



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

UIT-T

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

G.174

(06/94)

CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DES COMMUNICATIONS TÉLÉPHONIQUES INTERNATIONALES ET DES CIRCUITS TÉLÉPHONIQUES INTERNATIONAUX

**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.174

(Antérieurement «Recommandation du CCITT»)

AVANT-PROPOS

L'UIT-T (Secteur de la normalisation des télécommunications) est un organe permanent de l'Union internationale des télécommunications (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 (Helsinki, 1^{er}-12 mars 1993).

La Recommandation UIT-T G.174, que l'on doit à la Commission d'études 12 (1993-1996) de l'UIT-T, a été approuvée le 21 juin 1994 selon la procédure définie dans la Résolution n° 1 de la CMNT.

NOTE

Dans la présente Recommandation, l'expression «Administration» est utilisée pour désigner de façon abrégée aussi bien une administration de télécommunications qu'une exploitation reconnue de télécommunications.

© UIT 1995

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

	<i>Page</i>
1 Champ d'application.....	1
2 Références normatives	1
3 Abréviations et définitions	2
4 Configuration de référence.....	2
5 Perspective de qualité RTPC globale	3
5.1 Perspective de qualité de service RTPC	3
5.2 Perspective de qualité de transmission RTPC.....	4
6 Effets de transmission du canal de radiocommunication numérique	4
7 Objectifs de qualité de transmission vocale	5
7.1 Considérations générales	5
7.2 Qualité des codeurs de parole	6
7.3 Equivalents pour la sonie.....	6
7.4 Affaiblissement de couplage pondéré du terminal.....	7
7.5 Retard.....	7
7.6 Variations du retard et de la réponse du trajet d'écho	8
7.7 Limitation de l'écho provenant de l'extérieur du système sans fil.....	8
7.8 Mutilation (temporelle).....	9
7.9 Bruit sur une voie au repos	9
7.10 Contraste de bruit et bruit de confort	10
7.11 Erreurs aléatoires sur les bits et salves d'erreurs.....	10
7.12 Bande passante.....	10
7.13 Affaiblissement pour la stabilité (minimum pour l'affaiblissement du trajet d'écho)	10
7.14 Distorsion de quantification.....	10
8 Transmission en bande vocale de données et autres signaux non vocaux	10
8.1 Considérations générales	10
8.2 Spécifications des applications	11
8.3 Convenance de la qualité de fonctionnement	11
8.4 Interfonctionnement.....	11
8.5 Multifréquence tri-tonalité (DTMF)	12
8.6 Signaux de progression d'appel	12

RÉSUMÉ

La présente Recommandation donne des objectifs de qualité de transmission susceptibles, s'ils sont réalisés, de faciliter l'acceptation générale par les utilisateurs des nouvelles techniques de communication sans fil. Ces objectifs s'appliquent aux systèmes de communication terrestres sans fil, utilisant des terminaux portables pour accéder au réseau téléphonique public commuté (RTPC). En outre, la présente Recommandation contribue à l'idée que la «qualité de type RTPC» recouvre, entre autres, un vaste ensemble de critères de qualité de transmission, qui doivent tous être pris en considération si on veut parvenir aux capacités de robustesse et d'interfonctionnement du RTPC.

INTRODUCTION

Le déploiement à l'échelle mondiale des systèmes de communication personnelle sans fil de la prochaine génération, tels que le futur système de télécommunication mobile terrestre public (FPLMTS) (*futur public land mobile telecommunication system*) en cours de normalisation par le Secteur des radiocommunications de l'UIT (UIT-R), est prévu aux environs de l'an 2000. Le FPLMTS s'est vu assigner comme objectif précis d'assurer une qualité de service – c'est-à-dire, entre autres, une qualité de transmission – comparable à celle du RTPC. Il est largement admis que cet objectif doit être atteint si on veut que ces systèmes d'accès sans fil remplissent la fonction générale assurée jusqu'ici par le RTPC et reçoivent la même adhésion générale. La présente Recommandation a donc été établie avec l'intention de fixer des objectifs de qualité de transmission que les systèmes sans fil doivent atteindre pour être considérés comme de qualité comparable au RTPC. Ces objectifs ont été prévus pour être à caractère général, et peuvent ne pas être directement applicables au FPLMTS, qui peut requérir d'autres exigences spécifiques.

Etant donné que les systèmes de communication personnelle sans fil peuvent pratiquement remplacer la partie prolongement national d'une chaîne de connexion internationale, toutes les Recommandations relatives aux prolongements nationaux pourront aussi être appliquées à ces systèmes sans fil, sauf indications contraires de la présente Recommandation, pour la planification du système. Les objectifs exposés ici, ont été établis en partant du fait qu'ils doivent être suffisamment précis pour orienter de manière significative le développement des sous-systèmes, tout en restant suffisamment souples pour permettre d'opérer les compromis classiques de qualité et de capacité dans toute une variété d'environnements de radio-exploitation réalistes. Enfin, la présente Recommandation souligne la diversité des critères de qualité de transmission qui doivent être pris en considération afin de parvenir à l'objectif de «qualité type RTPC».

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

(Genève, 1994)

1 Champ d'application

La présente Recommandation fixe les objectifs de qualité de transmission pour les systèmes de communication numériques terrestres sans fil faisant intervenir des terminaux portables pour accéder au RTPC (ou à l'interface réseau RTPC). Si l'accès par satellite à une station de base n'est pas du champ d'application de la présente Recommandation, l'interconnexion avec le RTPC, qui peut impliquer un accès à un satellite, ou une liaison satellite dans le RTPC, n'est pas exclue. Dans la présente Recommandation, ces terminaux portables se réfèrent généralement à des systèmes de communication personnelle sans fil; cependant, les présents objectifs n'ont pas été fixés pour être nécessairement appliqués à quelque système de communication personnelle spécifique que ce soit. Les objectifs indiqués ont été établis en supposant explicitement que les systèmes de commutation et de transmission mis en œuvre dans le RTPC susmentionné, y compris les commutateurs locaux, étaient numériques avec des lignes de raccordement d'abonnés analogiques ou numériques. Cette hypothèse permet d'établir des directives mieux adaptées à la période au cours de laquelle il est prévu de déployer ces futurs systèmes de communication sans fil. Il n'est pas escompté que ceux-ci introduiront, en exploitation stable, une quelconque dégradation de qualité de transmission mesurable par rapport aux liaisons RTPC visées par les Recommandations de la série G.100. La Recommandation G.173 est actuellement applicable aux systèmes mobiles existants qui, pour des motifs d'ordre économique, ne sont pas forcément conformes à la présente Recommandation.

La présente Recommandation répond à deux finalités principales. D'abord donner, en un seul document, des objectifs de qualité de transmission susceptibles, s'ils sont réalisés, de faciliter l'adoption générale par les utilisateurs des nouvelles techniques de communication sans fil. L'autre finalité principale de la présente Recommandation est de contribuer à l'idée que la «qualité de type RTPC» recouvre, entre autres, un vaste ensemble de critères de qualité de transmission, qui doivent tous être pris en considération si on veut parvenir aux capacités de robustesse et d'interfonctionnement du RTPC.

