiquement et géographiquement.

La Figure ci-dessous représente un modèle simple mais adéquat de «Commutateur local dispersé».

Figure 6 – Vue simplifiée d'un commutateur local dispersé



Cette présentation du réseau de prochaine génération ne serait pas complète si nous n'abordions pas les scénarios de migration des réseaux de téléphonie TDM actuels (cela sera discuté dans le chapitre suivant) ainsi que les problèmes techniques variés liés à la fourniture de services de communication (qui duplique ou étend le service de communication vocale offert par les réseaux téléphoniques), à savoir:

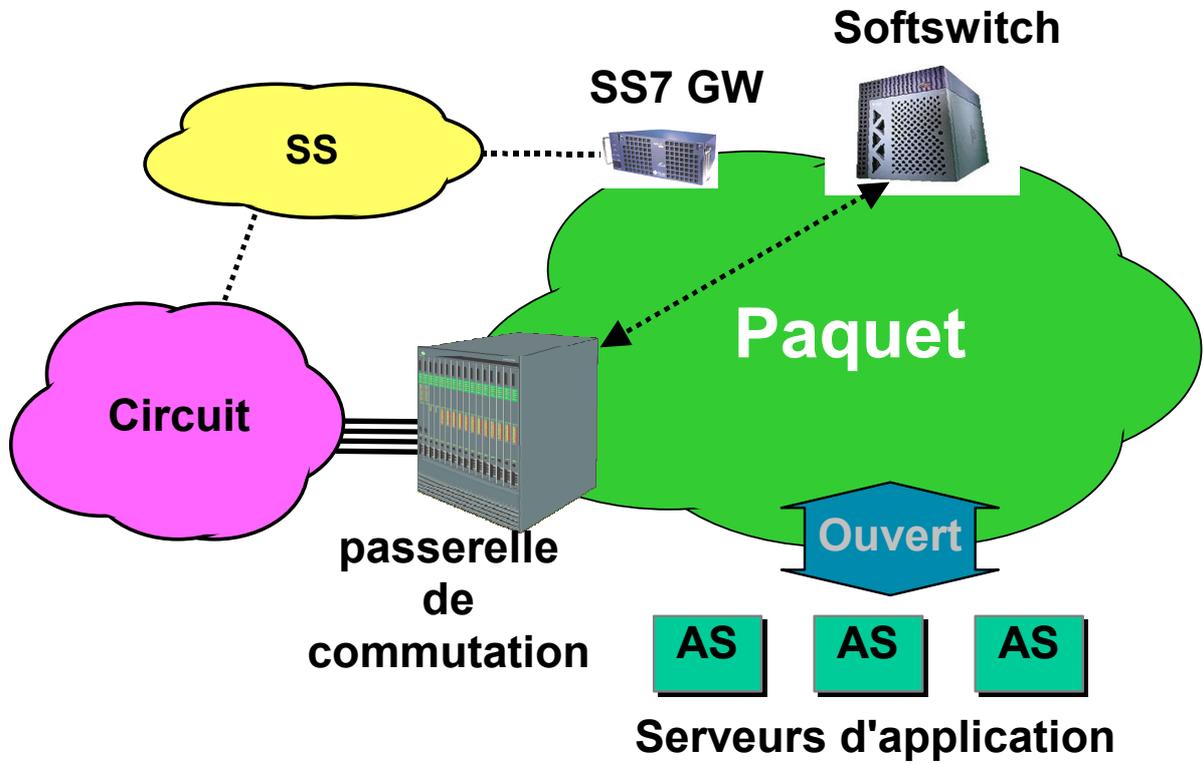
- 1) la qualité de service;
- 2) la sécurité des communications;
- 3) l'interconnexion et l'interfonctionnement entre réseaux;
- 4) la fourniture de services et d'applications aux usagers du réseau;
- 5) la taxation de l'usage des services et des applications;
- 6) la désignation des usagers et les plans d'adressage.

Chacun de ces points sera examiné dans le présent rapport; nous tenterons dans la mesure du possible de garder une approche constante à savoir: présentation de l'état des techniques utilisées dans chacun des deux types de réseaux de téléphonie et de données et de la ou des synthèses possibles ou envisageables entre elles dans le cas d'un réseau convergent utilisé à la fois pour les services voix et données.

II.1.4.2 Architecture logicielle du consortium Softswitch

Le consortium Softswitch fournit la solution de remplacement suivante en matière d'architecture:

Figure 7 – Architecture logicielle du consortium Softswitch



Chapitre II.2 – Stratégies de migration des réseaux téléphoniques vers les réseaux NGN; quand, comment et pour quoi faire?

II.2.1 Contexte de la migration vers les NGN

Dans les marchés qui connaissent une forte croissance des services vocaux traditionnels (ce qui est le cas pour la plupart des pays développés), d'importantes extensions vont être nécessaires sur les réseaux téléphoniques existants pour couvrir l'énorme besoin de nouvelles lignes. Les fournisseurs de services en place devront décider de la façon dont ils étendront leurs réseaux: par le biais de solutions traditionnelles de circuits commutés ou via la mise en œuvre d'une architecture de réseau répartie, avec une couche transport en mode paquet commune pour la voix et les données.

Pour ce faire, il convient de prendre en compte plusieurs paramètres propres à chaque opérateur, tels que la consolidation du réseau, l'expansion et la migration⁸. Il est toutefois possible de distinguer les étapes générales suivantes:

- *Etape 1*: utilisation du réseau actuel TDM pour la téléphonie vocale et l'accès Internet;
- *Etape 2*: consolidation de l'équipement de commutation et d'accès;
- *Etape 3*: introduction de la technologie voix sur paquet pour le partage;
- *Etape 4*: introduction de la technologie voix sur paquet pour l'accès et le CPE;
- *Etape 5*: services multimédias et nouvelles applications;
- *Etape 6*: remplacement en fin de vie des infrastructures héritées et migration vers le tout IP.

Les étapes ci-dessus sont génériques en ce sens qu'elles ne sont pas obligatoires dans le cas de chaque opérateur spécifique. Pourtant, elles présentent de l'intérêt car elles mettent en lumière les principales étapes de l'évolution des réseaux qui pourraient survenir dans les prochaines années. Chaque étape fera ci-dessous l'objet d'une brève discussion.

II.2.2 RTPC pour la voix et Internet

Le point de départ pour la migration vers le NGN est le réseau téléphonique public commuté ou RTPC, tel qu'illustré à la Figure 8 ci-dessous.

II.2.2.1 TDM et SS7 [A]

Dans ce réseau, tout le trafic vocal est transporté en TDM, et commandé par une hiérarchie de commutateurs de circuits locaux (LEX ou Classe 5) et de transit (TEX/Classe 4). Tout le réseau de signalisation se rapportant à la voix (ISUP et INAP) est traité par le réseau de signalisation SS7.

II.2.2.2 Services de réseau intelligent [B]

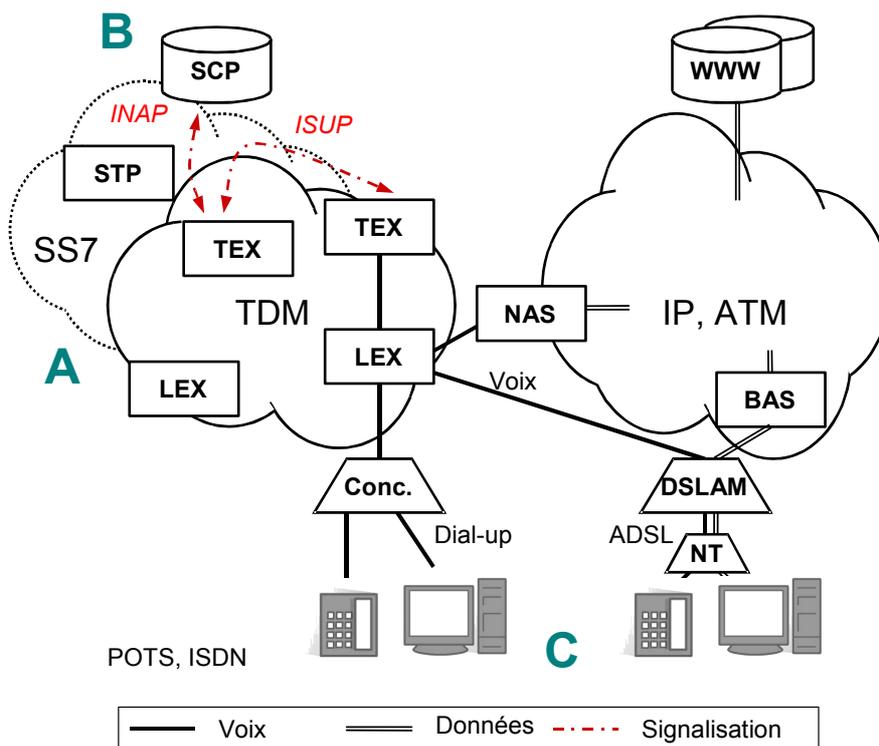
Les services à valeur ajoutée sont fournis dans les commutateurs ou via le réseau intelligent (RI). Les services RI les plus répandus comportent les services à carte d'appel, les services de traduction de numéro et d'acheminement (comme le libre appel, le tarif préférentiel et le numéro d'accès universel) et les services réseau d'entreprise (tels que les réseaux privés virtuels et le Centrex élargi)

⁸ Les termes ci-dessus nécessitent de bonnes définitions pour éviter toute ambiguïté par la suite. la consolidation de réseau se réfère à l'optimisation de la base de RTPC pour réduire les dépenses de capital (CAPEX) et/ou de fonctionnement (OPEX). La consolidation peut être combinée avec le choix de produits dont l'avenir est assuré pour préparer la migration vers le NGN. L'expansion se réfère à l'introduction d'un NGN en recouvrement (fondé sur l'accès large bande) tourné vers de nouveaux consommateurs et introduisant de nouveaux services (comme la communication multimédia). Enfin, la migration se réfère au remplacement des composants du RTPC (en fin de vie) par leurs équivalents du NGN.

II.2.2.3 Accès Internet [C]

Avec l'augmentation du nombre d'utilisateurs de l'Internet, les opérateurs fournissent la connectivité avec les ISP, soit par le biais de services par connexion téléphonique à bande étroite (RTPC ou RNIS), soit en introduisant l'ADSL large bande (avec la voix à part, comme service séparé).

Figure 8 – Etape 1: RTPC pour la voix et Internet



II.2.3 Consolidation du RTPC

Les opérateurs en place sur les marchés en croissance doivent faire face à d'importantes dépenses en capital (CAPEX) pour étendre la capacité des lignes de leur réseau, du fait de la croissance du nombre d'abonnés. Ces investissements seront nécessaires à tous les niveaux du réseau, tant au niveau local que sur le réseau longue distance.

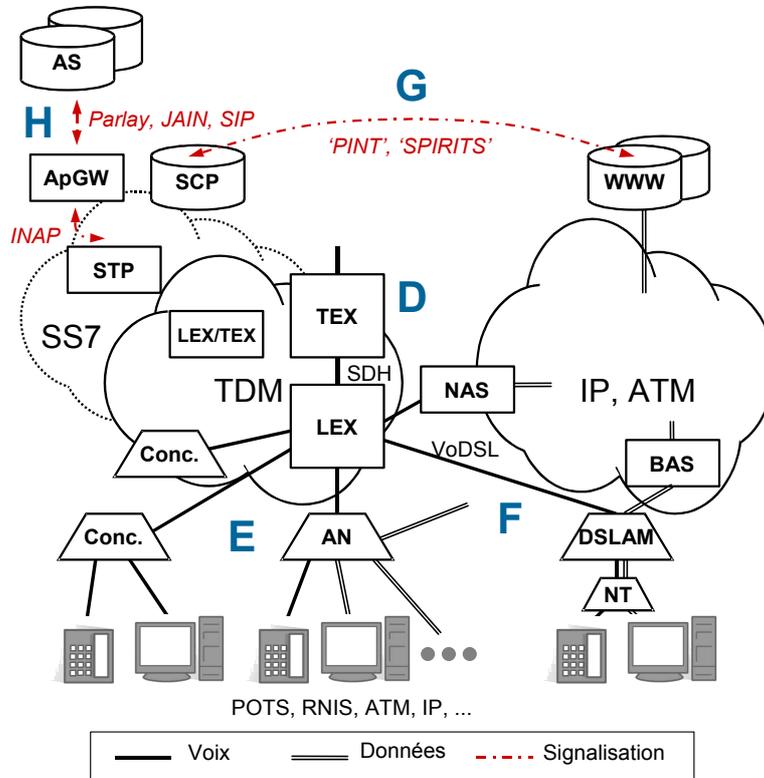
Une approche sûre (sur les plans technique et économique) consiste à consolider l'infrastructure existante du RTPC, tout en choisissant les produits «prêts pour le NGN» pour l'expansion et l'introduction de nouveaux services visant à générer des recettes supplémentaires, comme le montre la Figure 9 ci-dessous.

II.2.3.1 Consolidation de la commutation [D]

Le déploiement d'un petit nombre de grands centraux (locaux et de transit) avec des capacités de commutation accrues et des interfaces à grande vitesse (par exemple, SDH ou ATM) réduit les dépenses de fonctionnement de l'opérateur (OPEX) et permet un déploiement plus rapide des nouveaux services. Les commutateurs «redundants» peuvent être convertis en concentrateurs d'accès à distance supplémentaires.

L'introduction de nouvelles technologies, avec par exemple des empreintes plus petites ou la fabrication de paquets au sein des commutateurs, permet à l'opérateur de réduire ses dépenses et de réutiliser l'équipement de commutation pour de nouveaux services de données.

Figure 9 – Etape 2: consolidation du RTPC



II.2.3.2 Consolidation de l'accès [E] et VoDSL [F]

L'ajout de nouveaux nœuds d'accès et l'amélioration des nœuds existants permet à l'opérateur d'exploiter son RTPC, tout en élargissant la zone de couverture et la largeur de bande offerte aux abonnés individuels (fibre plus proche de l'utilisateur final). La nouvelle technologie d'accès fournit un accès multiservice continu aux services vocaux (POTS, RNIS) et de données (ADSL, ATM, IP, etc.), et prépare le terrain pour les réseaux de dernière génération.

L'optimisation de l'infrastructure d'accès ADSL se fait via l'introduction de services d'émulation en boucle voix sur DSL ou VoDSL (passerelle inverse avec une connexion V5.2/GR303 au LEX).

II.2.3.3 Services de convergence RI-Internet [G]

Fournissant un serveur externe au RTPC et à l'Internet, le point de commande de service RI (SCP) peut être utilisé pour intégrer la voix et les données dans des applications communes.

«Click-to-Dial» (cliquer pour composer), «Internet Call Waiting» (appel Internet en instance), «Web Augmented Calling» ou la Messagerie unifiée sont quelques exemples d'applications de convergence RI-Internet. Afin de communiquer avec les serveurs Internet, le SCP doit adopter certaines suites de protocole IETF (par exemple, PINT et SPIRITS).

II.2.3.4 Accès de service ouvert [H]

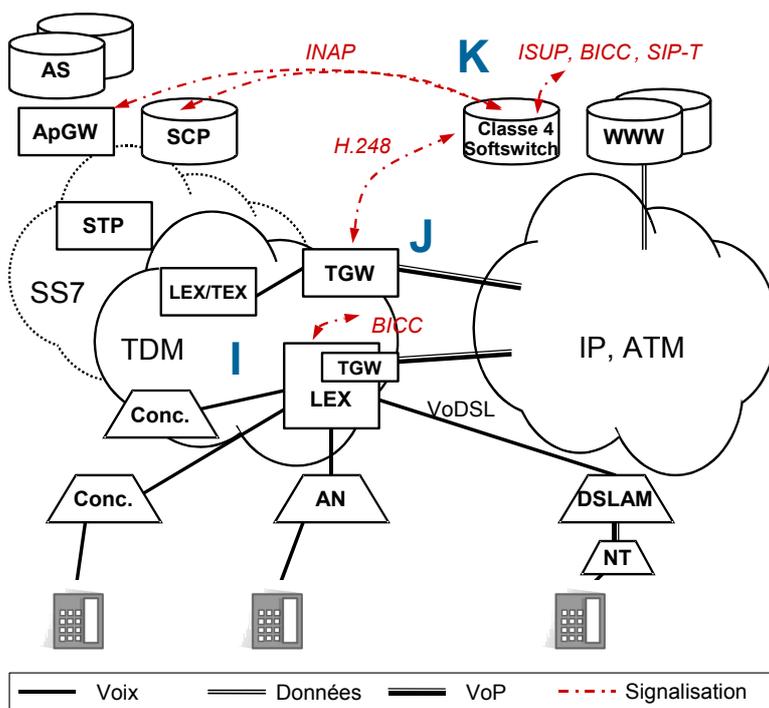
Pour se préparer pour le NGN et tirer des recettes supplémentaires des nouveaux services, l'opérateur de réseau peut mettre en place des passerelles d'application (ApGW) avec des interfaces ouvertes (par exemple, OSA/Parlay, JAIN, SIP) vers les serveurs d'application (de tiers).

II.2.4 Voix sur paquet pour les ressources partagées

L'un des objectifs de base de l'introduction du NGN étant de passer à une infrastructure unique à base de paquets (supposée amener des OPEX et CAPEX plus faibles), le transport de la voix migrera en douceur vers les technologies IP ou ATM.

Au départ, les opérateurs se concentreront sur les scénarios de partage pour décharger les communications vocales longue distance de leur réseau TDM. Cette solution est illustrée par la Figure 10 ci-dessous.

Figure 10 – Etape 3: Technologie voix sur paquet pour le partage des ressources



II.2.4.1 Partage des ressources via les passerelles intégrées [I]

La première étape de la migration vers VoIP consiste à étendre les commutateurs (locaux) existants par le biais de passerelles de jonction (TGW) intégrées pour convertir la voix TDM en paquets (ATM ou IP). Cette approche garantit une protection intégrale des investissements TDM, tout en fournissant aux opérateurs une solution parfaitement au point en terme de partage par paquet, ainsi qu'un accès continu aux services à valeur ajoutée fondés sur la commutation et le réseau intelligent.

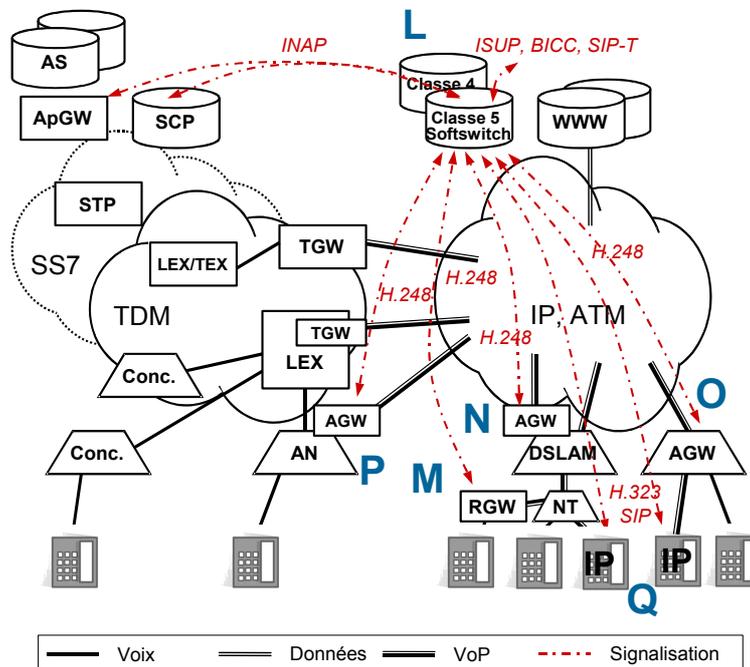
II.2.4.2 TGW [J] avec commutateurs logiques de classe 4 [K]

Pour résoudre le problème des commutateurs existants sans intégration d'une passerelle, des passerelles TGW externes commandées par un commutateur logique de classe 4 (au moyen du protocole H.248 ou Megaco⁹ – voir Annexe G.1) peuvent être ajoutées. D'un point de vue fonctionnel, le commutateur logique agit comme un central de Classe 4 (Tarification/Transit), avec des fonctions similaires (par exemple, surveillance et acheminement), des interfaces de signalisation (ISUP, INAP) et l'accès aux services à valeur ajoutée (RI).

II.2.5 Voix sur paquet pour l'accès

Dans les marchés qui connaissent une forte croissance ou un déploiement très actif de l'accès large bande (ADSL, LMDS, câble), les opérateurs peuvent introduire la technique de la voix sur paquet pour maintenir la croissance dans le réseau d'accès ou pour alléger la charge des commutateurs locaux du trafic DSL.

Figure 11 – Etape 4: Voix sur paquet pour l'accès et le CPE



Le commutateur logique de classe 5 avec des fonctions locales (par exemple CLASS, appel personnalisé) sera un élément de commande partagé, mais plusieurs solutions de remplacement peuvent être mises en place pour les passerelles vocales (selon la topologie des utilisateurs finals, la densité, les exigences de service, etc.) [Figure 11]. Comme pour la classe 4, le commutateur logique communiquera avec les passerelles au moyen du protocole H.248/Megaco (ou MGCP).

II.2.5.2 Passerelle résidentielle [M]

Les clients de l'ADSL peuvent installer une passerelle résidentielle (RGW) ou un appareil d'accès intégré (IAD) avec des capacités de codage VoIP. Contrairement aux solutions ADSL avec voix séparée [B] ou de

⁹ Au début du déploiement, le protocole MGCP – qui est un précurseur du protocole H.248/Megaco – pourrait être utilisé en raison de la disponibilité des passerelles qui le prennent en compte.

Le Rapport essentiel sur la téléphonie IP

l'émulation de boucle VoDSL [E], la passerelle RGW fournit à l'utilisateur de la large bande la voix sur paquet de bout en bout.

II.2.5.3 Passerelle d'accès dans le DSLAM [N]

Au lieu d'enrichir le CPE avec ses abonnés, un opérateur ADSL peut choisir d'étendre les DSLAM en y ajoutant les fonctions de la passerelle VoIP.

II.2.5.4 Passerelles d'accès distribué [O, P]

Une autre solution pour connecter les abonnés vocaux directement sur le réseau de données est d'introduire de nouvelles passerelles d'accès (AGW) ou d'améliorer les nœuds d'accès existants avec les fonctionnalités AGW.

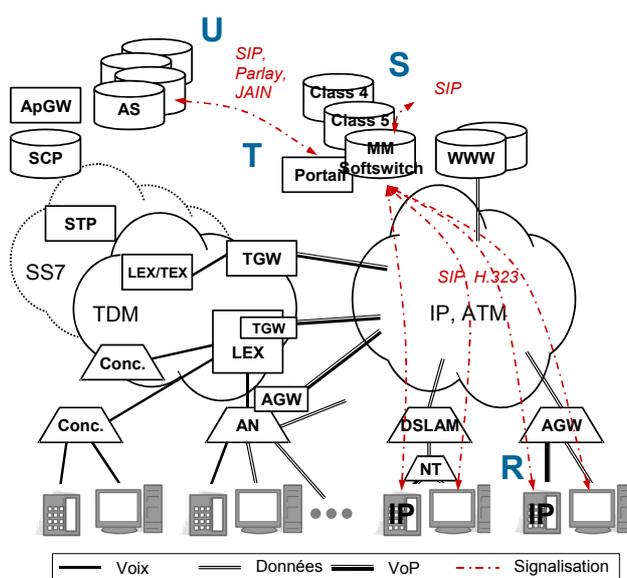
II.2.5.5 Téléphones IP [Q]

Pour aborder la nouvelle génération de terminaux vocaux (téléphones IP), le commutateur logique de classe 5 peut aussi servir de terminaison pour les protocoles de signalisation usager-réseau émergents tels que H.323 et SIP.

II.2.6 Introduction du multimédia

Il ne fait aucun doute qu'à court terme (et même à moyen terme), la voix sera le service prédominant, même dans les réseaux NGN. L'introduction de l'accès à large bande dans le réseau permet cependant le déploiement d'une nouvelle gamme de services de données et de services multimédias. Ces nouveaux services permettront aux opérateurs de se démarquer des nouveaux entrants et de soutenir la concurrence.

Figure 12 – Etape 5: Multimédia



II.2.6.1 Clients IP [R] avec commutateur logique multimédia [S]

Une condition préalable au déploiement des services multimédias est la disponibilité générale des terminaux appropriés. Les PC d'aujourd'hui sont un bon point de départ, mais on espère que la convergence des technologies informatiques de la consommation et des communications donnera naissance à de nouveaux appareils multimédias.

Ces nouveaux terminaux communiqueront avec le commutateur logique via des protocoles de signalisation multimédias émergents tels que H.323 et SIP.

Afin de prendre en compte pleinement les nouvelles capacités du réseau et des terminaux, le commutateur logique est accompagné d'une session multimédia et d'un contrôle de qualité de service.

II.2.6.2 Portail de vente et interfaces ouvertes [T]

Avec l'introduction de nouveaux modèles commerciaux et de nouveaux acteurs (par exemple, opérateurs de réseau virtuel, fournisseurs d'applications de tiers, fournisseurs de contenu), l'accès aux applications (pour authentification, autorisation, comptabilité, itinérance, profil d'abonné, etc.) et des plates-formes de courtage de service (négociation des fonctions du terminal, courtage de largeur de bande, agrégation de contenus, etc.) s'avèrent nécessaires.

De tels portails ne fournissent pas seulement aux opérateurs de réseau de nouveaux débouchés commerciaux comme la revente de service au détail, mais séparent aussi clairement le contrôle du réseau des fonctionnalités de service.

Dans une architecture NGN à part entière, les applications et le réseau communiqueront par le biais de protocoles (par exemple, SIP) et d'API (par exemple, JAIN, OSA/Parlay) normalisés.

II.2.6.3 Nouvelles applications [U]

Du point de vue des applications (et par là même des recettes), la voix sur paquet ordinaire n'est pas considérée comme un élément de différenciation. On considère même que les services vocaux offerts sur les réseaux VoIP présenteront moins de fonctionnalités que ceux des réseaux en mode circuit (notamment dans un environnement H.323).

L'évolution des portefeuilles d'applications vers les données et le multimédia est donc considérée comme une condition préalable pour que les fournisseurs de services de télécommunication se singularisent, croissent et génèrent de nouvelles recettes. Parmi les exemples typiques d'applications multimédias, on trouve:

- les appels/conférences faisant appel à plusieurs médias,
- les flux de données en temps réel,
- la messagerie instantanée, les services de présence et de localisation.

Le déploiement massif de nouvelles applications sera rendu possible par la disponibilité des serveurs et des terminaux d'application, avec des outils de création de service d'utilisation facile.

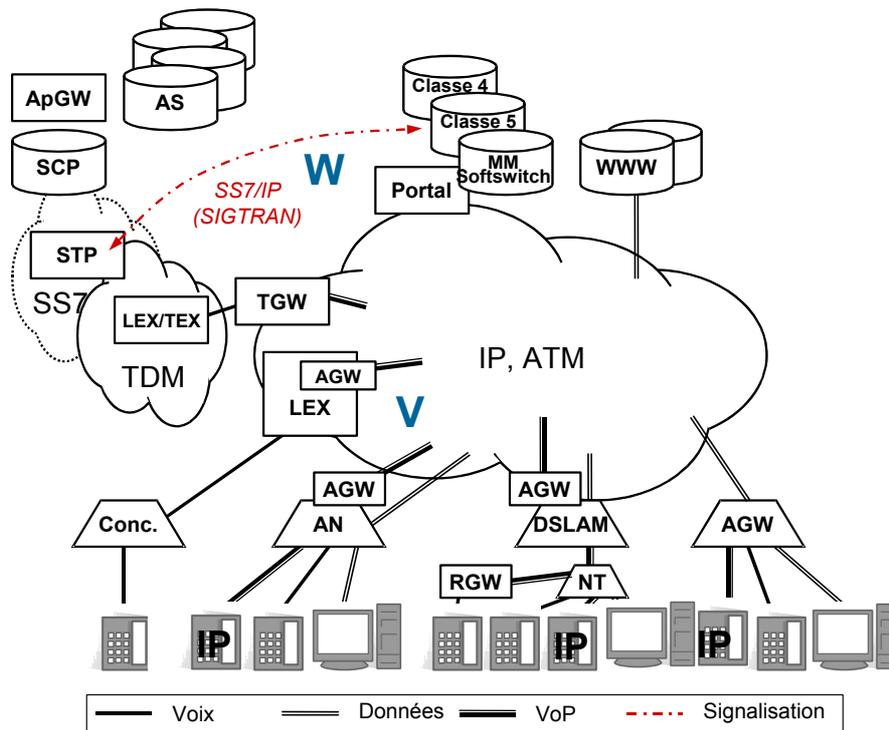
II.2.7 Migration vers le NGN complet

Pour l'étape finale de la migration vers le NGN complet, le reste des équipements hérités du RTPC est transformé en, ou remplacé par, des composants de réseau compatibles NGN. Le but de cette ultime (quoique facultative) transformation est de s'appuyer sur les dépenses en capital existantes (par exemple, les concentrateurs d'accès connectés aux commutateurs locaux), tout en réduisant les dépenses de fonctionnement (réseau en mode paquet uniquement pour le transport et la signalisation).

II.2.7.1 Remplacement des équipements hérités [V]

Lorsqu'ils arrivent en fin de vie, les commutateurs et nœuds d'accès TDM restants sont transformés en, ou remplacés par, des passerelles TGW, des passerelles AGW et des commutateurs logiques, comme expliqué dans les paragraphes précédents.

Figure 13 – Etape 6: NGN complet



II.2.7.2 Migration vers la signalisation tout IP [W]

Alors que les couches supérieures (SCCP, ISUP, TCAP, INAP) restent intactes, les couches inférieures du réseau de signalisation SS7 sont remplacées par un équivalent en mode paquet, tel que défini par les groupes de travail SIGTRAN de l'IETF.

II.2.8 Autre stratégie de migration

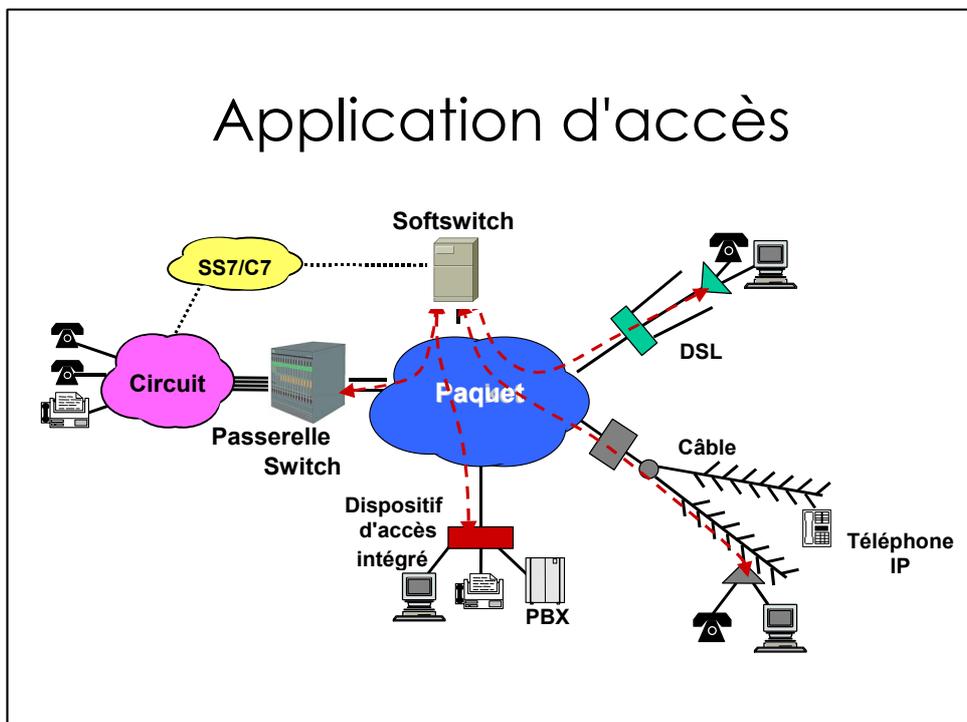
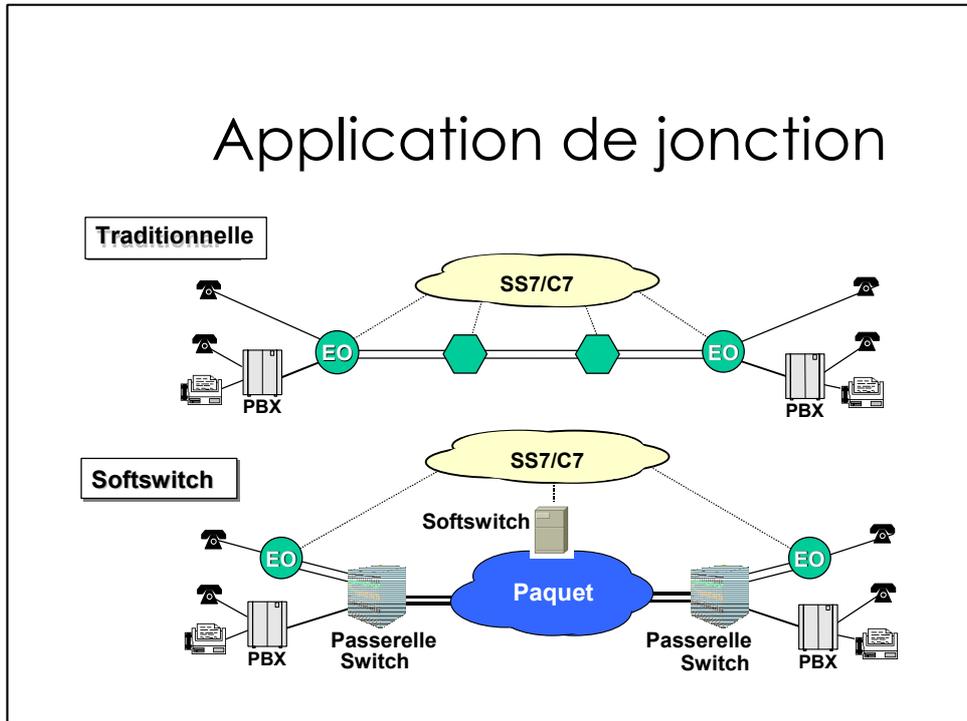
Une stratégie de migration simplifiée, basée sur l'architecture de consortium Softswitch, consiste en une approche en deux étapes:

Etape 1 – Introduction des équipements de téléphonie IP pour le partage et l'accès.

Etape 2 – Introduction des nouvelles capacités et applications basées sur le protocole Internet et la série d'interfaces standard ouvertes et de langages disponibles.

Cette stratégie en deux étapes est illustrée ci-après pour le partage et l'accès.

Figure 14 – Autre migration



Chapitre II.3 – Applications

II.3.1 Avantages pour les utilisateurs finals

La technologie IP permet non seulement une baisse des coûts téléphoniques pour les utilisateurs finals, mais facilite aussi la création de nouvelles fonctionnalités applicatives, car

- elle transporte et traite le trafic et la signalisation – voix, données et multimédia – de manière uniforme;
- elle utilise le protocole Internet ainsi que la série d'interfaces standard ouvertes et de langages disponibles.
- Exemples d'applications et de fonctionnalités se rapportant à la téléphonie IP:
- Centrex IP – étend les capacités du Centrex traditionnel intégrer non seulement la voix, mais aussi les données et le multimédia;
- Messagerie unifiée – achemine pour les messages vocaux, de télécopie et électroniques dans une boîte aux lettres unique et accessible aux utilisateurs partout, à partir d'un navigateur web, d'une messagerie électronique ou d'un téléphone;
- Appels prépayés et postpayés – offre toute une série de fonctionnalités prépayées et postpayées pour les cartes d'appel, sur la base d'une plate-forme ouverte;
- Internet call waiting – nécessite une seule ligne de téléphone pour les appels vocaux et l'accès à l'Internet;
- Fonctionnalités des conférences téléphoniques;
- Centres d'appel/de contact – permet toute une série de fonctionnalités propres aux centres d'appel, par exemple via le Web.

II.3.2 Réseau virtuel à ressources partagées VoIP

Dans cette application, le réseau IP remplace le réseau à ressources partagées TDM. Les appels provenant du RTPC sont transférés sur le réseau IP par le biais d'une passerelle qui convertit également le flux média, transporté sur le réseau IP via un réseau virtuel à ressources partagées prédimensionné (par exemple, tunnel de la couche 2) jusqu'à une passerelle sur la terminaison du RTPC, où le flux média est converti de nouveau puis transmis à l'appelé. La signalisation entre les réseaux RTPC utilise le protocole BICC via SCTP.

En tant que service public, la VoIP utilise normalement aujourd'hui l'adressage E.164 (dans le cadre de l'application privée à ressources partagées, il se peut qu'elle suive un plan de numérotage privé), tandis que la téléphonie Internet a recours à un adressage Web. Etant donné les progrès réalisés en ce qui concerne le protocole ENUM (voir Annexe H), la situation pourrait changer dans l'avenir.

II.3.3 Applications multimédias

La fourniture d'une information et d'une communication multimédias unifiées est considérée comme un moteur de la mise en œuvre du réseau IPTN+, car elle permet la création de nouvelles applications et de nouveaux services appelés à générer de nouvelles sources de recettes.

On trouvera ci-dessous une brève description fonctionnelle des protocoles d'application ou d'architecture les plus prometteurs pour ces différents types de services:

II.3.3.1 Services interactifs

La Recommandation UIT-T H.323 est une norme générique pour la spécification d'un système de conférence multimédia fondé sur IP. Elle se réfère à d'autres normes qui spécifient les protocoles de signalisation, les services de codage des médias et de commande des appels. La Recommandation H.323 utilise une approche évolutive de VoIP, qui présente un haut degré d'interopérabilité avec les anciens services de téléphonie fondés sur des réseaux SCN. Les inconvénients sont la complexité de mise en œuvre et les problèmes d'architecture en ce qui concerne la convergence des services de téléphonie et d'Internet, ainsi qu'un manque de modularité et de souplesse.

II.3.3.2 Diffusion et transfert de flux continu

MPEG-2

La norme ISO/CEI MPEG-2 (ISO/CEI 13818, parties 1 à 9) traite de la compression numérique des signaux de télévision (audio et vidéo), de la synchronisation des composants médias et de leur fourniture, soit par le biais d'un moyen de stockage, (DVD par exemple), soit par un service de diffusion. MPEG-2 est l'épine dorsale du système de télévision numérique qui remplacera prochainement le système analogique. Elle est de plus considérée comme la norme de vidéo haute qualité, par exemple pour les services de vidéo à la demande dans le réseau NGN.

MPEG-4

MPEG-4, ensemble de normes développé par le groupe de travail MPEG de l'ISO/CEI, fournit des moyens de diffusion continue de l'information multimédia pour:

- représenter des contenus audio (musique, parole), visuels (vidéo, photos, graphiques) ou audiovisuels, appelés «objets médias». Ces objets peuvent être d'origine naturelle ou synthétique, ce qui signifie qu'ils peuvent être enregistrés avec une caméra ou un microphone, ou générés par un ordinateur;
- décrire la composition de ces objets pour créer des objets médias composés qui forment des scènes audiovisuelles;
- multiplexer et synchroniser les données associées aux objets médias, pour qu'elles puissent être transportées par les canaux du réseau, avec une qualité de service appropriée à la nature de ces objets médias spécifiques;
- interagir avec la scène audiovisuelle générée du côté récepteur.

De plus, en raison de son approche par le codage orienté objet, la norme MPEG-4 est d'abord destinée aux applications qui demandent un haut degré d'interactivité et de souplesse, par exemple pour le cyberapprentissage et la publicité. Mais la norme inclut également des profils d'application, qui permettent d'offrir, à l'instar de MPEG-2 et H.263, des services interactifs et de diffusion.

II.3.3.3 Stockage et restitution

MPEG-7

MPEG-7, norme ISO/CEI développée par MPEG, officiellement dénommée «interface de description de contenu multimédia», vise à créer une norme pour décrire les données de contenu multimédia qui vont accepter un certain degré d'interprétation de la signification de l'information, qui peut être passée à, ou à laquelle peut accéder, un code d'appareil ou d'ordinateur. MPEG-7 ne vise pas une application en particulier; les éléments normalisés par MPEG-7 proposeront une gamme d'applications aussi vaste que possible.

MPEG-21

La chaîne de livraison de contenu multimédia comprend la création de contenu, la production, la fourniture et la consommation. Pour ce faire, le contenu doit être identifié, décrit, géré et protégé. Le transport et la livraison du contenu vont se faire sur un ensemble hétérogène de terminaux et réseaux dans lesquels des événements vont survenir et qu'il faudra rapporter. Ces rapports comprendront une livraison fiable, la gestion de données personnelles et de préférences prenant en compte la confidentialité et la gestion de transactions (financières).

Une architecture multimédia est nécessaire pour la fourniture de ce nouveau type d'usage multimédia. Une telle architecture suppose qu'une vision commune, ou plan d'action, soit comprise par ses architectes, pour garantir que les systèmes qui livrent des contenus multimédias sont *interopérables* et que les transactions sont simplifiées et, si possible, *automatisées*. Cela devrait s'appliquer aux exigences d'infrastructure pour la livraison du contenu, la sécurité du contenu, la gestion des droits, la sécurisation des paiements, et aux technologies qui les permettent – et cette liste n'est pas exhaustive.

Le Rapport essentiel sur la téléphonie IP

L'architecture multimédia de MPEG-21, un projet du Groupe de travail 11 du sous-comité 29 du JTC1 de l'ISO/CEI, identifie et définit les éléments clés nécessaires pour assurer la chaîne de livraison multimédia comme elle est décrite ci-dessus, leurs relations et les opérations qu'ils permettent. Dans les parties de MPEG-21, MPEG va élaborer les éléments en définissant la syntaxe et la sémantique de leurs caractéristiques, telles que les interfaces des éléments. MPEG-21 traite aussi des fonctionnalités d'architecture nécessaires, telles que les protocoles associés aux interfaces, et les mécanismes pour entreposer, composer, juger de la conformité, etc.

II.3.3.4 Services de multidiffusion

Le trafic de multidiffusion ne représente aujourd'hui que 1% du trafic Internet total. Ce chiffre pourrait changer toutefois lorsque, comme prévu par le modèle de multidiffusion à source spécifique, toute adresse de monodiffusion pourra héberger des pages Web multiples fonctionnant comme sources de multidiffusion. De nombreuses applications multidiffusion d'utilisateur peuvent être envisagées: vidéos d'hôtel combinées à la réservation de la chambre sur le Web, présentations commerciales sur le Web, programmes éducatifs sur le Web, télévision sur le Web, etc.

De plus, la multidiffusion peut servir d'émulation de LAN et jouer un rôle important dans la construction des réseaux.

Chapitre II.4 – Qualité de service

La notion de qualité de service, telle qu'elle s'applique à une communication téléphonique entre deux usagers, est assez vaste. Hormis les paramètres intrinsèques du réseau qui nous permettent de quantifier la qualité du service offert, d'autres aspects devront également être pris en compte lorsqu'il s'agira de mesurer cette qualité du point de vue de l'utilisateur, par exemple la simplicité d'utilisation, la disponibilité du service, la sécurité, l'intelligibilité des services, etc.

Dans cette section, nous nous limiterons aux aspects quantifiables de la qualité de service comme le délai de transmission, les taux d'erreur, etc., ainsi qu'aux aspects liés au modèle de fourniture de service et à l'organisation du réseau. Les fournisseurs optimisent leurs réseaux/capacités en tenant compte tout à la fois des objectifs de la qualité de service pour répondre à la demande des clients et de l'impact sur le coût du réseau, sachant que pour les clients l'achat est motivé par le prix et par les performances.

D'autres aspects, tels que la sécurité et le plan de numérotage, seront traités dans les chapitres suivants.

II.4.1 Qualité de service dans le contexte du réseau téléphonique

II.4.1.1 Aspects techniques

Dans le contexte du réseau téléphonique classique à commutation de circuits, l'analyse de la qualité de reproduction de la parole a conduit à définir les notions d'*intelligibilité* et d'*agrément d'écoute*. Dans le cas du service téléphonique, ces critères de qualité sont appliqués «de bout en bout» pour une liaison complexe (nationale à longue distance ou internationale, par exemple, traversant plusieurs hiérarchies de centraux téléphoniques et de systèmes de transmission), l'objectif étant d'émettre les recommandations pour chacun des systèmes (les maillons de la chaîne) intervenant dans cette liaison de bout en bout. Si elles sont respectées par tous les opérateurs concernés, ces recommandations permettent aux communications les plus complexes, nationales ou internationales, d'être utilisables par les usagers. Les principales sources de dégradation de la qualité sont les suivantes:

- la procédure de numérotage;
- l'écho pour la personne qui parle ou pour la personne qui écoute;
- les taux d'erreur de transmission.

L'encombrement du réseau n'est pas pris en considération, dans la mesure où, en commutation de circuits, il se traduit finalement par l'impossibilité d'obtenir une communication, mais n'affecte pas la qualité des communications établies. Pour les taux d'erreur, ils tendent maintenant à ne plus guère concerner que les mobiles, car les moyens de transmission fixes se caractérisent par un excellent niveau de qualité.

Numérisation

La numérisation à 64 kbit/s, normalisée à la fin des années 60, assure une qualité excellente, même si on doit se souvenir que plusieurs conversions analogique/numérique et numérique/analogique peuvent affecter la qualité de la communication. Cependant, la numérisation de la transmission étant maintenant généralisée, ce phénomène de succession de conversions ne se produit pratiquement plus.

Pour des raisons d'économie, les opérateurs utilisent sur les liaisons intercontinentales des systèmes de compression de parole (EMC – équipement de multiplication de circuits) avec une compression pouvant atteindre un facteur 8, en tablant sur la non-simultanéité de l'activité des deux interlocuteurs et sur la redondance du signal vocal. Le niveau de compression varie selon le volume du trafic, et le taux de compression maximal ne s'applique qu'aux heures de pointe. Cette compression est caractéristique d'un tronçon de transmission entre deux commutateurs. Si une communication emprunte plusieurs tronçons mettant cette compression en œuvre, les dégradations de qualité se cumuleront, mais la règle décrivant la perception de cette dégradation cumulée est complexe. On s'efforce donc de limiter le nombre de compressions/décompressions subies par la même communication.

Echo et retard de propagation

Toute transmission implique un temps de propagation, qui peut atteindre une fraction de seconde (satellites géostationnaires). Il est légèrement supérieur à 3 msec/km pour les transmissions par câble ou fibre optique. La distance à prendre en compte doit être majorée, par rapport à la distance à vol d'oiseau, par les détours dus au terrain et aussi aux trajets supplémentaires imposés par la protection contre les coupures.

La commutation de circuits classique entraîne un retard de l'ordre d'un quart ou d'une demie msec par commutateur traversé. Tout compte fait, une connexion n'empruntant pas de satellite supportera un retard de quelques msec, augmenté d'environ 8 msec par millier de kilomètres. Si une transmission de la voix par ATM est utilisée, et met en jeu un circuit virtuel propre à chaque voie, un retard d'au moins 6 msec doit être ajouté, correspondant à la «mise en cellules».

L'effet du retard est d'introduire une gêne pour la personne qui est sur le point de parler, particulièrement lorsque les deux parties commencent à parler en même temps et doivent décider qui va continuer. Ce phénomène ne se manifeste pas dans le cas des connexions terrestres nationales à commutation de circuits entre deux parties, car les retards sont assez courts. Cependant, avec des retards d'une fraction de seconde (un bond de satellite géostationnaire), le problème commence à devenir manifeste et réclame une certaine discipline de prise de parole de la part de chaque extrémité de la communication, surtout en cas de conférence téléphonique. En principe, on ne rencontre pas de connexions mettant en jeu deux bonds géostationnaires.

