UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

UIT-T G.107

(07/2002)

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

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

Connexions et circuits téléphoniques internationaux – Définitions générales

Le modèle E: modèle de calcul utilisé pour la planification de la transmission

Recommandation UIT-T G.107

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
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	G.500–G.599
CARACTÉRISTIQUES DES SUPPORTS DE TRANSMISSION	G.600–G.699
EQUIPEMENTS TERMINAUX NUMÉRIQUES	G.700–G.799
RÉSEAUX NUMÉRIQUES	G.800–G.899
SECTIONS NUMÉRIQUES ET SYSTÈMES DE LIGNES NUMÉRIQUES	G.900–G.999
QUALITÉ DE SERVICE ET DE TRANSMISSION	G.1000–G.1999
CARACTÉRISTIQUES DES SUPPORTS DE TRANSMISSION	G.6000–G.6999
EQUIPEMENTS TERMINAUX NUMÉRIQUES	G.7000–G.7999
RÉSEAUX NUMÉRIQUES	G.8000–G.8999

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

Recommandation UIT-T G.107

Le modèle E: modèle de calcul utilisé pour la planification de la transmission

Résumé

La présente Recommandation décrit l'algorithme du modèle dit modèle E en tant que modèle UIT-T commun d'évaluation de l'indice de transmission. Ce modèle de calcul peut être utile à ceux qui planifient la transmission pour leur permettre de s'assurer que les usagers sont satisfaits de la qualité de la transmission de bout en bout. Le résultat principal fourni par ce modèle est une évaluation scalaire de la qualité de la transmission. Une propriété fondamentale de ce modèle est l'utilisation de facteurs de dégradation de la transmission qui rendent compte des effets des équipements modernes de traitement des signaux.

Dans la révision de l'an 2000, une version améliorée du modèle E a été offerte afin de mieux tenir compte des effets du bruit de salle du côté émission et de la distorsion de quantification. Avec la présente révision, la dégradation due à la perte de paquet aléatoire a été incluse sous forme paramétrique pour différents codecs.

Source

La Recommandation G.107 de l'UIT-T, révisée par la Commission d'études 12 (2001-2004) de l'UIT-T, a été approuvée le 14 juillet 2002 selon la procédure définie dans la Résolution 1 de l'AMNT.

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.

L'Assemblée mondiale de normalisation des télécommunications (AMNT), qui se réunit tous les quatre ans, détermine les thèmes d'étude 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 1 de l'AMNT.

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, l'expression "Administration" est utilisée pour désigner de façon abrégée aussi bien une administration de télécommunications qu'une exploitation reconnue.

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 2002
Tous droits réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite, par quelque procédé que ce soit, sans l'accord écrit préalable de l'UIT.

TABLE DES MATIÈRES

Page

1 Généralités 1
1.1 Domaine d'application 1
1.2 Références normatives 1

2 Le modèle E: modèle de calcul destiné à être employé en planification de la transmission 2
2.1 Introduction 2
2.2 Code source 2

3 Structure et algorithmes fondamentaux du modèle E 2
3.1 Calcul du facteur d'évaluation de l'indice de transmission *R* 3
3.2 Rapport signal/bruit de base *Ro* 4
3.3 Facteur de dégradation simultanée *Is* 5
3.4 Facteur de dégradation due au temps de propagation *Id* 6
3.5 Facteur de dégradation due à l'équipement *Ie* 7
3.6 Facteur d'avantage *A* 8
3.7 Valeurs par défaut 8

Annexe A – Conditions d'utilisation du modèle E 10
A.1 Exemples de situations où le modèle E doit être employé avec précaution 10
A.2 Situations dans lesquelles le modèle E a été amélioré grâce à une mise à jour des versions antérieures 11

Annexe B – Mesures de qualité obtenues à partir du facteur d'évaluation de l'indice de transmission *R* 12

Annexe C – Code source pour G.107_3 en BASIC 15

Appendice I – Calcul de *R* à partir des valeurs MOS 19

Bibliographie 19

Recommandation UIT-T G.107

Le modèle E: modèle de calcul utilisé pour la planification de la transmission

1 Généralités

1.1 Domaine d'application

La présente Recommandation décrit un modèle de calcul connu sous le nom de modèle E, qui s'est avéré utile en tant qu'outil de planification de la transmission pour évaluer les effets conjugués des variations des différents paramètres de transmission altérant la qualité en conversation[1] de la téléphonie à 3,1 kHz avec combiné. Ce modèle de calcul peut être employé, par exemple, par ceux qui planifient la transmission pour leur permettre de s'assurer que les usagers sont satisfaits de la qualité de la transmission de bout en bout, tout en évitant une ingénierie des réseaux trop complexe. Il faut souligner que le résultat brut fourni par ce modèle est le "facteur d'évaluation" R, qui peut être transformé pour obtenir des estimations de l'opinion des usagers. De telles estimations sont faites seulement à des fins de planification de la transmission et non à des fins de prédiction concrète de l'opinion des usagers (pour laquelle il n'existe aucun modèle agréé recommandé par l'UIT-T).

La présente révision inclut maintenant la perte de paquet en tant que nouveau paramètre.

Le modèle E n'a pas été complètement vérifié au moyen de sondages sur le terrain ou d'essais en laboratoire pour les très nombreuses combinaisons possibles de paramètres d'entrée. Pour beaucoup de combinaisons très importantes aux yeux de ceux qui planifient les transmissions, le modèle E peut être utilisé avec confiance, mais pour d'autres combinaisons de paramètres, les prédictions du modèle E ont été mises en doute. Elles sont actuellement à l'étude. Il faut par conséquent prendre des précautions en employant le modèle E dans certaines situations, celui-ci pouvant par exemple donner des résultats inexacts pour la combinaison de certains types de dégradation. L'Annexe A donne de plus amples renseignements à ce sujet.

1.2 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. La référence à un document figurant dans la présente Recommandation ne donne pas à ce document en tant que tel le statut d'une Recommandation.

[1] Recommandation UIT-T G.100 (2001), *Définitions utilisées dans les Recommandations sur les caractéristiques générales des connexions et des circuits téléphoniques internationaux*.

[2] Recommandation UIT-T G.108 (1999), *Application du modèle E: guide de planification*.

[3] Recommandation UIT-T G.109 (1999), *Définition des catégories de qualité de transmission vocale*.

---

[1] La qualité en conversation, dans ce contexte, concerne les caractéristiques de transmission, par exemple les longs temps de transmission, les effets des échos pour le locuteur, etc. Cependant le modèle E décrit dans la présente Recommandation n'est pas conçu pour modifier les dégradations de transmission durant les périodes de parole simultanée.

[4] Recommandation UIT-T G.113 (2001), *Dégradations de la transmission dues au traitement vocal*.

[5] Recommandation UIT-T G.113 Appendice I (2002), *Valeurs de planification provisoires pour le facteur Ie de dégradation due à l'équipement et le facteur Bpl de robustesse face aux pertes de paquets*.