2 Références normatives

- Recommandation E.430 Cadre d'évaluation de la qualité de service
- Recommandation E.800 Vocabulaire de la qualité du service et de la sûreté de fonctionnement
- Recommandation G.113 Dégradations de la transmission
- Recommandation G.114 Temps de transmission dans un sens
- Recommandation G.131 Stabilité et échos
- Recommandation G.165 Annuleurs d'écho
- Recommandation G.173 Eléments de planification de la transmission des services vocaux dans les réseaux mobiles terrestres publics numériques
- Recommandation G.711 Modulation par impulsions et codage (MIC) des fréquences vocales
- Recommandation G.712 Caractéristiques de transmission de la modulation par impulsions et codage
- Recommandation G.726 Modulation par impulsions et codage différentiel adaptatif (MICDA) à 40, 32, 24, 16 kbit/s
- Recommandation G.728 Codage de la parole à 16 kbit/s à prédiction linéaire à faible retard avec excitation par code
- Recommandation P.31 Caractéristiques de transmission des téléphones numériques
- Recommandation P.79 Calcul des équivalents pour la sonie des postes téléphoniques
- Recommandation Q.1001 Aspects généraux des réseaux mobiles terrestres publics

3 Abréviations et définitions

Pour les besoins de la présente Recommandation, les abréviations suivantes sont utilisées.

DTMF	Multifréquence bi-tonalité (<i>dual tone multiple frequency</i>)
LD-CELP	Prédiction linéaire excitée par code à faible retard (<i>low delay-code excited linear prediction</i>)
SLR	Equivalent pour la sonie à l'émission (<i>sending loudness rating</i>)
RLR	Equivalent pour la sonie à la réception (<i>receiving loudness rating</i>)
FPLMTS	Futurs systèmes de télécommunication mobiles terrestres publics (<i>future public land mobile telecommunication systems</i>)
MIC	Modulation par impulsions et codage
MICDA	Modulation par impulsions et codage différentielle adaptative
RMTP	Réseau mobile terrestre public
RTPC	Réseau téléphonique public commuté
PCS	Systèmes de communication personnelle (<i>personal communications systems</i>)
EPL	Affaiblissement du trajet d'écho (<i>echo path loss</i>)
TCL _w	Equivalent (pondéré) de couplage du terminal [<i>terminal coupling loss (weighted)</i>]
BER	Taux d'erreur sur les bits (<i>bit error ratio</i>)
BLER	Taux d'erreur sur les blocs (<i>block error ratio</i>)
QDU	Unité de distorsion de quantification (<i>quantization distortion unit</i>)

L'origine des définitions suivantes a été indiquée entre crochets chaque fois que cela a été possible:

station de base: Nom commun désignant l'ensemble de l'équipement radioélectrique installé sur un seul et même site pour desservir une ou plusieurs cellules. [Voir la Recommandation Q.1001]

transfert: Action consistant à commuter une communication en cours d'une cellule à une autre cellule (ou d'un canal radioélectrique à un autre à l'intérieur d'une même cellule), afin d'éviter l'interruption d'une communication établie lors du passage des stations mobiles d'une cellule à une autre (ou pour minimiser le brouillage entre canaux). [Voir la Recommandation Q.1001]

réseau mobile terrestre public: Réseau érigé et exploité par une Administration ou une exploitation reconnue (ER) dans le dessein spécifique de fournir au public des services de télécommunication mobiles terrestres. Un réseau mobile terrestre public peut être considéré comme une extension d'un réseau fixe (le réseau téléphonique public commuté par exemple) ou comme une partie intégrante du réseau téléphonique public commuté. [Voir la Recommandation Q.1001]

réseau téléphonique public commuté: Dans la présente Recommandation, ce terme représente une connexion entièrement numérique du réseau commuté, de commutateur local à commutateur local, qui se termine à l'extrémité distante (du système d'accès sans fil) soit par une ligne d'abonné analogique et un terminal, soit par une ligne d'abonné numérique et un terminal.

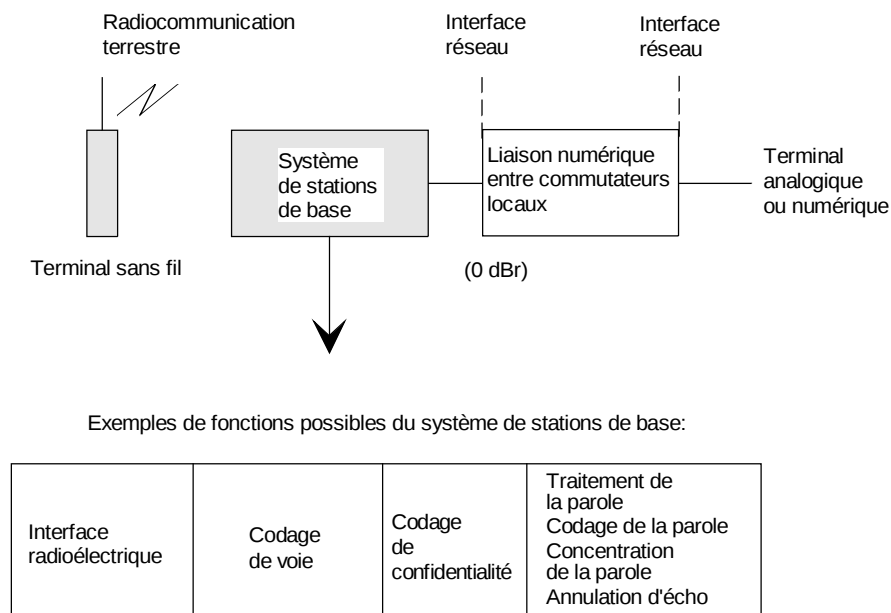
accès sans fil: Accès du terminal au réseau par une technique sans fil, par exemple : des téléphones mobiles numériques, des téléphones numériques sans fil ou des stations personnelles du future système de télécommunication mobile terrestre public.

accès par fil: Accès du terminal au réseau par une technique filaire (par exemple, des postes téléphoniques conventionnels et leurs lignes d'abonnés).

terminal sans fil: Terme générique désignant tout terminal personnel, toute station mobile, station personnelle ou terminal personnel utilisant une méthode d'accès non fixe au réseau.

4 Configuration de référence

La Figure 1 illustre la configuration générale d'un système d'accès numérique personnel sans fil auquel s'appliquent les objectifs de qualité de fonctionnement de la présente Recommandation. Quand l'interface avec le réseau est numérique, il devrait avoir un niveau relatif de 0 dB_r dans les deux sens de transmission. Quand la station de base est connectée aux trajets numériques du RTPC par une liaison analogique, d'autres considérations sont à prendre en compte (voir par exemple la Figure 4).