Le phénomène d'écho se manifeste par suite de l'insuffisante séparation des deux sens de transmission, à l'interface entre la ligne d'abonné analogique et le commutateur temporel. Le délai de transmission agit en rendant plus sensible, et donc plus gênant, un couplage entre les deux sens de transmission. Aussi, les connexions impliquant des temps de propagation élevés sont-elles munies d'annuleurs d'écho, qui élaborent, de façon auto-adaptative, un signal qui contrebalance le signal d'écho.

II.4.1.2 Aspects liés à l'organisation du réseau

Au-delà des éléments techniques cités ci-dessus, il importe de noter que la principale caractéristique du réseau de télécommunication qui joue le plus grand rôle dans la qualité de service est la «reconnaissance» de la sémantique de l'application (transport de la voix) par l'ensemble des éléments actifs du réseau de télécommunication (c'est-à-dire les commutateurs).

Cette reconnaissance de la sémantique de l'application dépasse le cadre strict de la réservation d'une ressource sous la forme d'un circuit à 64 kbit/s tout le long de la durée de la communication¹⁰. En effet, la qualité est surtout garantie par le dialogue de signalisation échangé de bout en bout entre l'ensemble des éléments actifs du réseau. Cela permet la réservation et le maintien des ressources nécessaires tout au long de la durée de la communication. Le coût des ressources mobilisées pour un appel donné est autant dû – sinon plus – au maintien d'un «état» pour celui-ci dans l'ensemble des éléments actifs du réseau qu'aux ressources de transport effectivement mobilisées (circuits dans le cas des réseaux de télécommunication d'aujourd'hui).

En effet, même si le mode de transport par paquets est utilisé – voir plus bas la discussion sur les réseaux de données –, il serait difficile de faire l'économie d'une réservation appel par appel des ressources adéquates dans le réseau si l'on souhaite pouvoir garantir la qualité de service.

De même, cette méthode de fonctionnement pourrait tout autant s'appliquer à un mode de transport par paquets que par circuits commutés. Le protocole BICC (voir paragraphe G.2 de l'Annexe G) récemment défini par l'UIT-T démontre la possible transposition de l'approche initiale développée pour le mode de transport par circuits (protocole ISUP) dans les réseaux de télécommunication en un nouveau mode de transport par paquets (ATM ou IP).

¹⁰ Réservation souvent critiquée comme étant plus consommatrice de ressources qu'un mode par paquets où les ressources ne seraient utilisées qu'en cas de besoin et selon le trafic engendré.

II.4.2 Qualité de service dans les réseaux de données

Les réseaux de données ont été créés afin de permettre la communication entre applications s'exécutant sur des ordinateurs. A l'origine, ces machines étaient de gros ordinateurs centralisés. Le développement de la mini puis de la micro-informatique ainsi que le développement d'applications informatiques selon le modèle client/serveur ont largement contribué au déploiement et à l'interconnexion des réseaux de données. Les équipements connectés à un réseau de données sont donc par essence des machines informatiques fortement distribuées, plus ou moins complexes, et sur lesquelles s'exécutent plusieurs applications.

Le problème de la qualité de service dans les réseaux de données ne se posait pas dès l'origine dans les mêmes termes que dans les réseaux téléphoniques. Cela est dû au fait que la qualité de service attendue par les usagers d'un réseau de données n'est pas liée à une application particulière fournie par le réseau, mais plutôt à des propriétés associées à leurs points d'accès au réseau. L'ensemble de ces propriétés définit ce qui est communément appelé accord de niveau de service (SLA).

Le point d'accès de l'utilisateur à un réseau de données – public ou privé – permet à la communication de s'établir entre une ou plusieurs machines et le reste des machines connectées au réseau. Les exigences de qualité de service à ce point d'accès font partie du SLA¹¹ et sont généralement exprimées en termes de débit autorisé (moyen et de crête), de délai de transmission (moyen et résiduel) ou de priorité relative des données en cas d'encombrement. Ces propriétés, comme on peut le constater, expriment des propriétés attendues du transport des données par le réseau à l'appui d'une ou plusieurs applications dont le réseau n'a *a priori* pas connaissance.

De même que pour les points d'accès des usagers, les points d'interconnexion entre réseaux sont également régis par des SLA indépendants des applications dont les SLS expriment uniquement des propriétés du transport.

Le mode de transport le plus souvent utilisé par les réseaux de données est donc celui par paquets. Ce choix résulte de la nature sporadique des données émises par les applications informatiques. Les données émises à un point d'accès au réseau sont conditionnées en paquets de taille fixe ou variable selon la nature du réseau. Dans chaque cas, l'en-tête du paquet porte l'adresse de destination, permettant ainsi aux organes du réseau d'acheminer les paquets vers leur destination finale – ou le point s'y rapprochant le plus – sans tenir compte du contenu du paquet qui ne sera traité que par l'application appropriée dans la machine de destination. Il est possible de réaliser un mode de transport par paquets en circuits virtuels (comme dans les réseaux ATM par exemple), ce qui permet de mieux garantir la qualité de service¹². Toutefois, les réseaux IP ne permettent pas de façon basique de fournir le mode circuits virtuels. Des protocoles comme IntServ ou MPLS permettent une telle extension au-dessus d'un réseau IP mais ils sont encore loin d'être déployés dans tous les réseaux IP.

Ainsi, lorsqu'une application emprunte un ou plusieurs réseaux de données, la qualité de service de «bout en bout» obtenue, entre les deux machines dialoguant pour cette application sera tributaire de celle assurée par l'ensemble des réseaux traversés. C'est pour cela que la qualité de service de l'Internet est souvent critique. En effet, il suffit qu'il y ait un seul réseau où la qualité de service n'est pas assurée de manière convenable pour que la qualité résultante de bout en bout en pâtisse.

¹¹ En réalité, il est plus approprié d'utiliser ici le terme de spécification de niveau de service (SLS) plutôt que SLA, le premier étant la spécification technique du second qui peut être considéré comme l'accord liant légalement.

¹² Dans ce cas l'ensemble des paquets d'une même application peuvent emprunter un chemin identique – et non plus aléatoire en fonction de l'encombrement – sur lequel un certain nombre de ressources ont été réservées permettant ainsi de réaliser un comportement déterministe du réseau quant aux attributs de la qualité de service.

Le Rapport essentiel sur la téléphonie IP

C'est pour cette raison que lorsque les entreprises utilisent Internet afin d'interconnecter des machines distantes pour leurs applications stratégiques, elles ont souvent recours aux services de fournisseurs de réseaux privés virtuels (VPN). Le fournisseur de VPN réalise, par une ingénierie particulière du dispositif de signalisation au-dessus de l'Internet, un réseau virtuel permettant de garantir des propriétés acceptables de qualité de service entre l'ensemble des points d'accès de l'entreprise, qui peut inclure certains accès dynamiques utilisés par des utilisateurs distants. Un VPN n'est bien entendu réalisable qu'à condition de réserver des ressources dans l'ensemble des réseaux physiques qui l'alimentent; une telle prestation est donc forcément payante et ne s'adresse pour le moment qu'à des entreprises¹³.

II.4.3 Qualité de service d'un réseau IP utilisé pour la téléphonie

Une des principales difficultés soulevées par la téléphonie sur IP concerne la réalisation d'une qualité de service similaire à celle à laquelle les usagers sont habitués sur les réseaux téléphoniques.

Cette difficulté est liée, d'une part, aux aspects techniques propres au mode de transport des données sur les réseaux IP et, d'autre part, à ceux liés à l'organisation et au mode de fourniture de service sur les réseaux de données de manière générale et IP en particulier.

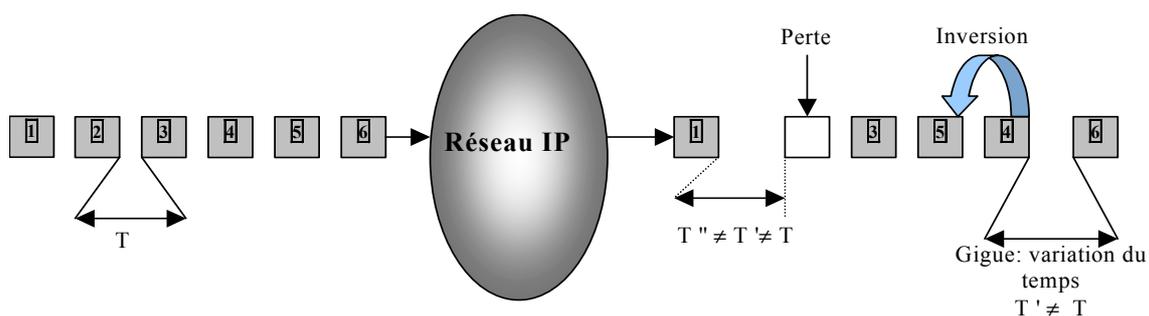
II.4.3.1 Difficultés techniques

Le mode de transmission des informations par paquets utilisé par les réseaux IP introduit des facteurs de dégradation de la qualité de la communication. Nous pouvons répertorier quatre sources principales de difficultés liées au mode de transmission par paquets qui ont un impact sur le transport de la voix sur IP.

- **Perte:** disparition éventuelle de paquets au cours de la communication. L'incidence de ce facteur sera modérée si le taux de perte est faible.
- **Retard:** il se réfère avant tout au temps de transit total, incluant le temps pris pour reconstituer l'ordre des paquets à l'arrivée et compenser les fluctuations du temps de transit (ce temps de transit total doit rester inférieur à 400 msec pour respecter les contraintes d'une conversation interactive).
- **Gigue:** variation du temps d'arrivée des paquets.
- **Echo:** délai entre l'émission d'un signal et la réception de ce même signal réverbéré.

La Figure 15 ci-dessous récapitule les difficultés évoquées ci-dessus et l'Annexe B détaille chacun de ces facteurs.

Figure 15 – Principales difficultés de la transmission téléphonique sur IP



¹³ Il convient de citer ici les plaintes concernant la qualité de service qu'expriment des usagers privés de l'Internet même lorsque la communication avec leur fournisseur d'accès d'Internet – parfois même en haut débit comme par le câble ou l'ADSL, n'est pas en cause. En effet, le contrat entre l'utilisateur et le fournisseur d'accès à Internet a une stricte limitation à l'accès au premier au réseau du second; il ne concerne en rien les autres réseaux que pourraient parcourir les paquets de l'utilisateur jusqu'à la destination finale. On voit bien ici la différence majeure avec le modèle de prestation de service du réseau de télécommunications où la responsabilité de l'opérateur s'étend jusqu'à la destination finale de l'appel quelle que soit sa localisation.

II.4.3.2 Solutions techniques pour la qualité de service sur les réseaux IP

Le groupe d'étude sur l'ingénierie Internet (IETF) a défini de nombreux protocoles et méthodes pour la fourniture de la qualité de service sur les réseaux IP, parmi lesquels:

- le surdimensionnement du réseau – ou pour les réseaux d'entreprise, des LAN commutés – peut ne pas être économiquement viable;
- des informations en retour sur la qualité (IETF RTPC) – centrées sur les applications, absence d'impact réseau, contrôle d'admission/gestion du trafic;
- des priorités (par exemple, pour les ressources de la file d'attente, DiffServ);
- la réservation des ressources (RSVP, IntServ);
- la séparation du trafic (transport et acheminement);
- l'ingénierie du trafic.

En plus des fonctionnalités utilisant le protocole IP telles que RSVP, IntServ et DiffServ, la qualité de service de la téléphonie IP peut être améliorée par certaines caractéristiques au niveau des équipements de fournisseurs qui offrent une variété de techniques de file d'attente, de conditionnement du trafic et de filtrage pour définir la priorité du trafic et maîtriser l'encombrement de bout en bout sur le réseau, et notamment:

la mise en file d'attente personnalisée (CQ, *Custom Queuing*) qui gère le trafic en assignant différentes quantités d'espaces de file d'attente aux différentes classes de paquets et en traitant les files d'attente à tour de rôle. Un protocole, un utilisateur ou une application en particulier pourront recevoir de l'espace supplémentaire, mais ne pourront jamais monopoliser toute la largeur de bande;

les techniques RED/WRED (*Détection précoce directe pondérée*) qui s'appuient sur la précedence IP et la fonction de détection précoce directe (RED) pour fournir des caractéristiques de performance différenciées pour différentes classes de service. RED permet de définir des politiques souples de traitement du trafic pour augmenter le débit dans des conditions d'encombrement;

le débit garanti (CAR, *Committed Access Rate*) qui permet d'attribuer une largeur de bande et de limiter les sources et les destinations du trafic, tout en définissant des politiques de traitement du trafic qui excède les attributions de largeur de bande.

L'Annexe C donne un aperçu des principaux protocoles définis pour la qualité de service.

Bien sûr, aucun des protocoles/méthodes ci-dessus ne peut suffire à lui seul à fournir une qualité vocale acceptable, sauf dans des conditions très spécifiques et favorables. Une ingénierie de réseau impliquant une combinaison de méthodes et protocoles sera vraisemblablement nécessaire. D'un autre côté, bien que nombre de ces protocoles soient mis en œuvre dans les produits actuels, il manque toujours une enveloppe globale qui pourrait garantir la qualité de service pour les applications vocales. Une étude au cas par cas est donc nécessaire.

Toujours est-il que les techniques ci-dessus sont applicables pour un domaine de sous-réseau donné; comment garantir la qualité de service appropriée de bout en bout pour une communication vocale traversant les domaines de multiples opérateurs¹⁴? Cela nécessite une discussion pour savoir comment ce qu'on appelle les réseaux de la prochaine génération échangent les informations sur l'appel entrant de telle sorte que des ressources appropriées soient réservées dans chaque sous-réseau impliqué pour assurer la qualité de service requise de bout en bout.

II.4.3.3 Aspects liés à l'organisation et au modèle de fourniture de service par les réseaux IP

La notion même de *téléphonie* sur IP – ou sur tout autre mode de transport de type paquet – implique la fourniture d'un service permettant d'assurer un dialogue vocal interactif entre interlocuteurs avec une qualité acceptable.

¹⁴ Il semble que l'IETF devient consciente de la réalité du problème de la qualité de service interdomaine et il y a des discussions pour lancer un groupe de travail spécifique sur ce sujet. Ce groupe de travail a été lancé en décembre 2001 et nommé «prochaine étapes en signalisation (NSIS)». Voir <http://www.ietf.org/> pour plus de détails.

Le Rapport essentiel sur la téléphonie IP

Comme décrit dans le premier chapitre, les offres de service qui fournissent la téléphonie IP aux utilisateurs des services de téléphonie traditionnelle nécessitent l'intervention d'un fournisseur tiers qui exploite un réseau IP géré (c'est-à-dire où la qualité de service est garantie) et une passerelle vers le monde téléphonique classique. Nous avons également vu au paragraphe 4.2 ci-dessus la spécification de niveau de service qui régit actuellement l'accès et l'interconnexion des réseaux de données. Cette spécification ne porte pas sur la sémantique d'un service particulier fourni par le réseau, comme la téléphonie, mais d'un ensemble de propriétés de base caractérisant le transport des données par le réseau.

La question qui se pose est donc la suivante: du strict point de vue de la garantie de la qualité de service, et à supposer que l'accès soit devenu généralisé en mode IP natif, dans quelles conditions ces contraintes imposées par la téléphonie sont-elles effectivement garanties sur une succession de réseaux IP interconnectés?

La réponse à cette question est assez complexe, sachant qu'un nombre non négligeable d'éléments techniques impliqués dans cette réponse en sont encore actuellement au stade de la recherche ou ne sont pas encore déployés de manière significative dans les réseaux de données.

Il est toutefois possible, sur la base de simples constatations fondées sur le bon sens, de dégager les évolutions suivantes au niveau de l'organisation des réseaux IP, qui seront nécessaires pour pouvoir parler d'un vrai service de téléphonie sur IP, selon la définition ci-dessus:

- Il est indéniable que le modèle de l'Internet «gratuit» n'a de sens que si l'interconnexion entre les réseaux est fondée sur la compensation – c'est-à-dire un trafic équivalent dans les deux sens – ou sur des modèles d'interconnexion forfaitaire sans qualité de service garantie. La qualité de service se paie, quel que soit le mode utilisé pour le faire, et même si ce mode implique une surcouche d'Internet (voir l'exemple des VPN, plus haut, au paragraphe II.4.2).
- Etant donné que la voix requiert la garantie stricte d'un certain nombre de paramètres de qualité de service, sa fourniture comme service rendu par une tierce partie ne peut être gratuite. Elle pourrait un jour s'effectuer de manière forfaitaire, mais une telle évolution d'ordre commercial a déjà eu lieu dans les réseaux téléphoniques classiques.
- Afin de pouvoir honorer sa prestation auprès d'un client auquel il fait payer ce service, l'opérateur du réseau ne doit pas se limiter à assurer la qualité de la connexion de son client à son réseau et, si besoin est, au sein de celui-ci comme c'est le cas des fournisseurs d'accès à Internet actuellement, mais également de pouvoir l'étendre à l'ensemble des réseaux utilisés pour une communication donnée, jusqu'à la destination finale.
- Afin de garantir la qualité de bout en bout, un dialogue entre réseaux est nécessaire, et ce dialogue doit avoir lieu à chaque nouvel appel comme c'est le cas sur le réseau téléphonique actuel.
- Certains pourraient considérer qu'un SLA suffisamment surdimensionné entre opérateurs pourrait assurer cette «propagation» de la qualité de service sans recours à une signalisation et à une réservation appel par appel. Un tel schéma ne serait économiquement viable, et par conséquent envisageable, que dans la mesure où la voix – ou tout type de trafic nécessitant une stricte réservation des ressources – ne dépasse pas une proportion minimale du trafic écoulé entre les deux réseaux.
- Dans le cas où la configuration décrite plus haut pour le partage de trafic entre voix et données ne serait pas réalisable et où le réseau serait essentiellement utilisé pour le transport de la voix, une signalisation appel par appel pour la réservation des ressources serait donc nécessaire. Le protocole BICC normalisé par l'UIT-T prouve qu'une telle signalisation est possible au-dessus d'un réseau de transport par paquet ATM ou IP.

Chapitre II.5 – Sécurité

Dans le secteur des télécommunications, la sécurité est devenue une exigence de plus en plus pressante. L'ouverture du marché mondial des télécommunications à la concurrence d'une part, et les évolutions des techniques de transport dans les réseaux de télécommunication d'autre part, ont accentué l'importance de la sécurité pour les différents acteurs: les usagers qui réclament la confidentialité de leurs communications pour préserver leur vie privée, les opérateurs de réseaux qui veulent protéger leurs activités et leurs intérêts financiers et enfin les organismes réglementaires qui demandent et imposent des mesures de sécurité en publiant des directives et en édictant des règlements pour assurer la disponibilité des services.

L'établissement, d'une manière formellement correcte, d'un ensemble bien défini d'exigences pour des services de sécurité reste quelque chose d'assez abstrait, dans la mesure où chaque réseau a ses propres caractéristiques et, au-delà de la technologie utilisée, les solutions de sécurité dépendent de nombreux facteurs. Cependant, nous pouvons distinguer deux stratégies de protection des communications. L'une consiste, pour les utilisateurs de services de communication, à assurer eux-mêmes la protection de leurs communications. Dans ce cas, le réseau public n'intervient pas. Ce type de protection est appelé protection de bout en bout. L'autre stratégie consiste à déléguer totalement ou en partie la protection d'une communication au réseau public qui doit alors assurer une protection sur des portions de réseau, chacune de ces portions étant comprise entre deux équipements de sécurité du réseau public.

Les attributs les plus importants qui caractérisent la sécurité d'un réseau sont les suivants:

- **la confidentialité**, qui permet de protéger la communication entre deux correspondants contre l'écoute clandestine par un tiers non autorisé ou malveillant;
- **l'authentification**, qui garantit à une entité que les données reçues proviennent effectivement de l'entité émettrice déclarée;
- **le contrôle d'accès**, qui consiste à restreindre l'accès aux ressources du réseau (serveur, commutateur, routeur, etc.) conformément à la politique de sécurité mise en place. Autrement, si une personne malintentionnée parvient à accéder sans autorisation à l'une des entités du réseau, il lui est alors possible de lancer des attaques comme l'écoute clandestine ou le déni de service, qui consiste à envoyer continuellement des données aux éléments de réseau de sorte qu'il n'y ait plus de ressources disponibles pour les autres usagers du réseau;
- **l'intégrité**, par laquelle on garantit à une entité que les données reçues n'ont subi aucune modification au cours de leur transfert. Ce service permet d'éliminer le risque de corruption des données suite à des manipulations délibérées et malveillantes.

II.5.1 Sécurité dans le contexte du réseau téléphonique

Comme nous l'avons vu précédemment (voir le chapitre sur l'architecture des réseaux), une des différences principales entre le réseau téléphonique et les réseaux IP tient à la concentration de l'intelligence et au traitement à l'intérieur du réseau au niveau des nœuds de commutation. Ainsi, dans le cas du réseau téléphonique, la protection incombe totalement au réseau, les usagers sont complètement déchargés du problème de la sécurité. Le fait que l'intelligence soit localisée dans les commutateurs réduit considérablement le risque d'attaques malveillantes. En effet, pour qu'une personne malintentionnée puisse causer un dysfonctionnement du réseau, il lui faut avoir accès à ces commutateurs publics. Malgré cette difficulté, nous ne pouvons guère prétendre que le réseau téléphonique classique à commutation de circuits est aujourd'hui totalement épargné par les délits et piratages informatiques. Cela est illustré par le fait qu'il y a une dizaine d'années, le réseau de télécommunication a connu une évolution fondamentale avec l'introduction du système de signalisation n°7 (SS7). Cette évolution, tout en procurant au réseau une grande souplesse grâce à l'introduction des nouveaux services, a simultanément augmenté sa vulnérabilité au détournement de ces services (par exemple, le libre appel). Par ailleurs, certains services sont plus exposés aux menaces, dans la mesure où leur utilisation nécessite que l'utilisateur ait accès à des informations de gestion.

Le Rapport essentiel sur la téléphonie IP

Pour les aspects sécurité exposés plus haut, nous pouvons constater, en ce qui concerne le réseau téléphonique, les points suivants:

- Pour la confidentialité, le réseau téléphonique offre une confidentialité totale qui n'est limitée que par les lois en vigueur (mise à l'écoute d'une ligne téléphonique par les autorités du pays).
- Une communication téléphonique ne peut être établie que si l'appelant est bien identifié par le réseau, cette authentification étant un facteur essentiel pour la facturation du service. Avec le réseau téléphonique, il est donc possible de connaître à tout moment les deux correspondants d'une communication (l'appelé et l'appelant).
- Etant donné que les commutateurs se trouvent généralement dans des sites bien protégés (centraux téléphoniques), il est simple de mettre en place un système de contrôle d'accès minimisant ainsi le risque d'attaque menée par un individu anonyme. De plus, généralement, les commutateurs permettent de sauvegarder toutes les actions lancées à partir d'une console de maintenance dont l'accès est, dans la plupart des cas, protégés par des mots de passe.
- La commutation de circuits utilisée dans les réseaux téléphoniques, dans laquelle on réserve tout au long d'une communication un circuit à 64 kbit/s (ou 32 kbit/s), facilite la garantie de l'intégrité de la communication.

Il est peut être utile de rappeler ici qu'il y a deux types de flux circulant à l'intérieur d'un réseau de télécommunication, le premier étant le flux des communications vocales des usagers, le second étant celui de la signalisation et des informations de gestion. Ce dernier flux, qui est crucial pour le bon fonctionnement du réseau, est constitué en majorité par des messages sémaphores (cas de la signalisation SS7) et est transporté par un réseau – au moins fonctionnellement – parallèle à celui utilisé pour le transport du trafic des usagers. Il existe plusieurs topologies de réseaux de signalisation. Dans la majorité des cas, les points sémaphores (PS) font partie physiquement du commutateur. C'est pourquoi il est important d'assurer une protection efficace des commutateurs et de considérer avec soin les points d'entrée du réseau sémaphore dans les autres réseaux.

II.5.2 Sécurité dans le contexte du réseau IP

Dans les réseaux IP, la plus grande partie du traitement nécessaire à l'établissement des communications est déléguée aux équipements terminaux des usagers. De ce fait, l'intelligence est déployée aux extrémités et non plus aux nœuds du réseau comme c'est le cas dans les réseaux de télécommunication.

Il est donc clair que les fonctions de sécurité seront, elles aussi, assurées en grande partie par les usagers et, éventuellement, par les routeurs d'extrémité et non pas par les équipements centraux du réseau.

Deux scénarios se font jour lorsqu'on examine les problèmes de sécurité sur les réseaux IP. Le premier est celui d'un réseau propriétaire, dit réseau IP géré, pour lequel les fonctions de gestion, de maintenance et d'exploitation sont à la charge d'une partie bien identifiée jouant le rôle d'un opérateur. Dans ce cas, le responsable de réseau pourrait introduire des protocoles et des équipements afin de mettre en œuvre des services de sécurité au sein du réseau et la charge de la sécurisation des communications sera supportée en partie par le réseau. Le deuxième cas est celui de l'Internet, qui est, en fait, l'interconnexion d'un grand nombre de réseaux IP à l'échelle mondiale. L'absence d'un responsable global de ce «réseau des réseaux» impose aux utilisateurs de prendre l'entière responsabilité de la sécurisation de leurs communications.

De plus, les problèmes de sécurité n'ont pas été pris en compte lors de la phase de conception du protocole IP. C'est pourquoi, afin d'assurer la protection des communications transportées sur de tels réseaux, il a été nécessaire d'ajouter après coup des services de sécurité à la masse des protocoles réseau existants. Deux solutions ont prévalu pour la sécurité du trafic transporté sur IP: le protocole de sécurité de la couche transport (TLS), qui sécurise la couche transport, et le protocole de sécurité IP (IPSec). Le protocole TLS est mis en œuvre au-dessus du protocole de commande de transmission (TCP) et ne peut donc protéger que le trafic applicatif transporté sur TCP, tandis que IPSec s'applique au niveau IP et est donc plus générique que TLS et peut être utilisé pour sécuriser n'importe quel type de trafic sur IP, y compris les transmissions UDP utilisées par la téléphonie sur IP. Le protocole IPSec est examiné plus en détail à l'Annexe D.

Il existe deux modes de sécurisation des paquets IP en utilisant IPSec: le mode transport et le mode tunnel.

- **Le mode transport** applique une ou plusieurs fonctions de sécurité (essentiellement l'authentification et le cryptage) au paquet IP à envoyer. Ces fonctions ne protègent pas complètement les champs d'en-tête. Le mode de transport ne s'applique qu'aux équipements terminaux, et notamment aux routeurs d'extrémité. Un routeur intermédiaire pourrait ne pas appliquer le mode transport IPSec à un paquet IP qu'il relaye à cause des problèmes de fragmentation et de réassemblage.
- **Le mode tunnel** engendre la création d'un nouveau paquet IP par une méthode impliquant l'ouverture d'un tunnel IP dans IP. La ou les fonctions de sécurisation appliquées au paquet IP extérieur protègent donc l'intégralité du paquet IP intérieur initial (en-tête et données), puisque ce dernier constitue la partie «données» du paquet IP extérieur. Ce mode est, de toute évidence, le meilleur pour créer des réseaux privés virtuels sécurisés et offre une meilleure protection contre l'analyse des flux de trafic.

Avec l'utilisation du protocole IPSec dans des réseaux IP gérés et des VPN, on rejoint l'approche des télécommunications qui consiste à confier les services de sécurité au réseau, sans toutefois décharger complètement de leur responsabilité les utilisateurs qui doivent continuer d'assurer une partie de ces services au niveau applicatif.

L'architecture de sécurité de la prochaine génération définit une trame générale de placement et de localisation de mesures de sécurité liant ensemble les composants de l'infrastructure, les composants du réseau et les applications avec les services.

- Le réseau de téléphonie IP (IPTN) a besoin de services de sécurité équilibrés au niveau réseau/transport et au niveau application avec une interaction définie pour la sécurité d'accès pour des demandes variées d'applications de sécurité; l'objectif de l'architecture de sécurité du réseau IPTN est d'assurer une sécurité continue à travers toutes les couches, depuis les services d'infrastructure IP de base (DNS) jusqu'à l'application. Le principal problème sera posé par les systèmes décomposés, à distribution sécurisée.
- L'architecture de sécurité du réseau IPTN devrait fournir les moyens de surmonter les limitations des pare-feux: les pare-feux décentralisés (personnels) ou les pare-feux multimédias décomposés avec des contrôleurs de pare-feux et des passerelles pare-feu qui sont informées des applications pourraient être des solutions. L'interfonctionnement de sécurité parmi les diverses entités et IPTN sécurisés devra être envisagée, par exemple à travers des passerelles de sécurité.
- L'IPTN doit fournir des interfaces de sécurité et des API de sécurité.
- Maillage d'îlots de sécurité vers des relations de confiance reconnues. L'infrastructure de clés publiques (PKI) sert comme domaine de sécurité de gestion de la confiance. L'infrastructure PKI aura une importance cruciale pour la sécurité mesurable, servant de support mondial à des relations de confiance. Le réseau IPTN devra déployer l'infrastructure PKI pour assurer la sécurité. Les concepts et systèmes d'infrastructure PKI doivent être améliorés pour ce qui concerne le multimédia et les exigences de temps réel de l'IPTN.
- L'architecture de sécurité de la téléphonie IP doit incorporer une sécurité améliorée utilisant des algorithmes cryptographiques sophistiqués. Il est nécessaire de fournir des fonctions de mise à jour de la sécurité pour améliorer la sécurité pas à pas au fil du temps.

La sécurité du réseau IPTN est tellement étendue que les concepts architecturaux doivent se fonder sur l'architecture globale du réseau IPTN et être alignés mutuellement. D'un autre côté, certaines activités de sécurité en cours dans les différents organes sont importantes pour le développement de l'IPTN. Un des premiers sujets à discuter devrait probablement être l'architecture de réseau IPTN.

II.5.3 Interceptions légales pour la téléphonie IP

Les obligations de fournir des moyens d'interceptions légales pour la téléphonie filaire et sans fil sont fixées par chaque administration, conformément à la législation nationale, et ne relèvent pas de l'UIT.

Dans les réseaux téléphoniques, l'interception légale est quelque peu facilitée par le fait que tout appel entrant/sortant vers un abonné donné doit passer par le commutateur local qui le dessert. Il y a donc un point unique connu dans le réseau qui peut envoyer un «duplicata» de toutes les communications dans lesquelles cet abonné est impliqué vers l'entité légale qui a demandé l'interception.

En téléphonie IP, tout comme sur les réseaux filaires et sans fil à commutation de circuits, le problème de l'interception légale peut être plus ou moins complexe selon les exigences particulières propres à chaque pays souverain ainsi que le ou les modèles utilisés pour fournir la téléphonie IP.

Chapitre II.6 – Codage

Le codage vise à transformer un signal vocal, en général analogique, en un signal numérique d'un débit et d'une qualité donnés. La première opération de codage est l'échantillonnage du signal analogique à une certaine fréquence d'échantillonnage et avec une certaine précision, précision caractérisée par le nombre de bits utilisés pour coder l'amplitude de chaque échantillon. Il est clair que le choix de la fréquence et du nombre de bits utilisés représente un compromis débit/qualité du signal code. Plus la qualité souhaitée est grande, plus le débit obtenu après échantillonnage est grand.

Le théorème d'échantillonnage établit qu'un signal analogique peut être reconstruit à partir d'échantillons numérisés si la fréquence d'échantillonnage est égale à deux fois au moins la bande passante du signal original. L'oreille humaine étant capable de percevoir une gamme de fréquences de 20 Hz à 20 kHz environ, le codage audio dit de haute qualité utilise des fréquences d'échantillonnage supérieures à 40 kHz¹⁵.

II.6.1 Technologies de codage utilisées dans le contexte du réseau téléphonique

Le domaine de fréquences (largeur de bande) que peuvent transmettre les lignes téléphoniques est officiellement fixé à 300-3 400 Hz. Les codecs modernes (codeurs/décodeurs) utilisés dans les centraux téléphoniques actuels ont une bande passante de l'ordre de 200 à 3700 Hz et la qualité des lignes d'abonné s'en trouve généralement améliorée. On applique donc au signal sortant un filtre passe-bande qui restreint l'espace de fréquence attribué à la transmission du signal sur cette liaison.

Cependant, malgré cette largeur de bande limitée, la fréquence du signal téléphonique numérisé de (32 à 64 kbit/s) est jugée assez élevée. En effet, pour les applications de stockage numérique, fréquence élevée implique plus de mémoire et pour les applications de transmission numérique, fréquence élevée implique plus de largeur de bande, de puissance et d'argent. C'est pour remédier à cela que les systèmes de codage permettant la compression du signal ont été introduits, notamment dans les systèmes de transmission longue distance des réseaux téléphoniques commutés.

Actuellement, les réseaux téléphoniques à commutation de circuits utilisent principalement les systèmes de codage mettant en œuvre la technique temporelle qui se caractérise par la préservation de la forme d'onde du signal à coder. Selon la méthode de quantification utilisée, nous pouvons distinguer deux types de codage: le codage MIC simple et le codage différentiel.

II.6.1.1 Le codage MIC (modulation par impulsion et codage)

C'est l'algorithme de codage le plus simple utilisé pour coder la voix dans les réseaux téléphoniques commutés et les réseaux RNIS. Il revient à échantillonner un signal analogique à une fréquence d'échantillonnage fixe de 8 kHz et à quantifier les échantillons par une valeur de 8 bits représentant l'amplitude du signal à l'instant précis suivant des normes de compression non linéaire (loi A ou μ). Etant donné que le processus de numérisation assigne un nombre binaire spécifique à chaque amplitude du signal et qu'il n'existe que 256 amplitudes pour les numérisations à 8 bits, il est probable que le nombre assigné ne correspondra pas exactement à la valeur réelle du signal. Cette erreur est appelée erreur de quantification et produit un bruit de quantification dans le signal de sortie. Ce système de codage correspond à la Recommandation G.711 de l'UIT-T et à un taux de signalisation des données de 64 kbit/s.

II.6.1.2 Le codage différentiel MICD, MICDA et MDA

Le codage différentiel (MICD: modulation par impulsion et codage différentiel, MICDA: modulation par impulsion et codage différentiel adaptatif, MDA: modulation delta adaptative) est fondé sur l'observation que des échantillons successifs d'une source audio sont fortement corrélés. Par conséquent, il est plus rentable de coder non pas les échantillons eux-mêmes mais la différence entre les échantillons successifs. Les codeurs de type MICDA codent les échantillons de manière différentielle avec une composante estimée par extrapolation des valeurs intervenues précédemment. Ce système de codage correspondant à la norme G.721 utilise seulement 32 kbit/s par voie téléphonique.

¹⁵ 44,1 kHz pour le codage CD et 48 kHz pour le codage DAT.

Le Rapport essentiel sur la téléphonie IP

Les deux autres variantes du codage différentiel (MICD et MDA) se distinguent par la méthode employée pour la prévision de la valeur de l'échantillon qui suit à partir de la valeur de l'échantillon précédent. Il existe des variantes du codage différentiel permettant des débits binaires de 16, 24 et 40 kbit/s, mais la qualité de parole se dégrade très vite quand le débit chute à 16 kbit/s. Pour de plus amples détails sur les protocoles précités, voir l'Annexe E.

II.6.2 Technologies de codage pour la téléphonie utilisant un réseau IP

La qualité audio obtenue sur l'Internet est inséparable du service offert par celui-ci. Ce service revient en fait à offrir aux applications un canal de transmission dont les caractéristiques, comme le délai, la bande passante ou le taux de perte, peuvent largement varier avec le temps. D'une manière générale, deux approches, qui sont souvent utilisées simultanément, peuvent être envisagées pour maîtriser cette qualité. La première consiste à adapter les services du réseau aux besoins des applications, ce qui revient en fait à modifier les protocoles et mécanismes utilisés par le réseau pour offrir des services nouveaux adaptés aux exigences des applications (téléphonie dans notre cas). Il faut pour cela définir une gamme de services et déployer des mécanismes comme la réservation de ressources ou l'allocation de ressources dans les routeurs qui seront ensuite capables d'offrir ces services. La deuxième approche consiste à adapter les applications aux services du réseau, c'est-à-dire à faire en sorte que l'application compense elle-même les effets indésirables d'un réseau du type «au mieux» (*best effort*). Cela revient en pratique à faire en sorte que l'application adapte son comportement aux caractéristiques de la connexion sur laquelle elle envoie ses paquets. Dans le cas de la transmission vocale, le but de l'exercice d'adaptation est l'obtention de la meilleure qualité auditive à la destination, étant donné l'état du réseau. C'est dans le cadre de cette dernière approche que des techniques de codage nettement plus performantes que la technique temporelle ont été développées et elles sont utilisées dans la transmission audiovidéo sur les réseaux IP.

Les codeurs de parole utilisés actuellement dans les applications de la téléphonie sur IP peuvent être classés suivant trois grandes techniques de codage:

- les techniques temporelles (débits compris entre 16 et 64 kbit/s);
- les techniques paramétriques (débits compris entre 2,4 et 4,8 kbit/s);
- les techniques par analyse-synthèse (débits compris entre 5 et 16 kbit/s).

La première catégorie a déjà été présentée dans le paragraphe précédent et les codeurs qui la mettent en œuvre sont largement utilisés dans les réseaux téléphoniques classiques. Les deux autres sont examinées dans l'Annexe E.

Les deux autres catégories de techniques de codage (paramétrique et par synthèse) offrent l'avantage de faibles débits. Cependant, selon le principe bien connu qui veut que tout traitement ait un coût en terme de temps, plus le taux de compression est fort, plus le retard induit par le processus de traitement est important. Un compromis optimal est à trouver entre le débit et le temps de traitement induit.

Le tableau qui suit regroupe, pour la majorité des codeurs mentionnés précédemment, les caractéristiques principales en termes de débit, de qualité de parole notée en MOS: la note moyenne d'opinion MOS est établie de manière normalisée selon cinq catégories: 1 = Mauvais, 2 = Médiocre, 3 = Moyen assez bon, 4 = Bon, 5 = Excellent, pour des conditions sans bruit de fond (*clean speech*), de complexité de réalisation (en MIPS DSP à 16 bits fixe) et de retard de codage/décodage.

Nous pouvons donc conclure que les systèmes de codage ont connu une énorme évolution au cours de ces dernières années, ce qui a permis de réduire considérablement la largeur de bande nécessaire pour divers services de télécommunication, particulièrement la transmission de la voix. En l'état actuel, ces systèmes de codage ont atteint leur maturité et des travaux sont toujours en cours pour le développement de nouveaux systèmes de codage encore plus performants. Aujourd'hui, avec les systèmes de codage utilisant la technique d'analyse-synthèse qui sont les plus performants pour l'application de la téléphonie IP, un grand progrès est réalisé pour la garantie de la qualité de service pour ce type d'application sur les réseaux IP.

Tableau 1 – Caractéristiques des codeurs de parole pour la téléphonie IP

Codeur	Norme/ Recommandation	Débit binaire	Qualité de parole (MOS)	Retard du/ codeur/décodeur	Complexité (MIPS)
MIC temporel	G.711	64 kbit/s	4,2	125 µs	0,1
MICDA temporel	G.726	32 kbit/s	4,0	300 µs	12,0
Analyse-synthèse RPE-LTP	ETSI – GSM 06-10	13 kbit/s	3,6	50 msec	2,5
Analyse-synthèse CELP	DD FS1016	4,8 kbit/s	3,5	50 msec	16,0
Analyse-synthèse LD-CELP	G.728	16 kbit/s	4,0	3 msec	33,0
Analyse-synthèse CS-ACELP	G.729	8 kbit/s	4,0	30 msec	20,0
Analyse-synthèse MP-MLQ-ACELP	G.723.1	6,3 et 5,3 kbit/s	3,9 à 3,7	90 msec	16,0
CPL paramétrique	DOD LPC10 FS1015	2,4 kbit/s	2,3	50 msec	7,0

Chapitre II.7 – Accessibilité

II.7.1 Accès au réseau téléphonique

Il est bien connu que la valeur d'un réseau croît de façon exponentielle avec le nombre de ses abonnés. Aujourd'hui, le réseau mondial de téléphonie RTPC/RMTP compte 1,2 milliard d'abonnés; le potentiel de services de communication pouvant être vendus par n'importe lequel des opérateurs de sous-réseau est en relation directe avec le nombre de ses propres abonnés mais aussi avec le nombre qui figure ci-dessus des abonnés au téléphone dans le monde entier.

Ainsi, l'accès universel au réseau téléphonique – spécialement dans les pays développés – résulte d'un cercle vertueux dans lequel l'amélioration de l'accès conduit à l'augmentation de la demande qui induit à son tour l'amélioration de l'accès. Une autre conséquence est que le coût de l'accès peut alors chuter de façon spectaculaire; les opérateurs pourraient vouloir subventionner l'accès, voire le fournir gratuitement à condition de pouvoir vendre des services par son intermédiaire; cet argument vaut également pour les réseaux RMTP sans fil où le coût des équipements – qui peuvent être comparés à un ordinateur du point de vue de la complexité technique – est relativement élevé.

Deux aspects techniques fondamentaux des réseaux d'accès téléphoniques, qui sont des conséquences des considérations économiques ci-dessus, sont donc:

- une délimitation claire des responsabilités des équipements d'usager à l'égard des applications de communication offertes par le réseau: l'équipement d'usager, bien que sophistiqué, est une entité passive dont la responsabilité est strictement limitée à la demande d'un service de communication au réseau; il ne se mêle jamais ni n'intervient dans la logique d'application de la communication;
- une séparation claire entre l'équipement dans les locaux de l'utilisateur CPE et le réseau (appelé point de référence T): cette séparation est utile non seulement pour isoler le réseau des défaillances des équipements d'usager mais aussi pour déterminer un point de référence délimitant les domaines de responsabilité de l'opérateur du réseau.

Techniquement, l'accès à un réseau téléphonique est considéré du point de vue de l'utilisateur comme fiable et bon marché; les équipements d'accès, pour les réseaux tant fixes que mobiles, sont normalisés et peuvent être achetés indépendamment de l'opérateur. Seul l'accès à l'*abonnement* peut être coûteux, notamment dans les pays en développement qui ont une faible densité d'équipement de télécommunication, principalement parce que les recettes attendues de la fourniture de l'accès ne sont pas en rapport avec son coût de fourniture¹⁶.

II.7.2 Accès aux réseaux de données et à l'Internet

Les réseaux de données ne sont *a priori* déterminés par la fourniture d'aucune application spécifique; ils sont fondamentalement utilisés comme un moyen de transport universel pour une grande diversité d'applications hébergées par les ordinateurs qu'ils aident à se connecter les uns aux autres.

L'accès aux réseaux de données était jusqu'à récemment (début des années 1990) strictement limité à l'industrie, aux pouvoirs publics et aux universités pour leurs propres ordinateurs interconnectés (mini et plus tard micro-ordinateurs ou PC) au réseau d'accès local (LAN) de leur organisation. Même l'accès aux réseaux publics de données était restreint aux usagers appartenant aux catégories ci-dessus pour les services de lignes louées ou de VPN. Fondamentalement, l'accès aux réseaux de données n'était pas ouvert au grand public dans le passé, paradoxalement non pas parce qu'un réseau de données est par nature plus coûteux qu'un réseau téléphonique (c'est plutôt le contraire) mais parce qu'un service de transport de données – même commercialisé par un opérateur public – n'est pas aussi élevé dans l'échelle des valeurs – pour le grand public – que le service de communication de personne à personne fourni par le réseau téléphonique.

¹⁶ C'est un fait qu'on peut observer que, d'une part, le grand succès de la téléphonie mobile même dans les pays en développement à faible revenu où le coût relativement inférieur de fourniture de l'accès (par rapport à un réseau fixe) et, d'autre part, la plus grande espérance de revenu (attraction du service mobile), ont conduit à une explosion rapide de tels réseaux.

C'est seulement l'avènement de l'Internet qui a permis la première interconnexion de réseaux de données à l'échelle mondiale, l'émergence d'applications Internet présentant un attrait pour le grand public (navigateurs Web, messagerie électronique), et les progrès des ordinateurs personnels conduisant à une demande d'accès public à des réseaux de données – et plus spécifiquement à l'Internet.

Pourtant, ce n'est, paradoxalement, que grâce à l'universalité du réseau téléphonique, spécialement dans les pays développés, que le grand public a pu accéder à l'Internet. Comme nous l'avons mentionné plus haut (voir chapitre I.1), l'accès à l'Internet pour le grand public se fait toujours principalement au moyen d'une liaison téléphonique – généralement une ligne fixe – par un appel téléphonique normal vers un ISP. Le résultat de cette opération est que, pendant l'appel téléphonique, l'ordinateur familial reçoit de l'ISP une adresse IP – en fait, il devient connecté au réseau de données de l'ISP – et peut utiliser toutes sortes d'applications Internet, y compris la téléphonie sur Internet.

A l'avenir, l'accès à l'Internet grand public évoluera vers l'accès dit «large bande» où, en résumé, l'utilisateur est connecté à l'Internet en mode données «natif» et se voit allouer une adresse IP permanente. L'accès large bande fait appel à de nombreuses technologies, dont la technologie DSL (qui utilise le fil de cuivre téléphonique classique), la boucle locale hertzienne ou les réseaux câblés. De plus, il existe maintenant de nouvelles applications d'usager qui permettent l'accès à l'Internet sans qu'il soit nécessaire d'utiliser un équipement de type ordinateur générique.

II.7.3 Accès à la téléphonie IP et aux réseaux NGN

Il existe deux façons d'accéder à la téléphonie IP: par un combiné téléphonique classique ou par un équipement d'ordinateur.

Comme nous l'avons vu dans les scénarios 2 et 3 du chapitre I.1, l'utilisation d'un équipement téléphonique n'est possible que lorsqu'un opérateur a installé une passerelle du côté de l'abonné, gérée par un commutateur téléphonique d'abonné (ou central local). La téléphonie sur IP se réfère ici à l'utilisation d'une technique de transport sur IP pour une portion plus ou moins importante d'une communication longue distance. Toujours est-il que, dans les évolutions futures, des passerelles de média d'abonné – comme indiqué au paragraphe 4.4 – commandées par une fonction de commande de passerelle de média remplaçant (ou en extension/évolution d') un ancien commutateur local pourraient rapprocher le transport par paquets de l'usager final.

On peut cependant prévoir finalement que, notamment lorsque les technologies d'accès large bande en IP natif ou en mode paquet seront prédominantes, une nouvelle sorte de mode de communication d'ordinateur à ordinateur¹⁷ pourrait s'imposer (moyennant toutefois une interconnexion obligatoire avec la base héritée par le biais de passerelles). Cela serait induit non seulement par le remplacement de l'ancien service téléphonique mais aussi par les nouvelles possibilités des services de communication (par exemple le multimédia). Afin que ce mode de communication se développe et finisse par avoir la même universalité/acceptabilité que le réseau téléphonique actuel, il faut harmoniser les fonctionnalités des terminaux, spécialement la façon dont ils demandent au réseau les services de communication.

Aujourd'hui, le mode d'ordinateur à ordinateur est caractérisé par l'utilisation de protocoles de bout en bout comme H.323 ou SIP qui permettent aux correspondants d'entrer en communication l'un avec l'autre, via certains serveurs du réseau. Toujours est-il qu'en dépit de la présence de ces serveurs, la communication – et même l'accord sur le codage utilisé pour la voix ou la vidéo par exemple – est faite de bout en bout.

Cela soulève des questions sur l'universalité de ce mode de communication (voir ci-après le chapitre sur le numérotage) parce qu'il nécessite que les correspondants utilisent des versions compatibles du même protocole.

¹⁷ Comme mentionné précédemment (Chapitre I.1), le terme PC désigne un appareil capable d'exécuter un programme logiciel d'application de voix sur IP.

