



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

UIT-T

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

G.177

(09/99)

SÉRIE G: SYSTÈMES ET SUPPORTS DE
TRANSMISSION, SYSTÈMES ET RÉSEAUX
NUMÉRIQUES

Connexions et circuits téléphoniques internationaux –
Aspects liés au plan de transmission dans les connexions
et circuits spéciaux utilisant le réseau de communication
téléphonique international

**Planification de la transmission pour les
services en bande vocale sur les connexions
hybrides Internet/RTPC**

Recommandation UIT-T G.177

(Antérieurement Recommandation du CCITT)

RECOMMANDATIONS UIT-T DE LA SÉRIE G
SYSTÈMES ET SUPPORTS DE TRANSMISSION, SYSTÈMES ET RÉSEAUX NUMÉRIQUES

CONNEXIONS ET CIRCUITS TÉLÉPHONIQUES INTERNATIONAUX	G.100–G.199
Définitions générales	G.100–G.109
Généralités sur la qualité de transmission d'une connexion téléphonique internationale complète	G.110–G.119
Caractéristiques générales des systèmes nationaux participant à des connexions internationales	G.120–G.129
Caractéristiques générales d'une chaîne 4 fils formée par des circuits internationaux et leurs prolongements nationaux	G.130–G.139
Caractéristiques générales d'une chaîne 4 fils de circuits internationaux; transit international	G.140–G.149
Caractéristiques générales des circuits téléphoniques internationaux et des circuits nationaux de prolongement	G.150–G.159
Dispositifs associés aux circuits téléphoniques à grande distance	G.160–G.169
Aspects liés au plan de transmission dans les connexions et circuits spéciaux utilisant le réseau de communication téléphonique international	G.170–G.179
Protection et rétablissement des systèmes de transmission	G.180–G.189
Outils logiciels pour systèmes de transmission	G.190–G.199
SYSTÈMES INTERNATIONAUX ANALOGIQUES À COURANTS PORTEURS	
CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES COMMUNES À TOUS LES SYSTÈMES ANALOGIQUES À COURANTS PORTEURS	G.200–G.299
CARACTÉRISTIQUES INDIVIDUELLES DES SYSTÈMES TÉLÉPHONIQUES INTERNATIONAUX À COURANTS PORTEURS SUR LIGNES MÉTALLIQUES	G.300–G.399
CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DES SYSTÈMES TÉLÉPHONIQUES INTERNATIONAUX HERTZIENS OU À SATELLITES ET INTERCONNEXION AVEC LES SYSTÈMES SUR LIGNES MÉTALLIQUES	G.400–G.449
COORDINATION DE LA RADIOTÉLÉPHONIE ET DE LA TÉLÉPHONIE SUR LIGNES	G.450–G.499
EQUIPEMENTS DE TEST	
CARACTÉRISTIQUES DES SUPPORTS DE TRANSMISSION	G.600–G.699
SYSTÈMES DE TRANSMISSION NUMÉRIQUES	
EQUIPEMENTS TERMINAUX	G.700–G.799
RÉSEAUX NUMÉRIQUES	G.800–G.899
SECTIONS NUMÉRIQUES ET SYSTÈMES DE LIGNES NUMÉRIQUES	G.900–G.999

Pour plus de détails, voir la Liste des Recommandations de l'UIT-T.

**PLANIFICATION DE LA TRANSMISSION POUR LES SERVICES EN BANDE
VOCALE SUR LES CONNEXIONS HYBRIDES INTERNET/RTPC**

Résumé

La présente Recommandation contient des directives sur la qualité de transmission pour des services en bande vocale utilisant des connexions hybrides d'un réseau IP (Internet par exemple)/RTPC. Avec la constante évolution des systèmes de télécommunication modernes le nombre de réseaux hybrides de types divers est appelé à se multiplier. Cette tendance, associée au fait que les communications en bande vocale représenteront une grande partie du trafic dans ces réseaux, a conduit l'UIT-T à élaborer la présente Recommandation. L'objectif est de définir à l'intention d'un large public, un ensemble de principes relatifs aux aspects qualité de la transmission sur les connexions hybrides Internet/RTPC.

Source

La Recommandation UIT-T G.177, élaborée par la Commission d'études 12 (1997-2000) de l'UIT-T, a été approuvée le 30 septembre 1999 selon la procédure définie dans la Résolution n° 1 de la CMNT.

AVANT-PROPOS

L'UIT (Union internationale des télécommunications) est une institution spécialisée des Nations Unies dans le domaine des télécommunications. L'UIT-T (Secteur de la normalisation des télécommunications) est un organe permanent de l'UIT. Il est chargé de l'étude des questions techniques, d'exploitation et de tarification, et émet à ce sujet des Recommandations en vue de la normalisation des télécommunications à l'échelle mondiale.

La Conférence mondiale de normalisation des télécommunications (CMNT), qui se réunit tous les quatre ans, détermine les thèmes d'études à traiter par les Commissions d'études de l'UIT-T, lesquelles élaborent en retour des Recommandations sur ces thèmes.

L'approbation des Recommandations par les Membres de l'UIT-T s'effectue selon la procédure définie dans la Résolution n° 1 de la CMNT.

Dans certains secteurs des technologies de l'information qui correspondent à la sphère de compétence de l'UIT-T, les normes nécessaires se préparent en collaboration avec l'ISO et la CEI.

NOTE

Dans la présente Recommandation, le terme *exploitation reconnue (ER)* désigne tout particulier, toute entreprise, toute société ou tout organisme public qui exploite un service de correspondance publique. Les termes *Administration*, *ER* et *correspondance publique* sont définis dans la *Constitution de l'UIT (Genève, 1992)*.

DROITS DE PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

L'UIT attire l'attention sur la possibilité que l'application ou la mise en œuvre de la présente Recommandation puisse donner lieu à l'utilisation d'un droit de propriété intellectuelle. L'UIT ne prend pas position en ce qui concerne l'existence, la validité ou l'applicabilité des droits de propriété intellectuelle, qu'ils soient revendiqués par un Membre de l'UIT ou par une tierce partie étrangère à la procédure d'élaboration des Recommandations.

A la date d'approbation de la présente Recommandation, l'UIT n'avait pas été avisée de l'existence d'une propriété intellectuelle protégée par des brevets à acquérir pour mettre en œuvre la présente Recommandation. Toutefois, comme il ne s'agit peut-être pas de renseignements les plus récents, il est vivement recommandé aux responsables de la mise en œuvre de consulter la base de données des brevets du TSB.

© UIT 2000

Droits de reproduction réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'UIT.

TABLE DES MATIÈRES

	Page
1	Domaine d'application, objet et application..... 1
1.1	Domaine d'application 1
1.2	Objet..... 1
1.3	Application..... 2
2	Terminologie..... 2
3	Acronymes et abréviations..... 3
4	Références normatives 4
5	Qualité des connexions hybrides Internet/RTPC 6
6	Caractéristiques des canaux de transmission des réseaux IP 7
7	Qualité vocale (de bout en bout)..... 8
7.1	Qualité de fonctionnement des codeurs vocaux..... 8
7.1.1	Facteurs de dégradation de l'équipement du modèle E (eif)..... 9
7.1.2	Qualité de fonctionnement des codecs en cascade 10
7.1.3	Autres considérations relatives aux codecs vocaux..... 10
7.2	Effets des erreurs de transmission et des pertes de paquets..... 10
7.2.1	Erreurs binaires..... 10
7.2.2	Perte de paquets 11
7.3	Équivalents pour la sonie et caractéristiques des terminaux..... 11
7.4	Temps de transmission et écho 12
7.4.1	Temps de transmission 12
7.4.2	Variation des retards 14
7.4.3	Limitation de l'écho 14
7.5	Troncature temporelle (syllabique)..... 15
7.6	Bruit ambiant (acoustique)..... 16
7.7	Bruit de la voie au repos 16
7.8	Contraste de bruit et bruit de confort 16
7.9	Largeur de bande..... 16
7.10	Affaiblissement de stabilité 17
7.11	Distorsion..... 17
8	Planification de la transmission vocale dans les réseaux hybrides 17
9	Transmission non vocale (de bout en bout) 18

Recommandation G.177

PLANIFICATION DE LA TRANSMISSION POUR LES SERVICES EN BANDE VOCALE SUR LES CONNEXIONS HYBRIDES INTERNET/RTPC

(Genève, 1999)

1 Domaine d'application, objet et application

1.1 Domaine d'application

La présente Recommandation contient des directives de planification de la transmission pour les services en bande vocale sur des connexions comportant des tronçons Internet et RTPC, c'est-à-dire des connexions hybrides Internet/RTPC. En particulier, les connexions de "téléphonie sur Internet" ou de "téléphonie utilisant le protocole IP" (VoIP, *voice over Internet protocol*) sont étudiées dans les cas où la dernière partie de la connexion se trouve sur un réseau IP (protocole Internet). Les connexions exclusivement RTPC (c'est-à-dire des connexions qui commencent et qui utilisent uniquement le RTPC) servent de référence aux comparaisons de la qualité de transmission pour les autres types de connexion.