T1207040-94/d01

FIGURE 1/G.174

Configuration de référence pour les systèmes d'accès sans fil

5 Perspective de qualité RTPC globale

5.1 Perspective de qualité de service RTPC

La *qualité de service* est définie par la Recommandation UIT-T E.800 comme l'effet global produit par les caractéristiques d'un service qui déterminent le degré de satisfaction que l'utilisateur en retire. La qualité de service est caractérisée par l'effet conjugué des facteurs de qualité de fonctionnement applicables à tous les services: logistique du service, facilité d'utilisation du service, accessibilité du service, continuité du service, intégrité de service et autres facteurs propres à chaque service particulier.

La *qualité de réseau* est définie comme l'aptitude d'un réseau ou d'une portion de réseau à assurer les fonctions de communication entre usagers; elle contribue à l'accessibilité, à la continuité et à l'intégrité du service. Les valeurs des caractéristiques de qualité du réseau dérivent généralement des valeurs de paramètres de qualité de service.

La Recommandation UIT-T E.430 fournit une matrice 3×3 de haut niveau comme structure primaire permettant de recenser toutes les origines et relations de qualité de service se rapportant à la qualité de fonctionnement du réseau. Cette matrice de haut niveau, reprise ci-dessous dans le Tableau 1, incite à utiliser les critères de rapidité, de précision et de sûreté de fonctionnement pour juger de la qualité d'exécution des fonctions d'utilisation de base que sont: l'établissement de la connexion, le transfert des informations d'utilisateur et la libération de la connexion. Il est conseillé aux développeurs de systèmes de communication personnelle sans fil de consulter, dans la Recommandation E.430, la liste des Recommandations de l'UIT-T propres à chacune des cellules de cette matrice. Une observation attentive de ce guide de qualité de service des télécommunications devrait faciliter l'acceptabilité de ces services par les utilisateurs.

TABLEAU 1/G.174

Matrice 3 × 3 de haut niveau pour la qualité de service

Fonctions utilisateur	Critères de qualité		
	Vitesse	Précision	Sûreté de fonctionnement
Etablissement de la connexion			
Transfert des informations d'utilisateur			
Libération de la connexion			

5.2 Perspective de qualité de transmission RTPC

Ce paragraphe indique les spécifications de haut niveau auxquelles doivent répondre les systèmes de communication personnelle sans fil, lorsqu'ils doivent faire partie d'une liaison de bout en bout présentant une qualité de transmission similaire (selon l'attente de l'utilisateur) à celle du RTPC. Après les descriptions générales du présent paragraphe, des objectifs plus spécifiques en matière de qualité de transmission sont indiqués. Si ces objectifs de qualité de transmission sont atteints, il est très vraisemblable qu'il en résultera un niveau général de qualité à même de satisfaire aux spécifications de haut niveau données dans le présent paragraphe.

Il convient que les chaînes de connexion intégrant des systèmes sans fil recueillent, en conditions d'absence d'erreur, des notes d'appréciation subjective comparables à celles des connexions du RTPC ordinaire. Il s'agit là d'une condition nécessaire, mais en aucun cas suffisante, pour qu'un tel système soit considéré comme étant «de qualité type RTPC» ou «de qualité type circuit interurbain». Pour parvenir à la même acceptation qualitative générale que le RTPC, les systèmes sans fil doivent satisfaire à de nombreuses autres conditions. Les paroles reçues doivent par exemple avoir une sonorité naturelle et les usagers doivent pouvoir reconnaître les voix familières. De plus, les systèmes sans fil doivent présenter une robustesse aux transcodages (lorsqu'ils sont par exemple utilisés simultanément aux deux extrémités de la liaison), une robustesse à un taux raisonnable d'erreur sur les bits ou sur les trames et une robustesse à une grande variété de conditions de bruit ambiant (bureau, rue, autoroute, etc.) dans lesquelles ces systèmes seront utilisés.

Beaucoup d'autres conditions existent: des conversations très interactives doivent pouvoir être tenues avec un minimum d'effort, ce qui interdit les retards excessifs; aucun effet gênant ne doit être imposé aux tonalités de progression d'appel, aux annonces de réseau ou aux musiques d'attente; les dégradations sévères de canal telles que la perte de signal ne seront ni fréquentes ni régulières; la parole transmise par de tels systèmes devra être utilisable par les systèmes de reconnaissance de la parole existant sur le réseau (et qui fonctionnent déjà correctement sur la parole issue du RTPC); les systèmes doivent pouvoir prendre en charge la transmission de données en bande vocale avec des niveaux de débit et de qualité répondant à l'attente (en termes à quantifier) des usagers, pour les applications mobiles qu'ils utilisent, par exemple pour la télécopie ou la télématique (en supposant que ces applications existent dans le service utilisé); et la signalisation dans la bande, en multifréquence (DTMF) par exemple, doit pouvoir être transmise avec une faible probabilité d'erreur. Les données et la signalisation en bande vocale ne peuvent pas toujours être acheminées dans la bande téléphonique du système de transmission mais par d'autres moyens.

Le présent paragraphe a mis en évidence certaines des nombreuses attentes des usagers du RTPC. A défaut de disposer de ces capacités, ou si les niveaux de qualité de fonctionnement sont jugés insatisfaisants par les usagers, les systèmes sans fil pourraient ne pas recueillir l'adhésion générale de ces derniers, adhésion qui constitue le but clairement recherché pour ces systèmes.

6 Effets de transmission du canal de radiocommunication numérique

Avec les systèmes de communication personnelle sans fil, un segment (ou plusieurs segments) du trajet de bout en bout sera constitué d'un canal radioélectrique. Ce canal raccordera un terminal sans fil à une station de base. Dans la plupart des applications de communication personnelle sans fil, il est peu vraisemblable que le terminal sans fil soit en visibilité directe de la station de base. Un signal directement transmis pourra donc être intercepté par des objets structuraux ou environnementaux fixes ou mobiles, tels que: un mur, un véhicule ou un arbre. Les réflexions sur ces objets engendreront différents trajets de propagation ayant chacun un retard, une phase et un affaiblissement propres. Par

l'addition des signaux de ces trajets multiples de propagation, le canal de radiotransmission connaîtra des fluctuations de signal (par exemple, dispersion et évanouissement dans un environnement de trajets multiples) ainsi que des distorsions qui varieront en fonction de la distance ou du temps pour un utilisateur mobile. En fait, étant donné la présence d'obstacles mobiles à proximité de l'utilisateur, même le signal reçu par un usager immobile connaîtra des fluctuations dans le temps. Un brouillage par d'autres utilisateurs situés dans des cellules adjacentes pourra apparaître, en particulier dans des conditions d'évanouissement.

En outre, différents procédés (par exemple en bande étroite par rapport à la bande large) seront différemment affectés par les divers phénomènes de transmission mentionnés. C'est au développeur du système qu'il appartient de prendre ces effets en considération pour tenter de répondre aux directives de qualité exposées dans la présente Recommandation.