Le Rapport essentiel sur la téléphonie IP

De nombreux équipementiers cherchent à développer une nouvelle espèce de moteurs de commande d'appel multimédia qui résoudra ce problème en permettant aux utilisateurs finals de diriger leurs demandes de communications vers ce moteur – et non pas directement vers leurs homologues – quel que soit le protocole choisi (H.323, SIP ou autres). L'avantage de ce schéma est que non seulement les questions de compatibilité de protocoles sont résolues mais, plus important, ce moteur est capable de fournir les ressources nécessaires dans le réseau, de telle sorte que le service de communication soit fourni avec une bonne qualité (voir le chapitre Qualité de service).

Chapitre II.8 – Plans de numérotage et d'adressage pour les services téléphoniques aux abonnés à IP natif

Un des principaux avantages du réseau téléphonique mondial est l'existence d'un plan de numérotage universel pour les abonnés, plan approuvé au plan international sous les auspices de l'UIT (Recommandation E.164).

Ce plan de numérotage universel permet la fourniture du service de communication universel: tout abonné d'un opérateur de sous-réseau téléphonique peut être atteint par tout abonné de tout autre opérateur de sous-réseau dans le monde en utilisant le même numéro E.164 alloué lors de sa souscription auprès de son opérateur. Il s'agit d'un numéro universel dont l'intégrité et le caractère univoque sont garantis dans le monde entier. On peut même dire que cette caractéristique – avec la garantie contractuelle de la qualité de service du réseau – deviendra la caractéristique clé du service téléphonique au moment de la baisse des coûts de transmission.

L'une des principales difficultés techniques que soulève l'intégration de plus en plus poussée des réseaux à commutation de circuits et des réseaux à commutation par paquets est liée à la manière d'établir l'adresse des communications qui passent d'un type de réseau à un autre. En général, il est jugé souhaitable de disposer d'un plan global intégré d'accès aux abonnés. Le même numéro de téléphone E.164 de l'UIT-T permettrait ainsi d'atteindre un abonné, indépendamment de la technologie de réseau – IP ou RTPC.

Il est maintenant tout à fait possible d'établir l'origine des communications émanant d'un réseau à adresses IP vers un autre réseau, mais il est rare que l'on assure la terminaison de communications provenant d'autres réseaux au niveau des réseaux à adresses IP (sauf dans certains cas particuliers en présence de PABX IP, voir le chapitre I.1). La terminaison des communications se fait en général au niveau du RTPC, de sorte que l'appelé ne peut utiliser qu'un équipement terminal raccordé à un réseau de ce type. Pour accéder à un abonné sur un réseau à adresses IP à partir du RTPC, il faudrait mettre au point et utiliser un système global de numérotage et d'adressage applicable indifféremment aux deux types de réseau.

La Commission d'études 2 de l'UIT-T étudie actuellement un certain nombre d'options qui permettraient aux utilisateurs de réseaux à adresses IP d'accéder aux utilisateurs du RTPC et inversement. Une première approche consiste à attribuer des ressources de numérotage E.164 à des systèmes IP. Une autre solution consiste à permettre l'interfonctionnement de service entre les différents systèmes d'adressage des abonnés dans les réseaux RTPC et les réseaux IP, par exemple en utilisant le protocole ENUM de l'IETF (voir Annexe H pour plus de détails). Ce protocole définit une architecture fondée sur un système de nom par domaine (DNS) et un protocole permettant de faire correspondre un numéro de téléphone E.164 à des identificateurs universels de ressources (URI). Les URI sont des chaînes de caractères permettant d'identifier diverses ressources: document, images, fichiers, bases de données et adresses e-mail. Par exemple, l'adresse <http://www.itu.int/infocom/enum/> est l'adresse URI du site Web de l'UIT où l'on trouvera un aperçu des activités liées à ce protocole.

Certains aspects techniques n'ont toujours pas été résolus concernant le protocole ENUM. Il s'agit notamment de la façon de garantir la cohérence des comportements entre les parties téléphonie et Internet d'une communication établie entre un abonné téléphonique et un abonné IP.

En d'autres termes, comment la cohérence de bout en bout peut-elle être assurée en ce qui concerne la qualité de service, la sécurité ou la facturation, pour ne citer que les questions les plus importantes?

Du côté de la téléphonie, il y a un responsable de l'appel, c'est-à-dire un opérateur de téléphone qui assure la livraison des attributs susmentionnés en accord avec le modèle téléphonique où un opérateur de réseau est responsable de l'appel vu comme un service réseau dont il a la responsabilité

Du côté de l'Internet, ce rôle doit être rempli par un ISP ou ITSP. Si l'on considère la qualité de service par exemple, dans quelle mesure cet ISP/ITSP a-t-il le contrôle de la qualité de la communication vers «l'abonné ENUM» s'il n'est pas responsable de tous les réseaux IP traversés pour la partie IP de l'appel? Quelle entité peut être tenue responsable – envers l'opérateur téléphonique – de la qualité de la communication terminée? Si les numéros E.164 ENUM ne devaient pas être – *a priori* – discriminés par rapport aux numéros normaux de téléphonie E.164, des solutions appropriées aux problèmes ci-dessus devraient alors être trouvées.

Chapitre II.9 – Conclusions de la partie II: Aspects techniques

Dans le présent rapport, nous nous sommes efforcés de définir les caractéristiques techniques de la téléphonie IP, de cerner les principaux problèmes et de dégager les solutions envisageables.

Après une brève introduction au Chapitre I.1 des scénarios suivant lesquels la téléphonie IP est utilisée aujourd'hui, une définition de travail de la téléphonie IP provenant de la Commission d'études 2 de l'UIT-T est proposée. Ensuite, une comparaison est faite au Chapitre I.2 entre les architectures respectives des réseaux de données et de téléphonie et les raisons de l'utilisation de types de technologies de réseau de données (réseaux par paquets IP) pour transporter à la fois des applications vocales et des applications de données.

Le Chapitre II.2 est consacré à la discussion des scénarios de migration des réseaux téléphoniques vers ce que l'on appelle les réseaux de prochaine génération qui se fondent sur le transport par paquet ou IP. Dans cette discussion, une approche générale par étapes a été proposée et chaque étape discutée à la fois en termes d'évolution de réseau et de nouveaux services pouvant être offerts. En complément du Chapitre II.2, le Chapitre II.3 présente certains services et applications qui pourront être offerts par les réseaux de prochaine génération.

Les Chapitres II.4 à II.8 sont consacrés à certaines questions techniques spécifiques se rapportant à la téléphonie IP en termes de qualité de service, de sécurité, de codage, d'accessibilité et de numérotage. Pour chacune de ces questions, nous avons essayé de faire une comparaison entre l'approche suivie par les réseaux téléphoniques, généralement utilisée par les réseaux par paquets IP, et celle qui est nécessaire pour les réseaux IP fournissant la téléphonie IP.

Enfin, il convient de préciser qu'il nous a semblé utile d'alléger le texte en introduisant une liste d'annexes expliquant les détails des protocoles et des méthodes nécessaires pour faire de la téléphonie IP une réalité. Ces annexes ne couvrent pas la totalité des efforts actuels et antérieurs dans ce domaine; elles montrent toutefois que la téléphonie IP ne peut pas être considérée comme une simple «réalité de laboratoire» et que les efforts techniques qui sous-tendent le déploiement à grande échelle de la transmission de la voix sur IP peuvent déboucher sur une réalité. Les principaux problèmes techniques que pose la généralisation de la téléphonie IP peuvent se résumer comme suit:

- Les solutions techniques pour le transfert des signaux vocaux grâce à la technologie IP sont indubitablement bien définies de nos jours, mais on ne peut guère ignorer qu'en réalité ces solutions ne sont toujours pas déployées à grande échelle même dans les pays développés, ce qui a de toute évidence un effet sur leur fiabilité et celle des produits sur lesquels elles reposent.
- Malgré cela, de nombreux opérateurs importants et des exploitants d'envergure mondiale signalent, sur l'ensemble ou une certaine partie de leurs réseaux, une évolution vers la transmission par paquets ou la transmission IP. Cette transmission admettra des applications pour le transfert à la fois de données et de signaux vocaux. Toutefois, pour l'instant, cette évolution touche essentiellement leur réseau dorsal et ne concerne pas l'accès des utilisateurs finals. Seuls d'autres opérateurs ou des réseaux d'entreprises qui ont mis sur pied – à leurs propres frais – un accès unifié au réseau de transfert de données et de signaux vocaux pour leurs utilisateurs peuvent se connecter à ces réseaux.
- Pour la plupart des opérateurs de téléphonie des pays développés, ce qui les pousse essentiellement à court terme à faire passer leur réseau dorsal en mode de transmission IP est l'augmentation du trafic des données qu'ils acheminent, puisqu'ils utilisent leur réseau comme moyen d'accès à l'Internet. Cela dit, ils ne considèrent pas pour le moment comme rentable de faire basculer leurs utilisateurs finals vers la téléphonie IP juste pour remplacer le service téléphonique actuel.
- Les pays en développement souffrent non seulement d'un accès à bande large insuffisant mais également de l'insuffisance de l'accès de base à n'importe quel réseau téléphonique.

PARTIE III

TÉLÉPHONIE IP – ASPECTS ÉCONOMIQUES

Chapitre III.1 – Incidences économiques générales de la téléphonie IP

III.1.1 Remarques générales

Des sommes considérables sont aujourd'hui investies dans le monde en vue de déployer des réseaux IP, pour créer de nouvelles capacités et pour permettre aux réseaux à bande étroite d'aujourd'hui et aux réseaux à large bande de demain d'exploiter les services IP. Aussi, toute considération d'ordre économique concernant la téléphonie IP devrait-elle tenir compte de ce contexte général, l'élément moteur à l'origine de ces investissements étant le désir d'étendre et d'améliorer l'accès aux réseaux de communication.

L'une des raisons qui a motivé ce désir de véhiculer des signaux vocaux sur IP au sein d'un réseau d'entreprise dédié (intranet) est l'avantage financier que cela présente pour les organisations, du fait de l'intégration de l'informatique et de la téléphonie sur une seule et même plate-forme. Toutefois, cet avantage n'apparaît pas évident lorsqu'il est question d'un réseau de qualité Télécom permettant d'acheminer le trafic vocal sur un réseau dorsal du type de ceux déployés par les opérateurs locaux et longue distance dans leurs pays respectifs, et où la qualité de service joue un rôle important.

Alors que la question de réduire les coûts des réseaux longue distance est plus que jamais d'actualité et peut justifier la mise en œuvre de la téléphonie IP, les économies réelles à long terme font toujours l'objet d'examen et de débats. Certains commentateurs pensent que les économies tirées de la baisse des coûts résulteront de la suppression des taxes d'accès au service téléphonique et des frais de règlement. D'autres sont d'avis que la téléphonie IP avantagera les utilisateurs grâce à la fourniture efficace de services convergents sur un réseau unique. On choisit de faire des économies sur le coût de la bande passante lorsque le volume des flux de données dépasse celui du trafic téléphonique.

III.1.2 Comparaison entre la téléphonie IP (fixe et mobile, réseau d'accès et réseau central) et la téléphonie à commutation de circuits (fixe et mobile)

Une infrastructure intégrée permettant toutes formes de communication facilite la normalisation, réduit l'équipement global ainsi que les pièces de rechange. Les économies résultant de la migration du trafic sous toutes ses formes vers le réseau IP orienteront les entreprises dans cette voie, pour la simple et bonne raison que la technologie IP agit comme agent unificateur, indépendamment de l'architecture sous-jacente. L'infrastructure combinée permet l'ajustement dynamique de la bande passante. Toutefois, la version Internet actuelle (IP) a été conçue pour le trafic de données et ne peut donc garantir la qualité de service pour les flux de données vocaux et vidéo en temps réel. Toutefois, les normes du trafic en temps réel évoluent.

A titre de comparaison, examinons la structure des coûts pour le réseau à commutation de circuits et pour le réseau IP de prochaine génération (NGN IP):

Tableau 2 – Structures des coûts

Composantes de coûts	Coûts pour les réseaux à commutation de circuits	Coûts pour les réseaux de prochaine génération
Acheminement des appels vocaux	Forte dépendance vis-à-vis de la distance ¹⁸ Forte dépendance vis-à-vis de la durée de l'appel	Faible dépendance vis-à-vis de la distance Faible dépendance vis-à-vis de la durée de l'appel
Coûts d'accès	Coûts fixes relativement faibles par ligne téléphonique de base (si l'accès à l'infrastructure est disponible)	Identiques à la commutation de circuits (si l'accès à large bande n'est pas nécessaire)
Assistance clientèle	Besoin de beaucoup de personnel, donc frais élevés ou faible niveau d'assistance	Automatisée, donc coûts de l'assistance clientèle plus élevés sur le réseau à commutation de circuits
Ajout de nouveaux services	Elevés	Faibles
Gestion de la croissance du trafic de données	Très élevés	Importants ¹⁹ , mais nettement inférieurs à ceux du réseau à commutation de circuits
Services de transmission de données	Elevés, en raison des exigences d'exploitation séparée des réseaux superposés	Relativement faibles, parce que tous les services – voix et données – sont exploités sur un réseau unique.

L'analyse de ce tableau permet de tirer les conclusions suivantes:

- Le coût des appels vocaux sur le réseau NGN IP ne dépend ni de la distance ni de la durée. Les opérateurs de réseaux NGN pourraient donc introduire une tarification forfaitaire pour les appels téléphoniques sur IP.
- La tarification de l'accès peut représenter un élément clé pour les réseaux NGN. Comment couvrir le coût élevé de la fourniture de l'accès intégré à large bande sans faire fuir les clients?
- Les opérateurs de réseaux NGN pourront offrir des services à des prix inférieurs à ceux de leurs concurrents utilisant la commutation de circuits.
- Les opérateurs de réseaux NGN doivent réfléchir à la façon de couvrir les coûts résultant de la hausse du trafic de données générée par les clients. Ils peuvent s'attendre à voir le prix de leurs composants de réseau doubler – ratio de performance sur 18 mois (selon la loi de Moore) – mais le trafic de données sera en réalité multiplié par dix sur la même période.

On choisit naturellement les réseaux en mode connexion pour la voix et la vidéo. Concernant la communication des données, il existe également des protocoles orientés connexion comme ATM/FR. Dans le cas d'ATM, différents débits – CBR, VBR, ABR – ont été définis avec différentes qualités de service et les tarifs correspondants varient en fonction de la catégorie de service. Selon la Commission d'études 3 de l'UIT-T, la classe de qualité de service choisie (meilleure, élevée, moyenne, «best effort»), au sein d'un

¹⁸ La distance et la durée de l'appel sont fonction du nombre et de la capacité des commutateurs utilisés. Le coût des routeurs IP est nettement inférieur au coût des commutateurs de circuits.

¹⁹ Moyennant une croissance annuelle du trafic de 200% (source: OVUM, *The business case of Next-generation IP Networks*, Chapitre F).

environnement IP, est définie comme attribut IPDR selon les lignes directrices de l'ETSI TIPHON TR-101-329 et DTS-101-512, en termes de temps d'établissement des communications, de délai de transmission de bout en bout, de qualité de la transmission et de qualité de la parole. Le système d'évaluation actuel de la qualité de service pour une communication IP est semblable à la classe de qualité de service choisie pour la confirmation du SLA et l'ajustement de la facturation.

III.1.3 Coûts d'investissement et coûts de l'exploitation et de la maintenance

La question de l'investissement a été abordée du point de vue des opérateurs qui souhaitent investir dans la téléphonie IP, principalement en utilisant des réseaux NGN IP. Ce choix est motivé dans un premier temps par la perspective d'une réduction notable des coûts. Promettant jusqu'à 70% d'économies sur les dépenses en capital et les coûts d'exploitation, les réseaux NGN rendent les plans d'activités des opérateurs, notamment des nouveaux opérateurs locaux (CLEC), particulièrement attrayants pour les investisseurs et leur permettent en même temps d'exploiter des segments de marché non rentables jusqu'à présent. L'investissement dans un réseau NGN génère une augmentation considérable des recettes potentielles par client et permet aux CLEC d'offrir une gamme de services à valeur ajoutée plus étoffée que sur les réseaux classiques. Il fournit de plus un avantage concurrentiel par rapport aux exploitants des réseaux classiques. Les clients potentiels sont attirés par les solutions innovantes qui sont l'apanage de ces réseaux. Il est donc facile de conserver les clients une fois conquis. La valeur ajoutée et la personnalisation de ces services, possibles sur la plate-forme des nouveaux réseaux, contribuent à augmenter le coût du changement d'opérateur pour le client et réduit ainsi les départs à la concurrence. En outre, les fournisseurs de services peuvent attirer davantage d'investissements, puisqu'il leur semble plus facile d'attirer des capitaux en proposant dans leur plan d'activités la technologie IP plutôt que le réseau à commutation de circuits.

III.1.4 Ressources humaines, y compris formation du personnel aux réseaux IP

La téléphonie IP offre aux utilisateurs une large gamme de services, ce qui accroît la complexité au cœur du réseau. La plate-forme IP est, généralement parlant, programmable et automatisée. La plupart du personnel existant a l'habitude d'un environnement à commutation de circuits et son exposition croissante aux équipements IP ainsi qu'à leur exploitation et à leur maintenance pourrait s'avérer problématique, en particulier pour les pays en développement et les pays les moins avancés. En effet, l'exploitation et la maintenance des équipements de réseau IP réclament un personnel informatique hautement qualifié. Précisons qu'il s'agit d'une ressource rare, ce qui se répercute sur les coûts.

De plus, certains utilisateurs pourraient utiliser des téléphones IP fonctionnellement différents et les habitants des zones rurales et isolées, avec un faible taux d'alphabétisation, pourraient avoir des difficultés d'utilisation.

Les administrations pourraient donc envisager des mesures qui leur permettraient de se positionner en vue de tirer parti de la technologie et des services IP, en formant de façon adéquate le personnel technique existant et en intégrant du nouveau personnel compétent chargé de transmettre les nouvelles connaissances requises en matière de produits et services IP. Des cours et séminaires de formation peuvent être organisés. L'UIT est en mesure d'aider les Etats Membres et les Membres de Secteur dans ce domaine, par exemple par le biais du Programme des Centres d'excellence (CoE), dans lequel des modules stratégiques sont mis à la disposition des administrations qui ont besoin d'aide.

Toute mesure prise par les opérateurs/administrations pour former le personnel à la technologie IP augmente le coût global des services de téléphonie IP. Si l'on considère que la formation du personnel est nécessaire dans un environnement technologique en pleine mutation, quelle que soit la technologie utilisée, la question de la formation en matière de téléphonie IP peut aussi être envisagée comme une occasion d'investir dans des ressources humaines précieuses.

Chapitre III.2 – Calcul global des coûts et fixation des prix

III.2.1 Méthodes de calcul des coûts pour la téléphonie IP

III.2.1.1 Remarques générales

Dans un environnement de réseau IP sans connexion, il peut être difficile de classer les éléments de réseau en «local» ou «longue distance» et de répartir les coûts en fonction de la taxation pour les appels en local, en national longue distance et à l'international. Les modèles pertinents de calcul des coûts et de tarification pour le RTPC ont évolué au fil des années. Il n'en existe pas pour les réseaux IP, car ces réseaux ont été conçus majoritairement pour des communications privées ou d'entreprise et des groupes fermés d'utilisateurs. Ce n'est que récemment que les ingénieurs et les économistes se sont associés pour identifier les inducteurs de coûts des réseaux IP comme la téléphonie IP, mais de nombreux progrès restent à faire dans ce domaine. L'une des questions qui se posent est de savoir si la taxation de la téléphonie IP peut prendre pour base les kilomètres et les minutes comme pour la voix sur le RTPC ou si seules les minutes d'utilisation doivent être prises en compte.

III.2.1.2 Modèles de calcul des coûts

Puisqu'un service de réseau de données peut être considéré comme un moyen de transport, il est normal de facturer en fonction du volume de données transportées, voire d'utiliser un forfait qui autorise l'envoi et/ou la réception d'une certaine quantité de données. Tous les modèles de calcul des coûts doivent identifier les bons inducteurs de coûts, par exemple les coûts de la téléphonie vocale devraient inclure tous les éléments de coûts liés à la transmission.

D'un point de vue strictement économique, on exprime aujourd'hui le besoin de comprendre les forfaits appliqués et les modèles de calcul des coûts en fonction des volumes, ainsi que leur impact sur les recettes des opérateurs et des fournisseurs de services. La fusion des deux modèles de communication place la chaîne de valeur des recettes au centre des débats, comme condition indispensable à la réussite de la convergence à grande échelle du transport IP et des applications d'utilisateur dans l'environnement actuel des télécommunications.

III.2.1.3 Méthode de calcul des coûts fondée sur les éléments du réseau

Le passage de la technologie à commutation de circuits à la technologie IP peut modifier le coût de la fourniture et de l'exploitation des réseaux et risque d'altérer la base de calcul des coûts de certaines fonctions clés d'interconnexion telles que le départ d'appel et la terminaison d'appel. Par conséquent, les régulateurs seront vraisemblablement amenés à réviser leurs tarifs mais également leurs bases de décision pour prendre en compte les modifications de la nature des réseaux. Ainsi, lorsqu'une méthode de calcul et de facturation des coûts fondée sur les éléments du réseau est utilisée, il faudra peut-être définir de nouveaux éléments et fixer le prix de ces derniers.

III.2.1.4 Etat des forces du marché

En règle générale, les marchés entièrement libéralisés faisant jouer pleinement la concurrence dans tous les segments du marché des télécommunications, y compris en matière de services locaux, nationaux longue distance et internationaux, l'intervention réglementaire joue un rôle moindre en ce qui concerne la détermination des coûts des services. Une autre caractéristique de ces marchés est que le rééquilibrage des tarifs a pu se faire en plusieurs phases. Par exemple, Hong Kong a adopté une approche orientée vers le marché, où les opérateurs de télécommunications publiques, en fonction des incitations commerciales et de la concurrence sur le marché, développeraient et mettraient en œuvre les services et les réseaux IP requis pour répondre à la demande du marché.

III.2.1.5 Rééquilibrage des tarifs: tarification fondée sur les coûts

En Inde (selon la TRAI Act), le régulateur est chargé de fixer les tarifs de divers services de télécommunication. La *Telecom Regulatory Authority of India* a réalisé pour 1998/1999 un exercice de fixation des tarifs transparents. Le *Telecommunications Tariff Order* 1999, publié en mars 1999 (TTO-99) sur la base d'une large consultation publique, fixe les tarifs de la location, des appels locaux et des appels longue distance, et se base, pour ce faire, sur le coût sous-jacent des éléments de réseau impliqués dans l'établissement d'un appel local, d'un appel national longue distance et d'un appel international, en plus des subventions croisées. Etant donné que les éléments de réseau sont fixes et identifiables comme boucle locale, centre local, centre de transit, système de transmission, etc., l'exercice a été relativement simple. Les tarifs ont été fixés selon la *National Telecom Policy* 1999 qui définit l'abordabilité et l'augmentation notable de la télédensité comme les principaux objectifs du gouvernement pour la prochaine décennie. Par conséquent, les locations sont restées bien en deçà des investissements réalisés dans le réseau local. Une importante subvention croisée a été intégrée à l'exercice de fixation des tarifs. Plus exactement, une subvention croisée a été consentie du segment longue distance du RTPC au segment réseau local, jusqu'à la fin du rééquilibrage de manière échelonnée. Ainsi, la tarification pour les appels longue distance est restée au-dessus des coûts pour privilégier le côté abordable du service local. Les utilisateurs devaient pouvoir se connecter au réseau à un prix abordable, de façon à réaliser l'objectif de télédensité.

Dans certains Etats, des contributions pour déficit d'accès (ADC) ont été prélevées auprès des fournisseurs concurrents qui contribuent ainsi à la subvention croisée des taxes de connexion et d'accès. Ces contributions représentent généralement un pence par minute des taxes d'accès globales et devraient, en théorie, garantir que tous les appels (qu'ils soient fournis par l'opérateur historique ou un fournisseur concurrent) contribuent à la subvention croisée de l'accès, de façon non discriminatoire et neutre du point de vue de la concurrence. Dans la pratique toutefois, il est difficile pour les régulateurs de s'assurer que les contributions ne nuisent pas au marché (comme ce serait le cas si leur impact sur le marché n'était pas neutre du point de vue de la concurrence). Par exemple, les ADC faisaient partie du régime d'interconnexion du Royaume-Uni au début de la libéralisation. De nombreux britanniques considéraient pourtant le système des contributions comme trop complexe et insuffisamment transparent, et les nouveaux entrants doutaient que les contributions prélevées par British Telecom (BT) soient réellement fondées sur les coûts, de façon non discriminatoire. Le régulateur du Royaume-Uni (Ofcom) a aboli les ADC en 1995 au moment même où il accordait plus de liberté à BT pour rééquilibrer les tarifs.

Dans les Etats qui adoptent des modèles de calcul des coûts avec des subventions croisées entre le prix des appels longue distance/internationaux et le prix de l'accès, les autorités compétentes pourraient être amenées à considérer la question des éventuelles implications de la téléphonie IP. Il convient de noter toutefois que les indicateurs de prix les plus pertinents pour l'entrée et les investissements sur les marchés libéralisés ne pourront être appliqués que si les tarifs sont alignés sur les coûts et en l'absence de subventions croisées. Le rééquilibrage des tarifs – qui a lieu en Inde par exemple (voir ci-avant) – augmentera donc l'efficacité de la concurrence et, par là même, les avantages pour le client.

III.2.2 Questions liées à la facturation

Une autre question importante concerne le paiement des taxes de transport sur la base de l'utilisation d'une ressource d'un exploitant par un autre exploitant, dans le cas d'un appel longue distance faisant intervenir plusieurs exploitants. Ces taxes sont fondées sur la mesure exacte, aux interfaces NNI, du flux de trafic d'un réseau à l'autre, en termes de kilomètres et de minutes d'utilisation. Les régulateurs de certains pays développés tels que le Japon ont mis en place des systèmes de taxation interexploitants sophistiqués sur la base de la signalisation CCS7. De tels systèmes nécessitent un échange d'informations important entre les éléments de réseau des exploitants dans un environnement multiexploitant basé sur la signalisation CCS7. Certains pensent que les produits de la téléphonie IP sont précisément déficients dans ce domaine. C'est pourquoi, il est fait appel à des passerelles IP capables d'assurer la gestion du réseau, la sécurité et la conversion des numéros ainsi que la fonction de répertoire. Ces dernières doivent assurer la production et l'enregistrement détaillé des appels (CDR) en temps réel, avec des informations telles que la durée des appels, les numéros composés, le nombre de paquets envoyés et reçus, la destination, etc. Ces données sont nécessaires dans le cadre du règlement comptable entre les exploitants au sein des environnements multiexploitant.

Le Rapport essentiel sur la téléphonie IP

Dans la Commission d'études 3 de l'UIT-T, M. E. Yam a présenté une étude sur la normalisation des enregistrements de données IP (IPDR) réalisée au sein de l'organisation IPDR.org (voir ci-après). S'éloignant des modèles classiques de facturation basés sur la connexion et l'enregistrement détaillé des appels, IPDR.org explore de nouveaux concepts comme la tarification fondée sur le contenu, la qualité de service ou la valeur, en utilisant les nouveaux enregistrements de données IP (IPDR). Un IPDR comprend un certain nombre d'informations relatives à une session ou un appel IP (quand, quoi, qui et où).

Pour répondre à la question de la normalisation des systèmes de support professionnel (BSS) de prochaine génération, une initiative industrielle a été introduite sous le nom de IPDR.org. Elle a pour objectif principal de définir les éléments essentiels de l'échange de données entre les éléments réseau, les systèmes de support opérationnel et les systèmes de support professionnel. Elle fournira la base des systèmes de support IP ouverts de qualité Télécom qui permettront aux fournisseurs de services de prochaine génération de gagner en efficacité et en rentabilité. Le document IPDR NDM-U (*network data management – usage for IP-based services*) définit les spécifications techniques d'un modèle de référence IPDR ainsi que les attributs et les formats IPDR associés. La dernière version NDM-U 2.5 est disponible depuis avril 2001.

Le modèle de service de la version NDM-U 2.5 comporte des points terminaux (téléphones), des éléments de service (passerelles, portiers, commutateurs logiciels, etc.), des sondes, des systèmes de médiation et le système BSS. Les scénarios de service incluent l'interfonctionnement des téléphones IP, RTPC et sans fil. Les enregistrements IPDR sont générés au moment où les éléments de service impliqués dans la communication VoIP sont transférés au système de médiation pour agrégation et corrélation, puis sont envoyés aux systèmes BSS pour facturation et enregistrement.

Certaines données complémentaires relatives à la communication IP, comme les paramètres QS, peuvent être enregistrées comme attributs IPDR par des sondes et des éléments de service indépendants. Les attributs QS IPDR comprennent entre autres l'indice de clarté des appels (P.562), la qualité vocale (MOS), le taux d'aboutissement et le retard des appels ainsi que les paramètres IP de perte de paquets, les paquets hors séquence, la variation du temps de transfert des paquets et le temps de latence.

La classe de qualité de service choisie (meilleure, élevée, moyenne, «best effort») est définie comme attribut IPDR selon les lignes directrices de l'ETSI TIPHON TR-101-329 et DTS-101-512, en termes de temps d'établissement des communications, de délai de transmission de bout en bout, de qualité de transmission et de qualité de parole. Le système d'évaluation actuel de la qualité de service pour une communication IP peut être comparé à la classe de qualité de service choisie pour la confirmation du SLA et l'ajustement de la facturation.

En règle générale, les enregistrements IPDR sont générés à la fin de l'appel. Il peuvent parfois être générés pendant l'appel et sont déclenchés dans ce cas par certains événements particuliers comme la détection d'une fraude ou une durée extrêmement longue.

On accorde une attention particulière à l'harmonisation des définitions et des concepts entre les services classiques du RTPC et les nouveaux services IP et sans fil, par exemple les numéros E.164 et les adresses téléphoniques IP, l'attente après numérotation et le temps d'établissement des communications, etc.

III.2.3 Durée d'amortissement

La méthode de la durée d'amortissement consiste à calculer en combien de temps les bénéfices engendrés par un investissement remboursent cet investissement. En principe, il est admis, selon la méthode d'appréciation de la durée d'amortissement, que plus la durée d'amortissement est courte et mieux c'est.

Les exploitants qui ont déployé des systèmes vocaux traditionnels dans leur environnement devraient prendre en compte le coût de remplacement de la technologie mise en place. Alors que la téléphonie IP offre un rapide retour sur investissement, la plupart des systèmes vocaux traditionnels sont calculés sur la base d'un retour sur investissement à long terme, ce qui ne laisse aux exploitants qu'un choix restreint pour déterminer le «coût» global de l'introduction de la téléphonie IP. L'une des options consiste à calculer les investissements en cours sur le système vocal traditionnel (RTPC) et de les comptabiliser comme perte. Une autre option serait d'ajouter les investissements non amortis au coût de l'introduction de la téléphonie IP, ce qui augmenterait la valeur du retour sur investissement pour la téléphonie IP.

III.2.4 Base de la fixation des prix

III.2.4.1 Structure générale de la fixation des prix

Le trafic commuté par circuits est en principe fonction de la distance et il existe différents tarifs selon les types de distance. La comptabilisation en fonction des kilomètres et des minutes n'est que peu pertinente dans le cas de la téléphonie IP, car les paquets acheminés empruntent des chemins différents. Deux options de tarification peuvent être envisagées: la première en fonction du volume de trafic en termes de bits/octets transportés, la seconde sous forme d'une tarification forfaitaire. Etant donné qu'un appel IP transite via différents exploitants, la conclusion d'accords d'échange de trafic est nécessaire au niveau régional. L'appel peut par ailleurs être acheminé par le biais d'un opérateur RTPC. Dans ce cas, la présence d'un système de taxation capable d'échanger les enregistrements détaillés des appels est requise.

En outre, les ISP ont normalement la possibilité de négocier toute une série d'accords commerciaux sur le marché actuel.

III.2.4.2 Fixation des prix pour les utilisateurs finals

Les données rassemblées dans les études de cas indiquent que le nouveau modèle de fixation des prix pour le service téléphonique IP émergent constitue une autre composante essentielle affectant le régime global de fixation des prix actuel. Les données issues des différents pays montrent que les prix de la téléphonie IP sont aujourd'hui de 30 à 50% inférieurs à ceux de la téléphonie vocale traditionnelle. Au Pérou par exemple, une communication vers les Etats-Unis, via un fournisseur de services IP comme Net2phone, permet des économies considérables par rapport aux tarifs des opérateurs historiques. Pour un appel d'ordinateur à téléphone, du Pérou vers les Etats-Unis, le tarif à la minute est de 0,15 USD via Net2phone et de 0,66 USD via l'opérateur Telefónica del Perú.

En Thaïlande, les tarifs IP de PhoneNet pendant les heures d'appel standard étaient de 29% (vers l'Amérique du Sud et l'Amérique centrale) à 33% (vers l'Europe et l'Asie de l'Est) moins chers que les tarifs de la téléphonie vocale RTPC fournie par la CAT (*Communications Authority of Thailand*).

Outre des tarifs avantageux, les fournisseurs de services IP offrent d'autres avantages aux utilisateurs. Premièrement, le service n'est pas facturé par blocs ou unités de temps, comme pour les appels traditionnels, mais sur le nombre de secondes effectivement utilisées, ce qui justifie un prix comparativement plus bas. Deuxièmement, les utilisateurs peuvent contrôler plus facilement leurs dépenses grâce aux cartes d'appel. Ce service devrait donc être plus attrayant aux yeux des utilisateurs professionnels qui ne peuvent pas toujours choisir le meilleur moment pour téléphoner.

On notera, au travers des différentes études de cas disponibles, que la concurrence engendrée par l'introduction de la téléphonie IP a contribué à une réduction substantielle du prix des appels internationaux et nationaux longue distance, générant par là même des bénéfices importants pour le consommateur. La baisse des prix a vraisemblablement eu pour effet de stimuler la demande qui compense ainsi partiellement les éventuelles pertes de recettes.

Chapitre III.3 – Expérience des pays développés et des pays en développement

III.3.1 Expérience d'entreprise

Certains exploitants ont déjà annoncé des projets d'utilisation de plates-formes IP pour le trafic vocal. Le plus souvent, les plates-formes IP sont déployées sur des réseaux gérés privés pour permettre aux exploitants de fournir des applications vocales aux utilisateurs professionnels. Les exploitants ont ainsi l'avantage de pouvoir pénétrer les marchés commerciaux pour répondre aux besoins de leurs clients en termes de communication (voix et données) sur un réseau IP unique et de fournir plus de fonctions vocales évoluées à valeur ajoutée que sur les réseaux à commutation de circuits.

Les exploitants réfléchissent également à la façon dont la téléphonie IP peut être déployée sur le réseau RTPC. Les aspects économiques de la migration du trafic vocal RTPC vers les plates-formes IP ne sont pas nécessairement les mêmes que ceux du déploiement de la téléphonie IP dans les réseaux gérés privés utilisés par les clients commerciaux, car l'offre avantageuse d'une grande diversité d'applications voix et données sur un réseau unique ne sera vraisemblablement pas un élément moteur du RTPC. Le déploiement de la téléphonie IP sur les réseaux RTPC devrait être davantage motivé par les économies de coûts liées à l'utilisation continue des systèmes à commutation de circuits existants. Les exploitants qui envisagent d'introduire la téléphonie IP sur le RTPC devraient aussi tenir compte d'autres éléments tels que la gestion de la qualité – en particulier lorsque la téléphonie IP est disponible par le biais d'interfaces réseau plutôt qu'au sein d'un environnement réseau unique comme aujourd'hui.

III.3.2 Inde

En Inde, les pouvoirs publics s'emploient à surveiller l'évolution de la téléphonie IP ainsi que son impact sur le développement national et va revoir la question en temps utile. Le secteur des communications nationales longue distance est aujourd'hui pleinement ouvert à la concurrence et plusieurs exploitants ont commencé à demander des licences. Le secteur des communications internationales longue distance est, quant à lui, le monopole de l'opérateur historique VSNL (Videsh Sanchar Nigam Limited) et les droits de VSNL sur les appels internationaux longue distance couraient jusqu'en 2004. Le Gouvernement a toutefois choisi d'ouvrir le secteur à la concurrence deux ans plus tôt, à savoir au 31 mars 2002.

Le gouvernement a soumis la question de l'ouverture à la concurrence de la téléphonie IP au régulateur. Mais l'opérateur historique VSNL prévoit d'utiliser la technologie IP pour un service en temps réel de trafic de transit entre les autocommutateurs interurbains, contournant les autocommutateurs interurbains RTPC à titre expérimental sur six sites dans le pays. Ce réseau utilisera un réseau IP séparé. Pour l'instant, il n'est pas envisagé de le raccorder à l'Internet public. L'expérience de la téléphonie IP ne porte normalement que sur le trafic national longue distance. Les appels en service international automatique (IDD) ne seront pas pris en compte. Cette expérience couvrira la voix en temps réel et les services de télécopie, tandis que les services de données transiteront par l'Internet public.

VSNL envisage le système IP pour le transit sous forme d'un projet pilote, conformément à la Recommandation H.323 de l'UIT-T. Le système exploitera des passerelles média, des routeurs, des contrôleurs de passerelle média, des passerelles de signalisation, des portiers ainsi que des serveurs de gestion et de facturation.

L'équipement et le réseau sont conçus sur la base de solutions de qualité Télécom parfaitement fiables et présentant un niveau élevé de redondance. L'architecture réseau a été optimisée en tenant compte de l'évolutivité et de la flexibilité, de façon à faciliter au maximum les mises à jour. L'architecture utilise une passerelle de signalisation centralisée au sein d'un contrôleur de passerelle média et d'un portier ainsi que des passerelles média réparties sur les six sites suivants: Delhi, Mumbai, Calcutta, Chennai, Pune et Bangalore. La passerelle media assure la conversion du flux media du système à commutation de circuits au système en mode paquets, et vice-versa. Le contrôleur de passerelle media contrôle et gère l'établissement de la communication sur le réseau en mode paquets et la passerelle de signalisation joue normalement le rôle

d'interface avec le réseau à commutation de circuits, via un réseau de signalisation intrabande (l'un des intervalles de temps E1) ou hors bande. Les routeurs acheminent les paquets IP entre les passerelles media. Les systèmes comportent par ailleurs un dispositif IVRS (*Interactive Voice Response System*) permettant d'interagir avec les clients qui reçoivent des messages vocaux et envoient des données par tonalités/impulsions en multifréquence bi-tonalité (DTMF).

III.3.3 Hong Kong

La téléphonie IP est autorisée à Hong Kong pour l'exploitation des réseaux et des services et pour les communications entre Hong Kong et le reste du monde. Hong Kong privilégie une approche technologiquement neutre en ce qui concerne l'octroi des licences pour les réseaux et les services. Toutes les formes d'exploitation de la téléphonie IP sont permises, y compris les communications d'ordinateur à ordinateur, d'ordinateur à téléphone et de téléphone à téléphone. Hong Kong a adopté une politique de marché axée sur les besoins du client. Dans ce cadre, la téléphonie IP ne risque pas de supplanter les réseaux et services traditionnels. En effet, Hong Kong se montre favorable à la présence d'une concurrence équitable entre les différents types de services. Depuis janvier 1999, le marché des services externes est un marché totalement libéralisé et la revente simple internationale (ISR) a été autorisée pour contourner les services basés sur le système international de taxes de répartition. Depuis, ces taxes enregistrent une baisse régulière, de même que les prix à la consommation des services de télécommunication externes, au profit du consommateur.

Hong Kong a introduit le rééquilibrage des tarifs pour les services téléphoniques internes et externes. Les tarifs des services nationaux peuvent de ce fait couvrir les coûts et l'utilisation de subventions des services externes au profit des services internes a quasiment disparu. L'utilisation de services utilisant d'autres technologies, IP par exemple, à la place des services externes relevant du système international de taxes de répartition, ne devrait avoir qu'un impact minime sur le développement du réseau téléphonique national.

III.3.4 Singapour

Avant la libéralisation totale du marché des télécommunications en avril 2000 à Singapour, SingTel était l'unique fournisseur de services de téléphonie IP, à l'exception des communications d'ordinateur à ordinateur entre deux utilisateurs de l'Internet. Une nouvelle classe de licence pour les services Internet voix et/ou données a été créée au moment de la libéralisation. Toute organisation est en droit de proposer des services Internet voix/données, à condition de posséder une licence et de garantir une qualité de service minimale. Fin 2000, quelque 70 entreprises détenaient une licence leur permettant de fournir des services vocaux sur l'Internet. L'opérateur historique SingTel a introduit certains services IP qui sont bien meilleur marché que les services internationaux classiques. Avec eVoiz, les utilisateurs de PC peuvent émettre un appel vers des abonnés du téléphone de certains pays. Une minute de communication vers les Etats-Unis coûte 0,05 USD, contre 0,23 USD la minute avec l'IDD. Selon SingTel, eVoiz augmentera le trafic international de 10 millions de minutes supplémentaires. Le service VO19 de SingTel, introduit en août 2000, permet à tout usager du téléphone d'établir une communication à l'international via les réseaux IP en composant un numéro spécial. Une minute de communication vers les Etats-Unis avec VO19 coûte 0,11 USD, soit presque la moitié du tarif IDD normal.

Chapitre III.4 – Impact économique de la téléphonie IP

III.4.1 Impact sur les recettes des opérateurs historiques

III.4.1.1 Remarques générales

En l'absence d'études sur la comparaison en termes de coûts entre la téléphonie IP et la téléphonie à commutation de circuits, il est généralement admis que la téléphonie IP coûte moins cher. L'acheminement moins onéreux devrait permettre aux opérateurs qui introduisent la téléphonie IP d'économiser sur les frais de transmission et de commutation. Il peut donc être impossible dans ces conditions d'offrir une solution uniforme qui permettrait à tous les opérateurs de satisfaire aux exigences de la téléphonie IP. Il convient de prendre en compte les différentes situations économiques, le degré de libéralisation du marché, les types de services offerts selon les opérateurs et la taille des prestataires de services et le marché, à savoir le mélange de trafic voix/données.

III.4.1.2 Diminution des recettes existantes

Il est communément admis que le développement de la téléphonie IP n'en est encore qu'à ses débuts et l'UIT travaille en partenariat avec l'IETF en vue d'améliorer la qualité de service et de résoudre les problèmes d'interopérabilité entre les réseaux RTPC et IP. Un commutateur de passerelle coûte de 4 à 5 fois plus cher sur le réseau IP que sur le réseau RTPC et la densité de ports d'une passerelle de téléphonie IP est inférieure à celle d'un commutateur RTPC. Etant donné la croissance du trafic vocal, et malgré le fait que la téléphonie IP permette une économie de 40 à 60% sur les coûts de transmission, grâce à la compression du réseau dorsal notamment, l'augmentation du coût des passerelles devrait être significative, par rapport aux économies.

Les frais de routage moindres pourraient réduire les marges bénéficiaires des opérateurs publics de télécommunication (PTO) et les pays développés avec des marchés ouverts à la concurrence sont confrontés à une guerre des prix qui pourrait contraindre les PTO historiques à baisser leur prix de base pour pouvoir concurrencer les nouveaux entrants et revendeurs. La situation risque d'être plus préoccupante encore pour les opérateurs historiques des pays en développement qui dépendent parfois, pour une grande partie de leurs recettes et profits, du paiement de règlements internationaux.

Les dernières taxes de règlement fixées par la *Federal Communications Commission* (FCC) des Etats-Unis en octobre 2001 sont les suivantes:

- a) Chine 36 cents
- b) Corée 19 cents
- c) Inde 42,5 cents
- d) Malaisie 19 cents (ISR)
- e) Philippines 19 cents (ISR)
- f) Singapour 15 cents (ISR)

La taxe de règlement de l'Inde représente la dernière taxe soumise à la FCC mais n'est plus en vigueur aujourd'hui. Le gouvernement américain ne contrôle pas le trafic de la téléphonie IP et ne peut donc pas définir une méthode d'extrapolation en cas de pertes de règlements.

Les PTO font face à un dilemme. S'ils ne réduisent pas le prix de leur service international pour s'aligner sur les coûts, ils risquent de perdre des parts de marchés au profit des fournisseurs IP. A l'inverse, s'ils réduisent leurs prix, leur rentabilité pourrait en pâtir malgré l'augmentation de volume engendrée. Il semblerait plus logique d'adopter une structure de tarification basée sur l'utilité des communications pour l'utilisateur plutôt que de suivre strictement la tendance des coûts.

III.4.1.3 Possibilité de création de nouveaux revenus grâce à la prise en compte des modèles convergents applicables aux données et aux télécommunications

Certains pensent que l'engouement pour les services intégrés va de pair avec le développement des télécommunications et des communications via l'ordinateur. Etant donné l'essor de la technologie et du réseau IP, de plus en plus d'utilisateurs sont d'avis que la nouvelle technologie IP jouera un rôle majeur dans l'intégration de la voix, des données et de la vidéo. Selon certaines discussions, le réseau IP peut fournir des services vocaux de qualité équivalente au réseau RTPC, à condition que le réseau IP dispose des ressources nécessaires, notamment la largeur de bande, pour les services IP. En réalité, cela est possible si le réseau est conçu en conséquence et si les ressources sont réparties convenablement.

Les prestataires ne peuvent pas fournir quelques services seulement sur un réseau polyvalent, car cela signifierait que le coût de l'exploitation et de la maintenance serait trop élevé. Le développement de la technologie IP devrait entraîner la fourniture d'un nouveau service à valeur ajoutée moyennant un coût moins élevé et la demande devrait augmenter en conséquence. C'est la raison pour laquelle la téléphonie IP – même si les systèmes IP continuent d'évoluer – attire l'attention de la majorité des opérateurs.

Il est largement admis que le remplacement du RTPC ne peut pas se faire du jour au lendemain. La téléphonie RTPC et la téléphonie IP vont donc devoir coexister pendant une longue période, période pendant laquelle le marché de la téléphonie IP devrait rapidement gagner du terrain tandis que celui du RTPC devrait progressivement diminuer. Aujourd'hui, la principale configuration de la téléphonie IP (de téléphone à téléphone) a besoin du RTPC pour les ports d'accès et de centraux locaux, puisque la version IP du commutateur de classe V n'est pas disponible, même si la téléphonie de type ordinateur à ordinateur via les réseaux LAN et Intranet n'a pas besoin du RTPC. A l'avenir, nous devrions obtenir un réseau hybride avec une partie sur le RTPC, offrant une qualité de service élevée en termes de latence et de gigue, et l'autre sur le réseau IP avec une qualité de service inférieure et un prix moins élevé.

III.4.1.4 Stratégie économique des opérateurs historiques

Nous ne pouvons pas ignorer/nier le fait que des investissements considérables ont été réalisés dans le réseau et dans l'infrastructure du RTPC par le passé. Pour protéger ces investissements, les opérateurs et les régulateurs du RTPC devraient se concentrer sur l'élaboration d'une stratégie visant à assurer la survie du réseau public commuté (de l'opérateur historique) et sa coexistence avec la téléphonie IP. Examinons les quatre stratégies définies ci-après selon le niveau de développement des opérateurs. Précisons toutefois que ces stratégies ne reposent pas sur une approche normative et devraient être considérées par les opérateurs comme de simples lignes directrices. Les trois premières catégories sont issues d'un document APT; la quatrième catégorie, quant à elle, a été ajoutée, comme suggéré par la suite.