[6] Recommandation UIT-T P.833 (2001), *Méthode de calcul des facteurs de dégradation due à l'équipement à partir d'essais subjectifs par écoute seulement*.

[7] Recommandation UIT-T P.834 (2002), *Méthode de calcul des facteurs de dégradation due à l'équipement à partir de modèles instrumentaux*.

[8] Recommandation UIT-T P.862 (2001), *Evaluation de la qualité vocale perçue: méthode objective d'évaluation de la qualité vocale de bout en bout des codecs vocaux et des réseaux téléphoniques à bande étroite*.

2 Le modèle E: modèle de calcul destiné à être employé en planification de la transmission

2.1 Introduction

En planification de la transmission, la complexité des réseaux modernes exige que les nombreux paramètres de transmission ne soient pas seulement examinés individuellement, mais qu'il soit aussi tenu compte des effets de leur combinaison. Bien que cela puisse se faire à l'aide d'une "estimation experte et documentée", une démarche plus systématique, telle que celle qui consiste à employer un modèle de calcul, est préférable. Le résultat du modèle décrit ici est une valeur scalaire R mesurant la qualité de transmission, et variant proportionnellement à la qualité globale en conversation. La Rec. UIT-T G.113 [4] donne des indications concernant certaines dégradations, notamment sur leurs effets conjugués, sur la base d'une version simplifiée du modèle. Toutefois, les résultats peuvent aussi consister en des estimations théoriques concernant les réactions des usagers, par exemple sous la forme de pourcentages indiquant que la connexion modélisée est "au moins bonne" ou "au mieux médiocre". Cela est décrit à l'Annexe B. Par ailleurs, la Rec. UIT-T G.108 [2] donne des indications détaillées sur l'application adéquate du modèle E, tel qu'il est décrit dans la présente Recommandation, et la Rec. UIT-T G.109 [3] contient la définition des catégories de qualité de transmission vocale.

2.2 Code source

L'Annexe C contient le code source, en langage BASIC, du modèle E décrit dans la présente Recommandation. La fonction de ce code est de faire en sorte que les utilisateurs du modèle E appliquent les formules de façon uniforme.

3 Structure et algorithmes fondamentaux du modèle E

Le modèle E, fondé sur la méthode du facteur de dégradation due à l'équipement, fait suite à des modèles antérieurs d'évaluation de l'indice de transmission. Il a été élaboré par un groupe ad hoc de l'ETSI appelé "*Voice Transmission Quality from Mouth to Ear*" (qualité de transmission vocale de la bouche à l'oreille).

La connexion de référence, montrée dans la Figure 1, est divisée en deux parties: le côté émission et le côté réception. Le modèle a pour but d'évaluer la qualité en conversation de la bouche à l'oreille, perçue par l'usager du côté réception à la fois en tant qu'auditeur et en tant que locuteur.

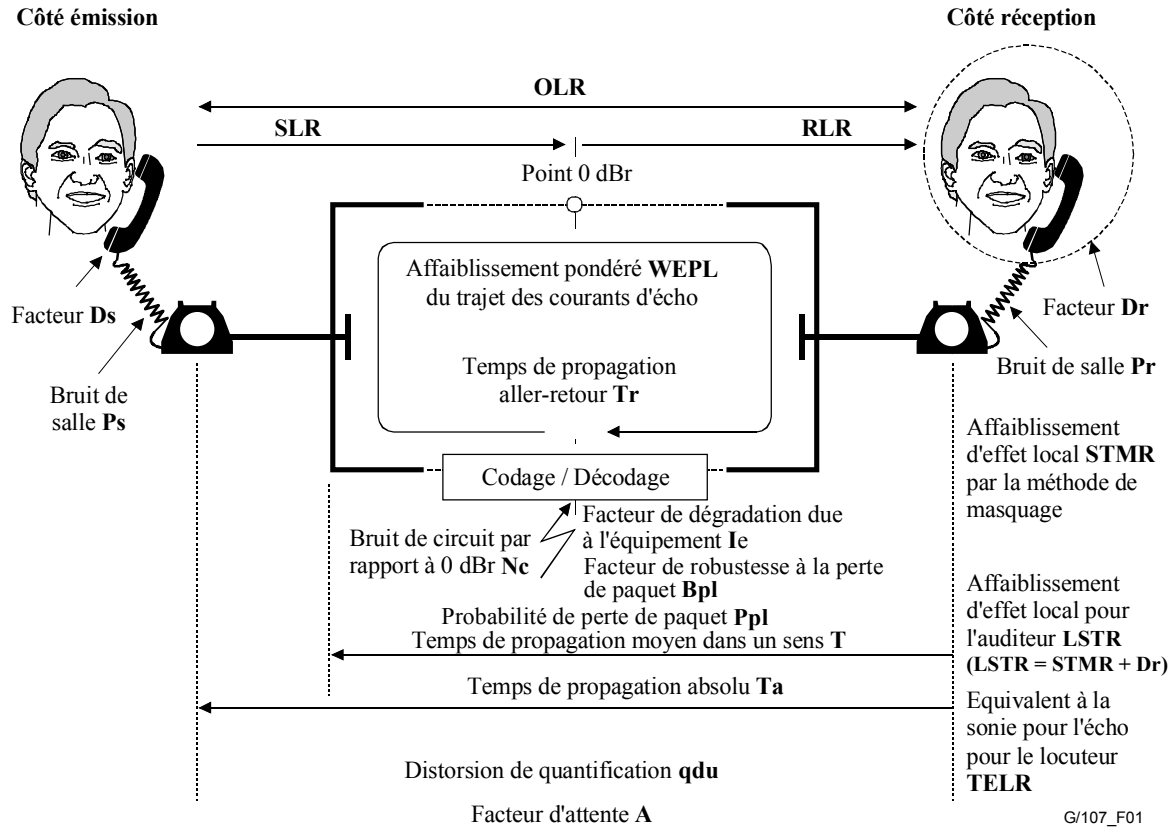

Figure 1/G.107 – Connexion de référence du modèle E

Les paramètres de transmission utilisés comme entrées du modèle de calcul sont représentés dans la Figure 1. Les valeurs du bruit de salle et des facteurs *D* sont traitées séparément dans l'algorithme pour le côté émission et pour le côté réception. Elles peuvent être de grandeur différente. Les paramètres SLR, RLR et le bruit de circuit Nc sont établis par rapport à un point de référence défini à 0 dBr. Tous les autres paramètres d'entrée sont considérés comme des valeurs s'appliquant à l'ensemble de la connexion, telles que l'équivalent OLR (qui est toujours la somme de SLR et de RLR), le nombre d'unités qdu, les facteurs de dégradation due à l'équipement *Ie* et le facteur d'avantage *A*, ou se réfèrent uniquement au côté réception, telles les valeurs STMR, LSTR, WEPL (pour le calcul de l'écho pour l'auditeur) et TELR.