La Figure 2 donne des exemples d'enveloppes de signaux reçus et détectés en fonction du temps dans un environnement de trajets multiples. De telles fluctuations peuvent se produire dans le temps (selon la vitesse de l'utilisateur par rapport à son environnement) ou dans l'espace sur des distances d'environ une demi-longueur d'onde (15 cm à 1 GHz par exemple). Les durées des évanouissements et de leurs intervalles dépendent de la vitesse de l'utilisateur, de la fréquence porteuse, du seuil d'évanouissement, de la largeur de bande du canal, ainsi que d'autres facteurs. Pour les systèmes à bande étroite, lorsque le signal reçu s'affaiblit par évanouissement jusqu'à tomber au-dessous d'un certain seuil de détection dépendant du bruit ou du brouillage (voir la Figure 2), une période d'interruption se produit, durant laquelle une ou plusieurs trames pourront se perdre, entraînant des erreurs sur le canal.

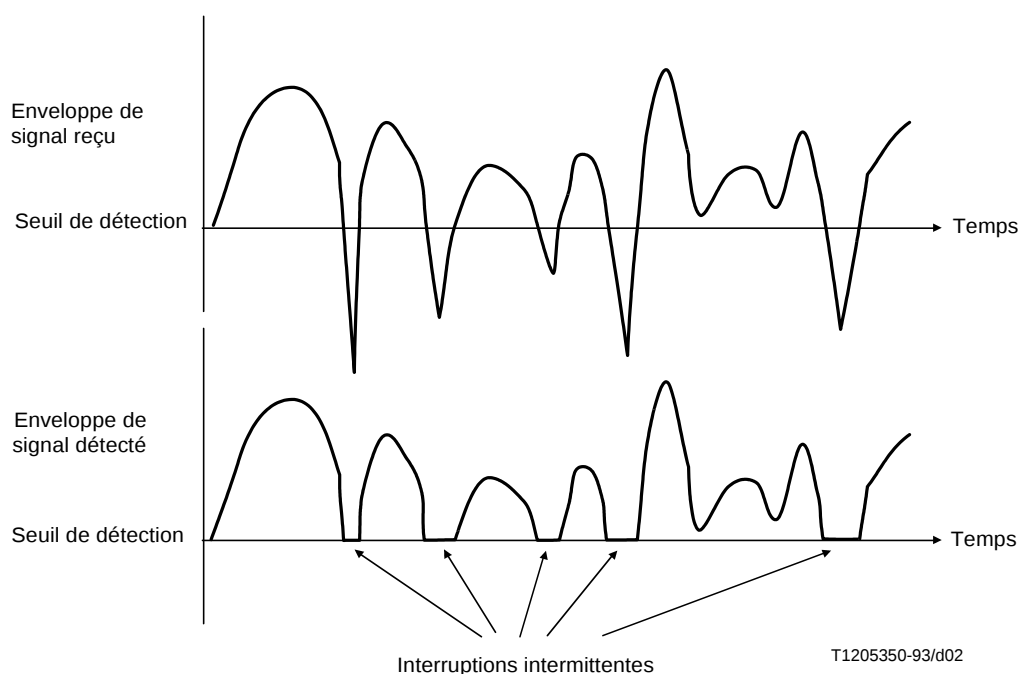


FIGURE 2/G.174
Exemple d'interruptions intermittentes dues à l'évanouissement
(système à bande étroite)

7 Objectifs de qualité de transmission vocale

7.1 Considérations générales

Les objectifs suivants en termes de qualité de transmission ont été établis afin d'aider à réaliser des systèmes de communication sans fil répondant à l'objectif de qualité de service comparable à celle du RTPC.

Pour certains des paramètres de transmission, tels que la distorsion de quantification, l'hypothèse d'un réseau «tout numérique» permettra d'alléger un peu les contraintes imposées aux paramètres des systèmes d'accès sans fil, par rapport aux contraintes plus restrictives qui auraient été imposées avec un RTPC «hybride» faisant intervenir, par exemple, de nombreuses conversions analogique-numérique. Il faut toutefois souligner que ce phénomène d'allègement ne joue *pas* pour tous les types de dégradation. Pour la dégradation en termes de temps de propagation en particulier, l'hypothèse du «tout numérique» conduit à des valeurs plus importantes de ce type de dégradation dans le réseau, à cause de l'utilisation des fibres, des processus de traitement numérique, de la mémorisation, ainsi que des modifications imposées aux architectures de réseau et à leurs trajets d'acheminement associés. Il est donc nécessaire de porter une attention particulière à l'étude des différentes technologies de systèmes sans fil.

7.2 Qualité des codeurs de parole

Comme cela est décrit plus haut, un canal radioélectrique se caractérise par une transmission relativement exempte d'erreurs, ponctuée de salves occasionnelles de trames perdues durant les périodes d'évanouissement profond. Les codeurs de parole destinés aux systèmes de communication personnelle sans fil doivent donc être évalués en termes de qualité de fonctionnement pendant qu'ils sont soumis à des erreurs corrélées en salves de différentes durées. Les systèmes de communication personnelle sans fil se verront vraisemblablement confrontés à des niveaux de bruit ambiant acoustique plus élevés que les systèmes de communication filaires. Il est par conséquent souhaitable que l'évaluation des codeurs de parole se déroule à différents niveaux de bruit ambiant acoustique.

Les effets de l'évanouissement du canal radioélectrique sur la qualité de fonctionnement revêtent une importance particulière lorsqu'on utilise des codeurs de parole à faible débit binaire. Dans ce cas, les usagers pourront se voir confrontés à des types jusqu'ici inconnus de dégradations de la qualité vocale, résultant du processus de compression lui-même ou de la multiplication des erreurs lorsque les données comprimées contiennent des erreurs en salve. L'impact sur la qualité perçue de l'effet des erreurs en salve sur les codeurs de parole à faible débit binaire est un sujet de recherche en cours. Voir à ce propos le 7.11 ci-dessous.

Un test utile permettrait de caractériser la qualité vocale d'un codeur en présence d'évanouissements de courte, moyenne et longue durée. Un ordre de grandeur raisonnable pour ces catégories d'évanouissement serait de 0 à 25 ms (court), de 25 à 75 ms (moyen), et supérieur à 75 ms (long). Des salves d'erreurs d'une durée supérieure à 100 ms induisent des dégradations indépendantes de la capacité des codeurs à se rétablir, ce qui réduit l'intérêt de tests comparatifs pour les valeurs de plus de 100 ms. Les codeurs de parole dont le fonctionnement est satisfaisant en présence de salves d'erreurs courtes, moyennes et longues représentatives, devraient fonctionner de manière satisfaisante dans les véritables systèmes de communication personnelle sans fil.