La présente Recommandation contient des directives concernant la qualité de transmission de bout en bout de connexions hybrides Internet/RTPC acheminant des services vocaux. Lorsqu'un des terminaux est connecté à un réseau IP, on suppose que ce terminal dispose des fonctionnalités définies dans la Recommandation H.323. (Il ne s'agit pas nécessairement d'un terminal H.323, mais on suppose qu'il possède les fonctionnalités définies dans la H.323.) Pour appliquer ces directives de bout en bout, la présente Recommandation contient également des directives concernant les fonctions d'interfonctionnement entre l'Internet et le RTPC. Les fonctionnalités offertes par les passerelles Internet/RTPC posent des problèmes particuliers de qualité de fonctionnement qui doivent être étudiés pour obtenir une qualité de service élevée. Les détails concernant le protocole IP et les protocoles de niveau supérieur (par exemple, TCP, UDP, RTP, RSVP) ne sont pas examinés dans la présente Recommandation. En revanche, ce sont les effets sur la qualité des services en bande vocale de la présence de paquets dans les réseaux IP, tel le retard dû à l'assemblage, la perte ou la mise au rebut des paquets, qui nous intéresse le plus ici.

Les attentes des utilisateurs des services en bande vocale acheminés sur des réseaux hybrides Internet/RTPC jouent un rôle important. Toutefois, la présente Recommandation ne traite pas du sujet, et ne contient pas de propositions détaillées sur la manière d'évaluer l'impact des attentes des utilisateurs sur le caractère acceptable de ces services. D'autres indications sur une grande partie de ces questions se trouvent dans les Recommandations UIT-T de la série P et de la série G.100.

La présente Recommandation inclut également un examen des problèmes associés aux fonctions d'interfonctionnement assurées par la passerelle Internet/RTPC.

1.2 Objet

La présente Recommandation contient des informations générales sur des questions de téléphonie de base intervenant dans la fourniture des services en bande vocale des connexions hybrides Internet/RTPC. Cette information sera également utile aux fabricants d'équipements, aux fournisseurs de services VoIP, aux fournisseurs de services Internet (ISP, *Internet service providers*), aux développeurs de logiciels et aux fournisseurs de RTPC lorsque le service traverse une passerelle vers des réseaux IP. Les ingénieurs spécialisés en RTPC seront familiers avec les aspects téléphoniques évoqués dans la présente Recommandation, mais trouveront des informations utiles sur les fonctionnalités propres à l'Internet pour les services en bande vocale assurés sur des connexions qui comportent un segment Internet.

1.3 Application

Les directives données dans la présente Recommandation seront appliquées par les fabricants d'équipements, les fournisseurs de services VoIP, les ISP, les développeurs de logiciels et les fournisseurs de RTPC. Ceux qui assurent des services dans lesquels le RTPC est interconnecté avec des réseaux IP via une passerelle, trouveront ces informations utiles pour la conception des équipements, des logiciels et des services destinés à assurer des services en bande vocale sur des connexions hybrides Internet/RTPC. L'application de ces informations dans la présente Recommandation par les fabricants d'équipements, les fournisseurs de services VoIP, les fournisseurs de services Internet, les développeurs de logiciels et les fournisseurs de RTPC devrait permettre d'améliorer la qualité des services en bande vocale assurés sur des connexions hybrides Internet/RTPC. De plus, si l'on recherche une large acceptation du service VoIP par les consommateurs, la qualité de service en bande vocale résultante doit approcher celle du RTPC.

Les directives données dans la présente Recommandation concernent des configurations/connexions dans lesquelles la dernière partie de la connexion est un réseau IP. Une attention particulière est accordée à la fonction passerelle/interfonctionnement (qui fournit les capacités d'interfonctionnement essentielles pour ces connexions hybrides). Une application principale de la présente Recommandation sera la téléphonie Internet dans laquelle le terminal (un PC par exemple) bénéficie des fonctionnalités H.323. Comme indiqué plus haut, la présente Recommandation utilisera comme référence pour les comparaisons de qualité de fonctionnement avec les autres connexions, des connexions exclusivement RTPC.

La présente Recommandation s'applique à des connexions dans lesquelles la phase de transfert de données se produit sur des connexions hybrides Internet/RTPC. Les questions d'établissement d'appel, les traductions des numéros (entre la numérotation RTPC et la numérotation IP), etc. ne sont pas étudiées dans la présente Recommandation.

La présente Recommandation s'applique à des réseaux qui assurent la téléphonie vocale selon l'un des scénarios décrits au paragraphe 5, Qualité de fonctionnement des connexions hybrides Internet/RTPC. La présente Recommandation contient des informations générales sur la qualité de bout en bout et la façon dans laquelle la qualité est affectée par les diverses composantes du système VoIP. Une description des relations entre la qualité de fonctionnement des terminaux et celle du réseau est également incluse.

2 Terminologie

La présente Recommandation définit les termes suivants:

2.1 connexion hybride RTPC/Internet: connexion qui inclut au moins un tronçon RTPC et un tronçon dans lequel le trafic est acheminé par un réseau qui utilise la suite protocole Internet.

2.2 passerelle/IWF: fonction d'interfonctionnement qui raccorde différents réseaux et assure la conversion entre les protocoles utilisés sur ces réseaux.

2.3 interfonctionnement: capacité de deux réseaux à être connectés et à transférer le trafic de l'un vers l'autre.

2.4 terminal H.323: terminal spécialisé (poste téléphonique par exemple) ou non spécialisé (ordinateur exécutant une application assurant une fonction terminale) et qui:

- est destiné à être connecté à un réseau IP;
- assure la fonctionnalité définie dans la Recommandation H.323.

3 Acronymes et abréviations

La présente Recommandation utilise les abréviations suivantes:

%GoB	pourcentage de bons ou de meilleurs (<i>per cent good-or-better</i>)
%PoW	pourcentage de médiocres ou de pires (<i>per cent poor-or-worse</i>)
ACELP	prédiction linéaire avec excitation par code algébrique (<i>algebraic-code-excited linear-prediction</i>)
ACR	évaluation par catégories absolues (<i>absolute category rating</i>)
ADSL	ligne d'abonné numérique asymétrique (<i>asymmetric digital subscriber line</i>)
ATM	mode de transfert asynchrone (<i>asynchronous transfer mode</i>)
BER	taux d'erreurs sur les bits (<i>bit error ratio</i>)
CNG	générateur de bruit de confort (<i>comfort noise generator</i>)
CS-ACELP	prédiction linéaire avec excitation par séquence codée à structure algébrique conjuguée (<i>conjugate structure algebraic-code-excited linear-prediction</i>)
dB(A)	dB SPL; avec pondération A
dBm	niveau absolu de puissance par rapport à 1 mW exprimé en décibels (<i>decibels referred to 1 milliwatt</i>)
dBm0p	dBm mesurée au point zéro dBr, à pondération psophométrique
dBmp	dBm à pondération psophométrique
DTMF	multifréquence bi-tonalité (<i>dual-tone multi-frequency</i>)
EC	annuleur d'écho (<i>echo canceller</i>)
eif	facteur de dégradation d'équipement de modèle E (<i>E-model equipment impairment factor</i>)
ERL	affaiblissement d'adaptation pour l'écho (<i>echo return loss</i>)
GSM	système mondial de communications mobiles (<i>global system for mobile communications</i>)
GSM EFR	codeur amélioré pour la parole à plein débit pour le GSM (<i>GSM enhanced full rate speech coder</i>)
GSM FR	codeur de la parole à plein débit pour le GSM (<i>GSM full rate speech coder</i>)
GSM HR	codeur de la parole à demi-débit pour le GSM (<i>GSM half rate speech coder</i>)
GW	passerelle (<i>gateway</i>)
IP	protocole Internet (<i>Internet protocol</i>)
ISP	fournisseur de service Internet (<i>Internet service provider</i>)
IWF	fonction d'interfonctionnement (<i>interworking function</i>)
LAN	réseau local (<i>local area network</i>)
LD-CELP	prédiction linéaire à faible délai avec excitation par code (<i>low-delay code-excited linear prediction</i>)
MICDA	modulation par impulsions et codage différentiel adaptatif
PCME	équipement de multiplication de circuits paquets (<i>packetized circuit multiplication equipment</i>)