Trois paramètres différents sont associés au temps de propagation. Le temps de propagation absolu *Ta* représente le temps total dans un sens entre les côtés émetteur et récepteur; il est utilisé pour évaluer les dégradations dues à des temps de propagation excessivement longs. Le temps de propagation moyen dans un sens *T* est le temps qui s'écoule entre le côté réception (en état d'émission) et le point d'une connexion où un couplage de signaux donne naissance à un écho. Le temps de propagation aller-retour *Tr* représente le temps dans une boucle à quatre fils où le signal "doublement réfléchi" entraîne des dégradations dues à l'écho pour l'auditeur.

3.1 Calcul du facteur d'évaluation de l'indice de transmission *R*

En accord avec la méthode du facteur de dégradation due à l'équipement, le principe fondamental du modèle E repose sur un concept issu de la description du modèle OPINE [voir la bibliographie, Supplément 3 aux Recommandations de la série P]:

Les facteurs psychologiques définis sur l'échelle psychologique sont additifs.

Le résultat brut de tout calcul fait au moyen du modèle E est le facteur d'évaluation de l'indice de transmission *R*, qui combine tous les paramètres de transmission s'appliquant à la connexion. Ce facteur d'évaluation *R* est composé de:

$$R = Ro - Is - Id - Ie,eff + A \tag{1}$$

Ro représente en principe le rapport signal/bruit de base et inclut l'effet des sources de bruit telles que le bruit de circuit et le bruit de salle. Le facteur *Is* est une combinaison de toutes les dégradations qui surviennent plus ou moins simultanément avec le signal vocal. Le facteur *Id* représente les dégradations causées par le temps de propagation et le facteur de dégradation équivalente due à l'équipement, *Ie,eff*, représente les dégradations causées par les codecs à faible débit. Il représente également la dégradation due aux pertes de paquet à répartition aléatoire. Le facteur d'avantage *A* permet de compenser les facteurs de dégradation quand l'accès fourni à l'usager représente un certain bénéfice. Le terme *Ro* ainsi que les valeurs *Is* et *Id* sont subdivisés en d'autres valeurs de dégradation spécifiques. Les paragraphes suivants contiennent les formules utilisées dans le modèle E.

3.2 Rapport signal/bruit de base *Ro*

Le rapport signal/bruit de base *Ro* est défini par:

$$Ro = 15 - 1{,}5(SLR + No) \tag{2}$$

Le terme *No* [en dBm0p] est la sommation en puissance des différentes sources de bruit:

$$No = 10\lg\left[10^{\frac{Nc}{10}} + 10^{\frac{Nos}{10}} + 10^{\frac{Nor}{10}} + 10^{\frac{Nfo}{10}}\right] \tag{3}$$

Nc [en dBm0p] est la somme de toutes les puissances de bruit du circuit, chacune par rapport au point de référence 0 dBr.

Nos [en dBm0p] est le bruit de circuit équivalent au point 0 dBr dû au bruit de salle *Ps* du côté émission:

$$Nos = Ps - SLR - Ds - 100 + 0{,}004(Ps - OLR - Ds - 14)^2 \tag{4}$$

où *OLR* = *SLR* + *RLR*. D'une manière analogue, le bruit de salle *Pr* du côté réception conduit à un bruit de circuit équivalent *Nor* [en dBm0p] au point 0 dBr.

$$Nor = RLR - 121 + Pre + 0{,}008(Pre - 35)^2 \tag{5}$$

Le terme *Pre* [en dBm0p] est le "bruit de salle effectif" dû à la transformation du bruit *Pr* par le trajet d'effet local pour l'auditeur:

$$Pre = Pr + 10\lg\left[1 + 10^{\frac{(10 - LSTR)}{10}}\right] \tag{6}$$

Nfo [en dBm0p] représente le "bruit de fond" du côté réception,

$$Nfo = Nfor + RLR \tag{7}$$

Nfor étant généralement choisi égal à –64 dBmp.

3.3 Facteur de dégradation simultanée *Is*

Le facteur *Is* est la somme de toutes les dégradations pouvant survenir plus ou moins en même temps que la transmission vocale. Il est subdivisé en trois facteurs de dégradation spécifiques:

$$Is = Iolr + Ist + Iq \tag{8}$$

Le facteur *Iolr* représente la diminution de la qualité causée par des valeurs trop faibles d'OLR; il est donné par:

$$Iolr = 20\left[\left\{1+\left(\frac{Xolr}{8}\right)^{8}\right\}^{\frac{1}{8}} - \frac{Xolr}{8}\right] \tag{9}$$

où:

$$Xolr = OLR + 0{,}2(64 + No - RLR) \tag{10}$$

Le facteur *Ist* représente la dégradation causée par un effet local n'atteignant pas une valeur optimale:

$$Ist = 10\left[1+\left(\frac{STMRo-12}{5}\right)^{6}\right]^{\frac{1}{6}} - 46\left[1+\left(\frac{STMRo}{23}\right)^{10}\right]^{\frac{1}{10}} + 36 \tag{11}$$

où:

$$STMRo = -10\lg\left[10^{-\frac{STMR}{10}} + \mathrm{e}^{-\frac{T}{4}}\,10^{-\frac{TELR}{10}}\right] \tag{12}$$

Le facteur de dégradation *Iq* représente la dégradation causée par la distorsion de quantification:

$$Iq = 15\lg\left[1 + 10^{Y} + 10^{Z}\right] \tag{13}$$

où:

$$Y = \frac{R_o - 100}{15} + \frac{46}{8{,}4} - \frac{G}{9} \tag{14}$$

$$Z = \frac{46}{30} - \frac{G}{40} \tag{15}$$

et:

$$G = 1{,}07 + 0{,}258Q + 0{,}0602Q^{2} \tag{16}$$

$$Q = 37 - 15\lg(\mathrm{qdu}) \tag{17}$$

Dans cette formule, le terme qdu représente le nombre d'unités qdu pour l'ensemble de la connexion entre le côté émission et le côté réception.

NOTE – Si l'on utilise le facteur de dégradation *Ie* pour un équipement, il ne faut pas utiliser la valeur qdu pour ce même équipement.

3.4 Facteur de dégradation due au temps de propagation *Id*

Le facteur de dégradation *Id* représente toutes les dégradations dues au temps de propagation des signaux vocaux; il est lui aussi subdivisé en trois facteurs, à savoir *Idte*, *Idle* et *Idd*:

$$Id = Idte + Idle + Idd \tag{18}$$

Le facteur *Idte* donne une estimation des dégradations dues à l'écho pour le locuteur:

$$Idte = \left[\frac{Roe - Re}{2} + \sqrt{\frac{(Roe - Re)^2}{4} + 100} - 1 \right] \left(1 - \mathrm{e}^{-T}\right) \tag{19}$$

où:

$$Roe = -1{,}5(No - RLR) \tag{20}$$

$$Re = 80 + 2{,}5(TERV - 14) \tag{21}$$

$$TERV = TELR - 40 \lg \frac{1 + \dfrac{T}{10}}{1 + \dfrac{T}{150}} + 6\mathrm{e}^{-0{,}3T^2} \tag{22}$$

Pour des valeurs de $T < 1$ ms, l'écho pour le locuteur doit être considéré comme un effet local, autrement dit *Idte* = 0. L'algorithme de calcul combine par ailleurs l'influence de STMR et de l'écho pour le locuteur. Si l'on tient compte du fait que des faibles valeurs d'affaiblissement STMR peuvent avoir certains effets de masquage sur l'écho pour le locuteur et que pour les valeurs très élevées de l'affaiblissement STMR l'écho pour le locuteur peut devenir plus perceptible, les termes *TERV* et *Idte* sont ajustés de la manière suivante:

Pour STMR < 9 dB:

Dans l'équation (21) *TERV* est remplacé par *TERVs*, où:

$$TERVs = TERV + \frac{Ist}{2} \tag{23}$$

Pour 9 dB ≤ STMR ≤ 15 dB:

les équations (19) à (22) ci-dessus s'appliquent.