Les codeurs de parole des systèmes de communication personnelle sans fil doivent faire preuve de robustesse en présence de salves d'erreurs. Ils doivent donc posséder les caractéristiques suivantes:

- le codeur de parole doit tenter d'évaluer le signal vocal pendant les courtes périodes d'évanouissement et pendant la première partie (les résultats d'expériences menées par certaines Administrations suggèrent 25 ms) des périodes d'évanouissement plus longues. Aucun claquement ou cliquetis ne doit se produire;
- pendant les périodes d'évanouissement plus longues, la sortie doit décroître sans instabilité, puis rester silencieuse (ou être remplacée par un bruit à faible niveau) pendant le reste de la période d'évanouissement;
- lorsqu'une bonne trame est reçue après une période d'évanouissement, le décodeur doit normalement rétablir un signal de sortie dépourvu d'erreur, rapidement, sans instabilité, claquement ou cliquetis;

Bien qu'il ne soit pas possible de recommander des valeurs pour ces attributs, ces derniers doivent être pris en compte pour évaluer les codeurs de parole proposés. Une fois qu'un algorithme de simulation pour salves courtes, moyennes et longues de trames erronées aura été agréé, tous les codeurs de parole proposés devront être soumis à des essais d'évaluation subjective avec le même ensemble de phrases tests et notés selon la qualité de parole perçue. Ces essais caractériseront la manière selon laquelle chacun de ces codeurs se comporte en présence d'une grande variété de salves d'erreurs, de niveaux d'entrée et de mise en cascade (interfonctionnement entre systèmes sans fil) afin de pouvoir choisir le codeur approprié en fonction du niveau de qualité vocale requis par les différentes applications.

7.3 Equivalents pour la sonie

Une bonne qualité de transmission sans fil se caractérise par un équivalent nominal pour la sonie à l'émission (SLR) de 8 dB, par un équivalent nominal pour la sonie à la réception (RLR) de 2 dB, par des affaiblissements d'effet local par la méthode de masquage (STMR) (*sidetone masking rating*) nominaux de 10 à 15 dB, et par un affaiblissement d'effet local pour la personne qui écoute (LSTR) (*listener sidetone rating*) nominal d'au moins 15 dB. Ces valeurs,

qui obéissent à la Recommandation UIT-T P.31, s'appliquent entre le terminal sans fil et l'interface avec le réseau (voir la Figure 1). Elles sont avant tout prévues pour une utilisation dans une ambiance à faible niveau de bruit. Les valeurs recommandées pour les niveaux élevés de bruit ambiant appellent un complément d'étude (l'Annexe E/P.79 pourra être utile). En outre, une commande de volume à la réception serait souhaitable, son étendue de fonctionnement devant être précisée et faire l'objet d'un complément d'étude.

7.4 Affaiblissement de couplage pondéré du terminal

Afin d'assurer une protection suffisante contre l'écho (pour le RTPC) dû au couplage acoustique dans le terminal sans fil, on prévoira un affaiblissement de couplage pondéré du terminal (TCL_w) d'au moins 40 dB, ou mieux de 45 dB (voir la Recommandation UIT-T P.31).

Un découplage acoustique important ($TCL_w > 40$ dB) peut d'ores et déjà être assuré dans les terminaux courants par une conception soignée. Néanmoins, dans un combiné de poche ou dans les terminaux mains-libres, il pourra s'avérer nécessaire d'introduire des techniques plus complexes. Par exemple, une nouvelle technologie capable d'accroître le découplage acoustique dans les terminaux mains-libres pourra s'avérer nécessaire (il ne semble pas que la technique actuelle des annuleurs d'écho puisse affaiblir suffisamment le signal d'écho, dans un environnement acoustique dynamique). Les caractéristiques de limitation d'écho des terminaux mains-libres dépendent du niveau de bruit ambiant; ces caractéristiques sont à l'étude.

7.5 Retard

Le retard a deux effets sur la qualité vocale. D'abord, il accroît la gêne liée au phénomène d'écho perçu par les utilisateurs. Ensuite, même lorsque l'écho est maîtrisé, des temps de propagation dans un sens supérieurs à 150 ms (de bout en bout) peuvent entraver la dynamique d'une conversation (voir l'Annexe B de la Recommandation UIT-T G.114), selon le type de conversation et le degré d'interactivité. De plus, le retard peut dégrader la qualité d'exécution d'applications particulières de transmission de données en bande vocale, certaines d'entre elles étant même plus sensibles à ce paramètre que les applications vocales. Ces faits sont applicables dans le cadre de la présente Recommandation, dont l'objet est de fournir des directives qualitatives telles que les systèmes *terrestres d'accès sans fil* procurent un niveau de qualité semblable à celui des segments *filaire du RTPC* qu'ils remplacent (voir le dernier alinéa de ce paragraphe). Il y a lieu de souligner que la Recommandation G.114 fournit des directives détaillées au sujet des retards de transmission, y compris une reconnaissance du fait que des applications d'utilisateur à haut degré d'interactivité peuvent être trop restrictives pour entrer dans une planification générale de réseau appliquant la limite de 400 ms dans un sens, sur des chaînes de connexion internationales complètes (de bout en bout).

Les directives relatives à la limitation d'écho concernent le retard *additionnel* dû au segment d'accès sans fil des connexions au RTPC, c'est-à-dire le retard introduit par ce système sans fil et qui vient s'ajouter à celui du segment filaire qu'il remplace. Il est recommandé que l'opérateur du système d'accès sans fil applique des mesures de limitation d'écho lorsque le retard additionnel dans un sens est de 5 ms ou plus (cette valeur provient des directives de planification communément utilisées par la Commission d'études 12 de l'UIT-T). Un tel dispositif protégera l'utilisateur du terminal sans fil des échos gênants réfléchis par le RTPC distant, puisqu'il n'est pas possible de faire l'hypothèse que tous les circuits du RTPC seront équipés d'annuleurs d'écho avec, le cas échéant, un fonctionnement optimal.

Lorsque l'accroissement du retard dans un seul sens est inférieur à 5 ms, il est fortement recommandé d'évaluer soigneusement les dégradations potentielles liées au phénomène d'écho. Cela est rendu nécessaire par le fait que certains systèmes sans fil mettent en œuvre des combinés de poche légers dans différents environnements bruyants, dont la combinaison pourrait entraîner des effets qui ne sont pas encore complètement élucidés. Il est donc recommandé de procéder à des essais minutieux.

Le retard *total*, par sens de transmission, des systèmes sans fil doit rester limité même en présence de dispositifs réducteurs d'écho. La raison en est que ces systèmes feront partie de liaisons qui pourront comporter de longs trajets par câble ou par satellite sur leur segment RTPC international. Bien qu'un complément d'étude soit nécessaire pour établir des directives propres aux systèmes sans fil en matière de compromis d'applications et de délai, il est recommandé de maintenir le retard total par sens à une valeur inférieure à 40 ms, comme cela a été préconisé pour la planification des RMTP dans la Recommandation UIT-T G.173. Une valeur objective pour le retard par sens inférieure à 20 ms est souhaitable, étant donné l'importance croissante accordée aux effets du retard de bout en bout sur les applications d'utilisateurs. Ces retards s'appliquent par sens de transmission, et incluent le traitement et la propagation des signaux entre le terminal sans fil et la station de base.