La **catégorie «A»** concerne les pays développés affichant un taux de pénétration téléphonique supérieur à 50% et qui ont commencé à déployer de nouvelles technologies et de nouveaux services. Dans ces pays, le marché du téléphone est saturé et le trafic de données est prépondérant sur le réseau dorsal. Les opérateurs concernés ciblent prioritairement les services de transmission de données à valeur ajoutée et le marché des services intégrés, tout en s'intéressant davantage au marché commercial. Les recommandations suivantes peuvent être adressées aux opérateurs du RTPC:

- utiliser pleinement les ressources actuelles du RTPC;
- réduire le coût du service RTPC grâce à une gestion efficace, en diminuant les coûts d'exploitation et en adoptant de nouvelles technologies;
- diminuer voire stopper les investissements sur le RTPC, notamment le réseau de transmission longue distance;
- accélérer le développement du réseau IP large bande pour fournir de nouveaux services intégrés à valeur ajoutée, tels que la téléphonie IP, l'accès à l'Internet large bande, le VPN, la vidéo à la demande, la visioconférence, le commerce électronique, etc. Il n'est pas conseillé de construire un réseau de téléphonie IP pour le service vocal uniquement;
- promouvoir le service IP large bande auprès des consommateurs clés pour leur permettre de réduire le coût de leurs communications et faciliter les échanges avec les autres.

Le Rapport essentiel sur la téléphonie IP

La **catégorie «B»** regroupe les pays dont le taux de pénétration téléphonique oscille entre 10 et 20% et croît très rapidement. Ces pays peuvent vouloir observer les progrès réalisés sur les nouvelles technologies en vue de dynamiser les services du RTPC. Les recommandations suivantes sont adressées aux opérateurs du RTPC:

- chercher une protection spéciale pour les investissements déjà réalisés, de façon à éviter les redondances prématurées;
- utiliser pleinement les ressources réseau actuelles pour protéger les investissements importants. Le RTPC offre aujourd'hui toute une gamme de téléservices et de services supplémentaires ainsi que des services RI de loin supérieurs aux services proposés aujourd'hui par la téléphonie IP;
- ajuster le tarif RTPC actuel des appels IDD et nationaux longue distance. En cas de forte concurrence de la part des ITSP, il peut être envisagé de construire un réseau de téléphonie IP, de portée limitée toutefois. La taille du réseau IP à construire dépendra des conditions existantes dans le pays ou la région en question;
- réduire le coût du service RTPC grâce à une gestion efficace, en diminuant les coûts d'exploitation et en adoptant de nouvelles technologies;
- diminuer les investissements sur le RTPC longue distance;
- introduire des services innovants, de façon à enrichir la gamme de services disponibles pour le client.

La **catégorie «C»** correspond aux pays qui enregistrent un taux de pénétration téléphonique de 3 et 5% mais en augmentation rapide. Ces pays peuvent être engagés dans le développement de l'infrastructure du RTPC. Les gouvernements peuvent encourager les opérateurs du RTPC à poursuivre le développement du réseau public commuté. Une plus grande attention devrait par ailleurs être accordée au développement des réseaux IP et de la téléphonie IP, en prenant en compte la normalisation, la performance, la qualité de service, la gestion, la régulation, etc., et à leur mise en œuvre en temps voulu de manière progressive. L'opérateur du service de base/les opérateurs nationaux longue distance pourraient être encouragés à utiliser la technologie IP sur leur réseau dorsal. Les nouveaux fournisseurs IP sur le marché devraient recevoir le même traitement que les opérateurs RTPC en ce qui concerne la contribution à l'obligation de service universel.

La **catégorie «D»** correspond aux pays dont la télédensité est inférieure à 3. Ces pays doivent commencer par améliorer leur accès. Ils doivent chercher à optimiser la portée mondiale de leur réseau puisque la valeur d'un réseau augmente de manière exponentielle en fonction du nombre de ses utilisateurs. Pour gérer le trafic IP non régulé, la solution à long terme pourrait être de réduire la dépendance vis-à-vis des recettes du trafic international. Il pourrait être utile d'introduire à l'avenir des accords d'interconnexion de prochaine génération. Dans la pratique, les opérateurs de télécommunication peuvent exploiter leurs propres passerelles de téléphonie IP avec leurs abonnés. De plus, en utilisant un modèle de taxation des télécommunications basé sur un forfait ou le volume de trafic, l'opérateur peut contribuer à l'émergence de nouveaux marchés de services Internet créés par de nouveaux acteurs en offrant une plate-forme de contrôle des services plus adaptée pour garantir les flux de recettes nécessaires à toutes les parties concernées. L'opérateur peut, par exemple, avoir conclu des accords d'interconnexion (en mode paquets) avec les fournisseurs de services IP pour que les appels aboutissent sur le réseau de ces derniers ou que leurs abonnés puissent bénéficier de services semblables pour les appels sortants.

Une autre idée consiste à faire migrer en douceur le réseau central de la technologie de transport réseau vers un mode de transport des services vocaux par paquets, sans compromettre les investissements existants. Les commutateurs modernes assureront la transition du mode à commutation de circuits TDM vers le mode par paquets ou mode IP, avec le même niveau de service. Les protocoles de communication tels que BICC, récemment publié par l'UIT-T et actuellement utilisé par tous les grands fabricants du secteur des télécommunications, permettent à deux commutateurs de transmettre un appel vocal via un réseau ATM ou IP, avec la même qualité de service que sur une infrastructure à commutation de circuits classiques.

III.4.2 Impact de la téléphonie IP sur les consommateurs

Du point de vue économique, la téléphonie IP présente l'avantage indéniable d'être moins onéreuse que la téléphonie classique. Si tous les autres facteurs sont identiques (qualité, confort, fiabilité, etc.), le choix se portera naturellement sur la solution IP la moins chère. De plus, la téléphonie IP offre aux utilisateurs toute une série de services convergents permettant un large choix et une extrême flexibilité. Les utilisateurs sont de plus en plus nombreux à se tourner vers la nouvelle technologie qui offre de plus l'avantage de ne pas avoir à recourir à différents outils pour les différentes applications.

En termes de disponibilité d'options, l'opérateur longue distance peut proposer deux types de réseaux en parallèle, l'un basé sur la commutation de circuits, l'autre basé sur la technologie IP, pour offrir ladite classe de service «économie» basée sur une deuxième «tonalité de numérotation» depuis sa passerelle IP et un système de numérotation différent. Le consommateur doit se voir proposer différents tarifs s'il veut pouvoir choisir parmi la gamme de services disponibles offerts par les prestataires. Les tarifs des appels longue distance sur le RTPC varient en fonction de la durée et de la distance (minutes et kilomètres) tandis que les appels IP sont facturés sur la base du volume de données transportées, ce qui explique la présence de différents principes de tarification. Le régulateur qui doit mettre au point une méthode de détermination des taux pour ces deux «classes de service» avec la même distance se trouve ainsi confronté à un réel défi. Les mêmes problèmes peuvent être rencontrés en ce qui concerne le numérotage, la numérotation en continu, l'égalité d'accès, etc., dans un réseau hybride IP/RTPC.

Les consommateurs peuvent être intéressés par la qualité de service offerte. Les fournisseurs de services longue distance qui mettent en œuvre la téléphonie IP dans leurs réseaux sont tenus d'offrir au consommateur une qualité de service acceptable et comparable à celle du RTPC. Dans un marché de libre concurrence, les prix sont fixés par la loi de l'offre et de la demande. Dans le cas contraire, le régulateur peut intervenir pour spécifier la qualité de service, puisque cette dernière va normalement de pair avec le prix à la consommation. Même une qualité de service inférieure comme la classe «économie» doit être spécifiée et garantie.

III.4.3 Impact de la téléphonie IP sur les taxes de règlement des comptes internationaux

Le trafic Internet se concentre généralement sur les principaux fournisseurs du réseau dorsal et la majorité des ISP tendent à se connecter aux points d'accès au réseau (NAP) qui fournissent aux serveurs implantés la connectivité avec le réseau dorsal. Dans le cas des appels internationaux à commutation de circuits sur le RTPC, il existe historiquement différentes taxes de répartition selon les pays, en fonction du volume de trafic international envoyé et reçu. Selon le système de règlement des comptes internationaux, le ou les opérateurs du pays à l'origine d'un appel adressent en principe un paiement compensatoire à l'opérateur ou aux opérateurs du pays dans lequel l'appel aboutit. Ces paiements ont lieu lorsque le trafic est plus important dans l'une des deux directions et leur niveau se fonde sur des «taxes de répartition» négociées de manière bilatérale. Le paiement net s'effectue généralement sur la base des minutes de trafic excédentaires multipliées par la moitié de la taxe de répartition. Les paiements nets de solde, notamment des pays développés, ont augmenté en même temps que les flux de trafic se déséquilibraient.

Les opérateurs qui envoient plus de données qu'ils n'en reçoivent pourraient être tentés de développer d'autres procédures de routage. En effet, ils peuvent choisir d'acheminer le trafic par d'autres chemins pour éviter de payer lesdites taxes de répartition et paient à la place des taxes d'interconnexion au tarif de l'accès local voire à un tarif inférieur. C'est peut-être l'une des raisons pour lesquelles un trafic toujours plus important est acheminé via les réseaux dorsaux IP et non via les circuits du RTPC. Mentionnons également le fait que les réseaux IP permettent aux opérateurs d'offrir des applications économiques – voix, données et autre – sur un seul réseau intégré générant de nouvelles sources de recettes.

Les possibilités d'arbitrage des prix n'ont que peu évolué pour les appels nationaux longue distance et internationaux entre marchés à bas prix.

III.4.4 Incidences économiques de l'obligation de service universel sur la téléphonie IP

Dans de nombreux pays, l'opérateur principal ou dominant a l'obligation de fournir les services de base directement aux citoyens qui en font la demande ou de veiller à ce que tous les citoyens aient accès à certains services. Dans certains cas spécifiques, il doit également étendre l'infrastructure de son réseau jusque dans les zones non desservies. Ces exigences sont parfois appelées obligations de service universel ou d'accès universel. Comme ces obligations impliquent la fourniture de services aux habitants des zones les moins rentables économiquement, le fournisseur de l'accès/du service universel doit faire face à certains coûts. Dans certains pays (par exemple aux États-Unis), d'autres opérateurs participent au financement de ces coûts, par le biais d'accords de financement neutres du point de vue de la concurrence. Dans d'autres pays (par exemple, en Australie et Grande-Bretagne), des études de coût ont montré que les coûts de la fourniture du service universel étaient compensés par les avantages que l'obligation de service universel procure directement au fournisseur du service universel.

A Hong Kong, les opérateurs de services de télécommunications externes ont l'obligation de partager les coûts de fourniture du service universel sur le réseau national, en fonction du volume de trafic traité, indépendamment de la technologie utilisée. Ceux qui utilisent la technologie IP doivent donc eux aussi payer leur contribution au service universel (actuellement de l'ordre de 10 cents de Hong Kong par minute). Par ailleurs, si les appels passent par le réseau téléphonique national, une taxe d'accès local (actuellement de l'ordre de 13 cents de Hong Kong par minute) peut être perçue pour couvrir le coût de la transmission sur le réseau national. La technologie utilisée n'entre pas non plus ici en ligne de compte et les opérateurs sont soumis aux mêmes obligations que ceux qui utilisent d'autres technologies.

Il peut être possible, grâce au déploiement de la téléphonie IP, de réduire le coût du service/de l'accès universel. Dans les pays qui ont mis en place des fonds contributifs et dans lesquels la téléphonie IP est largement utilisée, les régulateurs pourraient vouloir réviser les accords de financement. Il faudra dans ce cas réévaluer le coût de l'obligation de service/d'accès universel, en tenant compte de l'influence que le déploiement IP a eue sur le prix de base.

Certains schémas de financement du service universel peuvent donner lieu à des inégalités, en ne taxant que quelques fournisseurs de services fonctionnellement équivalents, sur la seule base de la plate-forme utilisée. Pis encore, ils peuvent inciter ces mêmes opérateurs, qui traditionnellement contribuent au financement du service universel, à adopter d'autres plates-formes, ce qui réduit encore davantage le volume de trafic à la base des paiements.

Les schémas de financement du service universel de l'Ouganda et du Népal proposent tous deux une solution originale: les ISP des deux pays doivent détenir une licence et contribuer au financement du service universel en y consacrant une petite part de leurs recettes (1 à 2%). Ces fonds sont normalement attribués sur la base d'une procédure d'appel d'offres. L'éventuel avantage coût accordé aux ISP est ainsi quelque peu réduit puisque les coûts du service universel ne peuvent être évités.

III.4.5 Questions liées à l'interconnexion

Une concurrence loyale passe par une interconnexion équitable et non discriminatoire entre les différents fournisseurs de services. La régulation de l'interconnexion implique le dégroupage des éléments réseau et la définition des interfaces techniques telles que l'interface usager-réseau (UNI) et l'interface réseau-réseau (NNI). La régulation technique comprend également la spécification de la «qualité de service» au niveau de chaque interface technique (par exemple, UNI et NNI) de façon à assurer au client une qualité de service de bout en bout dans un environnement multiexploitant.

Le changement de technologie, lors du passage de la commutation de circuits au réseau IP, peut avoir des incidences sur le coût de la fourniture et de l'exploitation des réseaux et peut altérer la base de calcul des coûts de certaines fonctions clés d'interconnexion telles que le départ d'appel et la terminaison d'appel. Les régulateurs seront donc vraisemblablement amenés à réviser leurs tarifs mais également leurs bases de décision de façon à prendre en compte les modifications de la nature des réseaux. Ainsi, lorsqu'une méthode de calcul et de facturation des coûts fondée sur les éléments du réseau est utilisée, il faudra peut-être définir de nouveaux éléments et fixer le prix de ces derniers.

L'évolution technologique permet une réduction constante du coût des réseaux alors que les coûts de la facturation et du service à la clientèle diminuent plus lentement. Il en résulte certaines pressions économiques sur les prix de détail:

- prise en compte de la distance, tarification par minute;
- non prise en compte de la distance au niveau national, tarification par minute;
- non prise en compte de la distance au niveau international, tarification par minute;
- non prise en compte de la distance, tarification par appel;
- pas de tarification par appel, dans le prix de l'abonnement.

Le déploiement de la technologie IP et l'introduction d'un forfait pour l'accès à l'Internet ne font qu'accroître davantage ces pressions. Même si certains régulateurs souhaitent ne pas influencer les marchés, les taxes d'interconnexion peuvent influencer sur la possibilité des fournisseurs de services de fixer les prix de détail. Si cette tendance se poursuit, les modifications des prix de détail nécessiteront un ajustement des taxes d'interconnexion, en particulier l'introduction de taxes qui dépendent moins, ou ne dépendent plus, des minutes de communication.

Le tableau suivant illustre les principales différences au niveau de l'interconnexion entre le réseau à commutation de circuits et le réseau Internet (à commutation par paquets).

Tableau 3 – Différences d'interconnexion

Aspect de l'interconnexion	Réseau à commutation de circuits	Réseau IP
Réseau central de transit	Opérateur historique national dans chaque pays	Opérateur du réseau dorsal des Etats-Unis
Régulation des conditions de fourniture de l'interconnexion	Forte régulation de l'opérateur historique; par exemple l'opérateur doit fixer des tarifs en fonction des coûts pour les services dégroupés	Aucune
Publication des taxes d'interconnexion	Requise pour l'interconnexion avec l'opérateur historique	Aucune
Contrôle des limites du réseau	Passerelles pour les fonctions de tarification et de sécurité	Très limité
Emplacement des POI	Convenu sur une base bilatérale	Situés de plus en plus dans les hôtels télécom ²⁰
Mode de tarification	Tarification par minute	Aucune tarification ou tarification sur la base de la bande passante ou de la liaison IC
Principes du mode de tarification	Coûts	Coût et valeur de l'interconnexion pour chaque partie
L'enregistrement détaillé des appels est-il fourni?	Oui	Non
Possibilité de distinguer le trafic par origine?	Oui	Non

²⁰ Un hôtel télécom est un site sur lequel plusieurs services de communication peuvent regrouper des équipements réseau et communiquer plus facilement les uns avec les autres. Les hôtels télécom rassemblent sur un seul site les commutateurs de plusieurs sociétés de télécommunication. Les zones partagées permettent de baisser les coûts et autorisent les différentes entreprises à se raccorder au réseau des unes et des autres. Les hôtels télécom donnent accès aux réseaux dorsaux régionaux, nationaux et internationaux, qui sont les principaux moyens de transport de la voix et des données d'un point A à un point B.

Le Rapport essentiel sur la téléphonie IP

Il convient de noter que:

- Les principaux ISP du réseau dorsal fournissent en général la plus grande partie du contenu et de la capacité. Les ISP avec des réseaux plus petits peuvent rémunérer les opérateurs du réseau dorsal – directement ou indirectement – au titre de la connectivité globale. Les ISP du réseau dorsal jouent souvent le rôle d'un réseau central de transit qui accueille une proportion considérable du trafic. En revanche, l'interconnexion des réseaux à commutation de circuits dépend du réseau de l'opérateur historique national. Les petits opérateurs commencent par s'interconnecter avec l'opérateur historique et ne s'interconnectent directement avec les autres petits réseaux que lorsque le volume de trafic justifie la dépense. Dans ce cas, l'opérateur historique national fait office de réseau de transit.
- L'interconnexion au sein de l'Internet est souvent non régulée et non transparente. Les accords d'interconnexion entre les ISP sont établis au terme de négociations commerciales. Les principaux ISP tiennent également à ce que les parties à l'interconnexion signent des accords de non-divulgaration sur les modalités convenues. L'interconnexion entre les réseaux à commutation de circuits est très différente. L'interconnexion avec l'opérateur historique du réseau fixe a été fortement régulée. Les taxes d'interconnexion fixées par l'opérateur fixe dominant sont souvent dégroupées, alignées sur les coûts et publiées.
- L'interconnexion au sein de l'Internet a été mise au point au départ pour fournir un service unique de type «au mieux» pour transporter des paquets d'une adresse IP à l'autre, indépendamment du réseau auquel les sites hôtes sont raccordés. Les paquets traversent les frontières entre les réseaux IP d'un routeur à l'autre avec un minimum de contrôle. Les opérateurs de réseaux à commutation de circuits, quant à eux, érigent des passerelles aux limites de leurs réseaux, qui leur permettent d'offrir des fonctions de tarification et de sécurité.
- De plus en plus, l'interconnexion au sein de l'Internet est réalisée via une installation commune appelée hôtel télécom (voir note 20) – que l'ISP soit interconnecté sur une base bilatérale ou via un centre Internet sur une base multinationale. L'utilisation de ces hôtels télécom représente une solution satisfaisante vu l'importance du volume de données échangées et la vitesse de la croissance du trafic. En revanche, les points d'interconnexion (POI) entre les réseaux à commutation de circuits traditionnels sont placés sur un grand nombre de points, comme convenu par les opérateurs de l'interconnexion sur une base bilatérale.
- Un opérateur de réseaux à commutation de circuits qui est à l'origine d'un appel facture l'utilisateur pour cet appel puis rémunère un autre opérateur fixe de réseau à commutation de circuits pour réceptionner l'appel. Ce principe vaut pour tous les appels et se base sur l'origine des coûts (chaque réseau paie la capacité de communication requise pour émettre ou recevoir les appels résultant de ses activités de vente). Lorsque deux réseaux s'interconnectent sur l'Internet, ils établissent des arrangements de tarification via des négociations commerciales qui tiennent compte à la fois du coût et de la valeur que chacun crée pour l'autre sur la base du trafic échangé.
- Les enregistrements détaillés des appels (CDR) sont réalisés par les opérateurs de réseau à commutation de circuits au niveau des extrémités du point d'interconnexion et sont utilisés pour calculer et contrôler les taxes d'interconnexion entre les opérateurs. Il n'existe pas de CDR pour l'interconnexion au sein de l'Internet. Habituellement, l'ISP paie à son homologue un forfait mensuel pour l'acheminement des paquets ou s'entend avec ce dernier sur une base hors règlement.
- Les systèmes (réseaux) autonomes sur l'Internet ne peuvent pas faire la différence entre le trafic initié sur leur propre réseau et le trafic initié sur un autre réseau et transporté comme trafic de transit. Toutefois, les réseaux à commutation de circuits peuvent reconnaître le trafic de transit au moyen du numéro d'appel dans le CDR. En d'autres termes, un réseau à commutation de circuits peut facturer un réseau d'origine séparément pour le trafic de transit et le trafic d'arrivée. Un réseau IP au sein de

L'Internet ne peut pas faire la même chose. Le réseau IP A peut traiter le réseau IP B comme un client et le rémunérer pour acheminer le trafic d'arrivée sur le réseau A et le trafic de transit via le réseau A. Autre solution: il peut s'entendre avec B et acheminer le trafic B sans taxe. Cependant, si A accepte un accord d'échange de trafic, il refusera le trafic de transit de B qui devra trouver un autre moyen pour acheminer cette composante de son trafic. Les réseaux à commutation de circuits partagent souvent le coût des liaisons d'interconnexion fondé sur l'origine des coûts. Les ISP négocient les coûts des liaisons d'interconnexion. Cela signifie généralement que les petits ISP payent aux grands ISP l'intégralité des coûts d'interconnexion.

Le tableau suivant établit une comparaison entre les taxes d'interconnexion sur les réseaux à commutation de circuits et à commutation par paquets.

Tableau 4 – Taxes d'interconnexion entre réseaux à commutation de circuits et réseaux Internet

Accord d'interconnexion pour la taxation	Réseaux à commutation de circuits	Internet (IP)
Trafic d'arrivée	Taxe par minute	Aucune taxe entre les réseaux IP de même taille Les grands ISP facturent les petits ISP sur la base de la largeur de bande et de la liaison IC
Trafic de transit	Taxe par minute	Taxe sur la base de la largeur de bande et de la liaison IC
Liaison d'interconnexion	Partage des coûts selon leur origine	En principe, les petits réseaux IP prennent entièrement à leur charge le coût de la liaison

Source: OVUM (*The business case for Next-generation IP Networks*).

Arrangements de taxation de l'interconnexion:

Les arrangements d'interconnexion entre les principaux ISP sont négociés commercialement sur une base bilatérale. Il n'existe pas de règle absolue en la matière. Dans presque tous les cas, les arrangements conclus sont confidentiels au niveau commercial. Le paiement d'une liaison d'interconnexion se fait comme suit:

- chaque ISP prend généralement en charge l'ensemble des coûts résultant de la fourniture d'une liaison entre son réseau et un centre Internet, dans le cadre d'une interconnexion bilatérale ou multilatérale;
- les petits ISP utilisent des liaisons point à point et prennent en charge la totalité des coûts y afférents;
- le partage des coûts des liaisons point à point entre les ISP du réseau dorsal est négocié commercialement. Il n'existe aucune règle formelle.

Selon les conventions actuelles, les petits ISP prennent en charge la totalité des coûts des liaisons avec les ISP du réseau dorsal. Il s'agit du service de «transit» qui fournit une connectivité totale à l'Internet. L'interconnexion est souvent réalisée par le biais d'un centre Internet. Ce système a été mis en place au début des années 90 lorsque des ISP non-américains s'interconnectaient avec les fournisseurs du réseau dorsal des Etats-Unis. Aujourd'hui, de nombreux petits ISP revendiquent le partage du coût des liaisons avec les ISP du réseau dorsal et ne souhaitent plus supporter seuls ces coûts.

Les principaux arrangements d'interconnexion portent sur:

- l'échange de trafic hors règlement;
- le paiement pour la connectivité globale (paiement pour le service de transit);
- l'échange de trafic avec règlement.

Le Rapport essentiel sur la téléphonie IP

L'échange de trafic hors règlement²¹:

La majorité des ISP acceptent d'interconnecter leur réseau et d'échanger leur trafic de données sur une base hors règlement. Il n'est donc pas nécessaire de mesurer ni de facturer le flux de trafic qui transite au niveau du point d'interconnexion. Les coûts d'exploitation peuvent ainsi diminuer sensiblement. Le choix de ce type d'interconnexion donne lieu à des négociations commerciales. En règle générale, les ISP utilisent l'échange de trafic hors règlement lorsqu'ils sont globalement équivalents en termes de taille et de portée de leurs réseaux dorsaux, de qualité de service (perte de paquets, etc.) et de leur aptitude à s'interconnecter sur un minimum de trois ou quatre points d'interconnexion.

Le paiement pour la connectivité globale:

Un ISP peut payer un autre ISP pour lui fournir la connectivité globale lorsque l'interconnexion hors règlement n'est pas possible. Par exemple:

- Un petit ISP qui n'exploite pas un réseau IP important peut recourir à ce mode d'interconnexion pour acheminer l'ensemble de son trafic.
- Les gros ISP européens peuvent utiliser l'échange de trafic hors règlement avec d'autres gros ISP européens, mais choisissent de faire appel à un ISP de réseau dorsal implanté aux Etats-Unis pour leur fournir une connectivité avec certaines destinations telles que la région Asie-Pacifique, l'Amérique latine et les Etats-Unis.

La tarification de la connectivité globale dépend du volume de trafic généré. Un ISP cherchera à minimiser le volume de trafic ainsi acheminé en concluant, autant que faire se peut, des arrangements d'échange de trafic avec d'autres ISP.

L'échange de trafic avec règlement:

Les ISP échangent leur trafic de données et se payent l'un l'autre en fonction du flux net au niveau du point d'interconnexion. Ces arrangements restent toutefois encore assez rares et de nombreux centres Internet n'autorisent que l'échange de trafic hors règlement. Toutefois, le *London Internet Exchange* a récemment modifié sa politique pour autoriser l'échange de trafic avec règlement.

²¹ Echange de trafic (*peering*): le site Whatis.com définit le «peering» comme un accord sur l'échange de trafic entre les fournisseurs de services Internet (ISP). Les grands ISP disposant de leurs propres réseaux dorsaux s'entendent pour autoriser le trafic d'autres grands ISP en échange du trafic sur leurs propres réseaux. Ils s'interconnectent également avec des ISP plus petits de façon à atteindre des points terminaux régionaux. Pour l'essentiel, il s'agit pour plusieurs propriétaires individuels de réseau de créer un Internet. Pour ce faire, les propriétaires de réseau et les fournisseurs d'accès (ISP) élaborent des arrangements qui définissent les modalités et conditions applicables aux deux parties. Un accord d'échange de trafic bilatéral est un accord entre deux parties. Un accord d'échange de trafic multilatéral est un accord entre plus de deux parties.

Chapitre III.5 – Conclusions de la partie III: Aspects économiques

- i) D'une manière générale, la téléphonie IP promet de donner les moyens de proposer aux usagers finals des services de télécommunication convergents et novateurs qui soient économiques. Les investissements dans les réseaux IP peuvent être considérés comme des investissements dans l'avenir, quel que soit l'état de développement économique de l'Etat Membre concerné. Pour une entreprise, l'investissement dans les technologies IP sera rarement justifié par le seul potentiel qu'offre la téléphonie IP; il s'agira plutôt d'utiliser le potentiel plus large qu'ont les réseaux IP de transmettre des données, du texte et des signaux vidéo aussi bien que vocaux. Pratiquement tous les opérateurs du monde préparent diverses stratégies pour être prêts à relever le défi que pose une téléphonie fondée sur la commutation par paquets telle que la téléphonie IP.
- ii) Les paiements nets de règlements ont baissé dans le monde entier depuis le milieu des années 90, mais cela se serait sans doute produit même sans la téléphonie IP. Cette tendance est due essentiellement à la présence d'une concurrence et d'une pression accrues provenant de pays qui effectuent des règlements nets. A mesure que les prix de détail baissent et qu'un plus grand volume de trafic est acheminé par les itinéraires les moins coûteux, les taxes de règlement sont tirées vers le bas. Cette évolution du marché touche particulièrement les PTO qui utilisent traditionnellement les recettes du service international pour subventionner leur réseau d'accès local. Le rééquilibrage des tarifs s'en trouve accéléré.
- iii) Traditionnellement les opérateurs utilisent les services longue distance et internationaux qui sont rentables pour subventionner en partie de façon indirecte l'accès au réseau et les appels locaux. Sur des marchés de plus en plus concurrentiels, ce genre de subvention interne cachée ne peut plus être maintenu. A l'avenir, les opérateurs auront à relever de nouveaux défis qui exigeront peut-être un profond rééquilibrage des tarifs et une plus grande utilisation des recettes obtenues au plan local.
- iv) Les fournisseurs de services de téléphonie IP pourront se passer de certaines parties du réseau de l'opérateur historique, mais ils ne pourront éviter d'utiliser les réseaux locaux. En fait, dans la mesure où la téléphonie par l'Internet est une nouvelle «application miracle» et rend encore plus populaire l'accès à l'Internet, elle peut en fait entraîner une augmentation du volume des appels locaux. Dans certains Etats Membres déjà, un tiers des appels locaux sert à se connecter à l'Internet, même si la téléphonie IP ne représente qu'une petite partie de cette demande. D'autre part, l'accès commuté à l'Internet connaît une nette courbe ascendante tandis que le trafic commuté par circuits enregistre un ralentissement. La concurrence rapprochera les prix des coûts et dans la mesure où la téléphonie IP offre la solution la plus économique, elle pourra obtenir la préférence.
- v) Pour les Membres du Secteur de l'UIT qui sont équipementiers, le développement de nouveaux produits IP peut être essentiel pour leur croissance et leurs gains. Les réseaux du service mobile de la troisième génération (IMT-2000), qui peuvent également s'appuyer sur la technologie IP, donnent aux fournisseurs des moyens supplémentaires d'offrir de nouveaux produits, y compris des services d'information sur site constitués sur mesure et personnalisés qui ressembleront très probablement davantage au modèle client/serveur Internet qu'au modèle des télécommunications traditionnelles.

PARTIE IV

TÉLÉPHONIE IP – ASPECTS RÉGLEMENTAIRES

Chapitre IV.1 – Examen des cadres réglementaires actuels

IV.1.1 Remarques générales

L'introduction et le développement de la téléphonie IP soulèvent certains grands problèmes de politique générale. Le Groupe d'experts sur l'Avis D a été chargé de conseiller et d'assister les Etats Membres et les Membres des Secteurs en réponse à des préoccupations et besoins spécifiques des pays en développement concernant les implications politiques de l'introduction de la «téléphonie IP»²². Dans le présent rapport, l'avis et l'assistance des experts se partagent en trois sections principales

- l'examen des cadres réglementaires actuels,
- les études de cas par pays,
- les expériences de développement de nouvelles méthodes et approches en matière d'introduction de la téléphonie IP.

Le présent rapport est destiné à servir de guide général et n'est pas un plan à suivre pas à pas. Le Rapport du Secrétaire général destiné au troisième Forum mondial des politiques de télécommunications (FMPT) et le Rapport du Président de ce Forum, <http://www.itu.int/osg/spu/wtpf/wtpf2001/index.html>, ainsi qu'une étude des approches des politiques réglementaires nationales variées des Etats Membres de l'UIT constituent d'utiles bases de discussion de nombreuses questions politiques. L'étude révèle qu'il n'y a pas une approche politique unique et indique que les questions politiques continueront d'évoluer avec l'amélioration de la technologie de la téléphonie IP et l'élargissement de son développement.

Le cas échéant, des aspects du Rapport du Secrétaire général et du Rapport du Président du FMPT ont été inclus dans le présent rapport. Pour de plus amples détails, les lecteurs sont invités à se reporter aux rapports intégraux ainsi qu'aux documents sources préparés pour le FMPT. Cependant, comme les technologies et les marchés évoluent, il est important de prendre en considération les effets de ces changements sur les politiques et de planifier ces changements au sein du processus d'élaboration des politiques.

IV.1.2 Aperçu

A mesure que s'étendent les réseaux IP et la téléphonie IP, les décideurs auront la difficile tâche de déterminer si les cadres réglementaires actuellement appliqués, élaborés initialement pour des réseaux en mode circuit, peuvent convenir aux réseaux IP. Ce défi survient à un moment où de nombreux Etats Membres allègent leurs régimes réglementaires et font de plus en plus confiance à la concurrence pour assurer aux consommateurs le plus large accès possible aux services de télécommunication.

Du fait des régimes réglementaires très différents créés pour répondre à des défis nationaux particuliers sur les plans économique, politique et des infrastructures, les Etats Membres peuvent vouloir centrer leur examen sur les raisons qui sous-tendent leur cadre politique, et spécialement sur les effets souhaités dans le contexte de l'économie mondiale et du développement social. En particulier, le niveau existant de développement du réseau et l'état du marché des communications sont généralement les questions dont il faudra sans doute tenir compte. Les pays qui affichent des niveaux de télédensité très faible doivent faire face à l'une des principales difficultés, qui consiste à construire une infrastructure de télécommunication.

Au sein de ce large cadre réglementaire, la téléphonie IP peut soulever un certain nombre de questions spécifiques pour les décideurs et les régulateurs qui ont besoin d'un équilibre soigneux, attentif et motivé entre des intérêts différents et parfois concurrents. Concernant les incidences, il est utile de comprendre les conséquences économiques à court et à long terme de toute décision politique. Il est aussi essentiel pour les régulateurs et les responsables des politiques de comprendre qu'il n'y a pas de modèle politique universellement applicable. Diverses approches peuvent convenir.

²² Avis D <http://www.itu.int/ITU-D/e-strategy/internet/iptelephony/Documents/wtpf2001/Chaireport.html#OPINIOND>.

Le Rapport essentiel sur la téléphonie IP

Les Etats Membres de l'UIT devraient examiner les avantages offerts par les deux options suivantes:

- 1) définir les principaux objectifs politiques en matière de télécommunication pour le pays, dans le contexte du développement économique et des besoins sociaux;
- 2) façonner le régime réglementaire pour atteindre ces objectifs.

IV.1.3 Réexamen de certaines questions

Pour déterminer des politiques propres à la téléphonie IP, le Groupe d'experts estime que les Etats Membres auraient peut-être avantage à réexaminer leur cadre réglementaire général applicable aux télécommunications intérieures en tenant compte de ce qui suit.

IV.1.3.1 Atteindre les objectifs politiques dans le contexte de la convergence et des conditions existantes du marché

Les Etats Membres doivent peut-être évaluer leurs objectifs de politique générale avant de déterminer quelle réglementation sera éventuellement nécessaire dans un marché convergent. Par exemple, il peut être judicieux de limiter la réglementation dans un marché convergent soumis à la concurrence et de n'employer la réglementation qu'en cas de défaillance du marché.

IV.1.3.2 Encourager l'investissement, stimuler l'innovation, promouvoir le développement et ouvrir les marchés

Un environnement concurrentiel en matière de télécommunications autorise la concurrence entre plusieurs fournisseurs de services et pour de nombreux investisseurs. L'expérience acquise à l'échelle mondiale montre que les modèles de télécommunication fondés sur la concurrence ont été adoptés pour attirer des capitaux pour la mise en place d'une infrastructure de réseaux de télécommunication et de réseaux IP. Il est aussi évident que les décideurs et les régulateurs ont mis en œuvre avec succès un modèle concurrentiel en établissant des garde-fous pour limiter l'emprise du marché. Il a été démontré que les politiques qui permettent une multiplicité d'opérateurs et de fournisseurs de services Internet (ISP) stimulent le développement des infrastructures et diminuent le prix de l'accès pour les utilisateurs privés et professionnels.

IV.1.3.3 Avantages pour les utilisateurs

Il a été démontré que la concurrence améliore les choix de l'utilisateur final en fournissant plus d'options, à la fois en termes de prix et de qualité. Les utilisateurs retirent généralement de plus grands avantages dans un environnement où le nombre de fournisseurs et de services n'est pas limité.

IV.1.3.4 Objectifs en matière d'accès/service universel pour les services de télécommunication

Dans certains cas, le marché peut ne pas fonctionner de manière à fournir des services de télécommunication à certains groupes d'utilisateurs. L'accès universel peut être défini comme étant des programmes financés par les gouvernements et conçus pour donner accès à des applications spécifiques de communications pour une communauté. Plusieurs pays en développement ont adopté des modèles d'accès universel pour donner accès aux services de télécommunications de base dans des zones rurales ou isolées et pour les personnes à faible revenu. Sans accès à ces services, l'accès à l'Internet et à d'autres services IP avancés, ainsi que leur utilisation, sont entravés. Les pays qui mettent en œuvre des programmes d'accès universel pourront prendre en compte les éléments suivants:

- un programme d'accès universel, créé pour promouvoir le développement des infrastructures de télécommunication dans les zones rurales ou isolées et pour les personnes à faible revenu;
- un programme d'accès universel pour les télécommunications, qui fonctionne d'une façon transparente, non discriminatoire et neutre du point de vue de la concurrence;
- l'identification sans équivoque des exigences en matière de service universel et des obligations des fournisseurs;

- l'identification claire et transparente des subventions internes lorsque l'accès universel aux services locaux est assuré par des subventions internes (par exemple, des télécommunications longue distance);
- un mécanisme de financement qui indique clairement si les fonds proviennent de la fiscalité ou d'autres revenus;
- un plan d'accès universel qui encourage la concurrence et le développement des infrastructures.

IV.1.3.5 Examen d'aspects techniques tels que la qualité de service

La capacité des technologies IP ne cesse d'évoluer en matière de services et de qualité. Pour satisfaire l'ensemble des besoins du marché, la technologie IP devrait disposer de capacités fonctionnelles similaires à la technologie à commutation de circuits. Des politiques permettant une certaine souplesse dans le choix de la technologie et dans son application pour répondre aux besoins de l'utilisateur et pour permettre à ce dernier de choisir entre différents prix et qualité sont davantage susceptibles d'encourager les investissements et de stimuler le développement.

IV.1.3.6 Politiques d'interconnexion et d'accès

Dans le contexte de la transition des réseaux, les décideurs doivent notamment s'assurer que les services existants restent disponibles avec l'introduction des nouveaux services, selon les mécanismes du marché. La politique d'interconnexion peut jouer un rôle capital en imposant que les infrastructures, nouvelles et existantes, puissent coexister, préservant et améliorant ainsi la valeur de l'une et l'autre. Les transitions technologiques (par exemple, le passage des techniques de transmission par commutation de circuits aux techniques de transmission par commutation de paquets) s'accompagnent le plus souvent d'une période de coexistence des technologies. Il faudrait privilégier les politiques qui reconnaissent la transition en permettant des plates-formes réseau multiples et encouragent leur interconnexion.

IV.1.4 Contacts avec les agences

L'UIT tient à jour une base de données des adresses et des personnes clés des agences réglementaires des Etats Membres. De plus amples informations sur les contacts se trouvent à l'adresse <http://www.itu.int/GlobalDirectory/index.html>. Une source complémentaire sur les contacts par pays se trouve à l'adresse: <http://www.totaltele.com/links/list.asp?CategoryID=267>.

Chapitre IV.2 – Etudes de cas et partage d'expériences

IV.2.1 Introduction

Alors que certains pays en développement ont des politiques qui interdisent la téléphonie IP, d'autres ont des politiques qui l'encouragent. Certains ne réglementent pas du tout la téléphonie IP, d'autres ont choisi de l'incorporer positivement dans le cadre réglementaire de leurs télécommunications, motivés par le désir d'encourager et de stimuler la mise en œuvre de technologies émergentes qui peuvent faire baisser les coûts, augmenter les revenus possibles et promouvoir l'innovation et la croissance économique nationale. Ces politiques peuvent être liées au souci de réglementer des technologies qui n'ont pas encore atteint leur pleine maturité. Des limitations imposées à la téléphonie IP peuvent sembler en contradiction avec des approches conçues pour stimuler le déploiement et la migration vers les réseaux IP. Les régulateurs peuvent aussi hésiter à intervenir sur les nouveaux marchés, sauf défaillance évidente. Les décisions d'interdire, de réglementer ou de ne pas réglementer la téléphonie IP sont souvent couplées à des objectifs politiques à long terme de développement des infrastructures et/ou de réseaux de communication.

IV.2.2 Résultats des politiques englobant la téléphonie IP

La Banque mondiale a créé une boîte à outils économique Internet pour décideurs africains qui traite un grand nombre des problèmes évoqués ci-dessus dans le contexte des économies des pays en développement. Cette boîte à outils présente un modèle des impacts probables de l'Internet sur les recettes des sociétés de télécommunications et fournisseurs africains de services Internet, des modèles de la structure des coûts et de la portée potentielle du service Internet, des données sur l'extension du développement de l'Internet en Afrique et des exemples de son utilisation actuelle. A la lumière de ces données, la boîte à outils porte ensuite sur l'examen des choix politiques qui se posent aux pays désireuses d'étendre l'utilisation de l'Internet dans le contexte de la nécessaire réforme des télécommunications et de partenariats entre gouvernement et secteur privé, y compris les universités et les ONG. Elle est disponible sous forme de cinq fichiers en format .pdf et d'une feuille de calcul Excel contenant le modèle lui-même. On peut y accéder en ligne à l'adresse: <http://www.infodev.org/projects/internet/010toolkit/afprelim.pdf>.

IV.2.3 Politiques compatibles avec la transition/convergence des réseaux

Les études de cas peuvent être riches d'enseignements concernant les conséquences de la réglementation sur le développement et l'expansion du marché des télécommunications au sein d'une économie donnée. Il faut toutefois faire preuve de prudence et ne pas extrapoler ces résultats à des économies qui ne partagent pas les mêmes caractéristiques de base que les économies étudiées. Cependant, les méthodes utilisées dans ces études peuvent être particulièrement utiles à d'autres pour réaliser leur propre étude de cas. L'UIT a réalisé des études de cas pour cinq Etats Membres: le Canada, la Chine, la Colombie, la Corée et le Pérou. Ces études sont disponibles en ligne sur le site web de l'UIT à l'adresse: <http://www.itu.int/osg/spu/wtpf/wtpf2001/casestudies/index.htm>.

Pendant les quatre dernières années, l'Organisation pour la coopération et le développement économique (OCDE) a entrepris des études approfondies de la réglementation des télécommunications dans de nombreuses économies. Ce travail vise à produire, pour chaque pays examiné, une étude pluridisciplinaire des progrès de la réforme réglementaire fondée sur une analyse comparative internationale, une autoévaluation et la révision par les pairs. On mentionnera tout spécialement les études récentes réalisées en République tchèque, en Hongrie et en Pologne. Les études sur la Hongrie (<http://oecdpublications.gfi-nb.com/cgi-bin/oecdbookshop.storefront>) et la République tchèque (<http://oecdpublications.gfi-nb.com/cgi-bin/oecdbookshop.storefront>) sont disponibles comme publications de l'OCDE (2001).

IV.2.4 Partage d'expériences dans le développement de nouvelles méthodes et approches

IV.2.4.1 Remarques générales

Les politiques adoptées en matière de téléphonie IP varient grandement d'un pays à l'autre, en fonction peut-être de l'état du marché ou du degré de libéralisation. Partager ces différentes approches peut aider les décideurs à définir et à évaluer les choix qui s'offrent à eux pour répondre aux problèmes particuliers posés par l'environnement dans leur pays.

IV.2.4.2 Approches d'une réglementation sectorielle «technologiquement neutre»

La neutralité technologique est un principe qu'invoquent certains décideurs et régulateurs à propos de la téléphonie IP et d'autres technologies émergentes dans le domaine des communications: il s'agit généralement de s'efforcer d'appliquer des réglementations de façon identique aux mêmes services, indépendamment de la technologie utilisée pour fournir ces services dans un marché ouvert à la concurrence. A moins que d'autres impératifs politiques ne soient prioritaires, le but est de soutenir la politique de concurrence en s'assurant qu'aucun fournisseur ne bénéficie d'un traitement réglementaire plus favorable que les autres qui fournissent des services équivalents. D'autres décideurs pensent que les responsables des politiques ne devraient pas être indifférents à la technologie. Selon eux, les technologies émergentes pourraient profiter d'une «fenêtre», à savoir une forme de réglementation asymétrique pendant une période d'introduction, qui leur permettrait de se développer en dehors de la réglementation traditionnelle.

Le principe de la neutralité technique a été longuement discuté aux réunions du FMPT et du Groupe des experts. Il n'a pas été possible d'obtenir un consensus. Cependant, nombreux sont ceux qui pensent:

- 1) qu'un pays doit d'abord avoir une concurrence réelle pour pouvoir appliquer un principe comme la neutralité technologique;
- 2) que la neutralité technologique est une considération légitime dans les délibérations politiques et réglementaires, mais qu'elle ne devrait pas avoir la priorité sur des objectifs plus larges favorables à la concurrence.

L'Union européenne (UE) a mis au point des instruments visant à produire des réglementations technologiquement neutres. La directive relative à l'accès aux réseaux de communications électroniques et à leur interconnexion (COM(2000) 384 final du 12 juillet 2000) harmonise la façon dont les Etats Membres de l'Union européenne réglementent le marché entre les fournisseurs de réseaux et de services de communications dans la Communauté. La directive prévoit un cadre constitué de règles totalement neutres sur le plan technologique, mais qui peuvent être appliquées à des marchés de produits ou services particuliers dans certaines zones géographiques pour remédier à des problèmes de marché bien précis.

Un résumé de la directive «Interconnexion et accès dans le nouveau cadre réglementaire européen pour les services de communications électroniques» figure dans l'Annexe P. Des informations supplémentaires sont disponibles sur le site web de l'UE à l'adresse: http://www.europa.eu.int/information_society/topics/telecoms/regulatory/new_rf/index_en.htm

IV.2.4.3 Application de la réglementation nationale sur les télécommunications en faveur d'une concurrence réelle, obligations d'accès et/ou de service universel et autres expériences

- a) L'OFTTEL, le régulateur indépendant du Royaume-Uni, possède une grande expérience en matière d'approches réglementaires, en ce qui concerne notamment le plafonnement des prix ainsi que l'ajustement de la portée et de l'action de la réglementation pour tenir compte du niveau de concurrence dans l'évolution du marché et de la technologie. Son site Web: <http://www.oftel.gov.uk/>.
- b) Depuis les années 70, les Etats-Unis sont confrontés à une vive concurrence dans certains secteurs du marché des télécommunications, notamment les services longue distance, les services améliorés et les services à valeur ajoutée. En 1996, la législation fédérale a expressément ouvert le marché des télécommunications locales à la concurrence. Un aperçu de l'expérience américaine figure dans le document: <http://www.itu.int/ITU-D/e-strategy/internet/iptelephony/Seminars/2ndEGM/documents/policy/IPTel-21.pdf>.

Le Rapport essentiel sur la téléphonie IP

- c) L'Inde expérimente la téléphonie IP dans le cadre d'applications limitées. D'après la NTP 1999, la «téléphonie Internet» n'y est pas encore autorisée. Le Gouvernement de l'Inde s'est engagé à surveiller le développement de la téléphonie IP ainsi que son impact sur le développement national et reverra la question en temps utile. Il travaille aujourd'hui sur diverses questions se rapportant à la téléphonie IP. Pendant ce temps, l'opérateur historique VSNL a prévu d'utiliser la technologie IP pour un service en temps réel de trafic de transit entre les centres nodaux, contournant à titre expérimental les centres de transit en six endroits du pays, via un réseau IP distinct. A présent, il n'est pas envisagé de relier ces liaisons à l'Internet. Seul le trafic national longue distance peut être utilisé pour cette expérience avec VoIP; aucun appel automatique international n'est proposé dans ce cadre. Cette expérience couvrira la voix en temps réel et les services de télécopie, tandis que les services de données transiteront par l'Internet.

IV.2.5 Implications politiques potentielles d'ENUM

La Commission d'études 2 du Secteur de la normalisation des télécommunications de l'UIT étudie actuellement les principes et les procédures relatives à la gestion du numérotage électronique (ENUM) et définit un cadre pour le rôle potentiel de l'UIT. Il s'agit essentiellement de mettre en œuvre et de maintenir les bases de données nécessaires pour la traduction des numéros E.164 dans le système de nom par domaine et d'assurer l'intégrité du système de numérotage E.164. Les autorités nationales de réglementation et les décideurs peuvent souhaiter réfléchir au niveau approprié de leur engagement dans ces activités à l'UIT. De plus amples informations sur le protocole ENUM et sur les questions qui s'y rapportent peuvent être obtenues à l'adresse www.itu.int/osg/spu/infocom/enum/ ou à l'Annexe H, relative audit protocole.

IV.2.6 Formation et sensibilisation des régulateurs et des opérateurs

Un programme d'ateliers portant sur la téléphonie IP a été mis au point par l'UIT en collaboration avec le Groupe d'experts, ses bureaux régionaux et certains Etats Membres. On trouvera ce programme ainsi que des éléments d'information supplémentaires dans la partie V.