Pour STMR > 15 dB:

Dans l'équation (18), *Idte* est remplacé par *Idtes*, où:

$$Idtes = \sqrt{Idte^2 + Ist^2} \tag{24}$$

Le facteur *Idle* représente les dégradations dues à l'écho pour l'auditeur. Les équations sont:

$$Idle = \frac{Ro - Rle}{2} + \sqrt{\frac{(Ro - Rle)^2}{4} + 169} \tag{25}$$

où:

$$Rle = 10{,}5(WEPL + 7)(Tr + 1)^{-0{,}25} \tag{26}$$

Le facteur *Idd* représente la dégradation provoquée par un temps de propagation absolu *Ta* excessif, qui se produit même en cas d'annulation parfaite de l'écho.

Pour $Ta < 100$ ms:

$$Idd = 0$$

Pour $Ta > 100$ ms:

$$Idd = 25\left\{\left(1+X^6\right)^{\frac{1}{6}} - 3\left(1+\left[\frac{X}{3}\right]^6\right)^{\frac{1}{6}} + 2\right\} \tag{27}$$

avec:

$$X = \frac{\lg\left(\frac{Ta}{100}\right)}{\lg 2} \tag{28}$$

3.5 Facteur de dégradation due à l'équipement *Ie*

Les valeurs du facteur de dégradation *Ie* des éléments utilisant des codecs à faible débit ne sont pas liées aux autres paramètres d'entrée. Elles proviennent de résultats sous formes de notes moyennes d'opinion issues d'essais subjectifs et de l'expérience du réseau. Consulter l'Appendice I/G.113 [5] pour savoir exactement quelles sont les valeurs recommandées pour *Ie*.

Les valeurs spécifiques du facteur de dégradation pour un fonctionnement de codec en conditions de perte de paquet aléatoire[2] avaient auparavant été traitées au moyen de tables de valeurs *Ie* fonctions de la perte de paquet. Maintenant, le facteur de robustesse à la perte de paquet (*Bpl*) est défini comme étant une valeur propre aux codecs. Le facteur de dégradation équivalente due à l'équipement en fonction de la perte de paquet, *Ie,eff*, est calculé au moyen de la valeur spécifique du codec en termes de facteur de dégradation due à l'équipement *Ie* avec perte de paquet nulle et de facteur de robustesse à la perte de paquet (*Bpl*), ces deux derniers facteurs étant indiqués dans l'Appendice I/G.113 pour plusieurs codecs. L'on calcule la valeur *Ie,eff* selon la probabilité de perte de paquet *Ppl*, au moyen de la formule suivante:

$$Ie,eff = Ie + (95 - Ie)\cdot\frac{Ppl}{Ppl + Bpl} \tag{29}$$

Comme le montre cette formule, le facteur de dégradation équivalente due à l'équipement est égal à la valeur *Ie* définie dans l'Appendice I/G.113 si la probabilité $Ppl = 0$ (aucune perte de paquet). Les pertes de paquet dont la répartition est autre qu'aléatoire n'ont pas encore été intégrées dans le modèle E car l'on ne dispose d'aucune description paramétrique cohérente, de cette sorte de répartition, pouvant être utilisée dans le modèle E. Si l'on souhaite utiliser le modèle E dans ce cas, l'on trouvera dans l'Appendice I/G.113 [5] des valeurs mises à jour des facteurs de dégradation due à l'équipement (*Ie*) et des facteurs de robustesse à la perte de paquet (*Bpl*), avec des tableaux de valeurs pour le cas non aléatoire.

L'Appendice I/G.113 indique qu'il existe de notables variations dans les dégradations dues aux équipements en mode paquet (par exemple en raison de la longueur des paquets ou du masquage des pertes).

---

[2] La probabilité de perte de paquet est considérée comme indépendante de l'état de réception du paquet précédent (reçu/perdu).

3.6 Facteur d'avantage *A*

En raison de la signification particulière du facteur d'avantage *A*, celui-ci n'a pas de relation avec les autres paramètres de transmission. Certaines valeurs provisoires sont données dans le Tableau 1.

Tableau 1/G.107 – Exemples provisoires du facteur d'avantage A

Exemple de système de communication	Valeur maximale de A
Classique (système filaire)	0
Mobile par réseau cellulaire dans un bâtiment	5
Mobile dans une zone géographique ou en déplacement dans un véhicule	10
Accès à des emplacements difficiles à atteindre, par exemple via des connexions par satellite à plusieurs bonds	20

Il faut noter que les valeurs du Tableau 1, tirées de la Rec. UIT-T G.113 [4], ne sont que provisoires. L'utilisation du facteur *A* et la valeur retenue pour celui-ci dans une application donnée seront décidées par le planificateur. Toutefois, il faut considérer que les valeurs du Tableau 1 sont des limites supérieures absolues de *A*.

3.7 Valeurs par défaut

Les valeurs par défaut de tous les paramètres d'entrée utilisés dans l'algorithme du modèle E sont réunies dans le Tableau 2. Il est vivement recommandé d'utiliser ces valeurs par défaut pour tous les paramètres que l'on ne fait pas varier au cours des calculs de planification. Si tous les paramètres sont mis à leurs valeurs par défaut, le calcul conduit à une qualité très élevée (facteur d'évaluation $R = 93{,}2$).