7.6 Variations du retard et de la réponse du trajet d'écho

De nombreux systèmes d'accès sans fil peuvent introduire des retards dus à la commutation et des variations dans la réponse du trajet d'écho, comme celles qui sont dues aux opérations de transfert qui modifient brusquement le parcours de transmission. Les variations du retard affectent plus particulièrement la qualité de fonctionnement des modems équipés d'annuleurs d'écho auto-adaptatifs. La qualité téléphonique peut également subir une dégradation par le dysfonctionnement des annuleurs d'écho affectés au réseau. Par conséquent, il serait souhaitable d'avoir des directives concernant la limitation des retards et des variations dans la réponse du signal d'écho; ce point appelle un complément d'étude.

7.7 Limitation de l'écho provenant de l'extérieur du système sans fil

Pour les connexions à 4 fils entièrement numériques, aucune limitation d'écho n'est nécessaire en plus de celle qui est assurée par l'affaiblissement de couplage du terminal indiqué en 7.4. En cas d'interfonctionnement avec des liaisons RTPC numériques se terminant par des lignes analogiques, le système sans fil a besoin d'annuleurs d'écho. Pour clarifier ce point, la Figure 3 illustre le cas d'un écho créé à l'extrémité distante de la connexion. Dans cette configuration, un annuleur d'écho est installé au niveau de l'accès sans fil pour limiter l'écho provenant du RTPC.

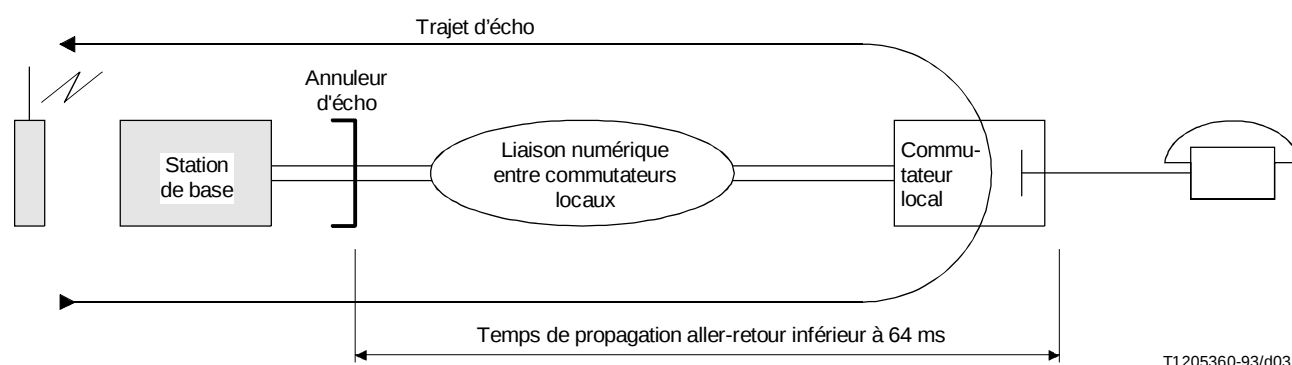


FIGURE 3/G.174

Exemple d'installation d'un annuleur d'écho pour limiter l'écho du site distant

A partir de l'infrastructure RTPC existante, les annuleurs d'écho mis en œuvre dans les systèmes d'accès sans fil devront être conformes aux dispositions de la Recommandation UIT-T G.165, et être à même de traiter des retards de trajet d'écho allant jusqu'à 64 ms. Il est vraisemblable que ces annuleurs fonctionneront, dans certains cas, en cascade avec les dispositifs de limitation d'écho du RTPC. Cela ne devra pas dégrader la qualité de la connexion.

Dans certaines configurations, comme celle qui est illustrée à la Figure 4, un écho proche pourra venir s'ajouter à l'écho du site distant. Cela pourra induire une dégradation supplémentaire de la qualité si le dispositif de limitation d'écho requis n'a pas la capacité effective pour traiter les deux signaux d'écho.

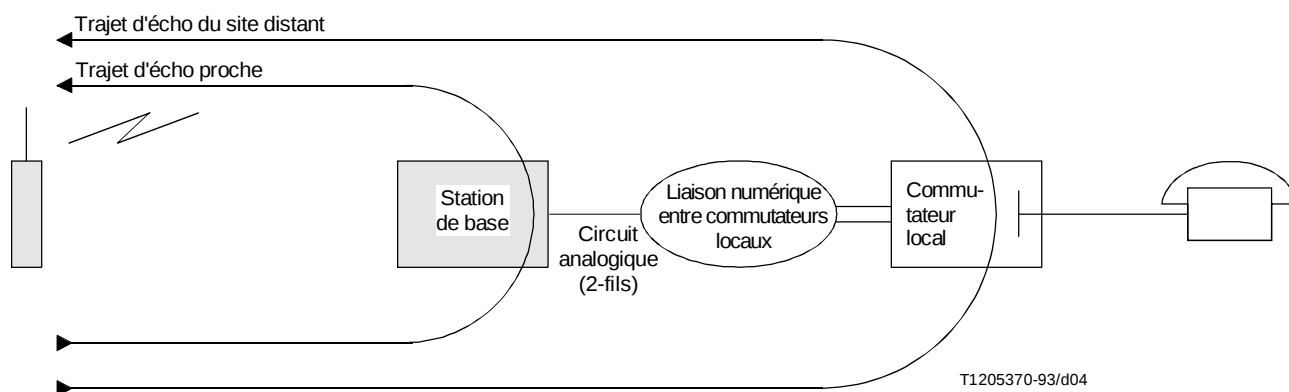


FIGURE 4/G.174
Exemple d'écho proche et d'écho du site distant

7.8 Mutilation (temporelle)

La mutilation de la parole est la perte d'un signal de parole à un moment quelconque. Elle peut se produire par exemple lorsqu'on utilise des détecteurs d'activité vocale, lors des changements de débit des codeurs de parole à faible débit, lors des commutations de protection ou à l'occasion de glissements incontrôlés. Dans ce contexte, la mutilation ne désigne pas la perte de trames suite à des salves d'erreurs dans le canal radioélectrique. L'impact subjectif de la mutilation dépend de quatre facteurs: durée de la mutilation, pourcentage du signal vocal mutilé, fréquence des mutilations, et activité vocale globale.