Plusieurs institutions dispensent des formations à l'intention des régulateurs et des opérateurs. Les principaux programmes sont les suivants:

- *L'Initiative des centres de formation à l'Internet de l'UIT pour les pays en développement (ICFI-PVDC)* est un projet de plusieurs millions de dollars visant à combler le déficit de compétences sur l'Internet et la «nouvelle économie» dans les pays en développement. Dans le cadre de cette initiative, l'UIT entend créer 50 centres de formation visant à fournir les compétences nécessaires en ce qui concerne la mise en place de réseaux et de services basés sur le protocole Internet (IP) au sein d'organisations à but non lucratif existantes dans les pays en développement. Ces centres devraient par ailleurs jouer le rôle d'incubateurs et aider les petites et moyennes entreprises à développer des services Internet. Pour plus d'informations, contacter M. Manuel Zaragoza, Coordinateur de projet, Bureau de développement des télécommunications de l'UIT (BDT), tél.: +41 22 730 5428, e-mail: manuel.zaragoza@itu.int.
- L'Institut américain de formation aux télécommunications (USTTI) (<http://ustti.org>) est une coentreprise à but non lucratif entre des grandes entreprises américaines dans le domaine des communications et de l'informatique et les responsables du Gouvernement fédéral, qui fournit à titre gratuit une formation politique et technique pour professionnels de talent de pays en développement.
- L'Institut pour les services publics de l'Université de l'Etat du Michigan <http://www.bus.msu.edu/ipu/frmain.htm> propose un atelier annuel de deux semaines «Camp NARUC» exclusivement pour les employés du secteur public et les fonctionnaires, agréé par la *National Association of Regulatory Commissions* (NARUC). Le programme inclut un cursus spécifique pour régulateurs extérieurs aux Etats-Unis. Camp NARUC International est conçu pour les fonctionnaires des pays en développement qui sont responsables de l'établissement des institutions réglementaires, de la mise en œuvre de la politique et de la conception de la réglementation pour les secteurs liés à l'infrastructure. Le programme vise donc à compléter le programme traditionnel du Camp NARUC. Des informations supplémentaires sont disponibles à l'adresse: <http://www.bus.msu.edu/ipu/confsem.htm>.

- Le projet de l'Institut des Nations Unies pour la formation et la recherche «Droit et Cyberspace» prévoit des ateliers et des cours de formation à l'échelle sous-régionale sur la réglementation de la société de l'information.
- L'Ecole nationale supérieure des télécommunications en France propose un mastère spécialisé «Ingénieur d'affaires européen». Contacter annie.blandin@enst-bretagne.fr.

Les fabricants et les opérateurs proposent également des formations. Cisco Systems a mis en place le programme CNAP (*Cisco Network Academy Programme*), opérationnel dans plus de 130 pays et sur plus de 8000 sites. Le Networking Academy curriculum dispense un enseignement sur la conception, la construction et la maintenance des réseaux informatiques. Il vise à préparer les étudiants pour le marché du travail du XXI^e siècle et représente un modèle précieux de téléenseignement (*e-learning*). Des informations supplémentaires sont disponibles à l'adresse: <http://www.cisco.com/warp/public/779/edu/academy/>.

L'UIT a signé un accord de coopération avec l'Académie virtuelle de Cable & Wireless (C&W) pour offrir une formation en gestion des communications à des professionnels des télécommunications des pays les moins avancés, dans le cadre de l'Université mondiale des télécommunications de l'UIT. C&W donnera des bourses aux candidats. La formation portera entre autres sur les thèmes suivants: «Réglementation et politique des communications» et «Introduction aux technologies IP pour l'entreprise». Des informations supplémentaires peuvent être obtenues en contactant le Bureau de développement des télécommunications (BDT) de l'UIT: barbara.wilson@itu.int.

Alcatel, Nortel et Siemens ont conclu des accords de partenariat avec le Programme des Centres d'excellence de l'UIT-D.

Chapitre IV.3 – Conclusions de la partie IV: Aspects politiques

Les incidences de la téléphonie IP sur la politique générale doivent être dans leur contexte, compte tenu de la complexité des changements que connaît le marché. Les pays en développement doivent faire face à la difficulté supplémentaire qu'impliquent des niveaux de télédensité relativement faibles. A mesure que les réseaux IP et la téléphonie IP se développent, les décideurs auront sans doute la difficile tâche de déterminer si les politiques actuellement appliquées, élaborées initialement pour des réseaux en mode circuits, peuvent convenir aux réseaux IP. Pour déterminer des politiques propres à la téléphonie IP, les Etats Membres auraient peut-être avantage à réexaminer leur cadre réglementaire général applicable aux télécommunications intérieures en tenant compte de ce qui suit:

- Les Etats Membres de l'UIT doivent peut-être évaluer leurs objectifs de politique générale avant de déterminer quelle réglementation sera éventuellement nécessaire dans un marché convergent.
- L'expérience acquise à l'échelle mondiale montre que les modèles de télécommunication fondés sur la concurrence ont été adoptés pour attirer des capitaux pour la mise en place d'une infrastructure de réseaux de télécommunication et de réseaux IP.
- Les usagers retirent généralement de plus grands avantages dans un environnement où le nombre de fournisseurs et de services n'est pas limité.
- Dans certains cas, lorsque le marché fonctionne mal s'agissant de fournir de services de télécommunication à un sous-groupe donné d'utilisateurs, il peut être utile de recourir à des programmes de service d'accès et de service universel financés par l'Etat.
- Des politiques autorisant une certaine souplesse dans le choix de la technologie et dans son application pour répondre aux besoins de l'utilisateur et pour permettre à ce dernier de choisir entre différents prix et différentes qualités sont davantage susceptibles d'encourager les investissements et de stimuler le développement.
- Il faut étudier, sur les marchés ouverts à la concurrence, s'il y a lieu d'adopter une approche technologiquement neutre en appliquant les réglementations de la même manière pour des services secondaires quelle que soit la technologie employée pour fournir ces services.
- Il convient d'adopter de préférence des politiques qui permettent la coexistence de plates-formes technologiques faisant appel à des réseaux multiples et encouragent leur interconnexion.

La politique adoptée en matière de téléphonie IP varie grandement d'un pays à l'autre, en fonction peut-être de l'état du marché ou du degré de libéralisation. Aucun modèle politique n'est applicable universellement. Diverses approches peuvent convenir. Partager ces différentes approches peut aider les décideurs à définir et à évaluer les choix qui s'offrent à eux pour répondre aux problèmes particuliers à leur pays.

Il est essentiel que les décideurs, les régulateurs et les opérateurs reçoivent une formation qui les aide à comprendre les implications des nouvelles technologies, des nouvelles structures de marché et des modèles réglementaires de substitution. Un certain nombre d'institutions, d'organisations et d'entreprises dispensent des programmes de formation. Les Membres de l'UIT sont encouragés à profiter de ces programmes. Ils sont également encouragés à se contacter pour partager leurs expériences concrètes.

PARTIE V

TÉLÉPHONIE IP – ATELIERS ET FORMATION

Chapitre V.1 – Considérations générales

V.1.1 Introduction

Mis à part les activités inscrites à l'ordre du jour, la première réunion du Groupe d'experts sur la téléphonie IP (Partie 3 de l'Avis D) a permis de cerner les trois thèmes suivants sur lesquels le BDT pourra agir conformément à l'Avis B:

Thème 1: Réseaux IP et introduction de la téléphonie IP

Objectifs

- i) Informer les décideurs et les sensibiliser aux problèmes essentiels.
- ii) Esquisser une proposition de procédure de mise en œuvre des réseaux IP.

Thème 2: Ateliers de formation pour le personnel technique

Objectifs

- i) Former du personnel technique à la conception de réseaux IP.
- ii) Fournir des outils modernes pour dimensionner les réseaux IP.
- iii) Mettre en place une politique de renforcement des capacités et de mise en valeur des ressources humaines.

Thème 3: Ateliers de formation sur des questions de réglementation associées à l'introduction de la téléphonie IP

Objectifs

Créer les compétences nécessaires pour jeter les bases de la mise en œuvre de réseaux IP et faire en sorte que ces réseaux soient exploités de façon optimale.

Chapitre V.2 – Séminaires et ateliers organisés

V.2.1 Remarques générales

Après le Forum mondial des politiques de télécommunication consacré à la téléphonie IP, et en réponse à l'Avis B dudit Forum, le BDT a organisé les ateliers régionaux ou sous-régionaux suivants:

- 1) Bamako (Mali), du 18 au 20 avril 2001: Atelier sous-régional pour l'Afrique de l'Ouest sur la téléphonie IP, portant particulièrement sur les problèmes techniques, la Recommandation UIT-T H.323.
- 2) Dakar (Sénégal), du 26 au 30 juin 2001: Séminaire sous-régional pour l'Afrique de l'Ouest sur la téléphonie IP, portant particulièrement sur les problèmes techniques, la Recommandation UIT-T H.323 et des aspects politiques.
- 3) Lima (Pérou), du 18 au 21 juillet 2001: Séminaire sous-régional pour l'Amérique latine sur l'Internet et la téléphonie IP, portant particulièrement sur les problèmes techniques, la Recommandation UIT-T H.323, les projets IP et les questions économiques et politiques.
- 4) Dakar (Sénégal), du 23 au 25 juillet 2001: Forum sur le développement des télécommunications en Afrique. Résultat: Plan d'action pour l'Ecole supérieure multinationale des télécommunications (ESMT), visant l'élaboration de programmes de formation sur les nouvelles technologies en général et la téléphonie IP en particulier (l'ESMT de Dakar est un Centre d'excellence de l'UIT).
- 5) Brisbane (Australie), du 10 au 13 octobre 2001: Séminaire régional de l'UIT, en partenariat avec l'Association des télécommunications des îles du Pacifique. L'objet de ce séminaire, qui portait sur l'Internet et la téléphonie IP, était de définir les besoins régionaux et de proposer les grandes lignes de programmes de formation pour les administrateurs de réseaux IP.
- 6) Damas (Syrie), du 7 au 10 janvier 2002: Atelier régional sur la téléphonie IP pour la région des Etats arabes qui a donné lieu à des recommandations (voir ci-après). Les participants ont insisté sur la troisième d'entre elles.

V.2.2 Atelier régional pour la région des Etats arabes: recommandations

- exhorter les Administrations des télécommunications des Etats arabes et leur personnel à s'intéresser davantage à la téléphonie IP afin de l'assimiler et d'en retirer tous les avantages, notamment au niveau des applications à valeur ajoutée offertes à l'échelle de l'économie nationale et au niveau individuel pour l'utilisateur final dans les cette région;
- exhorter ces Administrations à tirer pleinement parti des technologies de l'information et à les utiliser dans les diverses applications existantes: téléenseignement, cyberapprentissage, cybercommerce, cyberbanque et télémédecine, ces nouvelles technologies pouvant être utilisées parallèlement à toutes les applications modernes dans les divers domaines;
- encourager ces Administrations à procéder à des essais de téléphonie IP en conditions réelles dans les meilleurs délais, à l'échelle nationale, régionale et internationale, en prenant en compte la situation spécifique de chaque pays, et à échanger les connaissances spécialisées ainsi accumulées entre elles, tout en mettant à profit l'expérience du BDT;
- appeler le Bureau régional du BDT pour les Etats arabes et le Centre d'excellence pour les Etats arabes à assurer le suivi de ces activités et à leur accorder un rang de priorité très élevé dans la région, et prévoir d'organiser un atelier pour analyser les essais menés à l'échelle de la région dans son ensemble; envisager de créer un réseau – de téléphonie IP – pour les Etats arabes en collaboration avec le BDT, compte tenu des résultats de l'étude du rapport du Groupe d'experts à la Conférence mondiale de développement des télécommunications (CMDT-02);
- encourager ces Administrations à bénéficier des cours de formation que le BDT organisera dans le domaine des aspects politiques, réglementaires et techniques de la téléphonie IP;

- exhorter les Administrations des Etats arabes à tirer parti de tous les programmes offerts aux Membres du Secteur, appartenant ou non à la région des Etats arabes, dans le domaine de la recherche et de la formation, et à profiter des activités supplémentaires déployées par le BDT en ce qui concerne les cyberstratégies, par exemple:
 - les centres de formation Internet,
 - le projet de cybercommerce,
 - le projet de cybergouvernement;
- exhorter ces Administrations à tirer également parti de l'assistance directe fournie par le BDT pour la formation et les formateurs en matière de téléphonie IP.

Chapitre V.3 – Stratégies de développement d'une politique de formation à la téléphonie IP

V.3.1 Organisation d'ateliers

En prenant pour base les objectifs des trois thèmes identifiés pour la mise en œuvre de l'Avis B, on propose les grandes lignes et les sujets ci-après, dans le cadre de l'initiative de l'UIT-BDT sur le développement des ressources humaines (par exemple Centres d'excellence):

V.3.1.1 Thème 1: Réseaux IP et introduction à la téléphonie IP

Grandes lignes:

- i) Présentation des vues du FMPT-01
- ii) Capacités des réseaux IP
- iii) Défis à relever:
 - 1) techniques
 - 2) économiques
 - 3) réglementaires
 - 4) humains

Sujets:

- i) Information sur l'état d'avancement des travaux dans le domaine des réseaux IP et de la téléphonie IP au sein de l'UIT-BDT
- ii) Capacités des réseaux IP
- iii) Défis techniques et opportunités
- iv) Défis économiques
- v) Aspects réglementaires
- vi) Développement des ressources humaines
- vii) Etudes de cas et examen des expériences concrètes des pays

V.3.1.2 Thème 2: Ateliers de formation du personnel technique

Grandes lignes:

- i) Ingénierie du trafic et dimensionnement
- ii) Architecture
- iii) Interconnexion
- iv) Migration des réseaux téléphoniques commutés vers les réseaux IP
- v) Protocoles
- vi) Sécurité
- vii) Outils de gestion

Sujets:

- i) Réseaux IP: architecture
- ii) Réseaux IP: protocoles
 - Présentations par les équipementiers (UIT-D)
- iii) Réseaux IP, avec qualité de service (MPLS, IntServ, DiffServ, RSVP)
 - Exemple de réseau IP avec qualité de service: réseau IP/MPLS
 - Réseaux IP/ATM avec qualité de service
- iv) Téléphonie vocale sur réseaux IP: défis, opportunités et risques
 - Téléphonie vocale sur réseaux IP: architecture réseau H.323
 - Téléphonie vocale sur réseaux IP: codage de la voix

- Téléphonie vocale sur réseaux IP: codage de l'image
- Présentations par des équipementiers (UIT-D)
- v) Téléphonie vocale sur réseaux IP: protocoles de signalisation et de commande
 - Protocoles de signalisation H.225/RAS et H.225/Q.931 (avec démonstrations)
 - Signalisation SS7
- vi) Téléphonie vocale sur réseaux IP: protocole de commande des applications H.245
 - Présentations par les équipementiers (UIT-D)
- vii) Téléphonie vocale sur réseaux IP: concepts SIP (Protocole d'initiation de session) et H.248
- viii) Nouvelles technologies d'accès: DSL, modem CATV, PLC (*Power Line Communication*), UMTS, etc.
 - Présentations et démonstrations par les équipementiers (UIT-D)

V.3.1.3 Thème 3: Ateliers de formation aux aspects réglementaires de l'introduction de la téléphonie IP

Grandes lignes:

- i) Normalisation
- ii) Qualité de service
- iii) Interconnexion

Sujets:

- i) Aperçu de la téléphonie IP
- ii) Normes de qualité de service
- iii) Interconnexion
- iv) Service/accès universel
- v) Stratégies d'accès (nombre d'abonnés, déploiement de l'infrastructure)
- vi) Etudes de cas et examen des expériences actuelles des pays

V.3.2 Mise en place d'une politique de formation en matière de téléphonie IP

i) Dynamiser les structures de formation existantes

Les cinq Centres d'excellence régionaux qui ont déjà prévu de mettre sur pied un programme sur la téléphonie IP ou qui sont en mesure d'intégrer un tel programme sont les suivants:

- ESMT (Dakar)-CoE-AFR
- AFRATI (Nairobi)
- CoE-ARB (Damas)
- CoE-ASP (Bangkok)
- CoE-AMS (Argentine)

ii) Encourager la création de centres de formation dans les pays en développement

Exemple:

Les Centres d'excellence suivants ont été choisis dans le cadre de l'Initiative des centres de formation à l'Internet de l'UIT pour les pays en développement (ITCI-DC):

- *L'Universidad Nacional Autónoma de Honduras* [Université autonome nationale du Honduras] (UNAH)
- *La National University of Samoa* [Université nationale de Samoa] (NUS)
- L'Ecole supérieure des télécommunications, en Tunisie
- L'Ecole supérieure multinationale des télécommunications (ESMT), à Dakar
- *L'Escuela Superior Politécnica del Litoral* [Ecole supérieure polytechnique du littoral], en Equateur

Le Rapport essentiel sur la téléphonie IP

iii) Promouvoir et développer des partenariats avec les administrations, les équipementiers et les opérateurs, via des projets lancés par l'UIT-BDT

Exemple:

- Initiative de l'UIT-BDT (le projet ITCI-DC)
- Programme de formation Cisco (dans le cadre du *Cisco Networking Academy Programme*) en 2001
- Programme de formation Oracle (dans le cadre de l'*Oracle Internet Academy*) en 2002

iv) Chercher des partenaires capables de soutenir le programme de formation professionnelle

- Nortel et l'ESMT à Dakar

Chapitre V.4 – Conclusions de la partie V: Ateliers et formation

Les ateliers organisés jusqu'à présent ont été très appréciés par les participants, notamment ceux traitant des défis et des opportunités que représentent les technologies IP pour l'élaboration de nouvelles applications multimédias, en particulier la téléphonie IP.

Les ateliers régionaux devraient être conçus comme des forums où les participants débattraient des points suivants:

- les exigences techniques de la téléphonie IP,
- la manière d'assurer la qualité de service,
- les moyens d'optimiser les réseaux existants,
- la façon de partager les expériences acquises pour l'amélioration des méthodes et les solutions de déploiement des réseaux IP,
- les réponses aux questions sur les structures de coût, un mécanisme de fixation des prix, l'interconnexion, le numérotage, le marché, etc.

Le partenariat de l'UIT-BDT avec les administrations et le secteur privé (opérateurs et équipementiers) a joué un rôle majeur dans le succès des ateliers et des études de cas.

Annexe A – Protocole Internet (IP) et protocole datagramme d'utilisateur (UDP)

A.1 Le protocole IP

La finalité du protocole Internet IP est d'acheminer des informations à travers un ensemble de réseaux interconnectés, en transférant des datagrammes (paquets de données) d'un module à l'autre, jusqu'à ce qu'ils atteignent leur destination. Les modules sont des programmes exécutés dans des hôtes et des routeurs du réseau. Les datagrammes sont transférés d'un module à l'autre sur un segment de réseau selon l'interprétation d'une adresse. De ce fait, un des plus importants mécanismes du protocole IP est la gestion de cette adresse. Le protocole IP fait partie de la couche 3 du modèle OSI. Il est totalement indépendant des couches sous-jacentes, et peut donc s'adapter à un réseau local comme à un réseau mondial, dont les supports sont aussi variés que nombreux. C'est un protocole simple qui ne met pas en œuvre de contrôle d'erreur.

Le réseau le plus connu utilisant le protocole IP est l'Internet, réseau universel constitué d'une multitude de machines reliées entre elles par un maillage redondant. Le transfert de données sur Internet est fait «pour le mieux» (*best effort*). En effet, lorsque deux machines sont en relation, le contrôle des données se fait uniquement par le récepteur. Si on estime que la donnée reçue est mauvaise, il faut retransmettre cette information. La communication est ainsi dite bout à bout, car deux machines, communiquant ensemble sur ce réseau, ne sont au courant d'une erreur qu'une fois la donnée arrivée de l'autre côté. C'est un réseau asynchrone, dont le seul but est de transmettre un paquet émis à son destinataire sans autres contraintes.

L'en-tête du datagramme IP contient un champ «type de service» qui sert à guider le choix de services, lorsqu'un datagramme transite par un réseau. Les bits de priorité permettent de hiérarchiser les paquets, tandis que les bits de rapidité de transfert de données (DTR) permettent de personnaliser le routage en fonction du service désiré. Certains réseaux offrent un mécanisme de priorité, traitant préférentiellement certains types de trafic par rapport à d'autres. En général, cela revient à accepter et véhiculer des paquets d'un haut niveau de priorité en cas de surcharge momentanée. Cependant, ce champ est encore peu utilisé par les modules du réseau. Principalement, le choix offert est un compromis entre trois contraintes: faible retard, faible taux d'erreur et haut débit.

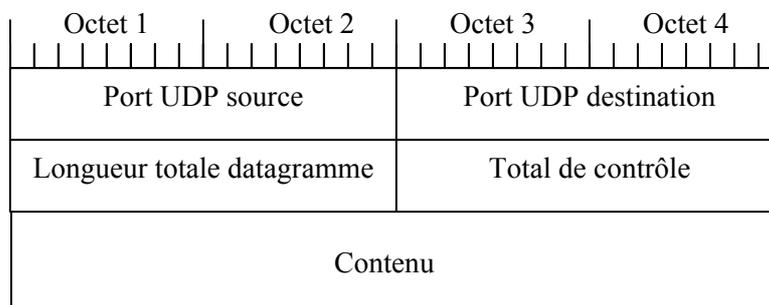
A.2 Le protocole UDP

Le protocole réseau IP de niveau 3 n'est pas fiable. C'est le protocole de transport de la couche supérieure qui doit assurer le contrôle de la transmission. Dans l'Internet, c'est le rôle du TCP protocole fiable qui corrige les erreurs du protocole sous-jacent. L'en-tête du TCP contient le numéro de séquence de chaque paquet. Il sert à remettre le flux en ordre au terminal de réception. Des accusés de réception sont envoyés à la source dès réception des paquets. Un paquet non acquitté est renvoyé. Or, il s'avère que la récupération des paquets manquants multiplie au moins par trois le temps de transit. La perte répétée d'un seul paquet peut produire des décalages importants. Comme les applications audio et vidéo ont des débits constants qui ne peuvent tolérer des variations et des fluctuations sous peine de provoquer des ruptures de débit, le TCP s'avère inadéquat pour ce type d'application au-delà de 4 ou 5% de perte de paquets.

L'approche choisie pour ce type d'application est de préférer la continuité plutôt que la fiabilité. C'est-à-dire tolérer les pertes de paquets en les abandonnant pourvu que soit sauvegardée la continuité du flux. C'est donc l'UDP qui est généralement utilisé pour la téléphonie sur Internet et non le TCP. L'UDP fonctionne en mode non connecté, c'est-à-dire en envoyant des datagrammes traités de manière indépendante par le réseau. Les datagrammes peuvent emprunter des routes différentes et être reçus dans le désordre.

L'UDP est un protocole sans correction d'erreur (donc non fiable), dont la principale fonction est de différencier les différents services applicatifs en les aiguillant vers le bon module de traitement logiciel à l'arrivée. Pour ce faire, on associe un numéro de port à chaque application. La figure suivante donne le format de l'en-tête du datagramme UDP.

Figure A.1 – En-tête du datagramme UDP de 8 octets



L'UDP est typiquement utilisé comme protocole sous-jacent au protocole RTP (protocole de transport en temps réel).

Annexe B – Qualité de service pour le protocole VoIP

B.1 Perte

La perte d'un paquet occasionne un manque d'informations lors de la réception du signal audio. En fonction du nombre de paquets perdus, la qualité sonore à l'extrémité de réception peut être dégradée. Dans la philosophie IP, la perte de paquets fait partie intégrante du concept: les routeurs sont obligés (avec l'algorithme de détection précoce aléatoire) de détruire des paquets afin d'éviter un éventuel encombrement.

Il existe quatre grandes causes de perte de paquets:

- durée de vie épuisée (TTL = 0);
- retard à l'extrémité de réception supérieur au buffer de gigue;
- destruction par un module encombré;
- paquet invalide en raison de défauts de transmission.

Le protocole UDP est utilisé pour transmettre de la voix sur IP car il présente l'avantage d'utiliser moins de place et s'appuie sur des protocoles de couches supérieures (comme RTCP/RTP) pour assurer le contrôle d'erreur ou de flux ou lorsque «les besoins du temps réel» rendent la retransmission – telle qu'utilisée par le protocole TCP – inappropriée.

Le taux de perte de paquets dépendra de la qualité des lignes utilisées et du dimensionnement du réseau. Pour que la qualité de la parole soit acceptable, le taux de perte de paquets doit être inférieur à 20%.

Une solution possible pour réduire la perte de paquets est de mettre en œuvre des systèmes de correction utilisant des codages redondants et adaptatifs, c'est-à-dire variables selon les pertes de paquet observées statistiquement dans le réseau à un instant donné. En utilisant de tels systèmes, il est possible d'obtenir de très hauts niveaux de qualité sonore, même sur l'Internet. Cette solution engendre néanmoins des difficultés supplémentaires en rapport avec le délai total de transmission, qui, comme discuté plus haut, doit être maîtrisé si le réseau est destiné à la téléphonie.

B.2 Délai

Le délai est le laps de temps exprimé en millisecondes qui s'écoule entre l'émission de la parole et sa reconstitution à l'extrémité de réception. S'il doit y avoir un échange interactif, les contraintes de délai doivent s'appliquer à la transmission de la parole. Les valeurs ci-dessous (tirées de la Recommandation UIT-T G.114) sont données pour indiquer les classes de qualité et d'interactivité selon le délai de transmission dans une conversation téléphonique.

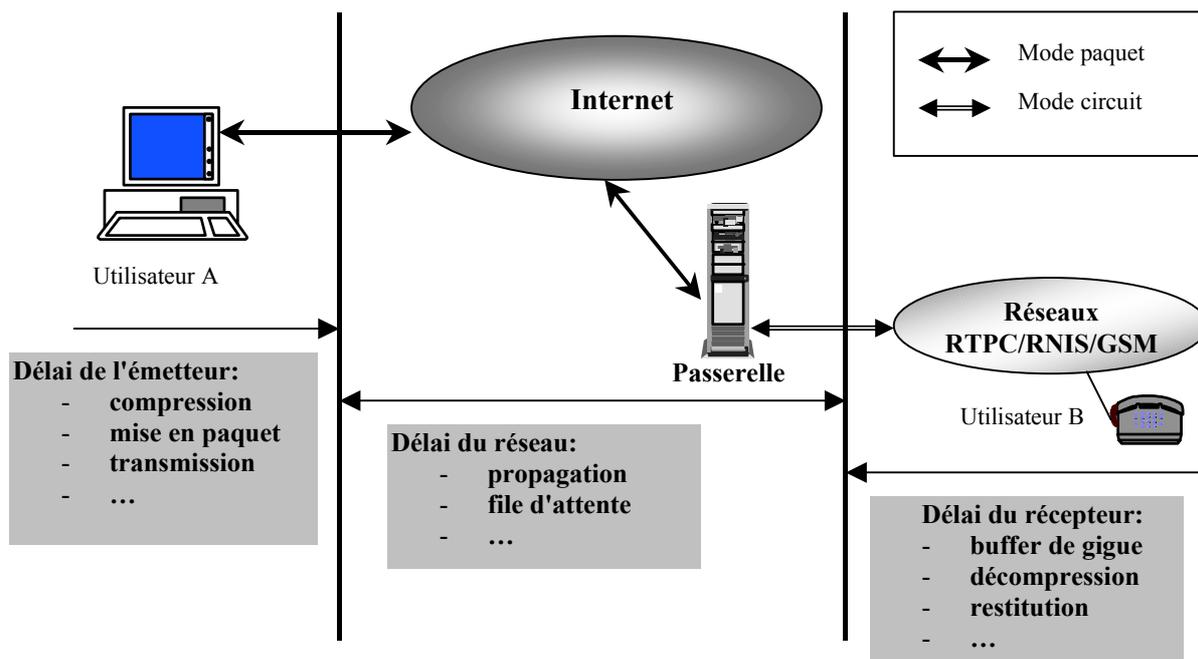
Tableau B.1 – Classes de qualité de l'UIT-T selon le délai de transmission

Classe N°	Délai par direction	Commentaires
1	De 0 à 150 msec	Acceptable pour la plupart des conversations; seules certaines tâches très interactives peuvent subir une dégradation.
2	De 150 à 300 msec	Acceptable pour les appels à faible interactivité (satellite à 250 msec par bond)
3	De 300 à 700 msec	Pratiquement appel en semi-duplex.
4	Au-dessus de 700 msec	Inutilisable à moins que les appelants ne soient versés dans l'art de la conversation en semi-duplex (comme à l'armée).

Le Rapport essentiel sur la téléphonie IP

Le délai introduit par l'Internet (de 50 msec à plus de 500 msec, selon l'état du réseau) est sensiblement supérieur à celui qu'on peut trouver dans un réseau téléphonique conventionnel. Quantifier le délai de transmission sur le réseau de façon fiable est quasi impossible quand on considère le grand nombre d'inconnues (tableau de routage, encombrement, pannes, files d'attente...). Cependant, pour l'acheminement qui serait pris par une transmission vocale, il est possible de préciser certains délais inhérents au réseau, comme illustré à la figure suivante qui décrit le scénario ordinateur vers téléphone via Internet (le réseau IP du fournisseur de services passerelle peut être considéré comme «idéal» et comme ne contribuant pas de façon significative au délai de transmission global).

Figure B.1 – Délais de transmission pour la téléphonie IP



Délai de l'émetteur

A l'extrémité d'émission, la parole est codée et compressée avant d'être encapsulée dans les paquets IP. La taille des paquets représente un compromis entre la nécessité de réduire le délai de transmission et l'optimisation de la largeur de bande. Les composants du délai de l'émetteur sont

- La numérisation et le codage, c'est-à-dire le temps mais par une carte son ou une passerelle pour numériser et coder un signal analogique.
- La compression, qui se décompose en trois parties:
 - Le délai de trame: contrairement à la numérisation d'un signal, qui se fait en continu, la compression porte sur une certaine longueur de données. L'attente de ces informations peut induire un délai de traitement notable.
 - Le délai de codage: ce délai, qui implique une compression par synthèse fondée sur la prédiction, est demandé par le codeur afin de savoir, en cours de traitement, comment évolue le signal.
 - Le délai de traitement: temps pris par l'algorithme pour compresser une trame. Il dépend du processeur et de l'algorithme utilisé.

- La mise en paquets: laps de temps pendant lequel l'application confectionne un paquet (création de l'en-tête et insertion des données).
- La transmission: ce laps de temps dépend de la configuration utilisée, c'est-à-dire si la connexion se fait par modem ou par accès direct sur un LAN/WAN.

Il y a trois grandes catégories pour la transmission de la voix sur IP, en fonction de la technique de codage utilisée:

- le codage temporel (à des vitesses comprises entre 16 et 64 kbit/s);
- le codage paramétrique (à des vitesses comprises entre 2,4 et 4,8 kbit/s);
- le codage par analyse-synthèse (à des vitesses comprises entre 5 et 16 kbit/s).

En règle générale, les techniques de codage donnant des bas débits appellent des temps de traitement plus longs, accroissant ainsi le temps de transit. Il est couramment admis que le temps moyen de traitement de la parole (compression, décompression et mise en paquet) introduit un délai d'environ 50 msec pour une extrémité de la liaison.

Délai du réseau

- La propagation: sur un réseau filaire, la vitesse de propagation est 200 000 km/s, ce qui induit un temps de propagation appréciable.
- L'acheminement et les files d'attente: selon la nature du réseau, différents temps peuvent être indexés.

Dans le cas d'un réseau IP bien contrôlé, comme un Intranet ou équivalent, la transmission de paquets prend entre 50 et 100 msec (propagation et compensation de gigue), les routeurs introduisant un retard de quelques 50 msec. Le délai total résultant se situe donc entre 200 et 250 msec de bout en bout pour un réseau IP bien contrôlé (Intranet). Ces délais sont significativement plus grands, voire indéterminés (aux périodes de pointe), dans le cas de l'Internet.

B.3 Gigue

Buffer de gigue: cette mémoire tampon permet de resynchroniser les paquets arrivant avec des délais variables. Elle sert donc à compenser les décalages et à remettre en ordre les paquets:

- dépaquetisation;
- décompression;
- décodage et conversion numérique-analogique.

Le résultat de cela, dans les conditions courantes en termes de technologies utilisées par l'Internet et de leur dimensionnement, est que la téléphonie IP ne serait réalisable que sur un réseau IP contrôlé de type Intranet, mais serait beaucoup plus imprédictible sur l'Internet.

Gigue de transmission

La gigue peut être décrite comme la variation du délai de transmission. Le protocole utilisé pour transporter les paquets vocaux sur l'Internet (un réseau IP) est le protocole UDP. La partie signalisation utilise la couche TCP. Le protocole UDP fonctionne en mode sans connexion, mode dans lequel les paquets ne prennent pas nécessairement la même route, d'où une variation du temps de transit. Une autre cause de variation du temps de transit peut être le nombre de routeurs rencontrés et de la charge supportée par chacun d'eux. Des buffers de compensation de gigue sont installés afin de reconstituer un flux synchrone à l'extrémité de réception. Cependant, ce processus augmente encore le délai de transmission. Pour conserver un niveau de qualité acceptable, la gigue doit rester en dessous de 100 msec.

B.4 Echo

On peut décrire l'écho comme le laps de temps qui s'écoule entre l'émission d'un signal et la réception du même signal sous la forme d'un écho. Ce problème apparaît généralement dans le contexte de communications d'ordinateur à téléphone, de téléphone à ordinateur, ou de téléphone à téléphone. Il est causé par le renvoi d'une partie du signal traité par les composants électroniques des parties analogiques du système.

Un écho de moins de 50 msec est imperceptible. Au-dessus de ce niveau, le locuteur entendra sa propre voix juste après avoir parlé. Lorsque le but est de fournir un service de téléphonie IP, les passerelles doivent traiter l'écho électrique généré par le transfert de deux à quatre fils. Si un tel traitement n'est pas effectué, il ne sera pas possible d'utiliser le service avec des postes analogiques classiques. Pour résoudre le problème, des annuleurs d'écho haute performance sont installés au niveau des passerelles du réseau.

Annexe C – Protocoles pour la fourniture de VoIP avec une bonne qualité de service

C.1 Le protocole RTP

Le protocole RTP est un protocole de transport et de contrôle adapté aux applications ayant des propriétés temps réel. Il a fait l'objet de la Recommandation RFC1889 de l'IETF et offre des moyens aux applications pour:

- reconstituer la base de temps des flux de données audio, vidéo et temps réel en général;
- détecter rapidement les pertes de paquets et en informer la source dans des délais compatibles avec le service;
- identifier le contenu des données pour en permettre la transmission sécurisée.

Le RTP est indépendant du protocole de transport sous-jacent et des réseaux empruntés. Il sera typiquement employé au-dessus du protocole de datagramme simple comme l'UDP. Le RTP fonctionne de bout en bout et ne réserve pas de ressources dans le réseau, puisqu'aucune action n'est faite sur les routeurs (le contrôle de la qualité de service n'est pas réalisé avec le RTP). Le RTP est souvent complété avec profit par un protocole de réservation de ressources tel que le RSVP. Le RTP n'apporte aucune fiabilité. Il n'offre que certaines caractéristiques d'un protocole de transport. Il n'assure pas la retransmission automatique des paquets manquants.

Bien qu'il ne garantisse pas le délai de livraison, son apport aux échanges temps réel est important. Il fournit des informations très utiles au transport des contenus. Il assure l'horodatage des paquets en marquant l'heure de leur création; leur remise dans l'ordre au destinataire s'en trouve simplifiée. Il comporte aussi des mécanismes de repérage et de synchronisation de flux différents; chaque paquet est immédiatement reconnu comme appartenant à un flux bien précis.

Le tableau suivant récapitule les principales caractéristiques du protocole RTP.

Tableau C.1 – Protocole RTP (*Real Time Transport Protocol*)

Fiabilité	<ul style="list-style-type: none"> • RTP n'est pas fiable s'il est utilisé avec UDP ou IP, qui ne sont eux-mêmes pas fiables. • RTP peut s'appuyer sur le service fiable fourni par les couches basses de réseaux en mode connecté (exemple: couches ATM, AAL3/4 ou AAL5).
Contrôle d'encombrement	<ul style="list-style-type: none"> • RTP ne contient aucun mécanisme de contrôle d'encombrement intégré, comme TCP.
Stabilité des flux	<ul style="list-style-type: none"> • RTP ne garantit pas la maîtrise des délais de transmission, ni la continuité du flux temps réel.
Ressources	<ul style="list-style-type: none"> • RTP ne réserve pas de ressources et n'a aucun effet direct sur le comportement du réseau.
Informations et outils pour le destinataire	<ul style="list-style-type: none"> • L'en-tête RTP contient plusieurs informations pour la synchronisation et la restitution du signal par le récepteur: horodatage, indices de flux, de séquences, sources contributrices, etc.
Informations pour l'émetteur	<ul style="list-style-type: none"> • Le RTP à lui seul ne fournit aucune information utile à l'émetteur. Il est généralement utilisé avec le RTCP qui renvoie à l'émetteur un feed-back très complet sur la qualité de transmission: perte de paquets, délais, etc. Il permet à l'émetteur de moduler son débit de sortie en fonction des ressources disponibles.

C.2 Le protocole RTCP

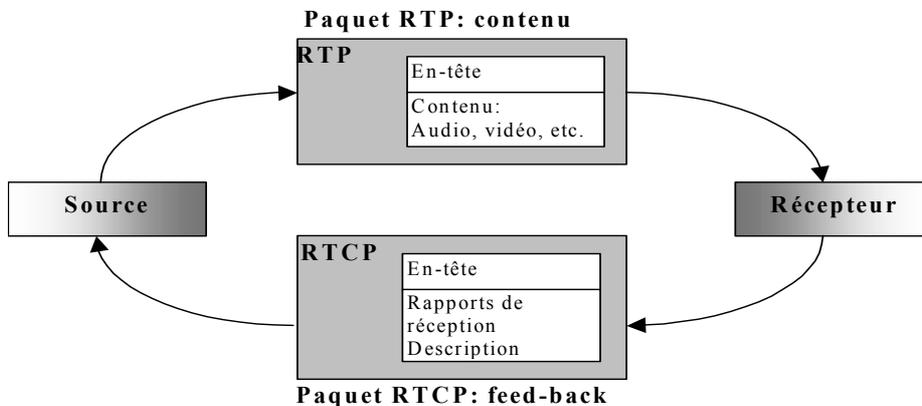
Le protocole RTCP est basé sur la transmission périodique de paquets de contrôle à tous les participants d'une session. Il utilise le même mécanisme de transmission que les paquets de données RTP. C'est le protocole sous-jacent, en l'occurrence l'UDP, qui permet le multiplexage des paquets de données RTP et des paquets de contrôle RTCP. Le paquet RTCP ne contient que des informations destinées au contrôle du transport. Il ne transporte aucun contenu. Il est constitué d'un en-tête fixe, similaire à celui des paquets RTP transportant le contenu, suivi d'autres éléments qui dépendent du type de paquet RTCP. Plusieurs types de paquets RTCP sont définis, de manière à transporter une grande variété d'informations de contrôle. Le tableau suivant donne les cinq types de paquets RTCP les plus courants.

Tableau C.2 – Types de paquets RTCP

SR (<i>Sender Report</i>)	Ensemble de statistiques de transmission et de réception en provenance des participants qui sont des émetteurs actifs.
RR (<i>Receiver Report</i>)	Ensemble de statistiques en provenance de participants qui ne sont que des récepteurs et non pas des émetteurs actifs.
SDES (<i>Source Description</i>)	Les paquets de description de source comprennent plusieurs éléments, dont le CNAME. Ils établissent une véritable carte de visite de la source.
BYE (Message de fin)	Indique que l'on quitte une session.
APP	Fonctions spécifiques à une application donnée.

Les destinataires de paquets RTP fournissent en retour des informations sur la qualité de la réception, en utilisant des paquets RTCP dont la forme varie selon que le destinataire est lui-même un émetteur de contenu ou pas. Les deux types, SR et RR, contiennent zéro, un ou plusieurs blocs de rapport de réception, destinés à chacune des sources de synchronisation desquelles le récepteur a reçu un paquet de contenu RTP depuis le rapport précédent. Apprécier la qualité d'une réception n'est pas seulement utile à l'émetteur, mais aussi au récepteur ainsi qu'à un éventuel superviseur de réseau. L'émetteur peut modifier sa transmission en fonction du feed-back reçu; le récepteur peut comprendre si les difficultés de réception qu'il rencontre sont d'origine locale, régionale ou plus globale. Les éventuels superviseurs ne recevront que les paquets RTCP et pourront évaluer la performance du réseau.

Figure C.1 – Paquets RTP et RTCP pour le contrôle de la qualité de la réception



C.3 Le protocole de réservation de ressources (RSVP)

Le protocole Internet a été volontairement conçu pour reporter l'intelligence vers les systèmes d'extrémité. C'est cette simplicité, cette absence d'états différents qui a fait son succès. Cependant, malgré les efforts d'adaptation des systèmes terminaux (émetteurs et récepteurs), les dysfonctionnements critiques sont toujours générés au coeur du réseau. Les systèmes à l'intérieur du réseau IP appliquent toujours les mêmes processus de routage indépendamment de l'origine des paquets qui sont tous traités avec une parfaite égalité selon le principe du premier arrivé, premier servi. C'est un procédé de transport et de routage simple, facile à mettre en œuvre et qui demande un minimum de traitement aux routeurs. Le nœud détermine la direction qu'empruntera le paquet à partir des tables de routage et en fonction notamment des deux critères suivants:

- le nombre de relais ou étapes jusqu'à la destination; c'est le chemin le plus court qui est privilégié;
- la capacité installée des liaisons, le meilleur débit étant choisi.

En pratique, c'est le premier critère qui a le plus de poids dans la décision de routage, ce qui explique la tendance des paquets à suivre le même chemin lors d'une session de connexion.

Selon ce principe de fonctionnement des routeurs du réseau IP, un flux en temps réel, comme les paquets d'une communication téléphonique, sera envoyé systématiquement à la fin de la file d'attente d'un routeur comme tous les autres types de paquets. Ce principe se révèle incapable de respecter les contraintes de temps imposées par les transmissions en temps réel.

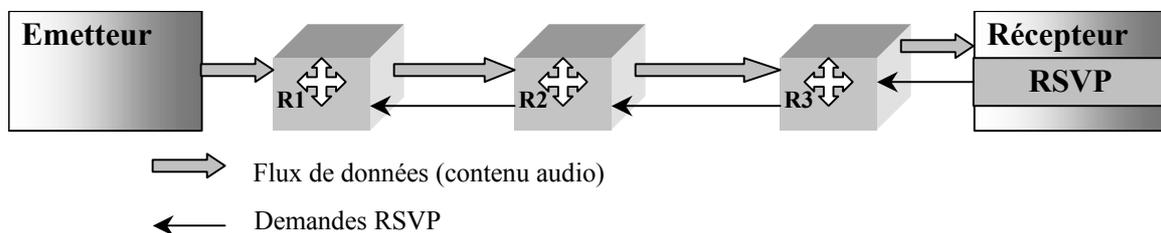
Une des solutions les plus couramment envisagées consiste à incorporer dans les routeurs du réseau IP une stratégie dynamique de régulation des différents flux.

Depuis 1989, plusieurs groupes de travail de l'IETF ont suggéré d'introduire dans les routeurs des mécanismes «d'attente équitable» proportionnelle à la qualité de service demandée par chaque application. Cela a conduit au développement puis à l'adoption du protocole RSVP qui agit sur le réseau au niveau de ses routeurs, pour en canaliser et en discipliner le comportement et le rendre compatible avec les exigences du temps réel.

On peut considérer le RSVP comme l'un des moyens qui permettra à l'Internet de devenir un réseau à intégration de services, fournissant à la fois un service de type «au mieux» (*best effort*) et une qualité de service de type temps réel. Quand une application de type temps réel demande un certain niveau de qualité pour son flux de données, le protocole RSVP demandera aux routeurs du ou des chemins de réserver suffisamment de ressources pour maintenir ce niveau de qualité.

Le protocole RSVP est piloté par le récepteur. En effet, c'est le destinataire qui émet une demande de qualité de service correspondant à son besoin et non l'émetteur. Cette demande est acheminée vers l'émetteur sous forme de message RSVP. Les messages RSVP circulent à contre-courant du flux de données.

Figure C.2 – Flux de données et demandes RSVP



Lorsqu'une application a besoin d'un niveau donné de qualité de service, elle transmet la demande correspondante au noyau logiciel RSVP implanté dans le routeur. Celui-ci distribue cette demande à tous les routeurs intermédiaires traversés par les paquets depuis la source. A chaque nœud et en fonction de la qualité de service demandée, RSVP ordonne les paquets selon une procédure de décision (contrôle d'admission). Si le paquet passe avec succès cette étape, le RSVP établit un profil de paquet transmis au classeur de paquets

Le Rapport essentiel sur la téléphonie IP

qui trie les paquets selon leur route et leur profil. Ainsi, le paquet aura un niveau de priorité dans la file d'attente de transmission du routeur correspondant à la qualité de service demandée. La réservation de ressources est par nature inégalitaire; elle privilégie certains flux et certains récepteurs aux dépens des autres. La seule manière de la justifier est de la facturer. Le RSVP permet d'enregistrer une commande de qualité de service d'un usager qui se traduit par une réservation de ressources ce qui permet de concevoir le mode de facturation en fonction de la bande passante consommée.

C.4 Le protocole de services différenciés (DiffServ)

L'architecture à différenciation de services, en cours de normalisation au sein du groupe de travail DiffServ de l'IETF RFC2475, permet de modifier la façon dont sont partagées les ressources dans le réseau. Dans l'Internet actuel le réseau fait de son mieux pour transporter les paquets sans les différencier les uns des autres; les routeurs appliquent le même traitement à tous les paquets. Le contrôle de flux se fait de bout en bout, c'est-à-dire que le réseau laisse aux extrémités le soin de se partager la bande passante. Ainsi les connexions TCP sont censées utiliser chacune une part équitable de la bande passante qu'elles se partagent. Dans l'architecture à différenciation de service, la bande passante, le taux de perte et le délai de transit des paquets sont influencés par les opérations de conditionnement de trafic effectuées lors de l'entrée dans le réseau et par les modifications apportées au comportement des routeurs de cœur du réseau. La différenciation de services permet, dans une situation d'encombrement, de reporter les pertes de paquets sur certaines classes de trafic, pour en protéger d'autres. Elle n'offre aucune garantie sur les flux, car il n'existe à aucun moment un contrôle d'admission dynamique permettant d'éviter un encombrement. Le contrôle d'admission est fait a priori par la définition d'un contrat pour chaque classe de trafic et par le dimensionnement des ressources pour pouvoir garantir ce contrat.

On distingue deux types de routeurs dans l'architecture à différenciation de services:

- Les routeurs de bordure se situent à la frontière d'un domaine et se chargent de la mise en forme et de la classification du trafic. Une de leurs fonctions est d'attribuer une étiquette DSCP à tous les paquets entrant dans le domaine. La valeur de cette étiquette pour un flux donné dépend de la spécification SLS attribuée par le réseau à ce flux et du comportement instantané de ce flux. Une fois que le paquet étiqueté est entré dans le réseau, ce dernier utilise le DSCP pour choisir la file d'attente et arbitrer entre les paquets en cas d'encombrement.
- Les routeurs au sein du réseau, dont le comportement par saut (PHB) dépend du DSCP.