Tableau 2/G.107 – Valeurs par défaut et intervalles permis pour les paramètres

Paramètre	Abr.	Unité	Valeur par défaut	Intervalle permis	Remarque
Equivalent pour la sonie à l'émission (*send loudness rating*)	SLR	dB	+8	0 ... +18	(Note 1)
Equivalent pour la sonie à la réception (*receive loudness rating*)	RLR	dB	+2	–5 ... +14	(Note 1)
Affaiblissement d'effet local par la méthode de masquage (*sidetone masking rating*)	STMR	dB	15	10 ... 20	(Note 2)
Affaiblissement d'effet local pour l'auditeur (*listener sidetone rating*)	LSTR	dB	18	13 ... 23	(Note 2)
Valeur D du côté émission téléphonique	Ds	–	3	–3 ... +3	(Note 2)
Valeur D du côté réception téléphonique	Dr	–	3	–3 ... +3	(Note 2)
Equivalent à la sonie pour l'écho pour le locuteur (*talker echo loudness rating*)	TELR	dB	65	5 ... 65	
Affaiblissement pondéré du trajet d'écho (*weighted echo path loss*)	WEPL	dB	110	5 ... 110	
Temps de propagation moyen dans un sens du trajet d'écho	T	msec	0	0 ... 500	

Tableau 2/G.107 – Valeurs par défaut et intervalles permis pour les paramètres

Paramètre	Abr.	Unité	Valeur par défaut	Intervalle permis	Remarque
Temps de propagation aller-retour dans une boucle à 4 fils	Tr	msec	0	0 ... 1000	
Temps de propagation absolu sur connexion exempte d'écho	Ta	msec	0	0 ... 500	
Nombre d'unités de distorsion de quantification (*quantization distortion units*)	qdu	–	1	1 ... 14	
Facteur de dégradation due à l'équipement	Ie	–	0	0 ... 40	
Facteur de robustesse à la perte de paquet	Bpl	–	1	1 ... 40	(Note 3)
Probabilité de perte de paquet aléatoire	Ppl	%	0	0 ... 20	(Note 3)
Bruit de circuit par rapport au point de référence 0 dBr	Nc	dBm0p	−70	−80 ... −40	
Seuil de bruit du côté réception	Nfor	dBmp	−64	–	(Note 3)
Bruit de salle du côté émission	Ps	dB(A)	35	35 ... 85	
Bruit de salle du côté réception	Pr	dB(A)	35	35 ... 85	
Facteur d'avantage	A	–	0	0 ... 20	
NOTE 1 – Valeurs totales entre le microphone ou le récepteur et le point 0 dBr. NOTE 2 – Relation fixe: LSTR = STMR + D. NOTE 3 – Actuellement en cours d'étude.					

Le texte révisé de la présente Recommandation contenait une version améliorée de l'algorithme du modèle E (voir l'Annexe A).

Compte tenu de la révision de l'an 2000, le facteur d'évaluation correspondant R, calculé sur la base des valeurs par défaut de tous les paramètres, a légèrement changé (il est passé de $R = 94{,}2$ à $R = 93{,}2$). Toutefois, dans la pratique, il convient de considérer ce léger écart comme négligeable aux fins de la planification.

Annexe A

Conditions d'utilisation du modèle E

NOTE – L'évaluation et l'amélioration de l'algorithme du modèle E font l'objet d'un complément d'étude pendant la période d'études 2001-2004. Les résultats obtenus seront inclus dès qu'ils seront disponibles.

A.1 Exemples de situations où le modèle E doit être employé avec précaution

– *Niveau global des facteurs de dégradation due à l'équipement*

Certaines études expérimentales indiquent que les facteurs de dégradation due à l'équipement sont généralement trop pessimistes; des marges de sécurité cachées peuvent donc être incorporées.

– *Propriété d'additivité globale du modèle*

Dans le modèle E, on suppose que les différents types de dégradations s'additionnent sur l'échelle du facteur d'évaluation de l'indice de transmission *R*. Cette propriété n'a pas été vérifiée de façon satisfaisante. En particulier, on dispose de très peu d'études concernant l'interaction entre les codecs à faible débit et les autres types de dégradations, par exemple le bruit de salle. En outre, les effets d'ordre lors de la mise en cascade de plusieurs codecs à faible débit restent incertains.

– *Prise en compte de l'effet local pour le locuteur*

Certaines expériences ont démontré qu'il n'est pas tenu compte dans le modèle E de certains effets de masquage qui se produisent sur l'effet local pour le locuteur, notamment en rapport avec le bruit de circuit, le bruit de salle du côté réception et l'écho pour le locuteur à temps de propagation court (< 10 ms).

– *Facteur d'avantage A*

Jusqu'à présent, il n'a pas été déterminé dans quelles conditions les valeurs données pour le facteur d'avantage devraient être appliquées. On s'attend à ce que ces valeurs puissent dépendre du groupe d'utilisateurs, par exemple, et à ce que les valeurs absolues changeront à long terme.

– *Méthode de calcul des facteurs de dégradation due à un nouvel équipement*

Une nouvelle méthode de calcul des facteurs de dégradation due à l'équipement à partir d'essais subjectifs de qualité d'écoute a été adoptée sous la forme de la Rec. UIT-T P.833 [6]. Une nouvelle méthode de calcul des facteurs de dégradation due à l'équipement à partir de modèles instrumentaux (comme le modèle P.862 [8]) a été adoptée sous la forme de la Rec. UIT-T P.834 [7].

– *Prédictions pour les différents types de bruit de salle et les différentes formes de fréquence dans le canal de communication au cours du trajet d'effet local et du trajet d'écho*

Le modèle E prend en compte l'effet du bruit de salle exprimé seulement sous forme du niveau pondéré A. L'opinion réelle sur la qualité de la communication vocale peut même dépendre du type et de la perturbation du bruit environnant. Les caractéristiques fréquentielles du canal de la communication, du trajet d'effet local et du trajet d'écho ne sont pas prises explicitement en considération dans le modèle E, mais seulement implicitement dans les équivalents pour la sonie. Elles peuvent toutefois altérer la qualité de transmission perçue.

A.2 Situations dans lesquelles le modèle E a été amélioré grâce à une mise à jour des versions antérieures

– *Effet du bruit de salle du côté émission*

Avec le présent algorithme amélioré du modèle E (révision 2000), il est tenu compte de l'effet Lombard (c'est-à-dire du fait que la personne qui parle adapte sa prononciation et le volume de sa voix au bruit environnant). Dans la version 1998, les prédictions du modèle E étaient trop pessimistes pour des niveaux de bruit de salle *Pr* élevés.

– *Prédictions pour la distorsion de quantification*

Dans le modèle E (version 1998), les résultats des essais subjectifs dans les conditions de référence valant pour le générateur MNRU étaient souvent plus pessimistes que les prédictions du modèle E. Les courbes présentées à la Figure A.1 ont été obtenues à partir de la version 1998 et de la révision 2000 du modèle E, tous les autres paramètres étant mis à leurs valeurs par défaut.

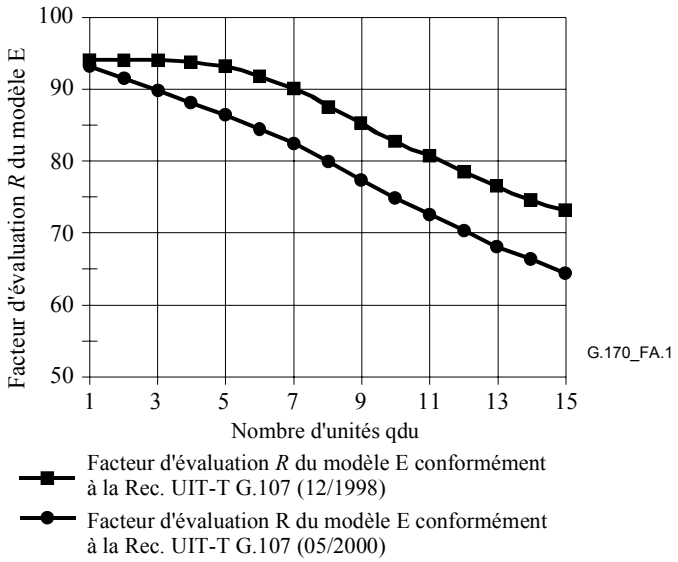

Figure A.1/G.107 – Relation entre le nombre de qdu et le facteur d'évaluation *R* du modèle E

En ce qui concerne l'algorithme légèrement amélioré du modèle E, tel qu'il figure dans la présente Recommandation, la relation entre le paramètre qdu et le facteur d'évaluation *R* du modèle E a été modifiée pour que l'algorithme corresponde mieux aux résultats des essais subjectifs disponibles.