A partir des résultats d'essais subjectifs détaillés, et compte tenu de la variété des critères de transmission adoptés par l'UIT-R et par les exploitants de réseaux par satellites, il est possible d'indiquer deux éléments directeurs pour l'obtention d'une bonne qualité vocale: toujours éviter des mutilations supérieures à 64 ms; la mutilation de durée inférieure à 64 ms doit constituer moins de 0,2% du signal de parole actif (le pourcentage du signal de parole actif mutilé est égal à 100 fois le produit de la fréquence des mutilations par la durée des segments mutilés, divisé par le facteur d'activité vocale).

7.9 Bruit sur une voie au repos

Aux fins d'homogénéité avec d'autres Recommandations UIT-T, en particulier les Recommandations G.712 et P.31, les objectifs suivants sont recommandés:

Les accès d'entrée et de sortie du système sans fil étant bouclés sur leur impédance nominale, il convient que le bruit sur une voie au repos ne dépasse pas -65 dBm0p (selon la Recommandation G.712). Le niveau d'une fréquence unique quelconque (en particulier la fréquence d'échantillonnage et ses multiples) mesuré sélectivement, ne doit normalement pas dépasser une valeur de -50 dBm0. Entre 300 Hz et 3400 Hz, le niveau d'une fréquence unique quelconque, mesuré sélectivement et corrigé par le facteur de pondération psophométrique (voir le Tableau I/O.41) ne devrait pas dépasser -73 dBm0.

Aucune Recommandation UIT-T ne traite des exigences de bruit pour les terminaux numériques sans fils portables; cependant, la Recommandation UIT-T P.31 donne des objectifs pour les terminaux numériques à combiné, ces objectifs peuvent être utiles pour les applications sans fil. La Recommandation P.31 précise -64 dBm0p dans le sens émission (mesuré à l'interface du terminal) et -56 dBPa(A) dans le sens réception (mesuré sur l'oreille artificielle définie dans la Recommandation P.57, type 1).

7.10 Contraste de bruit et bruit de confort

Le contraste de bruit se produit lorsque le bruit de fond est interrompu. Cet effet peut être dû à plusieurs causes, telles que l'annulation d'écho à l'aide d'écrêteurs de centre, la concentration de parole, la transmission discontinue, etc. Le bruit de confort est celui qui peut être introduit pour masquer les effets négatifs du contraste de bruit. Les types de bruit de confort peuvent varier selon les systèmes. Les Recommandations relatives aux limites du contraste de bruit ainsi qu'aux types et valeurs de bruit de confort nécessitent un complément d'étude.

7.11 Erreurs aléatoires sur les bits et salves d'erreurs

Une bonne qualité vocale doit être maintenue lorsque le taux de trames supprimées est inférieur à 3% des trames sur toute période de 10 s (dans l'hypothèse de trames d'une longueur de 10 à 20 ms). Le critère usuel en matière de qualité téléphonique est une réduction d'au plus 0,5 point de la note moyenne d'opinion (échelle de 5 points) par rapport au signal sans erreur.

7.12 Bande passante

Afin de préserver un bon niveau d'intelligibilité et de qualité vocale, il convient que la bande de 300 à 3400 Hz (points à 3 dB) soit transmise et que la courbe d'efficacité en fréquence soit conforme à la Recommandation P.31. Pour les codeurs non harmoniques, les méthodes de mesure traditionnelles, faisant intervenir des signaux sinusoïdaux à fréquences discrètes, peuvent s'avérer inadéquates à l'évaluation de la bande passante effective.

7.13 Affaiblissement pour la stabilité (minimum pour l'affaiblissement du trajet d'écho)

Pour les systèmes sans fil présentant une interface numérique avec un RTPC, il est recommandé d'avoir un affaiblissement minimal de 6 dB entre les trajets numériques d'entrée et de sortie du système sans fil (c'est-à-dire au point à 0 dBr selon la Figure 1) pour toutes les fréquences comprises entre 0 et 4000 Hz, dans les conditions acoustiques les plus défavorables (par exemple, avec combiné retourné sur un plan dur).

7.14 Distorsion de quantification

Une distorsion de quantification se produit lorsqu'un signal subit un transcodage analogique/numérique. La Recommandation UIT-T G.113 exprime cette distorsion en termes d'unités de distorsion de quantification (QDU), définies comme l'équivalent de la distorsion introduite par un codec moyen analogique/numérique/numérique analogique avec codage MIC à 64 kbit/s en loi μ ou A, conforme à la Recommandation UIT-T G.711, en conditions d'absence d'erreurs. L'objectif fixé est que le couple codeur/décodeur du système numérique sans fil n'introduise pas plus de 4 QDU, ce qui est conforme à l'objectif à long terme fixé pour les RMTP selon la Recommandation G.173. Les QDU ne sont applicables que pour des codeurs normalisés, dans des conditions non dégradées et stables, la Recommandation G.113 en fixe les valeurs. Il est admis que dans certains cas, comme en présence de codeurs non harmoniques à faible débit binaire, les QDU peuvent ne pas être appropriées pour la mesure et qu'il y ait lieu d'utiliser d'autres méthodes de spécification. Ce point est à l'étude.

Il est également recommandé que deux systèmes sans fil fonctionnant en cascade ne soient pas plus mauvais que l'équivalent de trois codeurs MICDA à 32 kbit/s en cascade asynchrone (voir la Recommandation UIT-T G.726); cette Recommandation a pour objet de prévenir une accumulation trop rapide de la distorsion et de tenir compte de la présence d'un codeur MICDA dans la liaison internationale. Un complément d'étude est nécessaire pour déterminer la manière de déduire la distorsion totale induite par deux codeurs en cascade à partir de leurs équivalents en QDU.

8 Transmission en bande vocale de données et autres signaux non vocaux

8.1 Considérations générales

Les spécifications de qualité de fonctionnement pour les applications de données en bande vocale (VBD) (*voice band data*) faisant intervenir des systèmes d'accès sans fil doivent être exprimées en termes de mesure d'équivalents de transmission spécifiés aux interfaces analogiques d'une connexion, telles la distorsion d'intermodulation, la gigue de phase, la distorsion du temps de propagation de groupe, etc. La Recommandation UIT-T G.113 comporte en annexe un certain nombre d'informations relatives à la qualité de transmission des données en bande vocale, exprimée en termes de paramètres de dégradation. Ces informations recouvrent les définitions et certaines valeurs typiques de ces dégradations, ainsi qu'une analyse des performances du codage MICDA à 32 kbit/s du point de vue de la qualité de transmission des données en bande vocale.

8.2 Spécifications des applications

Les applications d'usager doivent être prises en considération pour déterminer les niveaux souhaitables de qualité de fonctionnement du réseau. Les applications peuvent être classées en un petit nombre de grandes catégories, selon leurs exigences en matière de précision. La qualité requise des modems, qui dépend de l'application, se projette sur les spécifications de qualité de fonctionnement du réseau. Le Tableau 2 classe les applications, selon le paramètre de précision et la limite qui lui est imposée.