Donc, pour intégrer un nouveau service dans un réseau à différenciation de services, il faut à la fois définir le comportement des routeurs pour chaque DSCP et les fonctions assurées par les routeurs de bordure. En fait, on peut distinguer trois aspects d'un nouveau service. En premier lieu, le nouveau service doit être capable d'attribuer les ressources en fonction du contrat que chaque client a passé avec le réseau. C'est-à-dire qu'il doit distribuer la bande passante en fonction de la SLS qui s'applique à chaque flux. Ensuite, ce nouveau service doit respecter la priorité qui est attribuée à chaque paquet par la source. Au départ du paquet, cette priorité représente la valeur sémantique, mais elle peut être modifiée par les routeurs de bordure du réseau quand les flux sont agrégés ou quand le comportement de la source dépasse les limites établies dans le contrat. Finalement, la distribution des ressources doit rester cohérente avec les SLS aussi bien lors d'un encombrement que lorsque le réseau est sous-utilisé.

Pour le moment, l'IETF a défini deux services DiffServ (c'est-à-dire deux PHB), en plus du PHB «best effort» par défaut (DSCP = 000000). Il s'agit du:

- PHB de transmission express (EF)
- PHB de transmission assurée (AF).

Les paquets marqués pour le PHB EF (DSCP = 101110) reçoivent un service de transmission qualitativement supérieur à la commutation «au mieux». Pour cela, on fait en sorte que le débit de départ composite de l'EF soit égal ou supérieur à son débit d'arrivée. Ensuite, le trafic EF rencontre généralement une file d'attente, qui devrait être courte et traitée rapidement pour que le temps de latence, la gigue et la perte de paquets soient faibles. EF peut offrir un genre de service virtuel de type «ligne louée».

Le PHB AF est destiné à des services plus généraux. La spécification de l'AF définit 4 classes et 3 niveaux de priorité de rejet (traitement de données) définissant l'importance relative d'un paquet dans une classe particulière en cas d'encombrement. Chaque classe peut être vue comme une file d'attente séparée utilisant une certaine partie des ressources du réseau. Pour chaque classe, on utilise un algorithme de gestion de file d'attente qui tient compte de l'ordre de priorité de mise à l'écart des paquets. En cas d'encombrement, cet algorithme permet d'écarter en priorité les paquets les moins importants. Donc, le degré d'AF dont chaque paquet bénéficie dans une classe AF particulière dépend essentiellement:

- des ressources allouées,
- de la charge disponible pour cette classe,
- de l'ordre de priorité de mise à l'écart du paquet.

Pour les flux utilisant le comportement AF, le DSCP des paquets reflète la classe et la priorité de mise à l'écart du paquet. Si les paquets d'un même flux doivent appartenir à la même classe pour éviter d'être embrouillés, ils peuvent avoir des rangs de priorité de mise à l'écart différents. Il est ainsi possible d'utiliser ces priorités pour différencier les flux entre eux ou pour différencier les différentes informations à l'intérieur d'un même flux.

Tableau C.3 – Codes d'accès aux services différenciés AF

	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Rang bas de priorité de rejet	001010	010010	011010	100010
Rang moyen de priorité de rejet	001100	010100	011100	100100
Rang élevé de priorité de rejet	001110	010110	011110	100110

C.5 Le protocole de commutation multiprotocole avec étiquette (MPLS)

En plus des données traditionnelles, l'Internet doit désormais transporter voix et données multimédias. Les ressources nécessaires pour ces nouveaux services, en terme de débit et de bande passante, ont entraîné une transformation de l'infrastructure de l'Internet. La croissance exponentielle du nombre d'utilisateurs et le volume du trafic ajoutent une nouvelle dimension au problème. Les classes de services (CS) et la qualité de service (QS) doivent être prises en compte pour répondre aux différents besoins de chaque utilisateur du réseau.

Le MPLS est une solution proposée pour répondre aux problèmes posés par les réseaux actuels. Le protocole est apparu comme une solution permettant d'organiser la rencontre entre l'administration de bande passante et le besoin de services pour les nouveaux réseaux IP. Le MPLS propose des solutions liées à l'extensibilité (adaptation à l'échelle du réseau) et au routage (basé sur la QS et les mesures de la QS). Il peut s'adapter aux réseaux ATM et de relais de trame. Le MPLS jouera un rôle important dans le routage, la commutation et le transfert des paquets à travers les réseaux de nouvelle génération.

Le déploiement initial d'Internet était orienté vers le transfert de données sur le réseau. Pour cela, un simple routeur logiciel et des interfaces réseaux suffisaient. A mesure qu'il est devenu possible d'assurer des transmissions haut débit, des éléments capables de commuter au niveau 2 et au niveau 3 ont dû être déployés au niveau matériel. Ces solutions répondent aux besoins de transfert rapide de paquets dans le réseau, mais ne répondent pas aux besoins en terme de service pour les informations contenues dans les paquets. De plus, la majorité des protocoles de routage actuellement déployés se fondent sur des algorithmes permettant d'obtenir le passage le plus rapide possible dans le réseau, mais ne prennent pas en compte d'autres mesures, comme les retards ou les encombrements qui peuvent diminuer sensiblement les performances du réseau. La gestion du trafic est un objectif pour les administrateurs de réseaux.

Le Rapport essentiel sur la téléphonie IP

C.5.1 Les composants MPLS

Le protocole MPLS est normalisé par l'IETF. Il remplit les fonctions suivantes:

- Il spécifie les mécanismes d'administration de flux de trafic de plusieurs types, comme les flux entre différents matériels, différentes machines ou même entre différentes applications.
- Il est indépendant des protocoles des couches 2 et 3.
- Il interagit avec des protocoles de routage existants, tels que le protocole RSVP et OSPF.
- Il accepte les couches de niveau 2 des réseaux IP, ATM et de relais de trame.

Dans le protocole MPLS, la transmission de données se fait sur des itinéraires commutés avec étiquette (LSP), qui sont une séquence d'étiquettes à chaque nœud du chemin allant de la source à la destination. Ils sont établis en fonction du type de transmission des données (*control-driven*) ou après détection d'un certain type de données (*data-driven*). Les étiquettes, qui sont des identifiants spécifiques pour le protocole des couches basses, sont distribuées suivant le protocole de distribution des étiquettes (LDP) ou RSVP. Chaque paquet de données encapsule et transporte les étiquettes pendant leur acheminement. La commutation haut débit est possible puisque les étiquettes de longueur fixe sont insérées au tout début du paquet ou de la cellule et peuvent être utilisées par le matériel pour effectuer la commutation plus rapidement.

C.5.2 LSR et LER

Les éléments qui participent aux mécanismes du protocole MPLS peuvent être séparés aux routeurs d'extrémité supportant les étiquettes (LER) et aux routeurs de commutation des étiquettes (LSR). Un LSR est un routeur haut débit au coeur d'un réseau MPLS qui participe à l'établissement des LSP. Un LER est un élément à l'extrémité du réseau d'accès ou du réseau MPLS. Les LER peuvent accepter plusieurs ports connectés à des réseaux différents (ATM, relais de trame ou Ethernet) et qui fait suivre le trafic sur le réseau MPLS après établissement des LSP. Le LER joue un rôle fondamental dans l'assignation et la suppression des étiquettes, à mesure que le trafic entre dans le réseau MPLS et en sort.

C.5.3 FEC

Une classe d'équivalence pour la transmission (FEC) est la représentation d'un groupe de paquets qui ont en commun les mêmes besoins de transport. Tous les paquets d'un tel groupe reçoivent le même traitement au cours de leur acheminement. Contrairement aux transmissions IP classiques, dans le MPLS, un paquet est assigné à une FEC une seule fois, lors de son entrée sur le réseau. Les FEC sont basés sur les besoins en terme de service pour certains groupes de paquets, ou même un certain préfixe d'adresses. Chaque LSR construit une table pour savoir comment un paquet doit être transmis. Cette table est appelée base d'information sur les étiquettes (LIB).

C.5.4 Etiquettes et association d'étiquettes

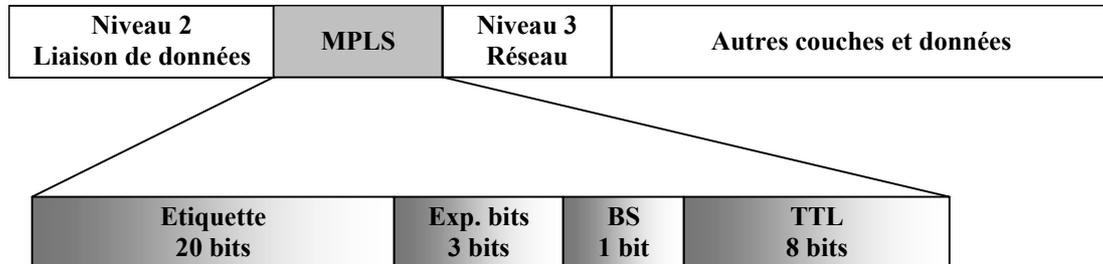
Une étiquette, dans sa forme la plus simple, identifie le chemin que le paquet doit suivre. Une étiquette est transportée ou encapsulée dans l'en-tête de niveau 2 du paquet. Le routeur qui la reçoit examine le paquet pour déterminer le saut suivant selon son étiquette. Une fois qu'un paquet est étiqueté, le reste de son voyage est basé sur la commutation d'étiquette. Les valeurs de l'étiquette ont simplement une signification locale. Elles peuvent d'ailleurs directement déterminer un chemin virtuel (DLCI en relais de trame ou VCI et VPI en ATM).

Les labels sont associés à un FEC suivant une logique ou une politique déterminant cette association. Cette décision peut se faire sur les critères suivants: Routage en monodiffusion vers la destination, gestion du trafic, multidiffusion, réseau privé virtuel (VPN) ou QS.

C.5.5 Format de base des étiquettes MPLS

Le format générique d'une étiquette est illustré par la figure suivante. L'étiquette peut aussi se situer dans l'en-tête de la couche 2, ou entre les couches 2 et 3.

Figure C.3 – Format générique d'une étiquette



Annexe D – Le protocole IPSec

Pour sécuriser les échanges sur un réseau IP, il existe plusieurs approches:

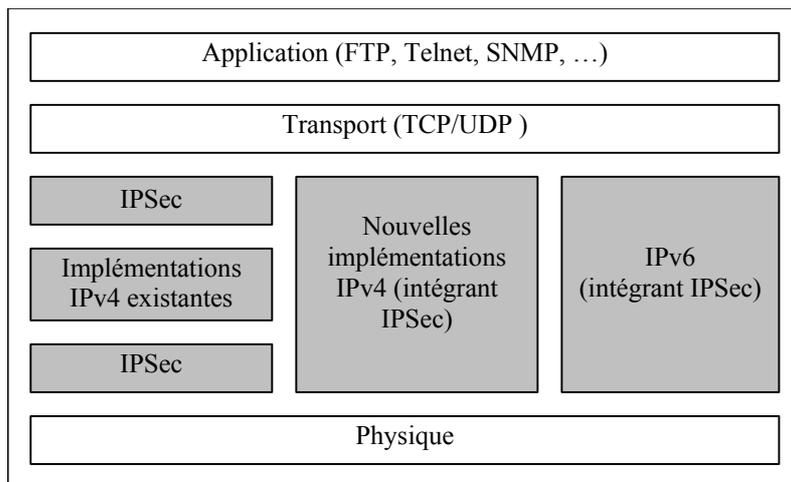
- le niveau applicatif (PGP),
- le niveau transport (protocoles TLS/SSL, SSH);
- le niveau physique (unités de chiffrement).

L'IPSec vise à sécuriser les échanges au niveau de la couche réseau. Le réseau IPv4 étant largement déployé et la migration complète vers IPv6 nécessitant encore du temps, il est vite apparu intéressant de définir des mécanismes de sécurité qui soient communs à la fois à IPv4 et IPv6. Ces mécanismes sont couramment désignés par le terme IPSec pour protocole de sécurité IP. IPSec fournit donc:

- la confidentialité et la protection contre l'analyse du trafic;
- l'authentification des données (et de leur origine);
- l'intégrité des données (en mode non connecté);
- la protection contre le rejet;
- le contrôle d'accès.

IPSec est une extension de sécurité du protocole Internet IP. Il peut être mis en œuvre sur tous les équipements du réseau et de nombreux fournisseurs l'intègrent désormais dans leurs produits. Exemple d'utilisation: les réseaux privés virtuels (VPN) pour la sécurisation des accès distants à un Intranet.

Figure D.1 – Positionnement du protocole IPSec dans la pile IP



SA: «*Security Association*». L'association de sécurité IPSec est une connexion qui fournit des services de sécurité au trafic qu'elle transporte. Il s'agit d'une structure de données servant à stocker l'ensemble des paramètres associés à une communication donnée. Une SA est unidirectionnelle; en conséquence, protéger les deux sens d'une communication classique requiert deux associations, une dans chaque sens. Les services de sécurité sont fournis par l'utilisation soit de AH soit de ESP. Le rôle d'une SA est donc de consigner, pour chaque adresse IP avec laquelle l'implémentation IPSec peut communiquer, les informations suivantes:

- l'index de la SA appelé SPI (*Security Parameter Index*) choisi par le récepteur;
- le numéro de séquence, indicateur utilisé pour le service d'anti-rejet;
- une fenêtre anti-rejet: compteur 32 bits;
- le dépassement de séquence;
- les paramètres d'authentification (algorithmes et clés);

Le Rapport essentiel sur la téléphonie IP

- les paramètres de chiffrement (idem);
- la durée de vie de la SA;
- le mode du protocole IPSec (tunnel ou transport);
- ...

Chaque association est identifiée de manière unique à l'aide d'un triplet composé:

- de l'adresse de destination des paquets;
- de l'identifiant du protocole de sécurité (AH ou ESP);
- de SPI.

Les SA contiennent tous les paramètres nécessaires à IPSec, notamment les clés utilisées. La gestion des clés pour IPSec n'est liée aux autres mécanismes de sécurité de IPSec que par le biais des SA. Une SA peut être configurée manuellement dans le cas d'une situation simple, mais la règle générale consiste à utiliser un protocole spécifique qui permet la négociation dynamique des SA et notamment l'échange des clés de session.

Le protocole de négociation des SA, développé pour IPSec, est le protocole de gestion des clés et des associations de sécurité pour le protocole ISAKMP. C'est un cadre générique qui permet l'utilisation de plusieurs protocoles d'échange de clés, ce qui le rend inutilisable seul. Dans le cadre de la normalisation de IPSec, le protocole ISAKMP est associé à une partie des protocoles SKEME et Oakley pour donner le protocole final IKE.

Le protocole AH (en-tête d'identification)

Le protocole AH est conçu pour assurer l'intégrité en mode non connecté et l'authentification de l'origine des datagrammes IP sans chiffrement des données (pas de confidentialité). L'absence de confidentialité permet de s'assurer que cette norme pourra être largement répandue sur Internet, y compris dans les endroits où l'exportation, l'importation ou l'utilisation du chiffrement dans des buts de confidentialité est restreint par la loi. Son principe est d'adjoindre au datagramme IP classique un champ supplémentaire permettant à la réception de vérifier l'authenticité des données incluses dans le datagramme. Ce bloc de données est appelé «valeur de vérification d'intégrité» (ICV). La protection contre le rejet se fait grâce à un numéro de séquence.

Le protocole ESP (Encapsulation sécurisée de la charge utile)

Le protocole ESP peut assurer, au choix, un ou plusieurs des services suivants:

- la confidentialité des données et la protection partielle contre l'analyse du trafic si l'on utilise le mode tunnel;
- l'intégrité des données en mode non connecté et l'authentification de l'origine des données, protection partielle contre le rejet.

Contrairement au protocole AH, où l'on se contentait d'ajouter un en-tête supplémentaire au paquet IP, l'ESP fonctionne suivant le principe de l'encapsulation: les données originales sont chiffrées puis encapsulées.

Annexe E – Principes et techniques de codage

Les applications audio sur un réseau comportent deux aspects distincts qui sont d'une part la numérisation et le codage des données audio, et d'autre part la mise en paquets de ces données pour la transmission sur le réseau. Le codage audio a pour objectif de transformer un signal vocal analogique en un signal numérique d'un débit et d'une qualité donnés.

La première opération du codage est l'échantillonnage du signal analogique à une certaine fréquence d'échantillonnage et une certaine précision, précision caractérisée par le nombre de bits utilisés pour coder l'amplitude de chaque échantillon. Il est clair que le choix de la fréquence et du nombre de bits utilisés représente un compromis débit/qualité du signal codé. Plus grande est la qualité souhaitée, plus important est le débit obtenu après échantillonnage.

Le théorème d'échantillonnage établit qu'un signal analogique peut être reconstruit à partir des échantillons numérisés si la fréquence d'échantillonnage est égale à au moins deux fois la bande passante du signal original. L'oreille humaine est capable de percevoir une gamme de fréquences de 20 Hz à 20 kHz environ, correspondant à une bande passante de 20 kHz. L'algorithme de codage le plus simple est celui qui revient à seulement échantillonner un signal analogique et à quantifier les échantillons (c'est-à-dire à les convertir des valeurs réelles en valeurs de précision finie). Ce codage appelé MIC (Modulation par impulsion et codage), correspondant à la norme G.721, est utilisé pour coder la voix dans le réseau téléphonique. La bande passante d'une paire torsadée étant d'environ 3,5 kHz, la fréquence d'échantillonnage a donc été fixée à 8 kHz afin de respecter le théorème d'échantillonnage. La quantification est faite avec une échelle logarithmique sur 8 bits, ce qui équivaut à une quantification linéaire sur 13 bits.

E.1 Le codage différentiel (MICD, MICDA, MDA)

Le codage MIC est à la base d'une famille de codages différentiels largement utilisés, il est fondé sur l'observation que les échantillons successifs d'une source audio sont fortement corrélés. Il semble donc judicieux de coder non pas les échantillons eux-mêmes mais la différence entre des échantillons successifs. On trouve trois types de codage différentiel:

- Principe du codage MICD

Un codeur MICD est fondé sur le principe que les échantillons successifs sont corrélés, il est donc possible de prédire l'échantillon $n+1$ à partir des échantillons n , et également $n-1$, $n-2$, etc. On peut donc ne coder que la différence entre un échantillon x_n et la prédiction de x_n . Dans le cas du codage MICD, la prédiction de x_n est simplement la valeur de l'échantillon précédent x_{n-1} . Dans un cas plus général, on peut utiliser une prédiction linéaire. On obtient alors un codage de type MICDA.

- Principe du codage MICDA

La prédiction pour ce type de codeur est obtenue par une boucle de contre-réaction: après quantification, l'erreur va être restituée. La prédiction adaptative utilise la fonction d'autocorrélation court terme calculée sur des tranches de signal dont la durée n'excède pas 20 msec. On va prédire l'échantillon x_n par une certaine combinaison des p échantillons précédents.

- Principe du codage MDA

Le codage MDA (modulation delta adaptative) avec pas adaptatif est proche du codage MICDA décrit ci-dessus. La différence principale vient du fait que la différence entre l'échantillon courant x_n et l'échantillon prédit \hat{x}_n est quantifiée avec une certaine granularité et donc un pas de quantification variable. De façon analogue, on peut dire que cette différence est quantifiée sur plusieurs niveaux. Les pas de quantification sont rendus proportionnels à la variance du signal d'entrée x . Le codage MDA utilisé dans les outils audio Internet est appelé MICDA DVI. Mais il suit le principe décrit ci-dessus. L'algorithme calcule la différence entre l'échantillon courant et sa valeur prédite, cette différence est ensuite quantifiée sur 4 bits, puis ajoutée à la valeur prédite précédente afin d'obtenir une prédiction sur l'échantillon suivant.

E.2 Le codage par synthèse (LPC, CELP)

Le codage par synthèse est très différent du codage différentiel. L'idée n'est plus de manipuler les échantillons pour éliminer la redondance et les corrélations entre les échantillons, mais au contraire de considérer des blocs d'échantillons et de construire un modèle qui produise des échantillons statistiquement identiques (ou similaires) aux échantillons originaux. Ce modèle permet donc de synthétiser des échantillons avec des propriétés statistiques données, d'où le nom de codage par synthèse. On peut citer deux types de codage par synthèse:

- Le codage LPC

Le codage LPC (codage linéaire prédictif) consiste à synthétiser des échantillons à partir d'un modèle d'un système de production vocal et d'une excitation. Pour la voix humaine, le système de production vocal est l'ensemble poumons – cordes vocales – trachée – gorge – bouche – lèvres. En pratique, on modélise ce système par un ensemble de cylindres de diamètres différents, 10 dans le cas de [LPC-10], excités par un signal qui est soit une sinusoïde, soit un bruit blanc. Le choix de la fonction d'excitation (sinusoïde ou bruit blanc) dépend des caractéristiques, voisées ou non voisées, du signal. Un signal voisé correspond à une lettre comme «a» ou «u». Un signal non voisé correspond à une lettre comme «t» ou «s».

Le processus de synthèse comprend donc deux phases, qui sont:

- l'identification de la fonction d'excitation,
- l'identification des diamètres des cylindres (ou, de façon plus générale, l'identification de la fonction de transfert du modèle vocal).

Chaque phase est exécutée toutes les 20 msec (c'est-à-dire sur un ensemble de 160 échantillons pour une fréquence d'échantillonnage de 8 kHz). Le codeur génère en sortie une fréquence d'excitation (codée sur 16 bits), un ensemble de 10 coefficients (codés sur 10×8 bits) et un gain (codé sur 8 bits). Le débit du codeur est donc de 104 bits toutes les 20 msec, soit 5,2 kbit/s. Ce débit représente seulement 1/12^e de celui d'un codeur MIC.

- Le codage CELP

Le CELP (prédiction linéaire à excitation par code) correspondant à la norme FED_STD 1016 est une extension du codage LPC. Il comporte toujours deux phases, correspondant aux fonctions d'excitation et de transfert. L'identification de la fonction de transfert est identique à celle faite avec LPC. Par contre, la fonction d'excitation n'est pas seulement un bruit blanc ou une sinusoïde, mais une combinaison linéaire de fonctions stochastiques (c'est-à-dire de bruit) et périodiques. L'identification de ces fonctions est très coûteuse en temps de traitement (et d'ailleurs les codeurs CELP sont en général implémentés avec l'aide de cartes spécifiques de traitement de signal), mais la qualité obtenue est bien meilleure qu'avec le codeur LPC.

Annexe F – Les protocoles du niveau application pour la voix sur IP

F.1 Le protocole H.323 de l'UIT-T

La Recommandation H.323 a été définie à l'origine par la Commission d'études 16 de l'UIT-T comme une variante de la Recommandation H.320 relative à la visiophonie sur RNIS adaptée dans ce cas aux réseaux locaux de données de type Ethernet, Fast Ethernet et Token Ring. Il concerne le contrôle des appels, la gestion du multimédia ainsi que la gestion de la largeur de bande pour les conférences point à point et multipoint. La Recommandation H.323 traite également de l'interfaçage entre le LAN et les autres réseaux. Elle a été conçue pour le codage et la compression des signaux de voix et d'image transportés par les réseaux IP. Les normes qu'elle contient peuvent être mises en œuvre quel que soit le support physique sur lequel repose le réseau IP: ATM, FDDI... fonctionnant en mode non connecté et sans garantie de qualité de service (pas de correction d'erreurs). Le protocole H.323 est aujourd'hui considéré comme la norme incontournable de téléphonie sur Internet. Désormais, elle s'applique à tous les réseaux en mode paquets, et non plus uniquement aux réseaux locaux.

Le protocole H.323 reprend entièrement la norme RTP/RTCP en précisant des points de détail pour un cadre d'utilisation spécifique défini par la Recommandation H.225. Il fixe les types de contenu audio et vidéo des paquets RTP créés par une application H.323, et arbitre certains conflits entre le RTCP et le protocole de contrôle défini par H.323 (sous-ensemble H.245). La Recommandation H.323 décrit entièrement un système de visiotéléphonie sur LAN, y compris des fonctions avancées comme la conférence, le contrôle d'accès ou le mixage des flux.

Le protocole H.323 décrit toutes les unités qui interagissent lors du fonctionnement d'un tel système:

- Les terminaux H.323

Le terminal peut être un ordinateur, un combiné téléphonique, un terminal spécialisé pour la vidéoconférence ou encore un télécopieur sur Internet. Le minimum imposé par H.323 est qu'il mette en œuvre la norme de compression de la parole G.711, qu'il utilise le protocole H.245 pour la négociation de l'ouverture d'un canal et l'établissement des paramètres de la communication, ainsi que le protocole de signalisation Q.931 pour l'établissement et l'arrêt des communications. Le terminal possède également des fonctions optionnelles, notamment, pour le travail en groupe et le partage des documents. Il existe deux types de terminaux H.323, l'un de haute qualité (pour une utilisation sur LAN), l'autre optimisé pour de petites largeurs de bandes (28,8/33,6 kbit/s – G.723.1 et H.263).

- Les passerelles vers des réseaux classiques (RTC, RNIS, etc.)

Les passerelles H.323 assurent l'interconnexion avec les autres réseaux (H.320 (RNIS), H.324 (modem), téléphones classiques, etc.). Elles assurent la correspondance de signalisation de Q.931, la correspondance des signaux de contrôle et la cohésion entre les médias (multiplexage, correspondance des débits, transcodage audio). De nombreuses fonctions sont laissées à la discrétion des constructeurs:

- le nombre de terminaux pouvant communiquer à travers la passerelle;
- le nombre de connexions de réseaux à commutation de circuits;
- le nombre de conférences simultanées admises;
- les fonctions de conversion audio, vidéo, données, les fonctions multipoint.

- Les portiers, sortes de centres de gestion et d'enregistrement qui contrôlent également l'accès des terminaux au réseau IP

Les portiers ont pour fonction de traduire les adresses et de gérer les autorisations. La traduction d'adresse n'est pas une traduction d'adresse IP classique, mais l'association entre un alias H.323 (identifiant H.323 de l'utilisateur) et une adresse IP issue du référencement du terminal. Les adresses du type «e-mail» sont possibles, ainsi que les adresses du type «numéro de téléphone». La gestion des autorisations permet de donner ou non la permission d'effectuer un appel, de limiter la bande

Le Rapport essentiel sur la téléphonie IP

passante si besoin et de gérer le trafic sur le LAN. Les portiers permettent également de gérer les passerelles H.320, H.324, les téléphones classiques, la signalisation d'appel qui permet de router les appels afin d'offrir des services supplémentaires ou de permettre des fonctionnalités de contrôleur multipoint (MC). Les portiers permettent également la gestion des appels, les comptes-rendus quotidiens et l'établissement de rapports.

- Les MCU (Unités de conférence multipoint), MC et MP (processeurs multipoint) chargés du mixage des flux et de la gestion de conférence multipoint

L'établissement d'une conférence à trois ou plus requiert l'intervention d'une norme MCU, laquelle gère la négociation entre les terminaux à la norme H.245. Ces fonctions sont disponibles sous forme de logiciel installé sur le serveur du réseau local, ou sous forme de matériel.

Lors d'une connexion, plusieurs canaux sont ouverts avec chacun une adresse propre (port UDP ou TCP suivant le type de canal). H.323 est défini pour la visioconférence: il est donc possible d'échanger du son ou de l'image vidéo. Pour chaque type de média échangé et pour chaque sens de communication, un canal RTP est établi ainsi qu'un canal de contrôle RTCP (au-dessus du protocole UDP). Il est également possible d'échanger des données sur un canal spécifique selon la norme T.120 (au-dessus du protocole de transport fiable TCP). Deux autres canaux sont liés à la signalisation d'appel (qui reprend de manière adaptée la signalisation Q.931 du RNIS) et au contrôle des communications. Enfin, un dernier type de canal est lié à l'échange facultatif avec un portier régissant les accès des terminaux au réseau. Ce canal supporte les opérations d'enregistrement, d'admission et de demande de statut auprès du portier. Au total, un PC multimédia désirant établir une connexion voix et données avec un autre PC via un réseau IP devra donc établir les canaux suivants:

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

F.2 Le protocole SIP de l'IETF

Le protocole SIP est un protocole de signalisation utilisé pour établir, modifier et terminer les appels vocaux et les sessions multimédias (multipartie) sur les réseaux IP (Intranet et/ou Internet). Le protocole SIP est un protocole client-serveur similaire dans sa syntaxe et sa sémantique au protocole HTTP utilisé par les applications Web. En fait, les serveurs Web (http) et SIP peuvent même coexister et être intégrés.

Les rôles du client et du serveur sont fonctionnels, c'est-à-dire qu'un client peut se comporter comme un serveur, et vice-versa. Pour établir un appel, un client envoie des demandes SIP à un serveur, ce dernier écoute les demandes d'appel et suggère une réponse à l'utilisateur ou exécute un programme pour déterminer la réponse.

Le protocole SIP définit trois types de serveurs: les serveurs enregistreurs, les serveurs mandataires et les serveurs de réacheminement. Ce sont des rôles fonctionnels; une entité physique donnée peut assumer simultanément n'importe lequel d'entre eux, le protocole étant le même. Un serveur enregistreur reçoit les enregistrements des clients au sujet de leur localisation actuelle; cela aide ensuite à les localiser au moment de la terminaison de l'appel. Un serveur mandataire fait suivre les demandes des clients à leur destination finale ou à un ou plusieurs autres serveurs SIP. Un serveur de réacheminement redirige les utilisateurs pour essayer un autre serveur SIP pour le prochain bond vers la destination.

Le protocole SIP consiste en sept messages textuels, qui sont:

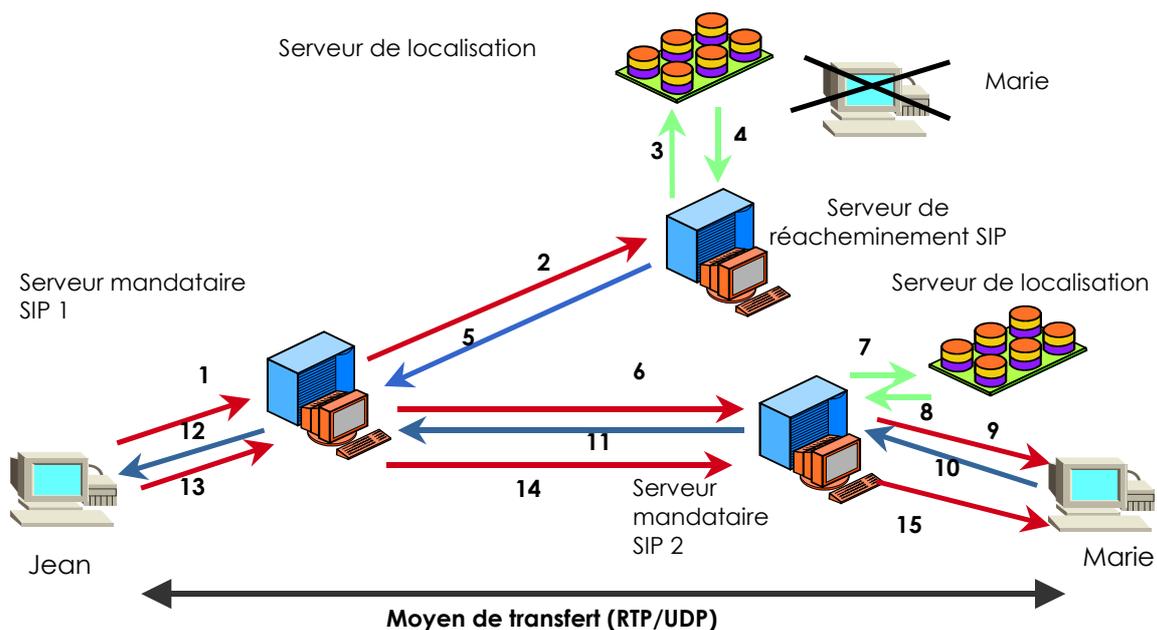
- INVITE: invite un usager à un appel téléphonique ou à une conférence
- BYE: termine une connexion entre deux usagers
- OPTIONS: sollicite des informations sur les capacités de l'utilisateur
- STATUS: informe un autre serveur des progrès d'actions de signalisation qui sont en cours
- CANCEL: termine une recherche d'utilisateur
- ACK: confirme qu'un client a reçu une réponse finale à un message INVITE
- REGISTER: achemine l'information de localisation de l'utilisateur vers un serveur SIP.

Les usagers SIP ont des adresses URL SIP semblables à des adresses électroniques (similaires à ceux de http). Ces URL peuvent indiquer un usager dans un domaine (sip:usager@domaine), chez un hôte donné (sip:usager@hôte), à une adresse IP d'un hôte spécifique (sip:usager@adresse_IP), ou même à un numéro de téléphone (numéro E.164) auquel on accède par une passerelle IP/RTSP (sip:numéro_téléphone@passerelle).

Lors de l'envoi d'un message INVITE, le client peut utiliser la moins précise des adresses ci-dessus (disons celle avec l'utilisateur dans le domaine). La résolution d'adressage SIP n'est pas seulement fondée sur les serveurs SIP décrits ci-dessus mais aussi sur les entités de résolution d'adressage existantes au sein du réseau IP, à savoir DNS et les serveurs de localisation (serveur LDAP, base de données d'entreprise, etc.). L'objectif de localisation de l'adresse lorsque le demandé peut réellement être atteint est fondé sur l'utilisation des serveurs SIP et des entités mentionnées plus haut.

La figure qui suit est un exemple d'établissement d'un appel entre deux usagers, Jean et Marie. Jean utilise l'adresse de nom de domaine de Marie. L'exemple illustre le cas où Marie s'est déplacée d'un hôte à un autre depuis la réception du dernier appel du serveur mandataire de Jean.

Figure F.1 – Etablissement d'un appel avec SIP



Jean envoie un message INVITE (1) au serveur mandataire SIP 1 fournissant l'adresse de nom de domaine de Marie telle que sip:mary@domaine; la connaissance de ce serveur peut être configurée par avance chez l'hôte de Jean ou être déterminée à la suite d'une demande à un service DNS (non indiqué sur la figure). Un serveur mandataire SIP 1 relaie le message INVITE (2) au serveur de réacheminement SIP²³ à partir de l'analyse du nom de domaine fourni. Le serveur de réacheminement SIP envoie une demande (3) au serveur de localisation, qui répond avec un message (4) indiquant que Marie n'est plus sur l'hôte indiqué. Le serveur de réacheminement SIP envoie un message STATUS (5) au serveur mandataire SIP 1 l'informant qu'il devrait envoyer le message INVITE au serveur mandataire SIP 2. Le serveur mandataire SIP 1 envoie un message INVITE (6) au serveur mandataire SIP 2. Le serveur mandataire SIP 2 vérifie la localisation de l'hôte de Marie au moyen d'une interaction avec un serveur de localisation (7 et 8) et envoie le message INVITE à l'hôte de Marie (9). L'hôte de Marie envoie un message de réponse (10) au serveur mandataire SIP 2 qui le renvoie au serveur mandataire SIP 1 (11) et ce dernier l'envoie à l'hôte de Jean (12). Si le message de réponse est un message d'acquiescement, l'hôte de Jean peut alors envoyer un message ACK (13) au serveur mandataire SIP 1 qui le redirige sur le serveur mandataire SIP 2 (14) et ce dernier sur l'hôte de Marie (15). Marie et Jean peuvent alors communiquer directement sur le réseau IP à l'aide d'un protocole RTP/UDP.

On notera que, contrairement à la Recommandation UIT-T H.323 où la couche réseau n'est pas prescrite spécifiquement, le protocole SIP prescrit l'utilisation du protocole IP. Pour les couches supérieures, cependant, les deux protocoles transfèrent les données sur RTP/UDP. En ce qui concerne les messages de signalisation et les réponses, le protocole SIP prescrit l'utilisation du protocole UDP. Cependant, si la signalisation doit traverser des pare-feux, l'utilisation du protocole TCP peut s'avérer nécessaire.

Le protocole SIP est un protocole de moindre complexité que celui de la Recommandation UIT-T H.323, mais il se fonde sur les localisations existantes et les services DNS offerts par les réseaux IP. Le modèle de communication de SIP permet un établissement relativement aisé des communications vocales ou multimédias entre de nombreux utilisateurs connectés à des ordinateurs hôtes d'Intranet/Internet; des serveurs SIP peuvent être beaucoup moins complexes que des portiers H.323 mais ils sont encore moins orientés vers les services à valeur ajoutée ou toute commande de réseau sur l'appel.

²³ Ce serveur est appelé ici «de réacheminement» à cause du rôle spécifique qu'il joue dans cet appel particulier.

Finalement, en ce qui concerne l'interface avec les réseaux téléphoniques, le schéma d'adressage SIP permet l'acheminement des appels aux abonnés de ces réseaux au travers d'un dispositif de passerelle connecté au réseau IP. Une extension spécifique de SIP, dénommée SIP-T, permet, au point d'interconnexion RTPC/IP et pour les appels venant du réseau téléphonique, d'encapsuler les messages ISUP du SS 7 dans SIP de façon que l'information nécessaire pour les services ne soit pas détruite. En revanche, certaines – pas toutes les – informations sont traduites d'un message ISUP du SS 7 pour générer l'information d'en-tête SIP correspondante afin de faciliter l'acheminement des messages SIP.

Annexe G – Les protocoles du niveau réseau pour la voix sur IP

G.1 Le protocole H.248/MEGACO de l'UIT-T/IETF

Le protocole H.248/MEGACO tire son origine des protocoles antérieurs définis par l'IETF – le plus fameux d'entre eux étant le protocole MGCP. Depuis mai 1999, l'IETF et la Commission d'études 16 de l'UIT-T se sont mis d'accord pour faire un effort de spécification commun pour le protocole H.248/MEGACO par lequel une spécification commune sera adoptée par les deux parties. La présente annexe est consacrée aux principes fonctionnels du protocole H.248/MEGACO, ci-après désigné H.248.

Le protocole H.248 consiste fondamentalement en un modèle de connexion offert par une passerelle de média (MG) avec le contrôleur de passerelle de média (MGC), un ensemble de commandes qui agissent sur les objets de ce modèle, et une fonction de groupage de commandes en transactions.

Le modèle

Le protocole définit un modèle de connexion d'entités logiques, ou d'objets, au sein de la MG qui peuvent être commandés par le MGC. Deux abstractions de base sont utilisées dans ce modèle: **terminaison** et **contexte**. Une terminaison est capable de faire naître et disparaître un ou plusieurs médias. Un contexte est une association entre une collection de terminaisons qui constituent une seule conférence. Un contexte avec plus de deux terminaisons décrit les propriétés d'un pont de conférence.

Les commandes

Un contexte est une association entre un certain nombre de terminaisons qui décrit une conférence. Une commande **Add** est utilisée par le contrôleur MGC pour ajouter une terminaison à un contexte donné. Si aucun contexte n'est spécifié, la MG devrait en créer un nouveau. Une commande **Subtract** retire une terminaison d'un contexte. Lorsque la dernière terminaison est retirée d'un contexte, la MG la détruit implicitement. Une commande **Move** déplace une terminaison d'un contexte à un autre. Une terminaison ne peut exister que dans un seul contexte à la fois.

Une terminaison est une entité logique au sein de la MG qui donne naissance à des médias et/ou des flux de commande et/ou les fait disparaître. Les terminaisons représentant des interfaces physiques avec la MG seront créées au moment du lancement et sont permanentes²⁴. De telles terminaisons existent au sein d'un contexte Null, elles sont retirées de ce contexte lorsque la commande Add est utilisée pour les ajouter à un autre contexte et les lui rendre sur invocation de la commande Subtract. Les terminaisons représentant des flux de créations/suppressions qui sont instanciées par un protocole de couche supérieure (tels que des flux RTP), et existent seulement pendant la durée de ce flux, sont créées/supprimées par la MG sur invocation de la commande Add/Subtract à leur égard²⁵.

Une terminaison est décrite par un certain nombre de *propriétés* qui la caractérisent; il peut y avoir des *signaux* qui s'y appliquent (comme les tonalités et annonces) et elle peut être programmée pour détecter des *événements*. La commande **Modify** permet au contrôleur MGC de modifier les propriétés, signaux et événements d'une terminaison donnée. Lorsque survient un événement donné sur une terminaison donnée, la commande **Notify** permet à la MG d'en informer le contrôleur MGC.

Différents types de MG peuvent mettre en œuvre des terminaisons ayant des caractéristiques très différentes. De telles variations sont prises en compte par le protocole H.248 qui permet aux terminaisons d'avoir des propriétés, des signalisations d'événements et des statistiques optionnelles. De telles options sont groupées en paquetages et une terminaison réalise un ensemble de tels paquetages. Le protocole définit seulement les

²⁴ Il est possible de faire une analogie entre de telles terminaisons et les ressources en circuits d'un commutateur téléphonique.

²⁵ De telles terminaisons – par opposition aux terminaisons statiques – représentent les supports des réseaux qui ne sont pas fondés sur un modèle en mode connexion tel que les réseaux IP.

Le Rapport essentiel sur la téléphonie IP

propriétés du niveau de base utilisées pour décrire les terminaisons. Les propriétés non incluses dans le protocole de base sont définies dans les *Paquetages*. Un contrôleur MGC peut analyser une MG pour déterminer l'état réel des propriétés, événements et signaux de terminaisons utilisant la commande **AuditValue**. La commande **AuditCapabilities** permet à un contrôleur MGC de rechercher dans une MG donnée toutes les valeurs possibles de propriétés de terminaison, d'événements et de signaux autorisés par elle.

Enfin, la commande **ServiceChange** permet à la MG de notifier au contrôleur MGC qu'une terminaison ou groupe de terminaisons est sur le point d'être mis hors service ou vient d'être remis en service. Cette commande est aussi utilisée par la MG pour annoncer sa disponibilité pour un contrôleur MGC, et pour notifier au contrôleur MGC l'imminence du redémarrage de la MG ou son achèvement.

Transactions

Les commandes entre le contrôleur MGC et la MG sont groupées en transactions; chacune est identifiée par un identificateur de transaction. Une transaction regroupe une ou plusieurs *Actions*; chacune d'entre elles consistant en une série de commandes qui se limitent à fonctionner dans un seul contexte. Cependant, lorsqu'une action suppose la modification d'une terminaison hors d'un contexte (commande *Modify*), ou lorsque le contrôleur MGC demande à la MG de créer un nouveau contexte (commande *Add* de la première terminaison), la spécification d'un identificateur de contexte pour une action donnée n'est pas nécessaire.

La sémantique d'exécution des transactions suit la règle classique du «tout ou rien». Une primitive **TransactionRequest** est invoquée par l'expéditeur et spécifie les actions qui doivent être exécutées par le récepteur. Le récepteur invoque une primitive **TransactionAccept** pour indiquer la réussite de l'achèvement de *toutes* les actions spécifiées par la primitive **TransactionRequest** ou **TransactionReject** si *au moins une* commande se rapportant à une action donnée a échoué. Le récepteur peut invoquer une ou plusieurs primitives **TransactionPending** pour indiquer à l'expéditeur qu'une transaction est en cours de traitement mais n'est pas encore achevée.

Paquetages

La spécification H.248 donne des exemples de cas pratiques d'application du protocole pour la commande de certaines catégories spécifiques de MG. Cependant la pierre de touche de l'applicabilité universelle du protocole (c'est-à-dire, un contrôleur MGC produit par un fabricant A pour contrôler une MG d'un fabricant B sans qu'il soit besoin d'une validation conjointe des deux produits) semble résider dans l'extension de paquetage. Les paquetages permettent à un fabricant d'équiper une MG de fonctions spécifiques pour le traitement de ces terminaisons et «annoncent» ces fonctions à tout contrôleur MGC à l'aide de la commande *Audit* de H.248.

G.2 Le protocole BICC de l'UIT-T

En juillet 2001, l'UIT a annoncé la mise au point définitive de la deuxième série de protocoles de commande d'appel indépendante du support (BICC), ce qui permet la transition des réseaux actuels publics commutés à des réseaux basés sur des serveurs de prochaine génération. Utilisant les dernières techniques de conception des réseaux, sur la base d'une architecture à passerelles de serveur, de mandataire et de média, BICC permet d'exploiter tous les services actuellement déployés sur les réseaux à commutation de circuits, ATM et IP, y compris les réseaux hertziens de troisième génération, sans toutefois limiter l'introduction à venir d'applications et de services multimodes multimédias innovants.

Annexe H – Numérotage électronique (ENUM)²⁶

La norme ENUM, décrite dans le document RFC2916 de l'IETF, définit un protocole et une architecture fondés sur le système de nom par domaine (DNS) de l'Internet, grâce auquel il est possible d'obtenir une correspondance entre les numéros de téléphone E.164 et les identificateurs de service d'appel, avec un ordre de priorité (messagerie électronique, URL de site Web, adresse SIP d'un serveur de téléphonie IP, messagerie vocale, autres numéros de téléphone,...). En utilisant le protocole ENUM, il est donc possible de trouver les différentes adresses de l'utilisateur cible sur la base d'un simple numéro de téléphone. L'utilisateur final peut aussi personnaliser la façon dont il ou elle peut être atteint, avec un seul numéro E.164. Il est facile d'ajouter ou de modifier une telle information additionnelle sans changer le numéro utilisé pour l'accès. Le protocole ENUM est ainsi vu comme une passerelle technique assurant la correspondance entre l'Internet et le réseau téléphonique commuté, permettant l'interfonctionnement entre les deux.

Le protocole ENUM et l'utilisation de mécanismes DNS ne posent aucun problème technique impliquant le fonctionnement incorrect de services fondés sur cette fonctionnalité. Cependant, la capacité de l'architecture centralisée et hiérarchisée du serveur DNS à accepter les demandes générées par les services qui ont besoin d'un transport d'information en temps réel et de haute qualité devra être déterminée à chaque niveau de l'architecture DNS, en fonction de la charge et du niveau de disponibilité requis par chaque service.

Pour trouver le nom DNS d'un numéro de téléphone E.164, la norme RFC2916 exige que les étapes suivantes soient franchies:

Tableau H.1 – Trouver le système de nom par domaine

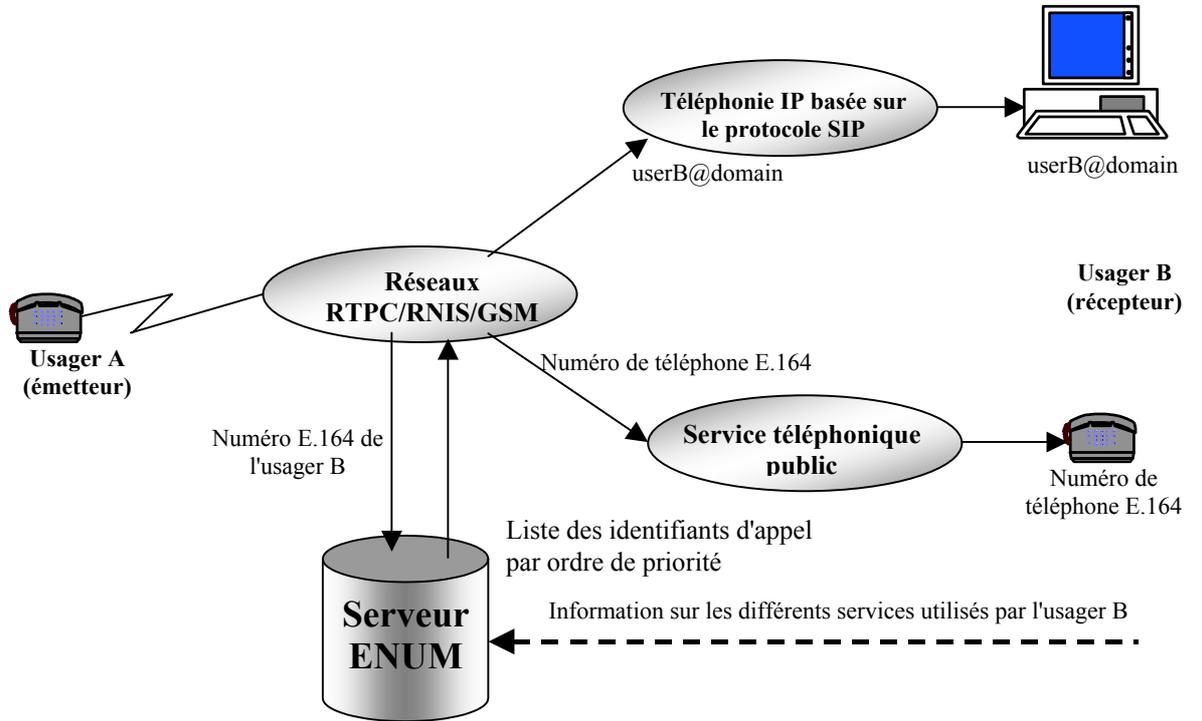
	Etape	Exemple
1	Ecrire le numéro E.164 dans sa forme complète avec le code de pays (IDDD)	+46-8-9761234
2	Supprimer tous les caractères non numériques excepté le symbole «+»	+4689761234
3	Supprimer tous les caractères non numériques	4689761234
4	Insérer un point («.») entre chaque chiffre du numéro	4.6.8.9.7.6.1.2.3.4
5	Inverser l'ordre des chiffres du numéro	4.3.2.1.6.7.9.8.6.4
6	Ajouter la suite «.e164.arpa» à la fin du numéro obtenu à l'étape 5	4.3.2.1.6.7.9.8.6.4.e164.arpa

En utilisant le nom de domaine obtenu à la dernière étape de la procédure décrite ci-dessus, on applique l'algorithme ENUM afin d'obtenir l'ordre de priorité des identificateurs de service d'appel. La figure ci-après donne un exemple du protocole ENUM dans le cas de l'utilisation d'un poste téléphonique traditionnel (analogique) via le réseau commuté.