PPP	protocole point à point
QS	qualité de service
RLR	équivalent pour la sonie à la réception (<i>receive loudness rating</i>)
RNIS	réseau numérique à intégration de services
RSVP	protocole de réservation de ressource (<i>resource reservation set-up protocol</i>)
RTP	protocole de transport en temps réel (<i>real-time transport protocol</i>)
RTPC	réseau téléphonique public à commutation
SCN	réseau de communication commuté (<i>switched communications network</i>)
SLR	équivalent pour la sonie à l'émission (<i>send loudness rating</i>)
SPL	pression acoustique (<i>sound pressure level</i>)
STU	unité téléphonique sécurisée (<i>secure telephone unit</i>)
TCL _w	affaiblissement de couplage terminal pondéré (<i>weighted terminal coupling loss</i>)
TCP	protocole de commande de transmission (<i>transmission control protocol</i>)
TDD	terminal de télécommunication pour malentendants (<i>telecommunications terminal for the deaf</i>)
TTY	télétype
UDP	protocole datagramme d'utilisateur (<i>user datagram protocol</i>)
VBD	données en bande vocale (<i>voiceband data</i>)
VDSL	ligne d'abonné numérique ultrarapide (<i>very high speed digital subscriber line</i>)
VoIP	téléphonie IP (<i>voice over Internet protocol</i>)
VTOA	voix et téléphonie sur ATM (<i>voice and telephony over ATM</i>)
xDSL	ligne ADSL, VDSL et autres lignes numériques

4 Références normatives

La présente Recommandation se réfère à certaines dispositions des Recommandations UIT-T et textes suivants qui de ce fait en sont partie intégrante. Les versions indiquées étaient en vigueur au moment de la publication de la présente Recommandation. Toute Recommandation ou tout texte étant sujet à révision, les utilisateurs de la présente Recommandation sont invités à se reporter, si possible, aux versions les plus récentes des références normatives suivantes. La liste des Recommandations de l'UIT-T en vigueur est régulièrement publiée.

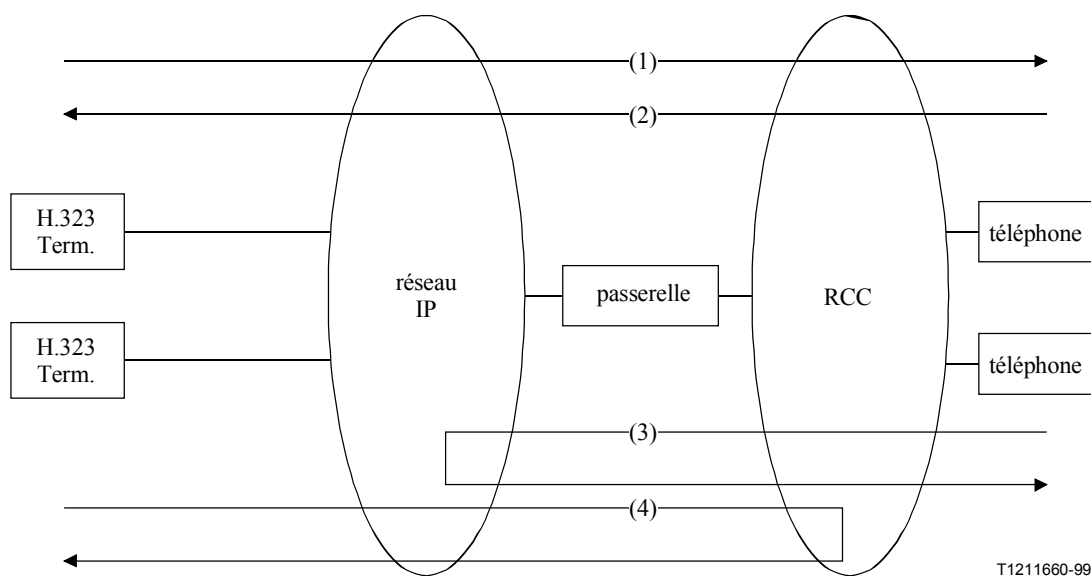
- Recommandation UIT-T G.101 (1996), *Le plan de transmission*.
- Recommandation UIT-T G.107 (1998), *Le modèle E, modèle de calcul utilisé pour la planification de la transmission*.
- Recommandation UIT-T G.108 (1999), *Application du modèle E – Guide de planification*.
- Recommandation UIT-T G.109 (1999), *Définition des catégories de qualité de transmission vocale*.
- Recommandation UIT-T G.113 (1996), *Dégradations de la transmission*.
- Recommandation UIT-T G.114 (1996), *Temps de transmission dans un sens*.
- Recommandation UIT-T G.116 (1999), *Objectifs de la qualité de transmission applicables aux connexions internationales de bout en bout*.

- Recommandation UIT-T G.131 (1996), *Réduction de l'écho pour le locuteur.*
- Recommandation UIT-T G.168 (1997), *Annuleurs d'écho pour les réseaux numériques.*
- Recommandation UIT-T G.173 (1993), *Aspects relatifs à la planification de la transmission du service téléphonique dans les réseaux mobiles terrestres publics.*
- Recommandation UIT-T G.174 (1994), *Objectif de qualité de transmission des systèmes numériques de communication personnelle terrestres sans fil utilisant des terminaux portables ayant accès au réseau téléphonique public commuté.*
- Recommandation UIT-T G.175 (1997), *Planification de la transmission pour l'interconnexion des réseaux publics et privés en trafic vocal.*
- Recommandation UIT-T G.176 (1997), *Directives de planification pour l'intégration de la technologie ATM dans les réseaux assurant des services en bande vocale.*
- Recommandation CCITT G.711 (1988), *Modulation par impulsions et codage (MIC) des fréquences vocales.*
- Recommandation UIT-T G.723.1 (1996), *Codeur de signaux vocaux à double débit pour communications multimédias acheminées à 5,3 kbit/s et à 6,3 kbit/s.*
- Recommandation CCITT G.726 (1990), *Modulation par impulsions et codage différentiel adaptatif (MICDA) à 40, 32, 24, 16 kbit/s.*
- Recommandation CCITT G.728 (1992), *Codage de la parole à 16 kbit/s en utilisant la prédiction linéaire à faible délai avec excitation par code.*
- Recommandation UIT-T G.729 (1996), *Codage de la parole à 8 kbit/s par prédiction linéaire avec excitation par séquences codées à structure algébrique conjuguée.*
- Recommandation UIT-T G.729 Annexe A (1996), *Version simplifiée du codec vocal CS-ACELP à 8 kbit/s.*
- Recommandation CCITT G.764 (1990), *Mise en paquets de la parole – Protocole de transmission de la parole par paquets.*
- Recommandation UIT-T H.225.0 (1998), *Protocoles de signalisation d'appel et mise en paquets d'un train multimédia pour des systèmes de communication multimédias en mode paquet.*
- Recommandation UIT-T H.245 (1998), *Protocole de commande pour communications multimédias.*
- Recommandation UIT-T H.323 (1998), *Systèmes de communication multimédias en mode paquet.*
- Recommandation UIT-T P.11 (1993), *Effet des dégradations de la transmission.*
- Recommandation UIT-T P.56 (1993), *Mesure objective du niveau vocal actif.*
- Recommandation UIT-T P.79 (1993), *Calcul des équivalents pour la sonie des postes téléphoniques.*
- Recommandation CCITT P.82 (1988), *Méthode d'évaluation du service du point de vue de la qualité de transmission de la parole.*
- Recommandation UIT-T P.310 (1996), *Caractéristiques de transmission pour téléphones numériques à bande téléphonique (300-3400 Hz).*
- Recommandation UIT-T P.561 (1996), *Dispositif de mesure en service et sans intrusion – Mesures pour les services vocaux.*

- Recommandation UIT-T P.800 (1996), *Méthodes d'évaluation subjective de la qualité de transmission*.
- Recommandation UIT-T P.861 (1998), *Mesure objective de la qualité des codecs vocaux fonctionnant dans la bande téléphonique (300-3400 Hz)*.
- RFC 1889, *RTP: Protocole de transport pour applications en temps réel*.
- RFC 2205, Protocole de réservation des ressources (RSVP) – Spécification fonctionnelle version 1.
- RFC 2212, Spécification de la qualité de service garantie.

5 Qualité des connexions hybrides Internet/RTPC

La Figure 1 représente des configurations de connexion spécifiques Internet/RTPC étudiées dans la présente Recommandation. Les terminaux connectés à l'Internet sont supposés disposer des fonctionnalités H.323 du point de vue des transmissions vocales. Ces terminaux peuvent être connectés à l'Internet via une connexion directe (par exemple Ethernet, Token Ring, etc.) ou des connexions avec numérotation (par exemple modem, liaison PPP). Les tronçons Internet et RTPC sont connectés par une passerelle. Pour des raisons de commodité, cette passerelle est représentée par un simple rectangle dans la Figure 1. Dans la pratique, la passerelle peut se composer de plusieurs équipements, dotés chacun de fonctions spécifiques. Les aspects qualité de fonctionnement de la passerelle sont particulièrement importants ici.



NOTE – Quatre types de connexion sont représentés. Voir le texte pour de plus amples détails.