– *Prédictions de qualité des codecs en conditions de perte de paquet aléatoire*

Les dégradations dues aux codecs en conditions de perte de paquet étaient autrefois (dans les versions antérieures de l'Appendice I/G.113) gérées au moyen de facteurs de dégradation due à l'équipement présentés en tableaux selon chaque codec pour différents taux de perte de paquet. Etant donné que le but est de réduire la quantité de données en tableaux à utiliser avec le modèle E, l'on a recherché les moyens de remplacer les facteurs *Ie* en tableaux par les formules correspondantes pour la perte de paquet. La méthode retenue donne des résultats très proches de ceux qui avaient déjà été définis comme facteurs *Ie* pour tous les codecs examinés dans la version 2001 de l'Appendice I/G.113.

Concernant la présente version de l'algorithme, seules les pertes aléatoires ont été intégrées dans le modèle E. Les répartitions de pertes, pour lesquelles la probabilité de perte de paquet est différente selon que le paquet précédent a été perdu ou reçu, ne sont pas encore couvertes par le modèle (par exemple la perte de paquet "en rafale"). La façon de traiter ce cas au moyen du modèle E est décrite au § 3.5.

Annexe B

Mesures de qualité obtenues à partir du facteur d'évaluation de l'indice de transmission *R*

Le facteur d'évaluation de l'indice de transmission *R* peut prendre les valeurs 0 à 100, où $R = 0$ représente une qualité extrêmement mauvaise et $R = 100$ une qualité extrêmement bonne. Le modèle E fournit une estimation statistique des mesures de qualité. Les taux de connexions "au moins bon" (GoB, *good or better*) ou "au mieux médiocre" (PoW, *poor or worse*) sont tirés du facteur *R* au moyen de la fonction d'erreur de Gauss:

$$E(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{x} \mathrm{e}^{-\frac{t^2}{2}} dt \tag{B-1}$$

Les équations sont les suivantes:

$$GoB = 100E\left(\frac{R-60}{16}\right)\% \tag{B-2}$$

$$PoW = 100E\left(\frac{45-R}{16}\right)\% \tag{B-3}$$

La note moyenne d'opinion (MOS, *mean opinion score*) sur l'échelle de 1 à 5 peut être obtenue à partir du facteur *R* au moyen des formules suivantes:

Pour $R < 0$: $\quad MOS = 1$

Pour $0 < R < 100$: $\quad MOS = 1 + 0{,}035R + R(R-60)(100-R)7 \cdot 10^{-6}$ (B-4)

Pour $R > 100$: $\quad MOS = 4{,}5$

Cette formule peut être inversée dans l'étendue $6{,}5 \leq R \leq 100$ afin de calculer *R* à partir des notes MOS (voir l'Appendice I). Les pourcentages de connexions GoB, PoW et la note moyenne d'opinion MOS sont donnés en fonction de *R* dans les Figures B.1 et B.2 respectivement.

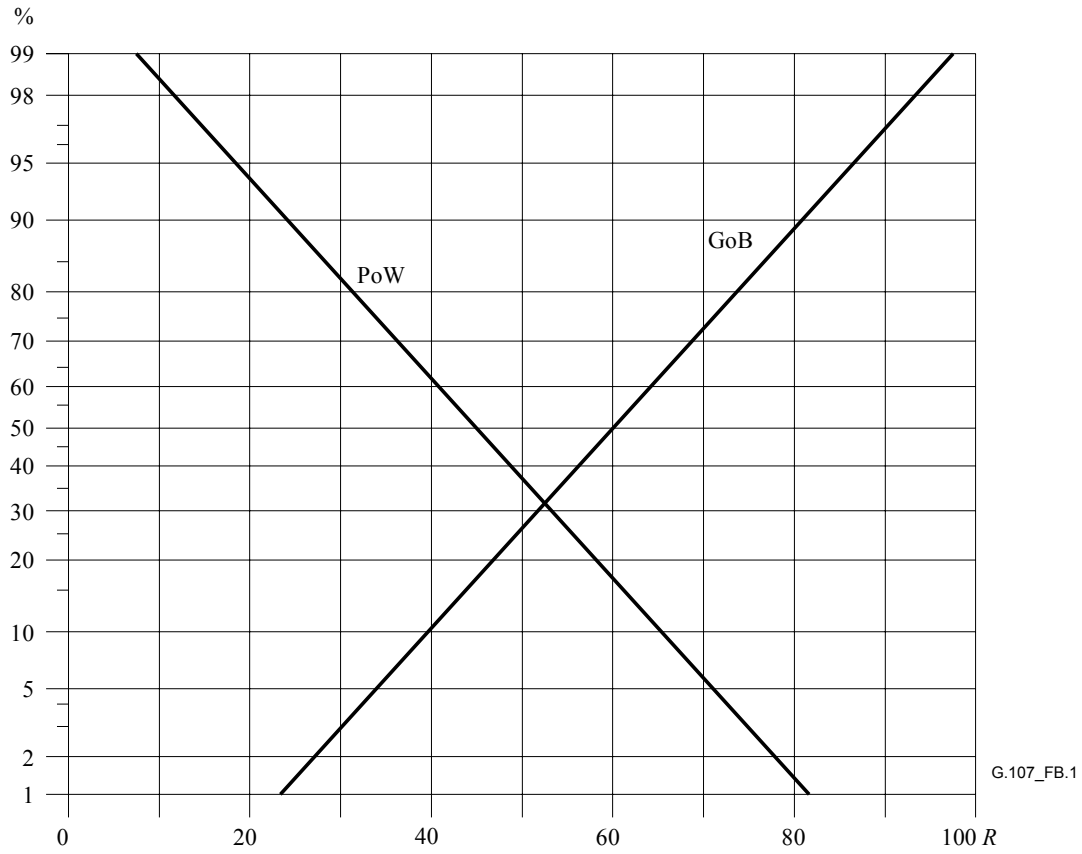

Figure B.1/G.107 – Connexions GoB ("au moins bon") et PoW ("au mieux médiocre") en fonction du facteur d'évaluation *R*