²⁶ Pour plus d'informations, voir les pages Web suivantes:

- sur les travaux de l'IETF: <http://www.ietf.org/html.charters/enum-charter.html>;
- sur les travaux de la Commission d'études 2 de l'UIT-T: <http://www.itu.int/ITU-T/com2/index.html>.

Figure H.1 – Exemple d'utilisation d'ENUM dans le cas d'un réseau téléphonique commuté



Annexe I – Abréviations

ADSL	ligne d'abonné numérique asymétrique (<i>Asymmetric Digital Subscriber Line</i>)
AF	transmission assurée (<i>Assured Forwarding</i>)
AGW	passerelle d'accès (<i>Access Gateway</i>)
AH	en-tête d'identification (<i>Authentication Header</i>)
AN	nœud d'accès (<i>Access Node</i>)
ApGW	passerelle d'application (<i>Application Gateway</i>)
API	interface de programme d'application (<i>Application Programming Interface</i>)
ARIB	Association of Radio Industries And Businesses
AS	serveur d'application (<i>Application Server</i>)
ATM	mode de transfert asynchrone (<i>Asynchronous Transfer Mode</i>)
BAS	serveur d'accès à large bande (<i>Broadband Access Server</i>)
BICC	commande d'appel indépendante du support (<i>Bearer Independent Call Control</i>)
BW	largeur de bande (<i>Bandwidth</i>)
CAPEX	dépenses en capital (<i>Capital Expenditure</i>)
CDR	enregistrement détaillé des appels (<i>Call Detail Records</i>)
CELP	prédiction linéaire à excitation par code (<i>Code Excited Linear Prediction</i>)
CLNP	protocole de réseau en mode sans connexion (<i>Connectionless Network Protocol</i>)
CPE	équipement dans les locaux de l'utilisateur (<i>Customer Premises Equipment</i>)
CPL	codage prédictif linéaire
CPU	unité centrale de traitement (<i>Central Processing Unit</i>)
CS-ACELP	prédiction linéaire avec excitation par séquences codées à structure algébrique conjuguée (<i>Conjugate-Structure Algebraic-Code-Excited Linear Prediction</i>)
DAT	bande magnétique audionumérique (<i>Digital Audio Tape</i>)
DiffServ	protocole de services différenciés (<i>Differentiated Services Protocole</i>)
DLCI	identificateur de connexion de liaison de données (<i>Data Link Connection Identifier</i>)
DNS	système de nom par domaine (<i>Domain Name System</i>)
DRF	duplex à répartition en fréquence (<i>Frequency Division Duplex</i>)
DSCP	point de code de service différencié (<i>DiffServ Code Point</i>)
DSL	ligne d'abonné numérique (<i>Digital Subscriber Line</i>)
DSLAM	multiplexeur des accès des lignes d'abonnés numériques (<i>Digital Subscriber Line Access Multiplexer</i>)
DTR	rapidité de transfert de données (<i>Data Transfer Rate</i>)
EF	transmission express (<i>Expedited Forwarding</i>)
EMC	équipement de multiplication de circuits
ENUM	numérotage électronique (<i>Electronic Numbering</i>)

Le Rapport essentiel sur la téléphonie IP

ESP	Encapsulation sécurisée de la charge utile (<i>Encapsulating Security Payload</i>)
FDDI	interface de données avec distribution par fibre (<i>Fibre Distributed Data Interface</i>)
FEC	classe d'équivalence pour la transmission (<i>Forward Equivalence Class</i>)
FTP	protocole de transfert de fichiers (<i>File Transfer Protocol</i>)
GPRS	service général de radiocommunication en mode paquet (<i>General Packet Radio Service</i>)
GSM	système mondial de communications mobiles (<i>Global System for Mobile communication</i>)
HTTP	protocole de transfert hypertexte (<i>Hyper Text Transfer Protocol</i>)
ICMP	protocole de message de commande Internet (<i>Internet Control Message Protocol</i>)
ICV	valeur de vérification d'intégrité (<i>Integrity Check Value</i>)
IDD	service international automatique (<i>International Direct Dialling</i>)
IETF	groupe d'étude sur l'ingénierie Internet (<i>Internet Engineering Task Force</i>)
IKE	échange de clés Internet (<i>Internet Key Exchange</i>)
INAP	sous-système d'application de réseau intelligent (<i>Intelligent Network Application Part</i>)
IntServ	intégration des services (<i>Integrated Services</i>)
IP	protocole Internet
IPSec	protocole de sécurité IP (<i>IP Security Protocol</i>)
IPTN	réseau de téléphonie IP (<i>IP telephony Network</i>)
ISAKMP	protocole de gestion des clés et des associations de sécurité pour Internet (<i>Internet Security Association and Key Management Protocol</i>)
ISP	fournisseur de services Internet (<i>Internet Service Provider</i>)
ISR	revente simple internationale (<i>International Simple Resale</i>)
ISUP	sous-système utilisateur pour le RNIS
ITSP	fournisseur de services de téléphonie Internet (<i>Internet Telephony Service Provider</i>)
JAIN	API Java pour réseaux intégrés (<i>Java API for Integrated Networks</i>)
LAN	réseau local (<i>Local Area Network</i>)
LDAP	protocole d'accès aux annuaires allégé (<i>Lightweight Directory Access Protocol</i>)
LD-CELP	prédiction linéaire à faible délai avec excitation par code (<i>Low Delay-Code Excited Linear Prediction</i>)
LDP	protocole de distribution des étiquettes (<i>Label Distribution Protocol</i>)
LER	routeur d'extrémité supportant les étiquettes (<i>Label Edge Router</i>)
LEX	central local (<i>Local Exchange</i>)
LIB	base d'information sur les étiquettes (<i>Label Information Base</i>)
LMDS	système de distribution multipoint local (<i>Local Multipoint Distribution System</i>)
LSP	itinéraire commuté avec étiquette (<i>Label Switched Path</i>)
LSR	routeur de commutation des étiquettes (<i>Label Switching Router</i>)
MC	contrôleur multipoint (<i>Multipoint Controller</i>)
MCU	unité de conférence multipoint (<i>Multipoint Conference Unit</i>)
MDA	modulation delta adaptative

MGC	contrôleur de passerelle de média (<i>Media Gateway Controller</i>)
MGCP	protocole de contrôle de passerelle de média (<i>Media Gateway Control Protocol</i>)
MICD	modulation par impulsions et codage différentiel
MICDA	modulation par impulsion et codage différentiel adaptatif
MIPS	million d'instructions par seconde
MOS	note moyenne d'opinion (<i>Mean Opinion Score</i>)
MP	processeur multipoint (<i>Multipoint Processor</i>)
MPEG	groupe d'experts pour les images animées (<i>Motion Picture Expert Group</i>)
MPLS	commutation multiprotocole avec étiquette (<i>Multi Protocol Label Switching</i>)
MP-MLQ	quantification de probabilité maximale à impulsions multiples (<i>Multi-Pulse Maximum Likelihood Quantization</i>)
NAS	serveur d'accès au réseau (<i>Network Access Server</i>)
NAT	traduction d'adresses de réseau (<i>Network Address Translation</i>)
NGN	réseau de prochaine génération (<i>Next-Generation Network</i>)
NT	terminaison de réseau (<i>Network Termination</i>)
OPEX	dépenses de fonctionnement (<i>Operational Expenditure</i>)
OSA	accès ouvert aux services (<i>Open Service Access</i>)
OSI	interconnexion des systèmes ouverts (<i>Open System Interconnection</i>)
OSPF	premier itinéraire ouvert le plus court (<i>Open Shortest Path First</i>)
PABX	autocommutateur privé (<i>Private Automatic Branch Exchange</i>)
PBX	commutateur privé (<i>Private Branch Exchange</i>)
PC	ordinateur personnel (<i>Personal Computer</i>)
PCM	modulation par impulsions et codage (<i>Pulse Code Modulation</i>)
PDA	ordinateur de poche (<i>Personal Digital Assistant</i>)
PGP	logiciel de chiffrement PGP (<i>Pretty Good Privacy</i>)
PHB	comportement par saut (<i>Per Hop Behaviour</i>)
PINT	mesure du bruit de l'impact des particules (<i>Particle Impact Noise Test</i>)
PKI	infrastructure de clés publiques (<i>Public Key Infrastructure</i>)
POI	point d'interconnexion (<i>Point of Interconnection</i>)
POTS	service téléphonique ordinaire (<i>Plain Old Telephony Service</i>)
PPP	protocole point à point
PTS	point de transfert de signalisation
QS	qualité de service
RGW	passerelle résidentielle (<i>Residential Gateway</i>)
RI	réseau intelligent
RMTP	réseau mobile terrestre public
RNIS	réseau numérique avec intégration des services

Le Rapport essentiel sur la téléphonie IP

RPE-LTP	excitation par impulsions régulières avec codage prédictif linéaire utilisant une prévision à long terme (<i>Regular Pulse Excitation/Linear Predictive Coding Using Long-Term Prediction</i>)
RSVP	protocole de réservation de ressources (<i>Resource ReSerVation Protocol</i>)
RTCP	protocole de contrôle du transport en temps réel (<i>Real-time Transport Control Protocol</i>)
RTP	protocole de transport en temps réel (<i>Real-time Transport Protocol</i>)
RTPC	réseau téléphonique public commuté
SCN	réseau à commutation de circuits (<i>Switched Circuit Network</i>)
SCP	point de commande de service (<i>Service Control Point</i>)
SCTP	protocole de transmission de commande de flux (<i>Signalling Connection Transfer Protocol</i>)
SDH	hiérarchie numérique synchrone (<i>Synchronous Digital Hierarchy</i>)
SIGTRAN	transport de signalisation (<i>Signalling Transport</i>)
SIP	protocole d'initiation de session (<i>Session Initiation Protocol</i>)
SKEME	mécanisme d'échange de clés sécurisé (<i>Secure Key Exchange Mechanism</i>)
SLA	accord de niveau de service (<i>Service Level Agreement</i>)
SLS	spécification de niveau de service (<i>Service Level Specification</i>)
SMTP	protocole de transfert de messages en mode simple (<i>Simple Mail Transfer Protocol</i>)
SNMP	protocole simple de gestion de réseau (<i>Simple Network Management Protocol</i>)
SPIRITS	Service du RTPC/RI demandant un service Internet
SS7	système de signalisation n°7
SSCS	sous-système commande de connexion sémaphore
SSGT	sous-système application pour la gestion des transactions
TCP	protocole de commande de transmission (<i>Transmission Control Protocol</i>)
TDD	duplex à répartition dans le temps (<i>Time Division Duplex</i>)
TDM	multiplexage temporel (<i>Time Division Multiplexing</i>)
TEX	centre de transit (<i>Transit Exchange</i>)
TGW	passerelle de jonction (<i>Trunking Gateway</i>)
TLL	durée de vie (<i>Time to Live</i>)
TLS	sécurité de la couche transport (<i>Transmission Level Security</i>)
UDP	protocole datagramme d'utilisateur (<i>User Datagram Protocol</i>)
URI	identificateur universel de ressources (<i>Universal Resource Identification</i>)
UTRA	accès radioélectrique de Terre universel (<i>Universal Terrestrial Radio Access</i>)
VCI	identificateur de circuit virtuel (<i>Virtual Circuit Identifier</i>)
VoDSL	voix sur ligne d'abonné numérique (<i>Voice over Digital Subscriber Line</i>)
VoIP	voix sur IP
VoP	voix sur paquet
VPI	identificateur de trajet virtuel (<i>Virtual Path Identifier</i>)

VPN	réseau privé virtuel (<i>Virtual Private Network</i>)
WAIS	serveur d'information à vaste zone (<i>Wide Area Information Server</i>)
WAN	réseau étendu (<i>Wide Area Network</i>)
WWW	World Wide Web

Annexe J – Questions et problèmes appelant un complément d'examen²⁷

J.1 Il est généralement admis actuellement qu'offrir aux utilisateurs finals un accès large bande aux réseaux IP consiste avant tout à leur offrir de nouveaux services et de nouvelles applications – qui n'ont souvent pas encore été exactement déterminés même si de nombreuses idées circulent à leur sujet dans la documentation – et qui vont au-delà de la téléphonie de base ou de l'accès à l'Internet. Il reste encore difficile de mettre massivement en place un accès à large bande, même dans les pays développés.

J.2 La fourniture de l'accès au réseau téléphonique a toujours été liée aux recettes qui en découlent grâce à la vente d'un service téléphonique sur le réseau: la difficulté pour les opérateurs qui déploient un accès à large bande – lorsqu'ils ne reçoivent pas de subvention d'une autorité publique ou ne bénéficient pas d'une subvention croisée tirée d'une activité lucrative de téléphonie traditionnelle – tient au fait que leur modèle commercial n'est pas viable – beaucoup d'entre eux ont d'ailleurs fait faillite récemment – s'ils s'en tiennent au modèle de fournisseur de services Internet consistant à assurer seulement un service d'accès de base sans obtenir suffisamment de recettes des services de réseau.

J.3 Les difficultés économiques décrites ci-dessus soulèvent la question technique de fond ci-après qui reste posée aujourd'hui: est-ce que la téléphonie IP – et ultérieurement le service de communication multimédia – peut se contenter d'être une simple application (selon le modèle Internet, c'est-à-dire sans une participation active au réseau) ou doit-elle être un service des réseaux comme cela se fait aujourd'hui dans les réseaux téléphoniques? Et si le réseau va devoir participer à la fourniture de la téléphonie IP en tant que service, dans ce cas, dans quelle mesure devra-t-on recourir aux principes techniques utilisés par les réseaux de téléphonie traditionnelle et comment ces principes seront-ils mis en œuvre?

J.4 Il est admis que les pays en développement souffrent non seulement d'un accès à large bande insuffisant mais également de l'insuffisance d'accès de base à un quelconque réseau téléphonique. D'autre part, la téléphonie IP peut, si d'autres facteurs interviennent, amener une baisse des recettes pour les opérateurs, et les fournisseurs de services Internet doivent tenir compte des redevances de connexion aux réseaux dorsaux IP en raison, entre autres, des volumes de trafic qu'ils attirent sur leur réseau.

J.5 Il n'existe pas de solution technique magique pour surmonter les obstacles en question. Il ne fait pas de doute que ces pays aient à déployer des réseaux dorsaux IP pour faire face au volume croissant du trafic de données vers l'Internet. Cela étant, il est urgent – à court ou moyen terme – d'améliorer l'accès à l'ensemble du réseau, que ce soit au moyen d'une technologie traditionnelle à bande étroite ou, de préférence, à large bande afin de déclencher le cycle vertueux de l'accroissement des recettes et des baisses successives des coûts d'accès. Pour ce faire, la téléphonie – qui est aujourd'hui le seul service de réseau à grande échelle connu et qui assure des recettes même dans les économies développées – doit être proposée comme un service de réseau, quelle que soit la technologie employée (qu'il s'agisse d'une transmission MRT traditionnelle ou du nouveau transfert de paquets IP).

J.6 Pour que la téléphonie puisse être proposée comme un *service* de réseau assuré par transfert IP (téléphonie IP), il faut modifier la manière dont les *applications* actuelles de téléphonie sont mises à disposition sur l'Internet. Les chapitres ci-dessus ont fait ressortir certains des divers problèmes rencontrés par la téléphonie IP pour devenir un service de réseau fiable; ils présentent tous un dénominateur technique commun: il faut que des éléments du réseau aient connaissance d'un objet de service (c'est-à-dire un appel) qui, à un moment donné, est fourni à un utilisateur final, chaque sous-réseau impliqué contribuant à la réalisation du service de bout en bout et s'en voyant attribuer la responsabilité.

²⁷ La liste de «Questions et problèmes appelant un complément d'examen» a été établie sur la base des propositions formulées par les experts à l'occasion de la troisième et dernière réunion. Cette liste a pour objet de susciter des débats, sans pour autant refléter l'avis unanime des experts présents à cette réunion.

Le Rapport essentiel sur la téléphonie IP

J.7 Pour atteindre l'objectif ci-dessus et compte tenu de la spécificité de chaque situation, une solution raisonnable consiste à renforcer et à développer les réseaux téléphoniques existants avec un équipement qui ne se périmé pas trop vite et à transformer peu à peu ces réseaux en un réseau de la prochaine génération faisant appel à une technologie convergente de transmission IP assurant à la fois les services de transmission de données et des services vocaux/multimédias.

Annexe K – Travaux de normalisation concernant la «téléphonie IP»

Synthèse des travaux de normalisation sur le thème de la téléphonie IP correspondant aux aspects techniques mentionnés dans l'Avis D du Groupe d'experts (FMPT-01).

La présente annexe est une synthèse de travaux réalisés ou en cours de réalisation au sein de diverses Commissions d'études (CE) et d'autres organisations de normalisation (SDO) concernant les aspects techniques de la téléphonie IP étudiés par le Groupe d'experts. Elle ne prétend pas être exhaustive, mais elle fournit des informations sur les aspects techniques qui pourront être utiles à ceux qui mettent en œuvre divers scénarios techniques concernant la téléphonie IP. On notera qu'il s'agit d'une synthèse de références du secteur reçues en septembre 2001.

Etant donné le grand nombre d'organisations régionales et internationales travaillant sur les questions techniques liées à la téléphonie IP, le Groupe d'experts invite les Etats Membres de l'UIT, les Membres de Secteur, les SDO et d'autres organisations compétentes à contribuer à l'élaboration de ce document dynamique par des contributions sur l'état d'avancement des travaux techniques. Une liste détaillée peut ainsi être compilée plus facilement.

Les informations mentionnées dans les pages suivantes ont été fournies par:

- les vice-présidents des commissions d'études (CE), les Présidents et les Vice-présidents des Groupes de travail de l'UIT-T;
- les comités et sous-comités techniques de la *Telecommunications Industry Association* (TIA) (<http://www.tiaonline.org/standards/> and <http://www.tiaonline.org/standards/ip/>)²⁸;
- le comité T1 et les sous-comités techniques (<http://www.t1.org/html/org.htm> et <http://www.t1.org/html/standard.htm>)²⁸;
- le Groupe d'étude sur l'ingénierie Internet (IETF) (<http://www.ietf.org/html.charters/wg-dir.html>);
- d'autres commentaires reçus du secteur américain et de la *National Telecommunication and Information Administration/Institute of Telecommunications Sciences* (NTIA/ITS)²⁸;
- le site Web de l'UIT-T et les documents connexes (<http://www.itu.int/ITU-T/>).

Projets de partenariat de troisième génération (3GPPs):

Les 3GPP, reconnus comme émanant d'un organisme développant des spécifications, sont la résultante d'un travail de collaboration; ils rendent leurs résultats plus accessibles à l'UIT en transposant les spécifications dans une organisation de normalisation (SDO) en une norme qu'ils soumettent à l'UIT, via le processus national applicable.

3GPP: élabore des spécifications et des rapports techniques à l'échelle mondiale pour un système mobile 3G basé sur des réseaux centraux évolués GSM et les technologies d'accès radioélectrique exploitées (par exemple, les modes accès radioélectrique de Terre universel (UTRA), duplex à répartition en fréquence (DRF) et duplex à répartition dans le temps (TDD)). Les partenaires ont par ailleurs convenu de coopérer à la tenue à jour et au développement des spécifications et rapports techniques GSM, y compris des technologies d'accès radioélectrique évoluées (par exemple, le GPRS et l'EDGE (*Enhanced Data rates for GSM Evolution*)).

3GPP2: élabore des spécifications mondiales pour l'ANSI/TIA/EIA-41, l'évolution du réseau «Cellular Radiotelecommunication Intersystem Operations» en un réseau 3G ainsi que les spécifications mondiales pour les technologies de transmission radioélectrique (RTT) exploitées par l'ANSI/TIA/EIA-41. 3GPP2 est né de l'initiative IMT-2000 (UIT) pour les systèmes mobiles à haut débit, à large bande et basés IP, offrant l'interconnexion réseau à réseau, une transparence des caractéristiques/services, l'itinérance mondiale et des services continus quelle que soit la localisation.

²⁸ Approbation par l'UIT-T pour la mise en œuvre des Recommandations A.5 «Procédures génériques pour l'inclusion dans les Recommandations de l'UIT-T de références à des documents émanant d'autres organisations» et A.6 «Coopération et échange d'informations entre l'UIT-T et les organisations de normalisation régionales et nationales».

Le Rapport essentiel sur la téléphonie IP

Commissions d'études de l'UIT-T et sites web concernés:

CE 2, «Aspects opérationnels de la fourniture des services, réseaux et qualité de fonctionnement»

(<http://www.itu.int/ITU-T/studygroups/com02/index.html>)

CE 4, «Gestion des télécommunications y compris le RGT»

(<http://www.itu.int/ITU-T/studygroups/com04/index.html>)

CE 7, «Data Networks and Open System Communications»

(<http://www.itu.int/ITU-T/studygroups/com07/index.html>)

CE 9, «Réseaux en câble intégrés à large bande et transmission télévisuelle et sonore»

(<http://www.itu.int/ITU-T/studygroups/com09/index.html>)

CE 11, «Spécifications et protocoles de signalisation» [CE sur les réseaux intelligents]

<http://www.itu.int/ITU-T/studygroups/com11/index.html>

CE 12, «Qualité de transmission de bout en bout des réseaux et terminaux»

(<http://www.itu.int/ITU-T/studygroups/com12/index.html>)

CE 13, «Réseaux multiprotocoles et réseaux utilisant le protocole IP et leur intégration»

(<http://www.itu.int/ITU-T/studygroups/com13/index.html>)

Documents connexes: CE 13 de l'UIT-T. Description du projet IP version 5

(<http://www.itu.int/ITU-T/studygroups/com13/ip/documents/IPProjectLastVersion5.doc>)

Activité connexe liée à la CE 13: infrastructure mondiale de l'information (GII)

(<http://www.itu.int/ITU-T/studygroups/com13/gii/index.html>)

Organisation des Recommandations de l'UIT-T relatives à IP, séries Y.1000 à Y.1800

(<http://www.itu.int/ITU-T/studygroups/com13/ip/y1000series.html>)

Liste complète des Recommandations des séries Y

(<http://www.itu.int/rec/recommendation.asp?lang=e&type=products&parent=T-REC-Y>)

CE 16, «Services, systèmes et terminaux multimédias»

(<http://www.itu.int/ITU-T/studygroups/com16/index.html>)

Documents connexes: CE 16 de l'UIT-T. Description du projet Mediacom 2004

(<http://www.itu.int/ITU-T/studygroups/com16/mediacom2004/index.html>)

Commission d'études spéciale, «IMT-2000 et systèmes ultérieurs» [aspects réseau]

(<http://www.itu.int/ITU-T/studygroups/ssg/index.html>)

UIT-T IMT-2000 et projet sur les aspects réseau

(<http://www.itu.int/ITU-T/imt-2000/index.html>)

Lien UIT-D:

Guide de gestion et de développement des connexions et interconnexions de réseaux aux nœuds nationaux Internet (introduction à titre d'information)

(<http://www.itu.int/itu-d/bdtint/Publications/administ.htm>)

1 Définitions de travail de la téléphonie IP

CE 13 de l'UIT-T, Q.15, «Terminologie générale des réseaux, notamment des réseaux IP»
American National Standard (ANS) T1.523, «Telecom Glossary 2000». Ce document en ligne, utilisant des liens hypertextes, fournit les définitions officielles de plus de 8000 termes des télécommunications (<http://www.its.bldrdoc.gov/projects/telecomglossary2000/>). La Q.15 de la CE 13 de l'UIT-T propose d'introduire ce glossaire dans une Recommandation existante de l'UIT-T.

Le sous-comité technique de la TIA (TR)-41.4, «IP telephony Gateways and Infrastructure». [Numéro de projet (PN)-3-4601] «IP telephony Gateways and Related Control Infrastructure». Dans ce projet, la terminologie relative à la téléphonie IP est relevée puis définie si nécessaire. Les résultats devaient être publiés sous la forme d'un «Telecommunications Systems Bulletin (Bulletin TSB)», 5/2002.

2 Architectures de réseau

CE 13 de l'UIT-T (architectures fondées sur IP) et CE 16 (architectures multimédias associées).
 CE 9 de l'UIT-T Projet IPCablecom (<http://www.itu.int/itudoc/itu-t/com9/ipcable/index.html>).
 CE 16 de l'UIT-T, Q.B, «Architecture multimédia».

Note du secteur: une autre architecture émergente fait intervenir des systèmes optiques sur IP.

Recommandations (séries Y-1200) de l'UIT-T (relatives à IP).

TIA TR-34.1, «Communications and Interoperability [Satellite-oriented]». Des efforts sont actuellement déployés pour créer un GT sur les architectures IP avec qualité de service pour les réseaux à satellite.

TIA TR-45.2, «Wireless Intersystem Technology». Concernant IP, Core Network-Legacy MS Support Domain- (PN-4934) doit être publié comme TIA/EIA/IS-872, «IP Core Network-Legacy MS Support Domain» et IP Core Network-Multimedia Domain- (PN-4935) doit être publié comme TIA/EIA/IS-873, «IP Core Network-Multimedia Domain». Vote prévu à la fin 2001.

GT IETF téléphonie IP (iptel): élabore des solutions à des problèmes liés à la propagation des informations de routage pour les protocoles VoIP (par exemple SIP et H.323). Le groupe iptel a défini un protocole de routage téléphonique sur IP (TRIP, *Telephony Routing over IP*) qu'il continue d'affiner. D'autres travaux portent sur le langage utilisateur de commande des services téléphoniques Internet, la gestion de la base d'informations TRIP, le cadre et les spécifications du langage de traitement des appels (RFC 2824) et un cadre pour un protocole de localisation de passerelle (RFC 2871).

2a Architectures actuelles

CE 16 de l'UIT-T, Q.2, «Multimédia par réseaux à commutation de paquets utilisant des systèmes H.323».

TIA TR-45.6, «Adjunct Wireless Packet Data Technology». A élaboré le Bulletin TSB et les normes suivants pour les architectures de réseau de données par paquets CDMA2000: TIA/EIA/TSB115, «cdma2000 Wireless IP Architecture based on IETF Protocols», décembre 2000; TIA/EIA/IS-835, «cdma2000 Wireless IP Network Standard», décembre 2000; TIA/EIA/IS-835-A, «cdma2000 Wireless IP Network Standard – Revision A», 5/2001.

[TIA TR-45.6 a développé l'architecture de réseau de données CDPD] TIA/EIA-732, «Cellular Digital Packet Data (CDPD) System Specification». Publié au 3^e trimestre 2001.

2b Architecture de réseau ouvert

CE 13 de l'UIT-T, Q.1, «Principes, prescriptions, cadres structurels et architectures d'un environnement général de réseau hétérogène».

2c Capacités réseau

CE 13 de l'UIT-T et CE 16: Recommendations (par exemple, série H) portant sur les réseaux IP, les capacités et l'interfonctionnement.

TIA TR-41, «User Premises Telecommunications Equipment Requirements». Traite des normes facultatives pour les équipements terminaux et systèmes de télécommunication et pour les réseaux, spécialement ceux utilisés pour les services vocaux, les services intégrés voix et données et les applications IP (*Internet Protocol*). Couvre également les équipements locaux d'abonnés sans fil et la mobilité des réseaux privés; y compris le critère de service et de performance pour les équipements, les systèmes et les réseaux, ainsi que les informations nécessaires pour assurer l'interconnexion entre eux, avec les réseaux publics, les infrastructures de téléphonie IP et les services de lignes privées fournis par les opérateurs.

TIA TSB-122-A, «Telecommunications – IP telephony Equipment – Voice Gateway Loss and Level Plan Guidelines», [TR-41] a été publié en juillet 2000 et couvre les exigences de transmission (perte et niveau) pour les passerelles vocales. Pour ce Bulletin TSB, une passerelle vocale est considérée comme un dispositif permettant d'acheminer la voix entre les téléphones, entre les téléphones et les jonctions du réseau public ou entre les jonctions (jonctions privées et publiques). Les téléphones mentionnés comprennent deux types: les téléphones analogiques normalement compatibles avec les paramètres spécifiés dans ANSI/EIA/TIA-470-B et les téléphones numériques normalement compatibles avec les paramètres spécifiés dans ANSI/TIA/EIA-810-A.

TIA TR-41.4: [PN-3-4826] «IP telephony Voice Gateway Transmission Requirements». Ce document définit les exigences de transmission pour les passerelles vocales basées sur la technologie IP. Il étend l'information dans TSB-122-A pour inclure d'autres paramètres tels que la caractéristique en fonction de la fréquence, la distorsion, le bruit, le retard et la perte de paquets. Il fournit également les spécifications de planification de pertes sur demi-circuit qui permettront l'interfonctionnement avec les passerelles vocales IP européennes. Ce document sera publié comme norme TIA et devrait être prêt pour le scrutin après le 11/2001. Le CT ETSI «Speech Processing, Transmission and Quality (STQ)» et le TIA développent une norme de planification de perte sur demi-circuit harmonisée équivalente.

TIA TR-45.5, «Wideband Spread Spectrum Digital Technology». Fournit les définitions de deux services de transmission de données par paquets sur IP pour IMT-2000, dont TIA/EIA/IS-707-A, «Data Service Options for Wideband Spread Spectrum Systems» et TIA/EIA/IS-707-B (publication prochaine), «Data Services Option Standard for Wideband Spread Spectrum Systems».

TIA TR-45.5: Faisant intervenir TIA/EIA/IS-cdma2000-A, «cdma2000 Series», l'option de service 33, le protocole RLP (*Radio Link Protocol*) sous-jacent a été étendu pour couvrir l'ensemble des débits et des tailles de trame définis dans la couche physique cdma2000, en renforçant également toutes les tailles de trame des couches physiques de la couche MAC. Faisant intervenir TIA/EIA/IS-856, «cdma2000 High Rate Packet Data Air Interface Specification», la technologie cdma2000 a été améliorée grâce à 1xEV-DO, conçu spécialement pour optimiser le débit et la capacité d'un réseau de données par paquets basé sur la technologie IP, cdma2000.

Projet TIPHON (*Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks*) de l'ETSI: traite de la communication vocale et de la communication par bande téléphonique associée (comme la télécopie) entre les utilisateurs, permettant aux utilisateurs raccordés aux réseaux IP de communiquer avec les utilisateurs sur les réseaux SCN tels que RTPC/RNIS et GSM, et vice versa. Les travaux connexes portent sur l'interopérabilité des services, l'architecture, la commande des appels, le numérotage/l'adressage, les aspects de vérification et de mobilité (<http://www.etsi.org/tiphon/>).

GT MEGACO (*Media Gateway Control*) de l'IETF: étudie les architectures et les spécifications concernant la commande des passerelles de média à partir d'éléments de contrôle externes, tels que le contrôleur de passerelle de média. Une passerelle de média est un élément de réseau qui assure la conversion entre les informations véhiculées sur les circuits téléphoniques et les paquets de données transportés sur l'Internet ou sur les autres réseaux IP.

3 Qualité de service

CE 12 de l'UIT-T, «Qualité de transmission de bout en bout des réseaux et terminaux». Commission d'études de l'UIT-T directrice en matière de QS.

CE 12 de l'UIT-T, Q.10 [planification générale]: «Planification de la transmission de la parole pour les services en bande vocale, de données et multimédias».

CE 12 de l'UIT, Q.12 [planification IP et RTPC/IP]: «Considérations relatives à la qualité de transmission des services assurés en bande vocale sur des réseaux utilisant le protocole IP».

CE 12 de l'UIT-T, Q.13 [planification QS MM]: «Exigences de QS/performances pour les systèmes multimédias».

CE 12 de l'UIT-T, Q.14 [planification IP et PSTN/IP]: «Effets de l'interfonctionnement entre plusieurs domaines IP sur la qualité de transmission des services VoIP et des services en bande vocale».

CE 12 de l'UIT-T, Q.15 [Aspects de coordination générale QS]: «Coordination de la QS et du fonctionnement».

CE 13 de l'UIT-T: GT 4, «Qualité de fonctionnement des réseaux et gestion des ressources». Q.4, «Gestion des ressources large bande et IP»; Q.6, «Qualité de fonctionnement des réseaux IP dans la nouvelle infrastructure mondiale de l'information»; Q.9, «Qualité de traitement des appels».

CE 13 de l'UIT-T, Q.4, » Gestion des ressources large bande et IP ». Projet de Recommandation Y.iptc, «Traffic Control and Congestion Control in IP-based Networks». Décrit le contrôle du trafic et les mécanismes de gestion de l'encombrement nécessaires pour exploiter les services avec QS, lorsque la QS est négociée entre un utilisateur et le réseau. Spécifie les capacités de transfert IP, y compris, pour chaque IPTC, le modèle du service, les mouvements de trafic associés et la définition de la conformité.

CE 13 de l'UIT-T, Q.6, «Qualité de fonctionnement des réseaux IP dans la nouvelle infrastructure mondiale de l'information». Recommandation Y.1540 (par exemple I.380, «Service de communication de données par protocole Internet – Paramètres de performances en matière de transfert de paquets IP et de disponibilité»), «Transfert de paquets IP et disponibilité». Définit les paramètres qui pourront être utilisés pour spécifier et évaluer la vitesse, la précision, la sûreté de fonctionnement et la disponibilité du transfert des paquets IP dans le service de communication de données IP internationales.

CE 13 de l'UIT-T, Q.6, «Qualité de fonctionnement des réseaux IP dans la nouvelle infrastructure mondiale de l'information». Projet de Recommandation Y.1541, «Objectifs de qualité de fonctionnement pour les services en mode IP». Définit les objectifs provisoires pour les paramètres de performance du réseau IP et les classes de qualité de service (QS).

CE 13 de l'UIT-T, Q.9, «Qualité de traitement des appels». Projet de Recommandation Y.1530, «Call Processing Performance for Voice Service In Hybrid IP Networks». Définit les paramètres de performance, les objectifs et les classes QS pour le traitement des appels point à point dans le service vocal sur les réseaux IP hybrides.

CE 16 de l'UIT-T, Q.F, «Qualité de service et fonctionnement de bout en bout des systèmes multimédias».

Recommandations de l'UIT-T relatives à IP (série Y.1500).

Comité T1, sous-comité technique T1A1, «Performance and Signal Processing». Développe et recommande les normes et les rapports techniques liés à la description des performances et au traitement de la parole, du son, des images et des signaux vidéo ainsi que de leur intégration multimédia.

Comité T1, sous-comité technique T1A1: ANS T1.520, «IP Packet Transfer and Availability Performance Parameters». Adopte la Recommandation I.380 de l'UIT-T, «Internet Protocol Data Communication Service – IP Packet Transfer and Availability Performance Parameters».

Comité T1, sous-comité technique T1A1: ANS T1.522, «Quality of Service for Business Multimedia Conferencing». Définit les exigences QS pour les conférences multimédias sur les réseaux IP.

Comité T1, sous-comité technique T1A1: T1 TR 70, «Reliability/Availability Framework for IP-Based Networks and Services».

ETSI/TIPHON GT 5, «Quality of Service Aspects».

Le Rapport essentiel sur la téléphonie IP

TIA TR-34.1: Proposition d'un GT sur «IP QS Architectures for Satellite Networks».

TIA TR-34.1: Concernant le VoIP par satellite, un GT «IP over Satellite» a été créé pour examiner les questions de performance.

TIA TR-45.2: (PN-4934) devant être publié sous la dénomination TIA/EIA/IS-872, «IP Core Network-Legacy MS Support Domain» et (PN-4935) sous la dénomination TIA/EIA/IS-873, «IP Core Network-Multimedia Domain».

3a Interfonctionnement avec IP et RTPC

Comité T1, sous-comité technique T1A1: T1 TR 55, «Reliability and Survivability Aspects of the Interactions Between the Internet and Public Telecommunications Networks».

Comité T1, sous-comité technique T1A1: T1 TR 56, «Performance Guidelines for Voiceband Services over Hybrid Internet/PSTN Connections».

TIA TIA/EIA-810-A, «Telecommunications – Telephone Terminal Equipment – Transmission Requirements for Narrowband Voice over IP and Voice over PCM Digital Wireline Telephones», [TR-41], publié en décembre 2000, définit les critères de performance audio des combinés, des oreillettes et des kits mains libres pour les téléphone numériques sans fil, indépendamment du protocole utilisé et du format numérique. Ces critères ne s'appliquent qu'à la bande étroite classique, à savoir la gamme de fréquences comprise entre 300 et 3 400 Hz. La téléphonie à large bande, dans la gamme de 150 à 6 800 Hz, représente une amélioration susceptible d'être apportée par les téléphones VoIP. Les critères de performance de la téléphonie à large bande seront pris en compte dans les futures normes TIA/EIA.

TIA TIA/EIA/IS – 811, «Telecommunications – Telephone Terminal Equipment – Performance and Interoperability Requirements for Voice-over-IP (VoIP) Feature Telephones», [TR-41], publié en juillet 2000, spécifie les critères d'interopérabilité, de performance acoustique, d'exploitation de services supplémentaires, de sécurité, de compatibilité électromagnétique et de performances environnementales des téléphones VoIP. Ces critères s'appliquent spécifiquement aux téléphones VoIP qui sont connectés aux réseaux Ethernet via un câble UTP certifié (par ISO/CEI 11801). Cette norme est compatible, dans la mesure du possible, avec les normes IEEE 802.3 relatives à l'interface électrique/physique Ethernet.

TIA TSB-116, «Telecommunications – IP Telephony Equipment – Voice Quality Recommendations for IP Telephony», [TR-41] a été publié en mars 2001. Ce TSB vise à fournir des lignes directrices pour la téléphonie IP en ce qui concerne la qualité de transmission vocale de bout en bout (par exemple en Amérique du Nord) ainsi qu'une assistance E-model pour les scénarios IP. La téléphonie IP comporte certaines dégradations, certaines étant déjà connues, d'autres pas encore. Le E-Model (ITU-T Rec. G.107) est un outil qui permet d'estimer une qualité vocale de bout en bout, en tenant compte des paramètres de téléphonie IP et des dégradations. Ce TSB décrit dans un premier temps comment le E-Model traite les dégradations de la téléphonie IP et fournit des recommandations générales en termes de conception pour la meilleure performance de qualité vocale possible, indépendamment du coût, de la technologie disponible et des attentes des clients. Ces recommandations incluent des scénarios IP spécifiques visant à fournir une assistance E-model pour l'analyse des réseaux réels.

TIA TSB-122-A, «Telecommunications – IP Telephony Equipment – Voice Gateway Loss and Level Plan Guidelines»; y compris ANSI/EIA/TIA-470-B (téléphones analogiques) et ANSI/TIA/EIA-810-A (téléphones numériques) associés.

TIA TR-41.4: [PN-3-4462-URV] «Performance and Interoperability Requirements for Voice-over-IP (VoIP) Telephone Terminals». Projet visant à réviser TIA/EIA/IS-811 et à améliorer son statut ANS. Vote prévu en mai 2002.

TIA TR-41.4: [PN-3-4826] «IP telephony Voice Gateway Transmission Requirements». Etend TIA TSB-122-A et permet l'interfonctionnement avec les passerelles vocales IP européennes. ETSI/STQ et TIA développent une norme équivalente harmonisée de planification des pertes sur demi-circuit.

TIA TR-34.1 GT, «Satellite IP (VoIP) over Satellite». Examine les questions de performance.

TIA TR-45.4, «Radio to Switching Technology». Les spécifications mises au point utilisent l'IP mobile dans leurs interfaces R-P (Radio-Packet) – par exemple interface A – pour le PDSN (*Packet Data Switching Network*). TIA/EIA/IS-2001, «Interoperability Specifications (IOS) for cdma2000 Access Network Interfaces», publié en décembre 2000, traite des caractéristiques correspondant à la phase 0 de l'interface air 1X TIA/EIA IS-2000, «cdma2000 Series», y compris une interface de données par paquets ouverte. De plus, un projet qui pourrait être une évolution de TIA/EIA/IS-2001 (exploitant la plupart des caractéristiques de terminaison A) prend forme, incluant la simple sélection PDSN, la voix et les données concurrentes, les rafales de données courtes, le transfert intergénération et l'amélioration des données par paquets. Un autre projet, conçu comme une révision de TIA/EIA/IS-2001-A, décrit le contenu d'une évolution de la série IOS V4.x de 3GPP2 (réalisation prévue pour la mi-2001). Les caractéristiques spéciales qui devront être prises en compte dans IOS V4.2 comprennent notamment 1x EV/DO (qui peut être indépendant de V4.2), la qualité de service de bout en bout et la négociation de la qualité de service, RAN OAM&P, l'exploitation d'équipements pour un même canal seulement et l'interfonctionnement ISDN à 128 kbit/s. Il est à noter également que le IOS V5.0 sera développé dans 3GPP2 et devrait inclure la phase 1 tout-IP.

ETSI TIPHOH: Communication entre les usagers raccordés aux réseaux IP et à commutation de circuits.

IETF GT PSTN/Internet Interfaces (PINT): traite des arrangements en termes de connexions permettant aux applications Internet d'interroger et d'enrichir les services téléphoniques sur le RTPC. Ainsi, le service Pages jaunes sur le Web permet d'initier des appels sur le RTPC entre les clients et les fournisseurs. D'autres arrangements portent sur le protocole SSTP (*Service Support Transfer Protocol*), les protocoles et architectures de gestion de service et les protocoles nécessaires à l'exploitation des services permettant à un utilisateur de l'Internet d'initier un appel téléphonique (via le RTPC) vers un terminal RTPC (par exemple, un téléphone ou un télécopieur).

IETF GT SPIRITS (*Services in the RTPC/RI Requesting Internet Services*): étudie comment les services exploités par les entités de réseau IP peuvent être activés via des demandes sur le réseau intelligent (IN) ainsi que les protocoles permettant au RTPC de commander des actions à exécuter sur le réseau IP, en réponse à certains événements (commandes RI) sur le RTPC/RI. SPIRITS traite de l'architecture et des protocoles pour la transmission sécurisée des informations de commande RI (demande d'action et simple notification des événements, y compris les paramètres) du RTPC/RI au réseau IP et des réponses éventuelles du réseau IP vers le RTPC/RI.

IETF GT SIGTRAN (*Signalling Transport*): étudie la transmission de la signalisation RTPC en mode paquet sur les réseaux IP, en tenant compte des exigences fonctionnelles et de performance de la signalisation RTPC. Pour l'interfonctionnement avec le RTPC, les réseaux IP doivent transmettre la signalisation, comme les messages Q.931 ou ISUP du SS7, entre les nœuds IP tels que le contrôleur de passerelle de signalisation et de média ou la passerelle de média.

IETF GT MEGACO (*Media Gateway Control*): étudie les architectures et les spécifications concernant la commande des passerelles de média à partir d'éléments de contrôle externes, tels que le contrôleur de passerelle de média.

3b Interfonctionnement entre les îlots techniques:

i) Normes (IETF) telles que MPLS, DiffServ (*Differentiated services – best effort in IP networks*, QS Forum.org) RSVP

CE 11 de l'UIT-T, «Spécifications et protocoles de signalisation», complète (juillet 2001) la deuxième série de protocoles BICC et permet aux opérateurs de réseau d'offrir toute la gamme de services RTPC/RNIS, y compris l'ensemble des services supplémentaires, via divers réseaux de transmission de données. De plus, BICC *Capability Set 2* (CS 2) fournit les protocoles de signalisation pour les réseaux sans fil de troisième génération, permettant l'établissement d'un appel sans transcoder ce qui réduit les coûts tout en maintenant toutes les caractéristiques de l'appel.

IETF GT MPLS (MPLS) : responsable de la normalisation d'une technologie de base pour l'utilisation de la commutation avec étiquette et la mise en œuvre d'itinéraires commutés avec étiquette, via diverses technologies de transmission telles que les technologies paquet sur Sonet, relais de trame, ATM et LAN (par exemple, toutes les formes Ethernet, Token Ring, etc.). Sont compris également les procédures et les protocoles de distribution des labels entre les routeurs, les encapsulations et les aspects de multidiffusion.

IETF GT DiffServ (*Differentiated Services*): activité qui comprend différentes classes de services différenciées pour le trafic Internet pour exploiter différents types d'applications et d'exigences commerciales spécifiques. Comprend également les éléments de conditionnement du trafic et les comportements par domaine.

GT RSVP (*Resource Reservation Setup Protocol*): l'objectif premier était d'étendre les spécifications RSVP et de les introduire dans les classes de standards Internet.

ii) Protocoles RTP et RTPC (voix et vidéo en temps réel)

IETF GT sur le transport des signaux audio/vidéo (AVT).

Note du secteur: les normes de codage audio et vidéo au niveau RTP sont définies au moyen de charges utiles publiées par l'IETF comme RFC. Toutefois, certaines descriptions de l'UIT et d'autres SDO existent en supplément ou en remplacement des définitions de l'IETF (par exemple en cas d'absence de numéro RFC au moment de l'approbation d'une Recommandation, voir H.225.0 Annexe F). L'IETF fournit par le biais du groupe de travail AVT les RFC après discussion des propositions spécifiques du point de vue des protocoles et ne fait aucune distinction *a priori* entre les propositions privées et standard. Les SDO contribuant à ce travail comprennent entre autres, outre l'UIT-T CE 16, 3GPP, 3GPP2 et MPEG.

TIA TSB-116, «Telecommunications – IP Telephony Equipment – Voice Quality Recommendations for IP Telephony». Comprend le modèle E (Recommandation G.107 de l'UIT-T) pour l'estimation de la qualité vocale de bout en bout.

IETF GT SIP (*Session Initiation Protocol*): mis sur pied pour poursuivre le développement du protocole SIP, actuellement mentionné comme norme RFC 2543. SIP est un protocole basé sur le texte, semblable à HTTP et à SMTP, qui permet l'établissement de sessions de communication interactives entre les utilisateurs. Ces sessions incluent la voix, la vidéo, le chat, les jeux interactifs et la réalité virtuelle. Le groupe de travail se concentre sur les spécifications et les extensions de SIP, mais n'étudie pas son utilisation pour des environnements et des applications spécifiques.

GT MMUSIC (*Multiparty Multimedia Session Control*): développe les protocoles standard Internet permettant d'exploiter les sessions de téléconférence sur Internet. MMUSIC étudie principalement l'exploitation des conférences peu contrôlées qui envahissent actuellement le réseau Mbone. Toutefois, le GT veille également à ce que ses protocoles soient assez généraux pour pouvoir être utilisés dans le cadre de la gestion des sessions sévèrement contrôlées. Les domaines de travail connexes incluent les conférences multimédias (AVT, RSVP...) et l'interopérabilité entre les travaux du GT et d'autres standards applicables (par exemple SIP/SAP/SDP avec UIT H.323 et H.332).