Figure 1/G.177 – Types de connexion particuliers étudiés dans la présente Recommandation

Les fonctions spécifiques d'une passerelle dépendront du sens de transmission, c'est-à-dire Internet→RTPC ou inversement. En particulier la passerelle assure les fonctions suivantes (cette liste n'est pas limitative):

- Internet→RTPC
 - Désassemblage des paquets (y compris la "pile IP")
 - Décodeur de parole (élimination des erreurs, bruit de confort, insertion de silences, etc.)
 - Gestion ou régulation des variations du temps de transmission
 - Annulation de l'écho.
- RTPC→Internet
 - Codeur de parole (suppression des silences, décisions concernant le bruit de confort, etc.)
 - Assemblage des paquets (y compris la "pile IP")
 - Gestion ou régulation de la variation du temps de transmission.

Quatre configurations de connexion sont considérées dans la présente Recommandation, toutes étant représentées à la Figure 1, à savoir:

- 1) H.323→Téléphone (H.323→Internet→RTPC→Téléphone)
- 2) Téléphone→H.323 (Téléphone→RTPC→Internet→H.323)
- 3) Téléphone→Téléphone (Téléphone→RTPC→Internet→RTPC→Téléphone)
- 4) H.323→H.323 (H.323→Internet→RTPC→Internet→H.323)

Chacune de ces configurations de connexion exige la présence d'au moins une passerelle. Par conséquent, les connexions qui sont strictement RTPC ou H.323-H.323 utilisant seulement l'Internet ne sont pas étudiées dans la présente Recommandation.

- La présente Recommandation décrit les facteurs qui jouent un rôle dans la détermination de la qualité de service de bout en bout et les paramètres qui servent à la caractériser.

6 Caractéristiques des canaux de transmission des réseaux IP

A de nombreux égards, la transmission dans les réseaux IP est analogue à la transmission des services en bande vocale sur des systèmes et des réseaux de type paquet. L'Appendice I/G.764 contient une introduction aux systèmes de type paquet et aux questions relatives à leur qualité de fonctionnement.

La transmission dans les réseaux IP est réalisée par assemblage de plusieurs octets en paquets. Ces paquets comportent des en-têtes contenant des informations essentielles telles la source et la destination du paquet, qui sont ajoutées au niveau des couches Transport et Réseau. La taille de la charge utile et du paquet peut varier selon l'application et la nature des protocoles utilisés. La communication entre deux points d'extrémité se fait via un flux de données (assez analogue à une connexion dans un réseau en mode connexion tel le RTPC), qui en général se compose de plusieurs paquets. Chaque paquet en provenance d'une source donnée peut emprunter différents trajets vers une destination donnée. En conséquence, les paquets provenant d'un flux de données particulier peuvent arriver à la destination dans un ordre qui est différent de l'ordre dans lequel ils ont été émis (c'est-à-dire que les paquets n'arrivent plus en séquence). Les caractéristiques protocolaires tels les numéros de séquence ou les horodatages permettent de réassembler les paquets à la destination dans l'ordre approprié.

Le séquençement correct des paquets dans le flux de données relève de la responsabilité des couches supérieures de la pile protocolaire et ne fait pas partie du protocole IP. Lorsqu'une application exige que les paquets arrivants soient utilisés dans la séquence correcte, un délai suffisant doit être prévu

pour permettre l'intégration des derniers paquets. Pour des applications telles les communications vocales, dans lesquelles les temps de transmission de bout en bout doivent être aussi courts que possible, il peut être nécessaire de déclarer les derniers paquets comme étant perdus afin d'obtenir un temps de transmission acceptable. Le compromis entre un long temps de transmission (qui peut se traduire par une qualité de transmission plus élevée, mais qui peut augmenter la difficulté de la conversation) et l'abandon (ce qui se traduira par une qualité de transmission vocale inférieure, mais qui permettra d'avoir une conversation interactive) doit être choisi avec soin dans le cas de services VoIP.

7 Qualité vocale (de bout en bout)

De nombreux facteurs influencent la qualité vocale de bout en bout des services VoIP. Ces facteurs sont le choix du codeur vocal, le temps de transmission (et l'écho associé), le niveau global (sonie), etc. Ces importants facteurs sont examinés à leur tour dans le présent paragraphe. L'utilisation très répandue de terminaux numériques radio (et du codage vocal associé) dans le RTPC, et l'interaction des systèmes radio avec les entités de traitement de la parole dans les systèmes VoIP doivent faire l'objet d'un complément d'étude.

Le modèle E un outil utile d'évaluation de l'effet relatif des décisions de planification de la transmission sur la qualité. Le modèle E a été inclus dans diverses Recommandations UIT-T sur la planification de la transmission. En particulier, le modèle E fait l'objet de la Recommandation G.107.

Le modèle E introduit la notion de facteur de dégradation d'équipement (eif, *equipment impairment factor*), qui s'est révélée être d'une grande utilité pour évaluer les effets de la qualité de transmission des nouveaux dispositifs de traitement des signaux vocaux. La Recommandation G.113 décrit la méthodologie eif.

La Recommandation G.109 contient des informations utiles sur les catégories de qualité vocale, utilisant les valeurs R du modèle E et leur utilisation dans les communications vocales.

L'évaluation globale de la qualité de transmission vocale d'un service hybride Internet/RTPC est conseillée. Bien qu'il soit important d'évaluer la qualité vocale de diverses composantes du système (codeurs vocaux, annuleurs d'écho, etc.), les effets cumulatifs des dégradations sur plusieurs dispositifs de traitement des signaux vocaux placés en série, sera le facteur limitatif de détermination du caractère acceptable d'un nouveau service pour un utilisateur. La Recommandation P.800 contient des informations générales sur la manière de procéder aux évaluations subjectives de la qualité de transmission vocale. La Recommandation P.830 contient des informations détaillées pour l'évaluation des codecs vocaux.

Les mesures objectives de la qualité vocale peuvent être également utiles. La Recommandation P.861 décrit un algorithme de mesure objectif pour l'évaluation des codecs. L'application de la Recommandation P.861 à d'autres fins doit être prise avec précaution. Il faudra se reporter au paragraphe "Domaine d'application" de la Recommandation P.861.

NOTE – L'UIT-T essaie de déterminer les techniques objectives nouvelles ou modifiées qui peuvent être appliquées à des situations dans lesquelles intervient la VoIP. En particulier, l'Appendice I/P.861 donne une méthode qui accepte assez bien l'élimination de trames.

7.1 Qualité de fonctionnement des codeurs vocaux

La transmission dans les réseaux IP est caractérisée par des périodes pendant lesquelles il y a peu d'erreur de transmission ponctuées par des paquets de trame perdus. Ces trames sont perdues lorsque des paquets sont perdus pendant le transit ou sont éliminées à cause d'une arrivée tardive dans le cadre de la stratégie de gestion des temps de transmission au point de destination. Ainsi, la qualité de fonctionnement des codeurs vocaux pour applications VoIP doit être évaluée en présence de perte ou

d'élimination de plusieurs trames successives. Dans certaines applications VoIP il y a un bruit acoustique ambiant élevé à l'extrémité d'émission de la connexion (c'est-à-dire lorsque l'un des points d'extrémité est à l'ordinateur personnel). Il est donc également souhaitable que la qualité de fonctionnement du codeur vocal ne soit pas dégradée par la présence d'un bruit de fond acoustique.

L'effet sur la qualité de fonctionnement de la perte ou de l'absence de paquets à la destination, et les effets associés sur les codeurs vocaux à faible débit, présentent un grand intérêt. Dans de nombreuses applications, il sera nécessaire d'inclure plusieurs trames de parole codée dans un seul paquet IP. Ainsi, les codeurs vocaux pour les applications VoIP devraient pouvoir supporter la perte de plusieurs trames séquentielles. Il est donc recommandé d'utiliser des codecs des Recommandations de la série G.700. Ces codecs ont été largement testés et ont présenté une bonne qualité de fonctionnement dans des conditions variées. En particulier, la qualité de fonctionnement des codecs G.723.1, G.728, et G.729 a été évaluée en présence de perte aléatoire de trames ou de perte par rafales de trames. Toutefois, l'évaluation n'a pas porté sur un effet susceptible de présenter un intérêt particulier pour la transmission IP, à savoir la perte de plusieurs trames séquentielles, soit isolément, soit par rafales. La Recommandation H.323 contient des dispositions spécifiques pour les codecs G.711, G.723.1, G.728, et G.729 (y compris les Annexes A et B).

Les tests d'opinion sur le codeur qui a été retenu pour les applications VoIP doivent révéler que (individuellement) sa qualité globale, dans des conditions d'absence d'erreurs, doit correspondre au moins à celle d'un codeur MICDA à 32 kbit/s (Recommandation G.726). Le codeur CS-ACELP à 8 kbit/s de l'UIT-T (G.729 et Annexe A/G.729) remplit cette condition bien que ses performances en matière d'interfonctionnement avec les autres technologies de codage soient différentes de celles de la Recommandation G.726. C'est la raison pour laquelle l'eif attribué au codeur G.729 et à l'Annexe A/G.729 est supérieur à celui établi pour le codeur G.726 à 32 kbit/s.