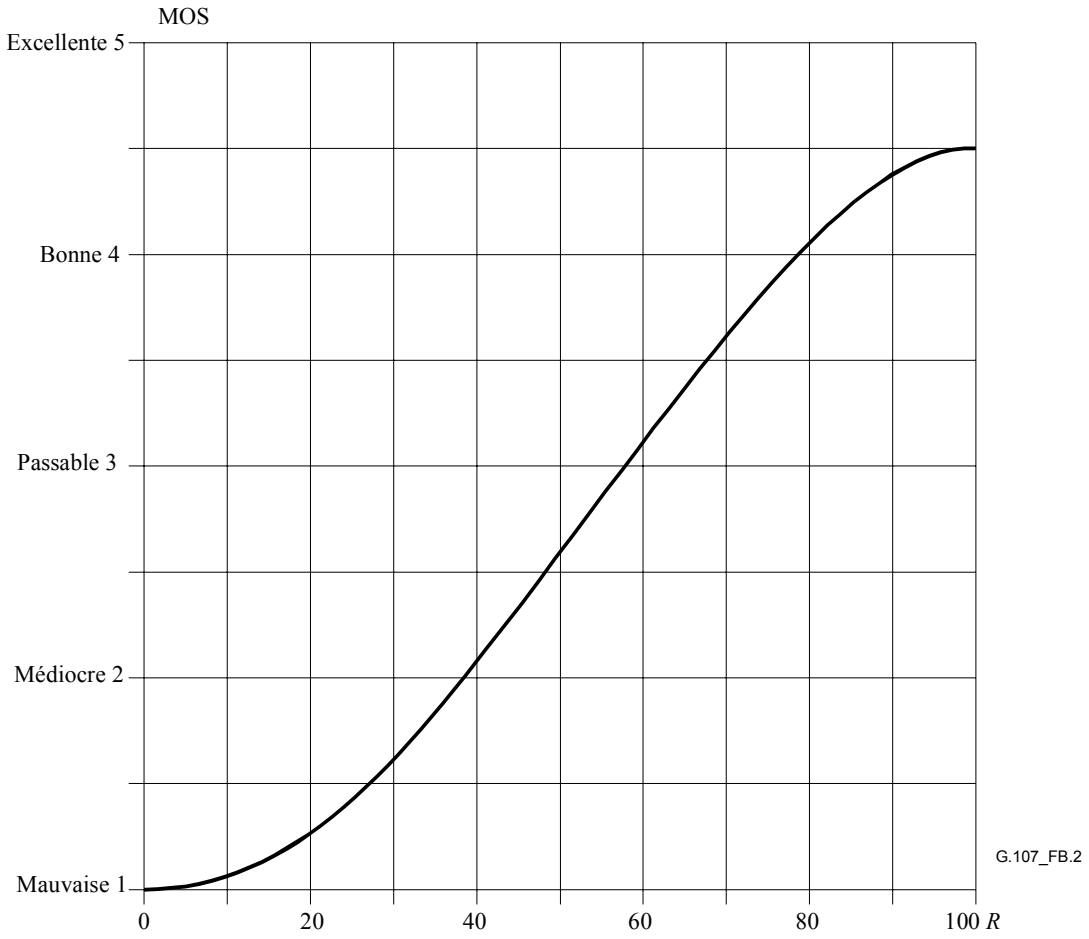

Figure B.2/G.107 – La note moyenne d'opinion MOS en fonction du facteur d'évaluation *R*

Dans certains cas, les planificateurs de la transmission peuvent ne pas être familiers avec l'utilisation de mesures de la qualité telles que le facteur *R* obtenu à partir de calculs de planification, et ainsi une information provisoire d'interprétation des facteurs *R* calculés pour les besoins en planification est fournie dans le Tableau B.1[3]. Ce tableau contient également des valeurs de *R* transformées en MOS, GoB et PoW.

Tableau B.1/G.107 – Information provisoire de la relation entre la valeur *R* et la satisfaction de l'usager

Valeur *R* (limite inférieure)	MOS (limite inférieure)	GoB (%) (limite inférieure)	PoW (%) (limite supérieure)	Satisfaction de l'usager
90	4.34	97	~0	Très satisfait
80	4.03	89	~0	Satisfait
70	3.60	73	6	Quelques usagers insatisfaits
60	3.10	50	17	Beaucoup d'usagers insatisfaits
50	2.58	27	38	Presque tous insatisfaits

[3] L'origine du Tableau B.1 est le Tableau 1/G.109 [3].