Les applications typiques (la télécopie par exemple) nécessitent des taux d'erreur assez faibles, ce qui explique que leur limite de qualité soit exprimée en termes de paramètre de BER. Les applications peu exigeantes (par exemple données en masse protégées en blocs de 1000 éléments binaires) nécessitent un taux d'erreur sur les blocs (BLER) limite, déduit de considérations de débit utile.

TABLEAU 2/G.174

Qualité en termes de précision du modem en fonction de l'application

Application	Paramètre	Limite
Typique	BER	10^{-5}
Peu exigeante	BLER à 1000 bit	10^{-2}

8.3 Convenance de la qualité de fonctionnement

Le Tableau 3 indique la convenance estimée, pour des applications types, de différentes méthodes normalisées de modulation de données en bande vocale et de différents schémas de codage des signaux, qui pourraient être utilisés dans les systèmes d'accès numériques sans fil. Il est absolument essentiel d'insister sur le fait que les dégradations du canal radioélectrique ne sont *pas* prises en compte dans le tableau et qu'un complément d'étude est nécessaire pour quantifier les effets de ces dégradations. Un «Oui» ou un «Non» dans le tableau indique seulement, en s'appuyant sur des résultats connus et sur la documentation disponible, si un codeur spécifique est susceptible de transmettre de manière acceptable des données conformément aux performances d'un modem à son débit maximal. Cette «acceptabilité» doit être jugée au vu des considérations du 8.1.

En plus de la dégradation du canal radioélectrique, qui n'apparaît pas dans le tableau, les effets sur la transmission par modem de codages en cascade selon une combinaison quelconque de ces codeurs en sont aussi absents; ces effets nécessitent un complément d'étude.

A noter que, dans les cas faisant intervenir la transmission de données en bande vocale à grande vitesse, aucun codeur à faible débit ne convient. Par exemple, un télécopieur fonctionnant à 9,6 kbit/s ne fonctionnera pas de manière acceptable derrière un codeur à 16 kbit/s. Il est toutefois possible de faire fonctionner le télécopieur à plus faible débit sur la même voie. Par ailleurs, l'augmentation du débit du codec (et des exigences correspondantes sur la largeur du canal radioélectrique) peut amener une amélioration des applications de transmission de données en bande vocale à grande vitesse.

8.4 Interfonctionnement

Comme il est vraisemblable que les usagers des terminaux sans fil souhaiteront transmettre des données iconographiques (télécopies par exemple) ou numériques (par exemple à partir d'ordinateurs portables), il peut être utile d'inclure la capacité de transmettre ces données dans les terminaux mobiles. Si les données sont émises à haute vitesse et qu'elles ne peuvent être transmises convenablement par le codec de parole, les éléments binaires pourront être envoyés directement sur le canal de radiotransmission (via le codec de confidentialité). Des protocoles particuliers et des techniques spéciales de protection pourront être nécessaires afin d'obtenir des taux d'erreur acceptables. La Figure 5 montre des configurations possibles. Afin de tenir compte de la possibilité d'établir des connexions de transmission de données entre systèmes sans fil et RTPC, des dispositions particulières d'interfonctionnement devront être appliquées.

TABLEAU 3/G.174

**Convenance estimée de la performance des types
de codeurs pour différents modems**

Type de modem et débit maximal	Méthode de codage du signal (Recommandations de l'UIT-T)					
	G.711 64 kbit/s	G.726 40 kbit/s	G.726 ⁽¹⁾ 32 kbit/s	G.728 ⁽²⁾ 16 kbit/s	Projet ⁽³⁾ 8 kbit/s	Projet ⁽³⁾ 4 kbit/s
V.21 300 bit/s	Oui	Oui	Oui	Oui	CE	CE
V.22 1200 bit/s	Oui	Oui	Oui	Oui	CE	CE
V.22 <i>bis</i> 2400 bit/s	Oui	Oui	Oui	Oui	CE	Non
V.27 <i>ter</i> ⁽⁴⁾ 4800 bit/s	Oui	Oui	Oui	CE	Non	Non
V.32 9600 bit/s	Oui	Oui	Oui	CE	Non	Non
V.29 ⁽⁴⁾ 9600 bit/s	Oui	Oui	Non	Non	Non	Non
V.32 <i>bis</i> 14 400 bit/s	Oui	CE	Non	Non	Non	Non
V.17 ⁽⁴⁾ 14 400 bit/s	Oui	CE	Non	Non	Non	Non
V.34 ⁽⁵⁾ 28 800 bit/s	Oui	CE	Non	Non	Non	Non
CE Un complément d'étude est nécessaire						
NOTES						
1 Résultats conformes au processus normalisé G.721.						
2 Préliminaire.						
3 En cours d'étude par la Commission d'études 15 de l'UIT-T.						
4 Ce schéma de modulation est utilisé par la télécopie du groupe 3.						
5 Norme 2-fils en cours de développement par la Commission d'études 14 de l'UIT-T.						

8.5 Multifréquence tri-tonalité (DTMF)

La multifréquence tri-tonalité DTMF peut être utilisée à partir de terminaux sans fil pour interagir avec les différentes fonctionnalités utilisant ce type de signalisation, par exemple lors de la consultation de messages à distance. Les systèmes sans fil doivent donc être capables de transmettre la multifréquence DTMF de manière fiable ce qui, pour les applications du RTPC, correspond normalement à un taux d'erreur des signaux DTMF inférieur à 10^{-4} (c'est-à-dire qu'en condition d'absence d'erreurs sur le RTPC, le récepteur multifréquence DTMF produira un chiffre incorrect sur 10 000 transmis).

8.6 Signaux de progression d'appel

Les signaux de progression d'appel, tels que les tonalités de retour d'appel ou d'occupation, ne devraient pas être sérieusement dégradés par le système d'accès sans fil.

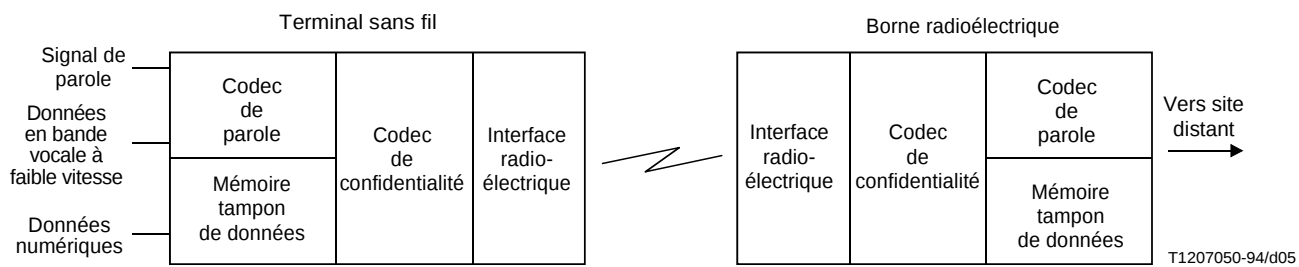


FIGURE 5/G.174

Dispositions possibles au niveau du terminal mobile et de la station de base pour la transmission de données