Lorsque 3% des trames sont manquantes par rafales, il est recommandé que la proportion des appréciations médiocre ou pire n'augmente pas de plus de 0,1 par rapport à celles correspondant au MICDA à 32 kbit/s en absence d'erreur. Des conditions analogues pour la perte de plusieurs trames successives, comme indiqué ci-dessus, n'ont pas été déterminées.

L'utilisation des codeurs vocaux qui sont déjà largement utilisés dans les systèmes radio numériques (ou les nouveaux codeurs dont l'utilisation est à l'étude pour de telles applications) doit être envisagée pour les systèmes VoIP. Les caractéristiques de transmission des canaux radio et celles des systèmes IP peuvent être différentes, mais les codeurs vocaux pour les applications radio sont conçus pour supporter la présence de trames codées erronées, déclarées inutilisables et éliminées. Ces codeurs présentent donc les caractéristiques souhaitées pour les applications VoIP. De plus, comme il y aura un nombre croissant d'appels vocaux incluant une passerelle IP/RTPC et un terminal radio, il est souhaitable que les deux systèmes utilisent le même codeur vocal. En particulier, il est recommandé de n'avoir, dans la mesure du possible, qu'une seule opération de codage/décodage de la parole. Pour cela, il sera nécessaire de définir des méthodes appropriées permettant d'indiquer le type de codec utilisé afin que la passerelle IP/RTPC n'effectue pas de codage et de décodage en pareil cas. L'objectif est d'éviter le traitement en série par des codeurs vocaux chaque fois que cela est possible.

7.1.1 Facteurs de dégradation de l'équipement du modèle E (eif)

La qualité subjective d'un codeur vocal est correctement décrite par le facteur de dégradation de l'équipement (eif) du modèle E (voir la Recommandation G.113 pour un récapitulatif de ces facteurs et des méthodes permettant de les extraire à partir des données subjectives). Les facteurs eif du modèle E sont empiriquement (subjectivement) déterminés et donnent une métrique utile de comparaison des codeurs vocaux sur une échelle de qualité subjective (c'est-à-dire, la qualité vocale). Le facteur eif pour un codec déterminé décrit l'effet subjectif des dégradations de la parole qui sont introduites par le codeur vocal. La qualité de plusieurs codecs (qu'ils soient du même type ou de types différents) mis en série est une considération importante pour la qualité globale vocale offerte sur une connexion. Le facteur eif décrit également les effets de telles configurations. Toute chose étant égale par ailleurs, un facteur eif inférieur est préférable à un facteur supérieur. Pour les codeurs

vocaux présentant des facteurs eif égaux, d'autres considérations (tel le délai ou le débit) peuvent jouer des rôles décisifs dans le choix d'un codeur vocal. Une liste actuelle des attributions de facteurs eif pour de nombreux codeurs vocaux, y compris ceux qui sont proposés comme options dans la Recommandation H.323, se trouve dans l'Appendice I/G.113.

Le temps de traitement associé à un codec est également décrit dans le modèle E, mais il ne fait pas partie du facteur eif.

7.1.2 Qualité de fonctionnement des codecs en cascade

Dans certains scénarios d'appel, le signal vocal peut faire l'objet de codages successifs par plusieurs codecs. Un exemple évident est le cas H.323→H.323 illustré dans la Figure 1. Le trajet de transmission passe par deux passerelles. Par conséquent, la parole sera codée et décodée à deux reprises par un codec vocal. Les autres cas les plus importants sont ceux où l'un des terminaux vocaux est un terminal radio, un répondeur numérique ou un système de messagerie vocale numérique. Dans ces cas, il faut étudier si le codec VoIP peut fonctionner correctement (d'un point de vue subjectif) en série avec l'autre codec.

En général, la présence de codecs en cascade conduit à une dégradation globale de la qualité vocale. Si les facteurs eif sont connus, le modèle E (Recommandation G.107) peut être utilisé pour évaluer l'effet possible de la présence de plusieurs codecs vocaux dans le trajet de transmission.

L'utilisation d'un codec G.711 dans le terminal VoIP conduit à des résultats donnant une qualité interurbaine sur le RTPC et le RNIS et une qualité correspondant à celle d'un système radio numérique normal lorsque la terminaison s'effectue dans un réseau radio numérique.

7.1.3 Autres considérations relatives aux codecs vocaux

Comme indiqué plus haut, l'utilisation de codecs vocaux a un certain nombre d'effets négatifs éventuels sur les services vocaux. Les concepteurs de services VoIP utilisant des codeurs vocaux doivent prendre en considération les impératifs associés à ces services lors de la mise en place de leurs réseaux. En particulier, les effets du codage vocal sur les applications suivantes doivent être pris en considération:

- reconnaissance du locuteur – les codeurs vocaux ne doivent pas avoir d'effet négatif sur la capacité des êtres humains ou des machines à reconnaître et à identifier un locuteur;
- reconnaissance vocale – les codeurs vocaux ne doivent pas avoir un effet négatif sur la capacité des êtres humains ou des machines à reconnaître le contenu vocal;
- conversion texte-parole (TTS, *text-to-speech*) – la voix artificielle générée par des systèmes de production de synthèse vocale peut ne pas avoir les mêmes caractéristiques que la parole humaine. Etant donné que les codecs vocaux modernes exploitent ces caractéristiques, il est possible que le codage d'une voix artificielle puisse provoquer des dégradations imprévisibles.

7.2 Effets des erreurs de transmission et des pertes de paquets

Pour les applications VoIP, deux principaux types d'erreurs peuvent se produire:

- 1) les erreurs binaires sur l'installation de transmission;
- 2) la perte ou l'élimination de paquets IP.

7.2.1 Erreurs binaires

Les erreurs binaires peuvent se produire sur les installations de transmission. Cela peut se traduire pour des erreurs sur les paquets IP arrivant à destination. La couche IP détectera les en-têtes IP erronées, mais ne détectera pas les erreurs de charge utile des paquets IP, c'est-à-dire la parole codée. Les protocoles de haut niveau doivent détecter les trames vocales erronées. La qualité globale de la

transmission vocale dépendra de la détection et de la correction des erreurs à savoir si celles-ci sont réalisées au niveau de la couche Transport ou de la couche Application et de la manière dont elles sont effectuées.

7.2.2 Perte de paquets

Un problème de qualité de fonctionnement potentiellement plus grave est celui de la perte ou de l'élimination de paquets IP. Un paquet IP peut être perdu lorsque le réseau IP est encombré. Un paquet IP peut également être éliminé à la destination. Par exemple, un paquet très en retard sera déclaré perdu par la destination. L'élimination de paquets très en retard est préférable à l'allongement des temps de transmission et à la variation de ces temps à la destination qui peut se traduire par de longs temps d'attente (voir 7.4, temps de transmission et écho).

La perte d'un seul paquet IP se traduira par la perte d'une ou plusieurs trames vocales codées selon le modèle de codeur vocal utilisé et le nombre de trames par paquet. Comme indiqué ci-dessus, le codeur vocal doit pouvoir supporter la perte de trames codées. En particulier, si plusieurs trames sont assemblées en un paquet IP, la qualité de fonctionnement du codeur vocal doit être évaluée dans des conditions de perte de trame qui reflètent celles du réseau utilisé. Les effets résultant d'un taux élevé de perte de trame (par exemple 20 à 30%) doivent être évalués.

7.3 Equivalents pour la sonie et caractéristiques des terminaux

Deux caractéristiques importantes des postes téléphoniques sont l'équivalent pour la sonie à l'émission (SLR) et l'équivalent pour la sonie à la réception (RLR), définis dans la Recommandation P.79. Les équivalents SLR et RLR définissent respectivement, l'efficacité acousto-électrique de l'émetteur et l'efficacité électroacoustique du récepteur. Les émetteurs et les récepteurs pour les applications VoIP ne sont pas toujours des terminaux vocaux téléphoniques. Il peut s'agir de casques équipés de microphones, de microphones autonomes et de haut-parleurs séparés, de microphones et haut-parleurs intégrés (ordinateurs portables par exemple). etc.

Les combinés et les casques sont équipés de moyens permettant d'ajuster les niveaux d'entrée et de sortie. En général, leurs caractéristiques en fréquence sont également bien adaptées à la téléphonie. L'écho acoustique est également moins un problème étant donné que l'affaiblissement par couplage acoustique est généralement supérieur à 50 dB. Les combinés et les casques offrent en général un rejet beaucoup plus important du bruit de fond que les microphones séparés. Lorsque des microphones et des haut-parleurs séparés sont utilisés dans des configurations mains-libres, les performances dépendent fortement de plusieurs facteurs dont la linéarité de l'équipement et leur position relative. Le couplage acoustique nécessite aussi une limitation de l'écho adaptée à la situation (solution de commutation semi-duplex ou d'annulation d'écho duplex). L'annuleur d'écho doit tenir compte du bruit de fond (par exemple dans un environnement de bureau) et de la double parole (lorsque les utilisateurs parlent en même temps), et éliminer l'écho dans des conditions où un seul locuteur parle. De mauvaises caractéristiques en matière d'écho affectent principalement l'utilisateur situé à l'autre extrémité de la connexion.