4 Sécurité

CE 7 de l'UIT-T, GT 3, Q.13, «Security services, mechanisms and protocols». La CE 7 est la Commission directrice en matière de sécurité des systèmes de communication.

CE 16 de l'UIT, Q.G, «Sécurité des systèmes et services multimédias».

TIA TR-45.2: étudie les activités liées au transport IP, d'où des échanges avec TR-45, «Mobile & Personal Communications Public 800 Standards» AHAG (*Ad-Hoc Authentication Group*), concernant les questions de sécurité liées au transport sur IP.

Groupes de travail de l'IETF dans le domaine de la sécurité (ipsec et ipsra).

4a Fiabilité

TIA TR-41.4: [PN-3-4462-URV] «Performance and Interoperability Requirements for Voice-over-IP (VoIP) Telephone Terminals». Projet visant à réviser TIA/EIA/IS-811 et à lui donner le statut ANS.

4b Vulnérabilité

TIA TR-41.4: [PN-3-4462-URV] «Performance and Interoperability Requirements for Voice-over-IP (VoIP) Telephone Terminals». Projet visant à réviser TIA/EIA/IS-811 et à lui donner le statut ANS.

5 Interopérabilité: coexistence et stratégies d'évolution/de migration (technologie, disponibilité ...)

CE 9 de l'UIT-T IPCablecom Project (<http://www.itu.int/itudoc/itu-t/com9/ipcable/index.html>).

CE 13 de l'UIT-T, Q.5, «Interfonctionnement des réseaux, notamment des réseaux IP multiservices».

CE 13 de l'UIT-T, Q.11, «Mécanismes permettant à des services IP utilisant la MPLS de fonctionner dans le réseau public».

CE 13 de l'UIT-T, Q.14, «Access Architecture Principles and Features at the Lower Layers for IP-Based and Other Systems».

CE 16 de l'UIT-T, Q.D, «Interopérabilité des systèmes et services multimédias».

CE 16 de l'UIT-T, Q.G, «Sécurité des systèmes et services multimédias».

CE 16 de l'UIT-T, Q.3, «Infrastructure et interopérabilité en vue de l'acheminement des services multimédias dans des réseaux de paquets».

Recommandations de l'UIT-T relatives à IP (série Y. 1400).

TIA TR-45.2: planifie la normalisation d'un mécanisme de transport IP lors d'une future révision de TIA/EIA-41, «Cellular Radiotelecommunication Intersystem Operations» et travaille actuellement sur un projet (PN-4762) devant être publié comme TIA/EIA/IS-879, «Internet Protocol Based Data Transfer Services», concernant les services de transfert des données sur IP pour TIA/EIA-41. Approbation prévue au 3^e trimestre 2001.

Le Rapport essentiel sur la téléphonie IP

TIA TR-45.2: (PN-4934) devant être publié comme TIA/EIA/IS-872, «IP Core Network-Legacy MS Support Domain» et (PN-4935) comme TIA/EIA/IS-873, «IP Core Network-Multimedia Domain».

TIA TR-45.3, «Time Division Digital Technology». Une mise à jour de la technologie AMRT *Universal Wireless Communications* (UWC-136) a été réalisée et sera publié comme TIA/EIA-136-Rev C, «TDMA Third Generation [3G] Wireless». TR-45.3 a travaillé avec l'ETSI pour l'élaboration de la partie données de l'UWC-136 *Radio Transmission Technology* (RTT), le réseau fédérateur GPRS pour le trafic IP, sur la base des spécifications GSM de l'ETSI.

ETSI TIPHON: Communication entre les usagers raccordés aux réseaux IP et à commutation de circuits.

IETF GT SPIRITS: étudie l'accès du RTPC/RI au réseau IP et les réponses éventuelles du réseau IP vers le RTPC/RI.

5a Volumes de trafic (influence du trafic IP sur le trafic RTPC fixe et mobile), ingénierie du trafic et dimensionnement des réseaux IP

CE 2 de l'UIT-T, GT 1 Q.2, «Plan de routage et d'interfonctionnement pour réseaux fixe et mobile».

CE 2 de l'UIT-T, GT 3, «Ingénierie du trafic».

IETF GT TEWG (ingénierie du trafic Internet).

5b Questions en suspens à l'UIT-T (notamment le projet IP de l'UIT-T)

CE 4 de l'UIT-T, Q.10, «Cadre de gestion unifiée des réseaux intégrés à commutation de circuits et en mode paquet (en privilégiant tout d'abord les réseaux IP)».

CE 13 de l'UIT-T Description du projet IP Version 5

(<http://www.itu.int/ITU-T/studygroups/com13/ip/documents/IPProjectLastVersion5.doc>).

Etendue du projet IP de l'UIT-T: 1) Applications IP incluant le multimédia: Q.3/13, CE 10, CE 16. 2) Interfonctionnement de service: Q. 2/13, 5/13. 3) Accès IP et non IP: Q. 12/13, 14/13, CE 15 et 16. 4) Support de signalisation: CE 11. 5) Capacités du réseau: Q. 1, 2 et 3/13, CE 9. 6) Interfonctionnement: Q. 5/13, CE 16 et CES. 7) Performance IP: Q. 6/13, CE 2 et 12. 8) Transport IP: Q. 10/13, 16/13, CE 15. 9) Gestion: Ce 4, 6/CES, 4/15, 3/16. 10) Dénomination, numérotage, adressage et routage: CE 2. 11) Architecture et cadre généraux des réseaux: Q. 1, 11, 14 et 16/13. 12) Questions d'exploitation: CE 2, 3 et 7.

CE 13 de l'UIT-T, Liste de Questions (<http://www.itu.int/ITU-T/studygroups/com13/questions.html>).

CE 16 de l'UIT-T, Liste de Questions (<http://www.itu.int/ITU-T/studygroups/com16/questions.html>).

Organisation de la série Y.1000 des Recommandations de l'UIT-T relatives à IP.

Contribution de la CE 13 sur les réseaux IP, au Rapport du Secrétaire général pour le Conseil de l'UIT (<http://www.itu.int/ITU-T/studygroups/com13/ip/documents/ip.doc>).

IETF GT/UIT-T CE cartographie (<http://www.itu.int/ITU-T/studygroups/com13/ip/ietf-wg.html>).

5c Exemples de coexistence et de migration:

i) Plates-formes IP

TIA/EIA/IS – 811, «Telecommunications – Telephone Terminal Equipment – Performance and Interoperability Requirements for Voice-over-IP (VoIP) Feature Telephones». Harmonise, dans la mesure du possible, les normes IEEE 802.3 pour l'interface Ethernet électrique/physique.

TIA TR-41.4: [PN-3-4462-URV] «Performance and Interoperability Requirements for Voice-over-IP (VoIP) Telephone Terminals». Projet visant à réviser TIA/EIA/IS-811 et à améliorer son statut ANS.

ETSI TIPHON: Communication entre les usagers raccordés aux réseaux IP et à commutation de circuits.

ii) Passerelles

TIA TSB-122-A, «Telecommunications – IP telephony Equipment – Voice Gateway Loss and Level Plan Guidelines». Couvre les exigences de transmission (perte et niveau) pour les passerelles vocales. Il est question ici de deux types de téléphones: les téléphones analogiques compatibles avec les paramètres spécifiés dans ANSI/EIA/TIA-470-B et les téléphones numériques compatibles avec les paramètres spécifiés dans ANSI/TIA/EIA-810-A.

TIA TR-41.4: [PN-3-4826] «IP telephony Voice Gateway Transmission Requirements». Etend TIA TSB-122-A et permet l'interfonctionnement avec les passerelles vocales IP européennes. ETSI/STQ et TIA développent actuellement une norme de planification de perte sur demi-circuit harmonisée équivalente.

IETF GT IPTEL (*IP telephony*): «Framework for a Gateway Location Protocol (RFC 2871)».

IETF GT SIGTRAN (*Signalling Transport*): les réseaux RTPC-IP transportent la signalisation et les messages entre les nœuds IP tels qu'un contrôleur de passerelle de signalisation et de média ou une passerelle de média.

IETF GT MEGACO (*Media Gateway Control*): étudie les architectures et les spécifications concernant la commande des passerelles de média à partir d'éléments de contrôle externes, tels que le contrôleur de passerelle de média. Les travaux portent notamment sur le Megaco/H.248 R2 Package, le Megaco MIB, le Megaco/H.248 NAS Package, l'architecture et les spécifications du protocole de commande de passerelle de média (RFC 2805), le protocole Megaco (y compris les erreurs) (RFC 3015) et le Megaco IP Phone Media Gateway Application Profile (RFC 3054).

5d Protocoles (vers IPV6, BICC...)

CE 11 de l'UIT-T: Complète (juillet 2001) la deuxième série de protocoles BICC et permet aux opérateurs de réseau d'offrir toute la gamme de services RTPC/RNIS, y compris l'ensemble des services supplémentaires, via divers réseaux de transmission de données. De plus, BICC Capability Set 2 (CS 2) fournit les protocoles de signalisation pour les réseaux sans fil de troisième génération, permettant l'établissement d'un appel sans transcoder ce qui réduit les coûts tout en maintenant toutes les caractéristiques de l'appel. Voir également BICC CS 1 et la série Q des Recommandations.

TIA/EIA/IS – 811, «Telecommunications – Telephone Terminal Equipment – Performance and Interoperability Requirements for Voice-over-IP (VoIP) Feature Telephones». Harmonise, dans la mesure du possible, les normes IEEE 802.3 pour l'interface Ethernet électrique/physique.

TIA TR-41.4: [PN-3-4462-URV] «Performance and Interoperability Requirements for Voice-over-IP (VoIP) Telephone Terminals». Projet visant à réviser TIA/EIA/IS-811 et à améliorer son statut ANS.

Activités concernant les groupes de travail IPTEL, PINT, SIP et MMUSIC de l'IETF.

Le Rapport essentiel sur la téléphonie IP

5e Inter-réseau (inter-RTPC)

Comprend plusieurs CE compétentes de l'UIT-T mentionnées plus haut, y compris de nombreux aspects de l'interfonctionnement avec RTPC/RNIS.

TIA/EIA-810-A, «Telecommunications – Telephone Terminal Equipment – Transmission Requirements for Narrowband Voice over IP and Voice over PCM Digital Wireline Telephones». Les exigences de performance pour la téléphonie à large bande seront prises en compte dans une future norme de TIA/EIA.

TIA/EIA/IS – 811, «Telecommunications – Telephone Terminal Equipment – Performance and Interoperability Requirements for Voice-over-IP (VoIP) Feature Telephones». Harmonise, dans la mesure du possible, les normes IEEE 802.3 pour l'interface Ethernet électrique/physique.

TIA TR-41.3, «Analog and Digital Wireline Terminals». [PN-3-4705] «Transmission Requirements for Wideband Digital Wireline Telephones» établira une norme similaire à TIA/EIA-810-A, qui définit les exigences concernant la qualité de transmission sur les téléphones à large bande dans la gamme de fréquences comprises entre 150 et 6800 Hz. Cette norme devrait s'appliquer en premier lieu à la téléphonie IP. Achèvement prévu en 2002.

TIA TR-41.4: [PN-3-4726] «Location Identification and Callback Procedures for IP Terminals» est un projet qui porte sur l'équivalent de E911 pour les terminaux IP. Le vote devrait avoir lieu après février 2002.

TIA TR-41.4: [PN-3-4462-URV] «Performance and Interoperability Requirements for Voice-over-IP (VoIP) Telephone Terminals». Projet visant à réviser TIA/EIA/IS-811 et à améliorer son statut ANS.

5f Intra-réseau (entre les réseaux RTPC/IP), par exemple l'interopérabilité de Info. Sys.

CE 4 de l'UIT-T, Q.10, «Cadre de gestion unifiée des réseaux intégrés à commutation de circuits et en mode paquet (en privilégiant tout d'abord les réseaux IP)».

5g Exploitation et maintenance du réseau IP

CE 4 de l'UIT-T, Q.10, «Cadre de gestion unifiée des réseaux intégrés à commutation de circuits et en mode paquet (en privilégiant tout d'abord les réseaux IP)».

CE 13 de l'UIT-T, Q.3, «Exploitation, maintenance et gestion des réseaux, notamment des réseaux IP».

Recommandations de l'UIT-T relatives à IP (série Y.1700).

Comité T1 sous-comité technique TIM1, «Internetwork Operations, Administration, Maintenance & Provisioning (IOAM&P)». Développe l'exploitation interréseau ainsi que l'administration, la maintenance, les normes d'approvisionnement et les rapports techniques sur les interfaces réseau. Sont également compris les aspects de l'exploitation interréseau tels que la gestion de réseau, la mise en place des circuits et des installations, le réglage des niveaux, le rétablissement du service, la maintenance périodique, la localisation et la levée des dérangements, les points de contact pour l'exploitation interréseau et l'évaluation du service.

Groupes de travail de l'IETF dans le domaine de l'exploitation et de la gestion.

5h Régime de taxation de l'interconnexion (interopérateurs)

Recommandations de l'UIT-T relatives à IP (série Y.1800).

6 Applications et services

CE 16 de l'UIT-T, Q.C, «Applications et services multimédias».

CE 16 de l'UIT-T, Q.H, «Accessibilité aux systèmes et services multimédias».

Recommandations de l'UIT-T relatives à IP (série 1100).

7 Codage

Organisation internationale de normalisation/Commission électrotechnique internationale – Comité technique mixte 1 (ISO/CEI JTC1) / SC29, «Coding of Audio, Picture, Multimedia and Hypermedia Information». Comprend la normalisation de la représentation codée, de l'information audio, visuelle, multimédia et hypermédia ainsi que diverses fonctions de commande et de compression à utiliser sur ces informations [par exemple MPEG dans le GT 11 sur <http://www.itsecj.ipsj.or.jp/sc29/29w42911.htm>]. A noter: un intérêt mutuel entre la CE 16 de l'UIT-T et l'ISO/CEI JTC 1/SC 29 (par exemple GT 11) comprenant IP MPEG-4 vidéo/audio sur les flux du système MPEG-4 et la normalisation future du codage vidéo.

Note du secteur: la norme MPEG/Audio n'est pas pertinente pour la téléphonie sur Internet, puisqu'elle s'oriente principalement vers des applications de type radiodiffusion/transmission en flux continu, qui diffèrent des applications de conversation telles que la téléphonie IP. Les acteurs concernés sont l'UIT-T, ETSI & ARIB, 3GPP, TIA, 3GPP2.

TIA/EIA-810-A, «Telecommunications – Telephone Terminal Equipment – Transmission Requirements for Narrowband Voice over IP and Voice over PCM Digital Wireline Telephones». Les exigences de performance pour la téléphonie à large bande seront prises en compte dans une future norme de TIA/EIA.

TIA TR-41.3: [PN-3-4705] «Transmission Requirements for Wideband Digital Wireline Telephones».

TIA TR-41.4: [PN-3-4462-URV] «Performance and Interoperability Requirements for Voice-over-IP (VoIP) Telephone Terminals». Projet visant à réviser TIA/EIA/IS-811 et à améliorer son statut ANS.

IETF GT MMUSIC (Multiparty Multimedia Session Control): activités de codage liées aux sessions de téléconférence sur Internet et aux conférences contrôlées..

7a Technologies de codage utilisées pour comprimer/optimiser les largeurs de bande (ISO, IETF, SG9 et SDO...)

UIT-T série G, Recommandations «Systèmes et supports de transmission, systèmes et réseaux numériques».

Note du secteur: voir G.711, G.723.1, G.726, G.729/G.729A; G.722, G.722.1 et (tout récemment) G.722.2 de l'UIT; AMR et AMR-WB de 3GPP; et (non finalisé) SMV de 3GPP2. Au sein de l'UIT-T, les travaux sont réalisés par la CE 16 GT 3 «Media Coding», avec les questions pertinentes 6 (vidéo), 7 (signaux vocaux large bande), 8 (4 kbit/s signaux vocaux), 9 (signaux vocaux à débit variable).

Comité T1 sous-comité technique T1A1: ANS T1.521, «A Packet Loss Concealment Technique for Use with ITU-T Recommendation G.711». Adopté avec la Recommandation G.711 de l'UIT-T, «Pulse Code Modulation (PCM) of Voice Frequencies».

Comité T1 sous-comité technique T1A1: ANS T1.521A, «Packet Loss Concealment for Use with ITU-T Recommendation G.711, Annex B». Définit une autre technique de masquage des pertes de paquets.

Le Rapport essentiel sur la téléphonie IP

7b Convergence du codage (par exemple MPEG)

CE 16 de l'UIT-T et Recommandations connexes de la série G.720.

Note du secteur: Pour 3G, AMR est le codec vocal obligatoire. Les codeurs sont *de facto* G.723.1 et G.729/G.729A. Cependant, on constate une demande accrue pour une largeur de bande plus grande, par exemple G.726 ou G.711.

Note du secteur: MPEG, n'étant pas conçu pour les applications de conversation, n'est donc pas un codec de convergence approprié pour la téléphonie IP. La norme MPEG/Audio prédomine pour les applications de transmission en continu. Cependant, il y a de plus en plus de systèmes non MPEG *de facto* (non normalisés), par exemple Real Audio, Windows Media Player, QuickTime.

8 Accessibilité

8a Types d'accès

TIA/EIA/IS – 811, «Telecommunications – Telephone Terminal Equipment – Performance and Interoperability Requirements for Voice-over-IP (VoIP) Feature Telephones». Harmonise, dans la mesure du possible, les normes IEEE 802.3 pour l'interface électrique/physique Ethernet.

TIA TR-41.4: [PN-3-4462-URV] «Performance and Interoperability Requirements for Voice-over-IP (VoIP) Telephone Terminals». Projet visant à réviser TIA/EIA/IS-811 et à améliorer son statut ANS.

IETF GT SPIRITS: étudie l'accès du RTPC/RI au réseau IP et les réponses éventuelles du réseau IP vers le RTPC/RI.

9 Plans de numérotage et d'adressage dans les réseaux IP pour l'interfonctionnement avec le RTPC

IEFT Projet Internet «A Framework for ENUM Neutrality»

(<http://search.ietf.org/internet-drafts/draft-rutkowski-enum-neutrality-00.txt>).

ETSI Projet TIPHON: travaux connexes portant sur les aspects numérotage/adressage et mobilité.

Comité T1 comités techniques et comités d'ingénierie de la TIA qui s'occupent de questions techniques de numérotage et d'adressage.

[Potentiellement] Comité T1 sous-comité technique T1A1: T1 TR 55, «Reliability and Survivability Aspects of the Interactions Between the Internet and Public Telecommunications Networks».

9a UIT-T et initiative ENUM (avec l'IETF)

IETF GT ENUM (Telephone Number Mapping) (<http://www.ietf.org/html.charters/enum-charter.html>).

Annexe L – Avis A du FMPT-01

Incidences générales de la téléphonie IP pour les Membres de l'UIT en ce qui concerne:

- a) les politiques et les réglementations des Etats Membres de l'UIT dans le domaine des télécommunications;
- b) les incidences de la téléphonie IP pour les pays en développement, en particulier pour ce qui est des politiques et du cadre réglementaire ainsi que des aspects techniques et économiques;
- c) les répercussions de la téléphonie IP sur les activités des Membres des Secteurs, notamment en ce qui concerne les questions financières et les débouchés commerciaux.

Le troisième Forum mondial des politiques de télécommunication (Genève, 2001),

considérant

que, conformément aux dispositions fondamentales de la Constitution de l'UIT, chaque Etat Membre a le droit souverain d'élaborer des politiques en matière de télécommunication propres à répondre à ses besoins et à ses objectifs, et que l'Union a pour objet:

- de maintenir et d'étendre la coopération internationale entre tous ses Etats Membres pour l'amélioration et l'emploi rationnel des télécommunications de toutes sortes;
- de favoriser le développement de moyens techniques et leur exploitation la plus efficace, en vue d'augmenter le rendement des services de télécommunication, d'accroître leur utilité et de généraliser le plus possible leur utilisation par le public;
- de s'efforcer d'étendre les avantages des nouvelles technologies de télécommunication à tous les habitants de la planète;
- de faciliter la normalisation des télécommunications à l'échelle mondiale, avec une qualité de service satisfaisante;
- de promouvoir la collaboration entre les Etats Membres et les Membres des Secteurs, en vue d'instituer des taxes dont les niveaux soient aussi bas que possible, l'efficacité du service étant assurée, et compte tenu de la nécessité d'administrer les télécommunications dans des conditions de saine indépendance financière,

reconnaissant (incidences économiques plus générales pour un pays)

- a) que le déploiement de réseaux et d'applications IP peut s'avérer utile aux utilisateurs, aux industries et à l'économie dans son ensemble, car il favorise l'innovation technique et commerciale ainsi que la diversité et la croissance au sein de l'économie, sans oublier la possibilité de moderniser des réseaux de télécommunication existants grâce à l'utilisation d'autres technologies nouvelles;
- b) que ces nouvelles possibilités de communication améliorées peuvent être essentielles pour le développement d'autres secteurs de service, ainsi que pour la production et la distribution des biens dans l'économie mondiale tout entière;
- c) que les applications IP sont plus facilement disponibles à des coûts économiques, dans l'intérêt de tous les utilisateurs et de toutes les industries, particulièrement lorsqu'elles sont fournies conformément aux principes de la libre concurrence, en vertu desquels il existe de multiples sources ou moyens possibles de répondre aux besoins des utilisateurs et de l'industrie;
- d) que la téléphonie IP et les autres applications IP pourraient être considérées comme étant une bonne occasion pour tous les pays de s'adapter à la convergence des technologies de l'information et de la communication et de développer leurs réseaux afin d'augmenter la disponibilité et l'utilisation d'une gamme élargie de capacités de communication modernes,

notant (incidences pour les opérateurs)

- a) le développement continu de l'Internet et des réseaux IP comme support important des communications et du commerce;

Le Rapport essentiel sur la téléphonie IP

- b) que la souplesse des technologies IP contribuera à l'intégration des réseaux téléphoniques et de données, de sorte que les fournisseurs pourront tirer parti des synergies et de possibles réductions de coût qui leur permettront d'offrir de nouveaux services et applications novateurs au profit de tous;
- c) que les réseaux qui peuvent assurer la téléphonie IP sont conçus pour utiliser divers moyens et technologies pour leurs réseaux de base et systèmes d'accès, dont les technologies hertziennes;
- d) que les systèmes hertziens mobiles devraient évoluer vers la mise en place d'une architecture IP permettant de fournir des services intégrés de téléphonie, de données et multimédias, ainsi que l'accès à l'Internet;
- e) que les Membres des Secteurs doivent faire face aux problèmes et saisir les possibilités qui se présentent pendant cette période de transition vers une industrie tributaire du marché,

conscient (incidences pour les politiques et la réglementation des pouvoirs publics)

- a) que les Etats Membres appliquent des politiques visant à:
 - i) attirer des investissements de capitaux pour financer une infrastructure desservant les utilisateurs et l'ensemble de la société;
 - ii) stimuler l'innovation afin que des applications et des produits susceptibles de répondre aux besoins de tout un chacun puissent être offerts sur le marché;
 - iii) exploiter les synergies entre les investissements de capitaux et l'innovation de manière à promouvoir un développement économique durable propre à attirer de nouveaux investissements et à créer l'environnement nécessaire pour encourager de nouvelles innovations,
- b) que les Etats Membres ont des objectifs nationaux à atteindre dans le secteur des télécommunications eu égard à la politique gouvernementale, y compris l'accès/le service universel, les marchés concurrentiels, l'innovation technologique et le transfert des connaissances techniques ainsi que le développement des ressources humaines, et que d'autres objectifs relèvent de l'intérêt du public (par exemple, l'accès aux services d'urgence, la sécurité et la protection de la sphère privée);
- c) que la téléphonie IP a eu certains effets négatifs sur les recettes de la téléphonie obtenues par un certain nombre d'opérateurs de télécommunication, en particulier dans certains pays en développement; il pourrait aussi en résulter un gain sur le plan des recettes pour d'autres opérateurs et fournisseurs de services de télécommunication;
- d) que la croissance dynamique des réseaux, applications et services IP résulte de l'effet combiné des investissements du secteur public et privé et des innovations ainsi que d'un environnement concurrentiel efficace;
- e) que les initiatives et les politiques relatives aux réseaux IP tireraient profit des contributions des utilisateurs (consommateurs et organisations commerciales),

estime

- a) que c'est sur un marché où les consommateurs ont le choix entre de multiples sources ou moyens possibles de répondre à leurs besoins que les applications de téléphonie IP seront offertes de la manière la plus efficace, car alors seulement les particuliers, les entreprises et l'économie tout entière recueilleront les avantages de l'innovation et de la rentabilité;
- b) que la réglementation par les Etats devrait viser à promouvoir un environnement concurrentiel efficace et que la réglementation peut s'avérer appropriée en cas d'inefficacité du marché ou lorsque les intérêts publics ne peuvent être satisfaits comme il convient par l'industrie (par exemple, l'accès/le service universel); dans certains pays, le régulateur doit intervenir pour d'autres raisons, par exemple pour garantir le rééquilibrage des tarifs;
- c) que les Etats Membres devraient examiner les incidences de l'application des régimes réglementaires existants aux services et applications IP,

invite

- 1 les Etats Membres et les Membres des Secteurs à envisager la possibilité de mettre en œuvre et de déployer des technologies et des applications IP, notamment par l'échange d'informations;
- 2 tous les Etats Membres à revoir leurs cadres réglementaires actuels afin:
 - i) d'encourager les investissements, de favoriser l'innovation et de promouvoir le développement;
 - ii) d'atteindre les objectifs de politique fixés par les pouvoirs publics dans le contexte de la convergence des services de communication;
 - iii) d'envisager la possibilité d'ouvrir leur marché des services de télécommunication pour ce qui est de la téléphonie IP en adoptant une méthode concurrentielle afin d'atteindre les objectifs de politique clairement définis par les pouvoirs publics, compte tenu notamment du concept de la neutralité technologique en matière de services intégralement remplaçables.

Annexe M – Avis B du FMPT-01

Mesures propres à aider les Etats Membres et les Membres des Secteurs à s'adapter à l'évolution de l'environnement des télécommunications résultant de la mise en service de la téléphonie IP, y compris l'analyse de la situation actuelle (par exemple, au moyen d'études de cas) et l'élaboration de mesures concertées possibles, associant les Etats Membres et les Membres des Secteurs, en vue de faciliter l'adaptation à ce nouvel environnement

Le troisième Forum mondial des politiques de télécommunication (Genève, 2001),

considérant

que les analystes spécialistes des questions techniques observent depuis plusieurs années que les services de téléphonie et d'autres formes de communication ont tendance à converger et qu'il semble qu'une des possibles plates-formes unificatrices ces dernières années soit le protocole IP,

notant

- a) que des opérateurs mondiaux de télécommunication ont annoncé leur intention de faire passer leur trafic par des plates-formes IP;
- b) que l'introduction de la concurrence dans le marché des télécommunications profite au consommateur;
- c) que l'UIT, dans ses définitions du service, a veillé à ne suggérer ou à ne spécifier aucune technologie de mise en œuvre particulière,

conscient

- a) que l'élargissement de l'accès à l'Internet est un objectif commun à la politique de certains Etats Membres;
- b) que les technologies IP émergentes offrent des possibilités d'élaborer de nouvelles applications multimédias, dont la téléphonie vocale;
- c) que la mise en œuvre de ces technologies peut présenter des avantages particuliers pour les petites ou moyennes entreprises,

encourage les Etats Membres

à partager leur expérience en ce qui concerne la mise au point de méthodes et de solutions nouvelles tenant compte de la situation du marché en matière de technologies évoluées, comme la téléphonie IP, et comprenant notamment:

- i) des options visant à faire en sorte que toute réglementation spécifique au secteur soit technologiquement neutre;
- ii) l'application de législations nationales relatives à la concurrence dans le cadre d'une politique favorisant la concurrence, propice à la création de conditions identiques pour tous;
- iii) l'établissement d'une base durable pour le financement de l'accès/service universel,

invite le Secrétaire général et les Directeurs des Bureaux

1 à faire comprendre les avantages potentiels des technologies et des applications IP et, dans le cadre des ressources budgétaires existantes, à aider les Etats Membres et les Membres des Secteurs, en particulier à l'échelle des pays en développement:

- i) en actualisant les études de cas antérieures sur la téléphonie IP et en procédant à d'autres études de cas par pays, selon les besoins;
- ii) en effectuant des études de coût et en instituant un processus pour aider les Membres à réaliser des analyses avantages-coûts afin d'établir des plans d'investissement pour la mise en place de réseaux de convergence des télécommunications sur des plates-formes IP, sur demande;

Le Rapport essentiel sur la téléphonie IP

iii) en contribuant à attirer les investissements et en encourageant le recours aux prêts internationaux, par exemple à des prêts intéressants, à taux bonifiés sur le long terme, et aux ressources des organisations donatrices,

2 dans la perspective de ce qui précède, à organiser des ateliers régionaux en partenariat avec des Etats Membres et des Membres des Secteurs, ainsi qu'avec les organisations régionales de télécommunication concernées, pour compléter les activités existantes de l'UIT selon les indications suivantes:

- Les ateliers devraient débattre des points suivants:
 - i) comment le déploiement des technologies IP peut-il faciliter la mise en place de l'infrastructure de télécommunication ainsi que l'évolution des réseaux existants;
 - ii) les technologies capables d'assurer la téléphonie IP;
 - iii) comment créer un environnement susceptible d'attirer les investissements en faveur du développement de l'infrastructure;
 - iv) des questions telles que les structures des coûts, les mécanismes de fixation des prix, l'interconnexion, le numérotage, la qualité de service, les considérations liées au marché, etc.
- L'UIT peut faire appel à des contributions volontaires des Etats Membres, des Membres des Secteurs et d'autres participants de l'industrie au bénéfice de ces activités.
- Les ateliers devraient réunir les régulateurs, les responsables des services officiels chargés des questions de développement économique et de télécommunication, les opérateurs de réseaux historiques et les nouveaux opérateurs, les fournisseurs de services Internet (ISP), les fournisseurs d'équipement, les consommateurs et organisations de défense des consommateurs.

Annexe N – Avis C du FMPT-01

Mesures visant à aider les Etats Membres et les Membres des Secteurs à relever, du point de vue du développement des ressources humaines, les défis présentés par les nouvelles technologies de télécommunication telles que la téléphonie IP, en particulier la pénurie de personnel compétent, les besoins de formation et le transfert de technologies

Le troisième Forum mondial des politiques de télécommunication de l'UIT (Genève, 2001),

considérant

- a) que l'Union a notamment pour objet de s'efforcer d'étendre les avantages des nouvelles technologies de télécommunication, d'encourager la participation suivie du secteur privé au développement des télécommunications, d'offrir l'assistance technique dans le domaine des télécommunications et de promouvoir également la mobilisation des ressources matérielles, humaines et financières nécessaires à sa mise en œuvre;
- b) qu'à sa session de 2000, le Conseil a demandé que des mesures soient prises en vue d'aider les Etats Membres et les Membres des Secteurs à relever, du point de vue du développement des ressources humaines, les défis présentés par les nouvelles technologies de télécommunication telles que la téléphonie IP,

reconnaissant

- a) que les environnements économiques, sociaux, techniques et réglementaires se modifient dans le contexte de l'évolution actuelle des technologies de télécommunication et de l'information;
- b) que la transition vers un environnement IP impose de nouvelles exigences au niveau de la gestion et de l'exploitation des Etats Membres et des Membres des Secteurs ainsi que d'autres entités privées;
- c) que ces nouveaux problèmes doivent être traités par l'UIT, et en particulier par l'UIT-D/BDT, qui joue un rôle crucial en aidant les pays à mettre en place et à organiser leurs moyens de télécommunication sur les plans institutionnel, matériel et structurel,

reconnaissant en outre

- a) que la rapidité avec laquelle les pays peuvent étendre les avantages des technologies de télécommunication dépendra de leur aptitude à disposer d'un personnel qualifié capable de faire face aux problèmes opérationnels et politiques occasionnés par le nouvel environnement;
- b) que dans le cadre actuel de la mondialisation, les pénuries de personnel qualifié et l'absence de politique globale en matière de ressources humaines font obstacle au passage à un nouvel environnement IP dans tous les pays;
- c) que le transfert de technologies entre les Membres des Secteurs et les Etats Membres peut contribuer à réduire les disparités des connaissances, même si le problème est aggravé par l'exode des compétences,

encourage les Etats Membres et les membres des Secteurs à tenir compte du fait

que la formation et l'éducation de tout un ensemble de personnes différentes bénéficient aux individus et favorisent le développement des systèmes de communication, des communautés et de l'économie tout entière, en particulier la formation et l'éducation du personnel des petites et moyennes entreprises de communication, compte tenu de la parité hommes-femmes,

invite l'UIT, en particulier l'UIT-D

à faciliter les échanges de connaissances et de vues entre les Etats Membres et les Membres des Secteurs sur l'évolution de toutes les nouvelles technologies dans le monde, en particulier les applications IP et sans oublier les activités d'autres organes de normalisation, le développement de l'infrastructure, les services et applications IP et les activités et politiques réglementaires,

Le Rapport essentiel sur la téléphonie IP

invite l'UIT-D

1 à encourager les Etats Membres et les Membres des Secteurs à établir des plans de transition intégrés des ressources humaines pour les nouvelles technologies, les activités commerciales ainsi que les activités réglementaires et de politique générale;

2 à aider les Etats Membres et les Membres des Secteurs à évaluer, dans le domaine des ressources humaines, les besoins nouveaux et évolutifs, afin de s'adapter aux mutations de l'environnement des communications;

3 à faire appel aux recherches et au personnel qualifié disponibles actuellement au BDT pour identifier:

- i) les questions de DRH/GRH et de formation relatives à l'évolution du réseau;
- ii) les questions de DRH/GHR et de formation relatives aux nouvelles technologies, dont la téléphonie IP;
- iii) les compétences nécessaires pour créer un contexte commercial propre à attirer les investissements dans l'infrastructure,

invite l'UIT-T et l'UIT-R

à collaborer avec le Directeur du BDT et à l'aider à mettre en place les éléments techniques de la formation pour les ateliers, séminaires, projets de formation et modules de l'UIT-D,

invite les Membres des Secteurs

à suggérer, à lancer des programmes de l'UIT-D portant sur les investissements dans l'infrastructure et le développement des ressources humaines et/ou à y participer,

invite les Membres des Secteurs et les Etats Membres

à travailler avec des établissements d'enseignement, des ONG et d'autres organisations afin de tirer parti des ressources, des études et des compétences spécialisées existantes et à collaborer en vue d'aider les pays pour les questions concernant la formation, les ressources et d'autres aspects de DRH/GRH,

invite le Secrétaire général et les trois Directeurs

1 à diffuser largement des informations sur la nécessité urgente pour les Nations Unies et les Etats Membres de revoir et d'élaborer des politiques qui se traduiront par:

- i) la reconnaissance des possibilités innombrables qui s'offrent aux personnes formées aux technologies de l'information et des télécommunications;
- ii) la formation et l'éducation à grande échelle, et à tous les niveaux, de leurs citoyens, compte tenu des facteurs humains, dans tous les domaines liés aux technologies de l'information et des télécommunications,

2 à encourager les Associés, et en particulier les milieux universitaires, à s'engager activement dans le partage des connaissances et le développement des compétences;

3 à mettre au point des capacités virtuelles pour le partage mondial des connaissances, la formation et le développement des compétences;

4 à assurer la coordination avec des organismes régionaux de télécommunication pour recenser et élaborer des programmes propres à faire progresser les bases de compétence au niveau régional.

Annexe O – Avis D du FMPT-01

Etudes essentielles devant être menées par l'UIT en vue de faciliter la mise en œuvre de la «téléphonie IP», compte tenu de l'interopérabilité et des conséquences de celle-ci, lorsque la «téléphonie IP» sera utilisée conjointement avec le réseau de télécommunication national et international à commutation de circuits existant dans les pays en développement

Le troisième Forum mondial des politiques de télécommunication (Genève, 2001),

considérant

- a) qu'il est indispensable que les pays en développement prennent des décisions techniques, économiques et réglementaires importantes pour mettre en œuvre la «téléphonie IP»;
- b) que les Secteurs de l'UIT devraient mener de nouvelles études pour faciliter la mise en œuvre de la «téléphonie IP», en analysant les questions d'interopérabilité et d'interconnexion avec les réseaux de télécommunication à commutation de circuits existants, en particulier dans les pays en développement, afin que ceux-ci puissent prendre les décisions voulues en temps utile,

invite les trois Secteurs de l'UIT

à entreprendre, dans leurs domaines de compétence respectifs et sur la base de contributions apportées par les Etats Membres et les Membres des Secteurs de l'UIT, de nouvelles études ou à poursuivre les études en cours et à présenter des conclusions le plus rapidement possible, afin de faciliter la mise en œuvre de la «téléphonie IP» à l'échelle mondiale, notamment dans les domaines suivants:

1. à l'UIT-R

la compatibilité et l'interopérabilité de l'accès radioélectrique entre les réseaux IP et le RTPC;

2. à l'UIT-T

- a) une définition de travail claire de la «téléphonie IP» et de la «téléphonie Internet»;
- b) la question de savoir s'il faut et dans quelle mesure:
 - i) exiger la compatibilité de la «téléphonie IP» et du service téléphonique international existant et ne pas imposer de nouvelles contraintes aux réseaux internationaux à commutation de circuits existants;
 - ii) que la compatibilité soit également prise en compte, notamment, les aspects liés à la mesure de la qualité de fonctionnement ainsi que d'autres aspects décrits en détail dans les Recommandations pertinentes de l'UIT-T, notamment ceux liés à la qualité de service;
- c) la question de savoir s'il faut et dans quelle mesure:
 - i) i) étudier les possibilités, pour la «téléphonie IP» de pouvoir faire partie des RTPC nationaux;
 - ii) les aspects liés à l'identification et à la mesure du trafic doivent être envisagés pour l'interfonctionnement des réseaux IP et des RTPC/ISDN;
- d) identifier les éléments de coûts de la connectivité IP internationale du point de vue de l'introduction de la «téléphonie IP»;

Le Rapport essentiel sur la téléphonie IP

3. à l'UIT-D,

tenir compte de la nécessité, pour les pays en développement, de prévoir une stratégie de transformation de leurs réseaux par des réseaux basés IP et créer un groupe d'experts, venant notamment de pays en développement, pour accomplir les tâches suivantes:

- a) établir, dès que possible, une liste de facteurs dont les pays en développement pourront tenir compte pour accélérer la mise en œuvre des réseaux IP et pour faciliter ainsi la mise en place de la «téléphonie IP»;
- b) donner des avis et fournir une assistance aux pays en développement pour répondre à leurs besoins et à leurs préoccupations concernant les incidences techniques, socio-économiques et politiques de la mise en œuvre de la «téléphonie IP»;
- c) soumettre un rapport à la prochaine Conférence mondiale de développement des télécommunications, afin que celle-ci prenne les mesures nécessaires.

Annexe P – Interconnexion dans l'Union européenne (UE)

Interconnexion et accès dans le nouveau cadre réglementaire européen pour les services de communications électroniques

P.1 La directive relative à l'accès aux réseaux de communications électroniques et à leur interconnexion, qui entrera en vigueur en 2002, harmonise la façon dont les Etats Membres de l'Union européenne réglementent le marché entre les fournisseurs de réseaux et de services de communications dans la Communauté.

P.2 La directive prévoit un cadre constitué de règles totalement neutres sur le plan technologique, mais qui peuvent être appliquées à des marchés de produits ou services particuliers dans certaines zones géographiques pour remédier à des problèmes de marché bien précis entre les fournisseurs d'accès et d'interconnexion. La Directive donne des certitudes légales aux acteurs du marché en établissant leurs droits et obligations et les interventions réglementaires sur des critères clairs. Elle impose des limitations aux obligations concernant l'accès et l'interconnexion qui peuvent être imposées et dans quelles circonstances, et en même temps elle donne une souplesse suffisante pour permettre aux autorités de régulation de traiter efficacement les problèmes du nouveau marché qui entravent une concurrence effective.

P.3 Les définitions suivantes de l'accès et de l'interconnexion s'appliqueront dans le nouveau cadre réglementaire européen (Directive relative à l'accès aux réseaux de communications électroniques et aux ressources associées, ainsi qu'à leur interconnexion):

- a) «accès» signifie la mise à la disposition d'une autre entreprise, dans des conditions bien définies et de manière exclusive ou non exclusive, de ressources et/ou de services en vue de la fourniture de services de communications électroniques. Cela couvre notamment: l'accès à des éléments de réseaux et à des ressources associées et éventuellement la connexion des équipements par des moyens fixes ou non (cela inclut en particulier l'accès à la boucle locale ainsi qu'aux ressources et services nécessaires à la fourniture de services via la boucle locale); l'accès à l'infrastructure physique, y compris les bâtiments, gaines et pylônes; l'accès aux systèmes logiciels pertinents, avec notamment les systèmes d'assistance à l'exploitation; l'accès à la conversion du numéro d'appel ou à des systèmes offrant des fonctionnalités équivalentes; l'accès aux réseaux fixes et mobiles, notamment pour l'itinérance nationale et internationale; l'accès aux systèmes d'accès conditionnel pour les services de télévision numérique et les guides de programmes électroniques. L'interconnexion est un type d'accès spécifique mis en œuvre entre opérateurs de réseaux publics. Dans la Directive, l'accès ne se rapporte pas à l'accès par les utilisateurs finals.
- b) «interconnexion» signifie la liaison physique et logique de réseaux publics de communications électroniques utilisés par la même entreprise ou une entreprise différente afin de permettre aux utilisateurs d'un réseau fourni par une entreprise de communiquer avec les utilisateurs d'un réseau fourni par la même entreprise ou une entreprise différente, ou d'accéder à des services fournis par une autre entreprise. Les services peuvent être fournis par les parties en cause ou par d'autres parties qui ont accès au réseau.

P.4 Dans un marché ouvert et soumis à la concurrence, il ne devrait y avoir aucune restriction empêchant les entreprises de négocier des accords d'accès et d'interconnexion entre elles, en particulier des accords transfrontières. Dans le contexte des marchés ouverts les entreprises qui reçoivent des demandes d'accès ou d'interconnexion devraient en principe conclure de tels accords sur une base commerciale, négociée de bonne foi par les deux parties concernées sans intervention des autorités réglementaires. Cependant, dans la mesure où la connexion de bout en bout et l'interopérabilité des services pour les utilisateurs finals sont un objectif majeur de la politique réglementaire de l'Union européenne, les autorités réglementaires nationales sont en droit d'intervenir d'une façon juste et proportionnée pour assurer la réalisation de cet objectif. Les autorités réglementaires de l'Union européenne n'interviendront autrement

Le Rapport essentiel sur la téléphonie IP

qu'en cas d'échec du marché sur un marché particulier (par exemple s'il n'a pas été possible d'arriver à un accord commercial). Elles peuvent alors imposer des obligations d'accès proportionnées, conformément au problème posé, par rapport aux entrepreneurs qui se trouvent être significativement puissants sur un marché spécifique. A cette fin, les autorités réglementaires de l'Union européenne effectueront régulièrement une analyse des marchés pertinents. Elles retireront toutes les obligations imposées lorsque l'analyse de marché déterminera que les marchés sont maintenant effectivement soumis à la concurrence.

P.5 Dans ce contexte, un fournisseur de services Internet (ISP) peut obtenir le droit d'accès à un fournisseur d'accès au réseau local dans le but de connecter des utilisateurs finals au cœur de réseau Internet et offrir ainsi la connectivité mondiale à l'Internet, si ce fournisseur d'accès réseau est réputé être puissant pour ce marché d'accès particulier²⁹.

P.6 De même, les obligations réglementaires d'interconnexion peuvent être appliquées aux ISP qui sont des fournisseurs de services du cœur de réseau Internet si ces ISP sont réputés être puissants sur le ou les marchés de tels services³⁰.

P.7 Les obligations réglementaires pourraient inclure la transparence, la non-discrimination, la séparation comptable, l'accès, et le contrôle des prix, y compris leur rapport avec les coûts. Cette gamme d'obligations possibles doit être établie comme un ensemble maximal d'obligations qui peuvent s'appliquer aux entreprises conformément à la situation particulière d'un marché spécifique.

P.8 La transparence des termes et conditions pour l'accès et l'interconnexion avec les entrepreneurs déterminés comme puissants sur un marché particulier sert à accélérer la négociation, éviter les disputes, et donner confiance aux acteurs du marché sur le caractère non discriminatoire de la fourniture des services. L'ouverture et la transparence des interfaces techniques peuvent être particulièrement importantes pour garantir l'interopérabilité.

P.9 Le principe de non-discrimination garantit que les entreprises puissantes sur un marché pertinent ne créent pas de distorsion de la concurrence, en particulier, si elles sont intégrées verticalement, les entreprises qui fournissent des services à des concurrents avec qui elles sont en compétition sur les marchés affluents. La séparation comptable permet de rendre visibles les transferts internes, et elle permet aux autorités réglementaires nationales de vérifier que lorsqu'elles sont applicables, les obligations de non-discrimination sont bien respectées.

P.10 Obliger l'accès à une infrastructure de réseau d'un opérateur puissant sur un marché pertinent peut être justifié comme moyen d'augmenter la concurrence, mais les autorités réglementaires doivent mettre en balance les droits du propriétaire d'une infrastructure d'exploiter cette infrastructure pour son propre bénéfice, et les droits des autres fournisseurs de services à accéder à des facilités qui sont essentielles pour la fourniture de services en concurrence. L'imposition par les autorités réglementaires de l'accès obligatoire augmente la concurrence à court terme mais ne devrait pas réduire pour les concurrents l'incitation à investir dans des facilités alternatives qui assureraient à long terme une concurrence accrue.

²⁹ Le marché de la connectivité IP au réseau local est encore un goulet d'étranglement contrôlé par les fournisseurs de services historiques dans la plupart des marchés aux Etats-Unis, ce qui peut justifier une intervention des organismes régulateurs et l'application d'obligations d'accès.

³⁰ Toutefois, il est très peu probable qu'un marché de connectivité IP mondiale (cœur de réseau) soit retenu dans l'Union européenne pour une réglementation du type *ex ante*, car ce marché est déjà considéré comme réellement compétitif. Les ISP locaux dans le marché de l'Union européenne devront donc probablement continuer à tabler sur les négociations commerciales avec les ISP du cœur de réseau, à moins que ne surviennent des goulets d'étranglement dans les marchés ou des échecs.

P.11 Le contrôle des prix peut être nécessaire lorsque l'analyse du marché révèle sur un marché particulier une insuffisance de la concurrence. Ceci pourrait survenir dans des situations où le manque de concurrence réelle permet aux opérateurs puissants de maintenir les prix à un niveau artificiellement élevé, ou d'appliquer une compression durable des prix au détriment des utilisateurs finals. L'intervention du régulateur peut être relativement légère, comme par exemple l'obligation que les prix pour le choix du transporteur soient raisonnables, ou plus lourde, comme par exemple l'obligation que les prix soient alignés sur les coûts de façon à justifier pleinement ces prix lorsque la concurrence n'est pas assez forte pour empêcher des tarifs excessifs. Les opérateurs puissants devraient en particulier éviter d'écraser les prix lorsque la différence entre leur prix de vente au détail et le tarif d'interconnexion facturé aux concurrents qui fournissent des services similaires de vente au détail ne permet pas d'assurer une concurrence réelle. Les autorités réglementaires nationales doivent s'assurer que tout mécanisme de couverture des coûts ou de méthodologie de tarification imposé, sert à promouvoir l'efficacité, une concurrence durable, et maximise les bénéfices du consommateur. A cet égard, les autorités réglementaires peuvent également tenir compte des tarifs appliqués dans des marchés en concurrence comparables (grâce à ce qu'on appelle le «benchmarking»).