Les réponses en fréquence à l'émission et à la réception des microphones, haut parleurs, écouteurs et casques doivent être adaptées à la largeur de bande audio utilisée. Pour la téléphonie à bande étroite, la largeur de bande doit être de [300-3400] Hz avec une réponse plate en fréquence (à ± 3 dB).

Tandis que les équivalents pour la sonie des terminaux vocaux non traditionnels sont, en principe, faciles à spécifier, les procédures de mesure destinées à vérifier leur conformité n'ont pas été définies. Des informations générales peuvent être données. Les niveaux de vocaux actifs dans le réseau ont une moyenne de -20 dBm environ, avec un écart type d'environ 5 dBm. Ces valeurs en général produisent des niveaux acoustiques à la sortie d'un récepteur téléphonique type qui se situent aux environs de 80 dB SPL. Un locuteur type doit produire un niveau vocal actif (mesuré conformément à la Recommandation P.56) d'environ -20 dBm au point 0 dBr, et une pression acoustique d'environ 80 dB à la sortie du récepteur.

Lorsque l'on utilise des postes ou des combinés téléphoniques traditionnels, ceux-ci doivent être conformes à la Recommandation P.310. De nouveaux travaux sont actuellement en cours à l'UIT-T pour définir les caractéristiques de fonctionnement d'un terminal vocal numérique destiné aux systèmes de type paquet.

7.4 Temps de transmission et écho

Des temps de transmission extrêmement longs rendront difficiles les conversations interactives. A mesure que le temps augmente, l'interaction entre les utilisateurs dégénérera jusqu'à devenir une conversation du type simplex ou "à vous, à moi". Si l'on veut que les services vocaux IP soient bien acceptés et largement utilisés, il faudra éviter au maximum ce genre de situation.

7.4.1 Temps de transmission

Dans les réseaux de télécommunication numériques modernes, le temps de transmission est un paramètre de qualité de fonctionnement essentiel dont l'augmentation doit être réduite à une valeur minimale. Bien que les délais sur les réseaux IP peuvent dépasser le temps de transmission type du RTPC, la dégradation causée par un temps de transmission supplémentaire peut être compensée par les avantages apportés par un nouveau réseau et de nouvelles capacités de service. Ces compromis doivent être quantifiés.

Le temps de transmission peut avoir deux effets sur la qualité vocale. D'abord, il augmente l'effet subjectif des dégradations dues à l'écho. Deuxièmement, comme indiqué dans la Recommandation G.114, même lorsque l'écho est limité, des temps de transmission unidirectionnels supérieurs à 150 ms peuvent gêner la dynamique de la conversation vocale selon le type de conversation et du degré d'interaction. Les Recommandations G.114, G.131 et Annexe A/G.173 contiennent des informations supplémentaires relatives aux effets du temps de transmission et de l'écho.

En outre, le temps de transmission peut dégrader le bon fonctionnement de certaines applications de transmission de données en bande vocale, certaines applications étant plus sensibles aux temps de transmission que les applications vocales. Le temps de transmission total des réseaux hybrides Internet/RTPC doit être limité, même lorsqu'on utilise une limitation de l'écho. On trouvera dans la Recommandation G.114 des informations supplémentaires sur le sujet.

7.4.1.1 Retard dû au codec

Les codecs vocaux modernes fonctionnent sur des ensembles d'échantillons appelés trames. Chaque trame d'entrée est transformée en une trame compressée. La trame vocale codée n'est pas produite jusqu'à ce que tous les échantillons vocaux constituant la trame d'entrée aient été recueillis par le codeur. Ainsi, il y a un retard d'une trame avant le commencement du traitement. En outre, de nombreux codecs analysent des trames successives pour améliorer l'efficacité de compression. La durée de cette analyse est appelée temps d'anticipation du codeur. Le temps nécessaire pour traiter une trame d'entrée est supposé être le même que la durée d'une trame, car la plus grande efficacité d'utilisation des ressources de traitement sera obtenue lorsqu'une paire de codeurs/décodeurs (ou plusieurs paires de codeurs/décodeurs fonctionnant en parallèle sur des flux d'entrée multiples), utilise pleinement la puissance de traitement disponible (régulièrement répartie dans le domaine temps). Ainsi le retard dû à la paire codeur/décodeur est supposé normalement être égal à:

$$2 \times \text{longueur de trame} + \text{temps d'anticipation}$$

Si l'installation de sortie opère au même débit que le codec vocal (par exemple installation à 8 kbit/s pour un codec G.729), on a alors un retard d'une trame additionnelle lorsque l'on synchronise la trame comprimée de l'installation. Ainsi, le retard maximal attribué au traitement associé au codec dans des systèmes conventionnels (à savoir le RTPC), est égal à:

$$3 \times \text{longueur de trame} + \text{temps d'anticipation}$$

Si l'installation de sortie est un réseau IP, la sortie trame du codeur sera instantanément transférée dans un paquet IP. Le délai supplémentaire nécessaire à l'assemblage du paquet IP et à la présentation à la couche Réseau sous-jacente dépendra de la couche Liaison. Lorsque la couche Réseau est un réseau local (Ethernet par exemple), ce retard supplémentaire peut être assez faible.

Si plusieurs trames de parole sont groupées ensemble en un seul paquet IP, un délai supplémentaire est ajouté au signal vocal. Ce délai sera égal à la durée d'une trame vocale supplémentaire pour chaque trame de parole additionnelle ajoutée au paquet IP:

$$(N + 1) \times \text{longueur de trame} + \text{temps d'anticipation}$$

où N est le nombre de trames de chaque paquet.

7.4.1.2 Retard dû à la mémoire tampon dans le terminal IP

Les cartes audio et les cartes téléphone des PC comportent en général une importante mémoire tampon interne, afin d'offrir une interface à débit fixe au convertisseur A/N et N/A et une interface synchrone à la couche Application.

En outre, les modems et les adaptateurs de réseau utilisent des mémoires tampon internes pour augmenter l'efficacité d'accès au réseau. Ils ont été optimisés pour la transmission de données dans les cas où le retard n'est pas un problème, et cette optimisation peut s'avérer gênante pour la transmission de la parole lorsque le retard revêt une importance critique.

Il existe également des retards dus au stockage tampon du logiciel. Une application où les circuits de commande d'un dispositif peuvent mémoriser de grands volumes de données afin de les traiter facilement et efficacement ou pour gérer la gigue de retard dans les paquets reçus.

7.4.1.3 Mise en paquets H.323/ retard dû au stockage tampon

Un retard dû à la mise en paquets peut être introduit lorsque les paquets sont en cours de constitution. Un retard dû au stockage tampon peut apparaître lorsqu'ils sont désassemblés.

Le retard dû à la mise en paquets est le temps nécessaire pour recueillir suffisamment d'informations pour remplir un paquet. Lorsque des paquets de longueur fixe sont utilisés dans un codec de type trame, la mise en paquets peut provoquer un retard supplémentaire si la longueur du paquet diffère de la longueur de trame du codec.

Le retard dû au stockage tampon est dû à la mise en file d'attente dans le récepteur et est généralement utilisé pour compenser la gigue dans le réseau. La reproduction de la parole exige des paquets régulièrement espacés dans le temps mais les retards dans le réseau sont variables, de sorte que le récepteur doit différer des paquets qui arrivent tôt et les synchroniser avec ceux qui arrivent plus tard.

7.4.1.4 Temps de transmission dans le réseau

Le temps de transmission est le temps pris par les paquets pour atteindre leur destination pendant leur transmission à travers le réseau. Les composantes du retard dans le réseau sont les suivantes:

- le temps de transmission, introduit par l'envoi d'un paquet sur une liaison (par exemple l'envoi d'un paquet de 256 octets sur une liaison à 64 kbit/s prend 32 ms);
- le temps de propagation, dû à la propagation du signal sur la liaison physique. Ce retard est en général négligeable si les liaisons ne dépassent pas 1000 km;
- le retard dû au nœud, dû à la mise en file d'attente et au traitement des paquets dans le routeur;
- le retard dû au protocole, qui est dû aux retransmissions de paquets (si cette retransmission est utilisée, par exemple pour le TCP) ou à l'accès du réseau (par exemple CSMA-CD pour Ethernet);

- le retard dû à la passerelle, introduit par l'interconnexion entre les réseaux (par exemple désassemblage/assemblage des paquets et codage/décodage de la parole).

Les temps de transmission dans le réseau peuvent être négligeables dans des réseaux RCC fixes. Toutefois, d'importants retards de transmission peuvent apparaître dans des réseaux de données (par exemple liaisons par modem ou réseaux IP).

7.4.2 Variation des retards

Des systèmes de transmission par paquets présentent des retards variables dans les temps de remise des paquets. Cette variation de retard peut avoir un effet négatif sur la qualité des transmissions vocales. Selon la nature des variations de retard, le résultat est une déformation du temps dans la parole ou des dégradations associées à la perte de paquets vocaux.

Les variations de retard affectent en particulier la qualité de fonctionnement des modems avec des annuleurs d'écho automatiques. Une directive concernant la limitation de la variation de retard est donc souhaitable et appelle un complément d'étude.

7.4.3 Limitation de l'écho

Les évaluations actuelles du retard dans des connexions hybrides Internet/RTPC montrent qu'une limitation de l'écho est requise pour tous les types d'appel. La limitation de l'écho en provenance du RTPC doit être assurée dans la passerelle entre le réseau IP et le RTPC.

Le terminal H.323 sur le réseau IP doit limiter l'écho depuis ce terminal. L'écho depuis un terminal H.323 à quatre fils sera essentiellement acoustique.

7.4.3.1 L'écho depuis des terminaux H.323

La Figure 2 représente le trajet de l'écho qui peut apparaître au niveau du terminal H.323. Quand le terminal utilise un microphone et un haut-parleur comme émetteur et récepteur, l'écho sera dû au couplage acoustique entre l'émetteur et le récepteur. L'infrastructure RTPC existante probablement n'offrira pas une protection contre les échos adéquate si l'affaiblissement de couplage acoustique dans le terminal est trop faible et que le retard est trop élevé. D'après la Recommandation H.225.0, la limitation de l'écho acoustique dû aux terminaux H.323 est de la responsabilité du terminal. Afin d'assurer une protection contre l'écho, tous les terminaux H.323 doivent respecter l'objectif d'équivalent pondéré de couplage de terminal (TCL_w , *weighted terminal coupling loss*) de 45 dB, comme spécifié pour les terminaux de ligne numérique dans la Recommandation P.310. Une telle isolation acoustique peut être obtenue relativement facilement dans des terminaux combinés standards de conception soignée. Cependant, en mode mains-libres (par exemple en présence d'un microphone et d'un haut-parleur), d'autres techniques plus complexes devront être utilisées. Par exemple, introduction d'une technologie de limitation de l'écho moderne capable d'augmenter l'isolement acoustique dans les terminaux mains-libres peut être nécessaire (les annuleurs d'écho standards peuvent ne pas être capables d'offrir une isolation suffisante dans un environnement acoustique non linéaire).

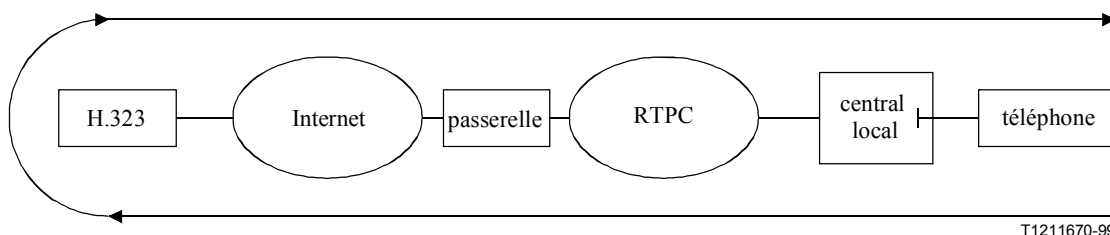


Figure 2/G.177 – Echo acoustique produit par un terminal H.323 à quatre fils

7.4.3.2 Echo provenant du RTPC

La Figure 3 représente le trajet de l'écho qui apparaît à l'extrémité RTPC de la connexion dû à une mauvaise adaptation d'impédance au point de conversion 4-2 fils. Dans cette configuration un annuleur d'écho est appliqué dans la fonction d'interfonctionnement pour limiter l'écho. La fonction d'annulation de l'écho peut, dans la pratique, être mise en œuvre en n'importe quel point du système. Cependant, pour des considérations pratiques (c'est-à-dire les capacités des annuleurs d'écho existants), l'emplacement approprié se trouve dans la passerelle).

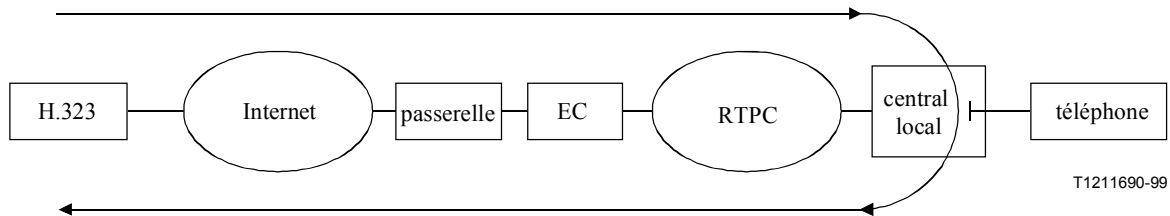


Figure 3/G.177 – Exemple de mise en œuvre d'un annuleur d'écho pour limiter l'écho en provenance du RTPC

Dans les infrastructures RTPC actuelles, la passerelle doit assurer l'annulation d'écho. Il est probable que ces annuleurs d'écho, dans certaines configurations, fonctionneront en série avec les dispositifs de limitation de l'écho du RTPC. Il ne faut pas que la fonction de limitation de l'écho globale dans la connexion en soit dégradée. En outre, les effets de l'interaction des annuleurs d'écho dans la passerelle avec les dispositifs de traitement du signal dans le RTPC (équipement PCME ou ponts de conférence) sont à l'étude au sein de l'UIT-T.

La Recommandation G.168 contient des spécifications des annuleurs d'écho au réseau numérique. Au minimum, les annuleurs d'écho mis en œuvre dans la passerelle doivent être conformes à ces spécifications.

7.4.3.3 Considérations relatives aux données en bande vocale

La question de savoir si les dispositifs de limitation de l'écho sur les réseaux, tels les annuleurs d'écho, dégradent de façon importante certains types de transmission de données en bande vocale reste sans réponse. On trouvera des compléments d'information sur ce sujet sont disponibles dans l'Appendice I/G.168.

7.5 Troncature temporelle (syllabique)

La troncature temporelle de la parole est la perte du signal vocal à n'importe quel instant et qui peut se produire lorsque, par exemple, on utilise une détection d'activité vocale, lorsque les codeurs à faible débit changent de débit ou pendant la commutation de protection et pendant des glissements incontrôlés. L'effet subjectif de la troncature dépend de 4 facteurs: la durée, le pourcentage de la parole tronquée, la fréquence de la troncature et l'activité vocale globale. Sur la base des résultats de tests subjectifs détaillés, deux directives (spécifiées dans la Recommandation G.116) visant à maintenir une bonne qualité vocale sont les suivantes:

- la troncature des segments vocaux ≥ 64 ms doit toujours être évitée;
- les segments tronqués < 64 ms doivent représenter moins de 0,2% de la parole active.

7.6 Bruit ambiant (acoustique)

Le bruit acoustique à l'extrémité émission d'une connexion aura un effet négatif sur la qualité de fonctionnement des codeurs vocaux. Les codeurs définis dans les Recommandations de la série G.72x ont été testés pour les effets de bruit ambiant à l'extrémité émission de la connexion. Toutefois, certains codecs ont été testés de façon plus exhaustive que d'autres. Tous se sont révélés être assez résistants dans des conditions qui incluaient l'ajout d'un bruit de circuit ou de voix de foule au signal de parole à l'entrée. Lorsqu'un type particulier de bruit de fond sera dominant pour une application donnée, il est conseillé de vérifier que la qualité de fonctionnement du codec vocal est satisfaisante dans ces conditions.

La captation du bruit ambiant avec des combinés hors norme peut poser des problèmes spéciaux pour la qualité vocale lorsque l'on utilise des codecs à faible débit. Dans ce cas, le choix d'un codec vocal résistant à la présence d'un bruit de fond acoustique est particulièrement important.

7.7 Bruit de la voie au repos

Le bruit de voie au repos dans les applications VoIP doit être négligeable. S'il est présent toutefois, ce bruit doit être inférieur à -68 dBm0p, valeur compatible avec la Recommandation G.106.

7.8 Contraste de bruit et bruit de confort

Des contrastes de bruit se produisent lorsque le bruit de fond est interrompu dû au traitement numérique de la parole, telle une annulation d'écho utilisant des dispositifs de troncature centraux, et la détection d'activité vocale (suppression des silences). Le bruit de confort est un bruit qui est introduit pour masquer les effets négatifs du contraste de bruit. Des Recommandations sur les limites de contraste de bruit et des valeurs de bruit de confort doivent faire l'objet d'études futures.

Pour l'insertion d'un bruit de confort, certains systèmes cellulaires numériques (par exemple GSM) utilisent une méthode où les paramètres de bruit sont extraits de l'extrémité émettrice et transmis vers l'extrémité réceptrice avec un faible débit. Il est alors possible de reconstruire (avec une bonne approximation) le bruit de fond. Cette approche permet d'obtenir des qualités subjectives supérieures pour les utilisateurs vocaux de circuit utilisant la détection d'activité vocale et l'insertion de bruit de confort. Les détecteurs d'activité vocale et les générateurs de bruit de confort décrits dans l'Annexe B/G.729 et dans l'Annexe A/G.723.1 opèrent tous deux de cette façon.

La meilleure qualité (subjective) sera obtenue lorsque le bruit inséré à l'extrémité réception correspond, aussi exactement que possible, au bruit de fond de l'extrémité émission. On peut faire les commentaires suivants sur les générateurs de bruit de confort (CNG):

- le bruit utilisé doit correspondre au bruit de fond, à la fois en fréquence et en niveau;
- le niveau du bruit inséré doit correspondre à celui du bruit de fond; des mesures et des réglages appropriés de niveau doivent être effectués en utilisant le niveau dBm0p;
- la chronologie des modifications de niveau du bruit inséré doit correspondre aussi étroitement que possible aux modifications des niveaux qui se produisent dans le bruit de fond.

7.9 Largeur de bande

Afin de maintenir une bonne qualité et intelligibilité de la parole, une bande passante minimale de 300-3400 Hz (à 3 dB) doit être assurée. Pour les codeurs n'utilisant pas les formes d'ondes, les méthodes de mesure traditionnelles utilisant des ondes sinusoïdales monofréquences peuvent ne pas être adéquates pour évaluer la largeur de bande effective et la stabilité de niveau. A la date d'élaboration de la présente Recommandation, il n'existe pas de méthode acceptée par l'industrie permettant d'évaluer la largeur de bande de ces systèmes non linéaires.

7.10 Affaiblissement de stabilité

Pour les systèmes VoIP avec interface numérique avec le RTPC, un affaiblissement minimal de 6 dB est recommandé entre l'entrée numérique et les trajets de sortie du système VoIP au point d'accès du terminal. La présente directive permet d'assurer qu'il n'y a pas d'effet lorsque le combiné est utilisé dans des conditions différentes de celles pour lesquelles les mesures de TCL_W s'appliquent (par exemple lorsque l'on pose le combiné sur une surface dure il ne doit pas y avoir d'effet).

7.11 Distorsion

La distorsion dans les systèmes à paquets tels que la téléphonie Internet sera due essentiellement au fonctionnement des codecs vocaux. Il est essentiel d'utiliser des codecs vocaux de haute qualité et de faire en sorte qu'ils aient été testés subjectivement de manière exhaustive pour garantir l'absence d'effets gênants.

8 Planification de la transmission vocale dans les réseaux hybrides

Il est recommandé aux concepteurs de réseau et aux planificateurs de transmission d'utiliser le modèle E (Recommandation G.107) pour décrire et planifier le traitement des dégradations qui peuvent affecter la qualité de la parole transmise. Cette approche utilise la méthode du facteur de dégradation de l'équipement (Recommandation G.113), et est destinée à être utilisée dans grand nombre de scénarios de planification de la transmission. Le Tableau 1 montre un exemple de calculs avec le modèle E pour des combinaisons de retard et des facteurs de dégradation due à l'équipement. La Recommandation G.108 contient des informations générales pour l'utilisation du modèle E en planification de la transmission. Les valeurs du Tableau 1 sont reprises de l'Appendice I/G.113. Les cases du tableau sont ombrées conformément aux catégories définies dans la Recommandation G.109.

Tableau 1/G.177 – Valeurs de R pour certaines combinaisons de I_e (facteur de dégradation de l'équipement) et de retard unidirectionnel moyen de bout en bout

	Valeur I_e								
	0	5	7	10	15	19	19	20	26
Retard (ms)	G.711	GSM-EFR	G.726@32	G.729	G.723.1@6.3	G.729A+VAD avec aff. 2%	G.723.1@5.3	GSM-FR	G.729A+VAD avec aff. 4%
			G.728@16				G.723.1@6.3+VAD avec aff. 1%	IS-54	
~0	94		87						
50	93		86	83		74			67
100	92	87	85	82	77	73	73	72	66
150	90	85	83	80	75	71	71	70	64
200	87	82	80	77	72	68	68	67	61
250	80	75	73	70	65	61	61	60	54
300	74	69	67	64	59	55	55	54	48

Tableau 1/G.177 – Valeurs de R pour certaines combinaisons de Ie (facteur de dégradation de l'équipement) et de retard unidirectionnel moyen de bout en bout (fin)

	Valeur Ie								
	0	5	7	10	15	19	19	20	26
Retard (ms)	G.711	GSM-EFR	G.726@32	G.729	G.723.1@6.3	G.729A+VAD avec aff. 2%	G.723.1@5.3	GSM-FR	G.729A+VAD avec aff. 4%
			G.728@16				G.723.1@6.3+VAD avec aff. 1%	IS-54	
350	68	63	61	58	53	49	49	48	42
400	63	58	56	53	48	44	44	43	37
450	59	54	52	49	44	40	40	39	33

NOTE 1 – Les valeurs de R dans ce tableau ont été calculées en utilisant les valeurs indiquées de Ie et de T ($T=T_a=T_r/2$) ainsi que les valeurs par défaut extraites du Tableau 3/G.107 pour tous les autres paramètres.

NOTE 2 – Sauf indication contraire, les exemples n'incluent pas la perte de paquet ou la détection d'activité vocale (VAD, *voice activity detection*).

NOTE 3 – Les cases en noir indiquent des combinaisons de retard et de codec impossibles à réaliser.

9 Transmission non vocale (de bout en bout)

Il existe une variété d'applications d'utilisateur sur le RTPC qui doivent continuer à fonctionner convenablement sur les connexions hybrides. Parmi celles-ci citons la télécopie, le cryptage de la parole et des données (exemple: STU-III), transfert de fichier ASCII et utilisation de terminaux spéciaux. La perte de paquet ou les effets du codage de la parole à faible débit peuvent limiter le bon déroulement d'applications plus exigeantes. Les difficultés associées au codec à faible débit nécessitent une attention toute particulière si l'on veut que ces applications continuent à fonctionner à un niveau satisfaisant pour les utilisateurs finaux. Parmi les applications citons:

- La télécopie – une transmission satisfaisante de télécopie sur des connexions hybrides Internet/RTPC nécessitera une attention toute particulière. Le rôle de la passerelle sera ici essentiel. Chacun des scénarios représentant la Figure 1 doit être pris en considération.
- DTMF – les signaux DTMF en provenance des terminaux VoIP peuvent être utilisés pour interagir avec des services DTMF telle la recherche de message. Les systèmes VoIP doivent donc assurer une bonne transmission de bout en bout des signaux DTMF. Etant donné que certains codecs vocaux peuvent fausser des signaux DTMF, il sera peut-être nécessaire de voir comment assurer une transmission acceptable des signaux DTMF. Pour un exemple d'exigence DTMF type on se reportera aux normes pertinentes (e.g. ANSI/TIA/EIA/464-B-96).
- Signaux de progression d'appel – on s'attend également à ce que les signaux de progression d'appel, telle la tonalité de retour d'appel ou la tonalité d'occupation, ne doivent pas être fortement dégradés par le système VoIP. Des directives détaillées appellent un complément d'étude.
- Dispositif TTY et dispositif TDD – les terminaux à très faible débit sont utilisés dans le RTPC et peuvent l'être sur des connexions hybrides.

SERIES DES RECOMMANDATIONS UIT-T

Série A	Organisation du travail de l'UIT-T
Série B	Moyens d'expression: définitions, symboles, classification
Série C	Statistiques générales des télécommunications
Série D	Principes généraux de tarification
Série E	Exploitation générale du réseau, service téléphonique, exploitation des services et facteurs humains
Série F	Services de télécommunication non téléphoniques
Série G	Systèmes et supports de transmission, systèmes et réseaux numériques
Série H	Systèmes audiovisuels et multimédias
Série I	Réseau numérique à intégration de services
Série J	Transmission des signaux radiophoniques, télévisuels et autres signaux multimédias
Série K	Protection contre les perturbations
Série L	Construction, installation et protection des câbles et autres éléments des installations extérieures
Série M	RGT et maintenance des réseaux: systèmes de transmission, de télégraphie, de télécopie, circuits téléphoniques et circuits loués internationaux
Série N	Maintenance: circuits internationaux de transmission radiophonique et télévisuelle
Série O	Spécifications des appareils de mesure
Série P	Qualité de transmission téléphonique, installations téléphoniques et réseaux locaux
Série Q	Commutation et signalisation
Série R	Transmission télégraphique
Série S	Equipements terminaux de télégraphie
Série T	Terminaux des services télématiques
Série U	Commutation télégraphique
Série V	Communications de données sur le réseau téléphonique
Série X	Réseaux pour données et communication entre systèmes ouverts
Série Y	Infrastructure mondiale de l'information et protocole Internet
Série Z	Langages et aspects informatiques généraux des systèmes de télécommunication