Annexe C

Code source pour G.107_3 en BASIC

```
1  CLS
2  PRINT "PROGRAM g107_3"
3  REM THIS VERSION IS CONFORM WITH THE ALGORITHM
4  REM DESCRIBED IN REC. G.107
5  REM PROGRAM WRITTEN BY N.O. JOHANNESSON
6  REM MODIFIED BY S. MOELLER, 1999; A. RAAKE, Feb. 2002
7  PRINT
8  PRINT "E-model, algorithm according to ITU-T Rec. G.107 (07/02) Annex C,"
9  PRINT "for voice communication between side (S) and (R)."
10 PRINT
11 PRINT "The E-model gives an estimation of voice transmission quality"
12 PRINT "mouth-to-ear as perceived at Side (R). The model output is a"
13 PRINT "transmission rating factor R which can be transformed to give"
14 PRINT "estimates of customer opinion. Such estimates are only made for"
15 PRINT "transmission planning purposes and not for actual customer"
16 PRINT "opinion prediction. See ITU-T Rec. G.107 (07/02) for more details."
17 PRINT
18 PRINT "Note: To continue program:"
19 PRINT "a) INPUT appropriate value as indicated on screen,"
20 PRINT "or"
21 PRINT "b) if no value is asked for, PRESS THE RETURN KEY."
22 PRINT
23 DIM X(100), Y(5, 100), Col(5), Pxo(5)
24 REM Set parameters at default values
25 GOSUB 29
26 REM Goto main menu
27 GOTO 199


29 REM Default Parameter Values, according to Tab.3/G.107 (lines 29-60)
30 SLR = 8
31 RLR = 2
32 STMRs = 15
33 Ds = 3
34 STMR = 15
35 Dr = 3
36 LSTRr = 18
37 TELR = 65
38 T = 0
39 WEPL = 110
40 Tr = 0
41 Ta = 0
42 Ie = 0
43 Bpl = 1
44 Ppl = 0
45 A = 0
46 Nc = -70
47 Ps = 35
48 Pr = 35
49 qdu = 1
50 Nfor = -64
60 RETURN


198 REM Main menu (lines 198-370)
199 PRINT
200 PRINT "Print current parameter values ", "=1"
210 PRINT "Input new parameter values     ", "=2"
220 PRINT "Compute table, one parameter   ", "=3"
230 PRINT "Set parameter at default values", "=4"
240 PRINT "Exit program                   ", "=5"
250 PRINT
260 INPUT Y1
270 CLS
280 IF Y1 = 1 THEN GOSUB 500
290 IF Y1 = 2 THEN GOSUB 1000
```

```
300 IF Y1 = 3 THEN GOSUB 2000
310 IF Y1 = 4 THEN GOSUB 30
320 IF Y1 = 5 THEN GOTO 9999
330 CLS
340 IF Y1 = 4 THEN PRINT , "Parameters set at default values !"
350 GOTO 199

500 REM SUB Print current parameter values (lines 500-700)
510 PRINT , "SLR="; SLR, "RLR="; RLR, "OLR= SLR + RLR="; SLR + RLR
520 PRINT , "Side (S): Ds="; Ds
530 PRINT , "Side (R): STMR="; STMR, "Dr="; Dr, "LSTR="; STMR + Dr
540 PRINT
550 PRINT , "TELR="; TELR, "Mean One-way Delay T ms="; T
560 PRINT , "WEPL="; WEPL, "Round-trip Delay Tr ms="; Tr
570 PRINT , "One-way Absolute Delay Ta ms="; Ta
580 PRINT
590 PRINT , "Noise Floor at Side (R) Nfor dBmp="; Nfor
600 PRINT , "Circuit Noise Nc dBm0p="; Nc
610 PRINT , "Room Noise, Side (S), Ps dB(A)="; Ps
620 PRINT , "Room Noise, Side (R), Pr dB(A)="; Pr
630 PRINT
640 PRINT , "qdu="; qdu
650 PRINT
660 PRINT , "Equipment Impairment Factor Ie="; Ie
661 PRINT662 PRINT , "Packet-loss Robustness Factor Bpl="; Bpl
663 PRINT
664 PRINT , "Packet-loss Rate Ppl % ="; Ppl
665 PRINT
670 PRINT , "Advantage Factor A="; A
680 PRINT
690 INPUT C$
700 RETURN

1000 REM SUB Input Parameters (lines 1000-1270)
1020 CLS
1030 PRINT "Type designation of parameter for which the value is to be changed
!"
1031 PRINT
1032 PRINT "Note 1. New value of OLR is obtained indirectly, i.e. by new"
1033 PRINT "value of SLR or RLR. (OLR=SLR+RLR.)"
1034 PRINT
1035 PRINT "Note 2. New value of LSTR is obtained indirectly, i.e. by new"
1036 PRINT "value of STMR or Dr. (LSTR=STMR+Dr.)"
1037 PRINT
1040 INPUT "Parameter:"; A$
1050 INPUT "New Value="; Px
1060 PRINT A$; "="; Px
1070 IF ((A$ = "SLR") OR (A$ = "slr") OR (A$ = "Slr")) THEN SLR = Px
1080 IF ((A$ = "RLR") OR (A$ = "rlr") OR (A$ = "Rlr")) THEN RLR = Px
1090 IF ((A$ = "STMR") OR (A$ = "stmr") OR (A$ = "Stmr")) THEN STMR = Px
1100 IF ((A$ = "Dr") OR (A$ = "DR") OR (A$ = "dr")) THEN Dr = Px
1110 IF ((A$ = "Ds") OR (A$ = "DS") OR (A$ = "ds")) THEN Ds = Px
1120 IF ((A$ = "TELR") OR (A$ = "telr") OR (A$ = "Telr")) THEN TELR = Px
1130 IF ((A$ = "T") OR (A$ = "t")) THEN T = Px
1140 IF ((A$ = "WEPL") OR (A$ = "wepl") OR (A$ = "Wepl")) THEN WEPL = Px
1150 IF ((A$ = "Tr") OR (A$ = "TR") OR (A$ = "tr")) THEN Tr = Px
1160 IF ((A$ = "Ta") OR (A$ = "TA") OR (A$ = "ta")) THEN Ta = Px
1170 IF ((A$ = "Ie") OR (A$ = "IE") OR (A$ = "ie")) THEN Ie = Px
1171 IF ((A$ = "Bpl") OR (A$ = "BPL") OR (A$ = "bpl")) THEN Bpl = Px
1172 IF ((A$ = "Ppl") OR (A$ = "PPL") OR (A$ = "ppl")) THEN Ppl = Px
1180 IF ((A$ = "A") OR (A$ = "a")) THEN A = Px
1190 IF ((A$ = "Nc") OR (A$ = "NC") OR (A$ = "nc")) THEN Nc = Px
1200 IF ((A$ = "Ps") OR (A$ = "PS") OR (A$ = "ps")) THEN Ps = Px
1210 IF ((A$ = "Pr") OR (A$ = "PR") OR (A$ = "pr")) THEN Pr = Px
1220 IF ((A$ = "qdu") OR (A$ = "QDU") OR (A$ = "Qdu")) THEN qdu = Px
1230 IF ((A$ = "Nfor") OR (A$ = "NFOR") OR (A$ = "nfor")) THEN Nfor = Px
1240 PRINT
1250 IF Y1 = 2 THEN INPUT "More parameters changed, Yes(1) or No(0)"; Ypar
1260 IF Ypar = 1 THEN GOTO 1020
1270 RETURN

2000 REM SUB Tabulate (lines 2000-3000)
```

```
2020 INPUT "Variable Parameter:"; A$
2030 PRINT "(To exit tabulation, put parameter value = 1000 !)"
2040  PRINT  TAB(8);  A$;  TAB(18);  "R";  TAB(28);  "GOB  %";  TAB(38);  "POW  %";
TAB(48); "MOS"
2050 INPUT Px
2060 IF Px = 1000 THEN GOTO 3000
2070 IF ((A$ = "SLR") OR (A$ = "slr") OR (A$ = "Slr")) THEN SLR = Px
2080 IF ((A$ = "RLR") OR (A$ = "rlr") OR (A$ = "Rlr")) THEN RLR = Px
2090 IF ((A$ = "STMR") OR (A$ = "stmr") OR (A$ = "Stmr")) THEN
2100   STMR = Px
2110   LSTR = STMR + Dr
2120 END IF
2130 IF ((A$ = "Dr") OR (A$ = "DR") OR (A$ = "dr")) THEN
2140   Dr = Px
2150   LSTR = STMR + Dr
2160 END IF
2170 IF ((A$ = "TELR") OR (A$ = "telr") OR (A$ = "Telr")) THEN TELR = Px
2180 IF ((A$ = "T") OR (A$ = "t")) THEN T = Px
2190 IF ((A$ = "WEPL") OR (A$ = "wepl") OR (A$ = "Wepl")) THEN WEPL = Px
2200 IF ((A$ = "Tr") OR (A$ = "TR") OR (A$ = "tr")) THEN Tr = Px
2210 IF ((A$ = "Ta") OR (A$ = "TA") OR (A$ = "ta")) THEN Ta = Px
2220 IF ((A$ = "Ie") OR (A$ = "IE") OR (A$ = "ie")) THEN Ie = Px
2221 IF ((A$ = "Bpl") OR (A$ = "BPL") OR (A$ = "bpl")) THEN Bpl = Px
2222 IF ((A$ = "Ppl") OR (A$ = "PPL") OR (A$ = "ppl")) THEN Ppl = Px
2230 IF ((A$ = "A") OR (A$ = "a")) THEN A = Px
2240 IF ((A$ = "Nc") OR (A$ = "NC") OR (A$ = "nc")) THEN Nc = Px
2245 IF ((A$ = "Nfor") OR (A$ = "NFOR") OR (A$ = "nfor")) THEN Nfor = Px
2250 IF ((A$ = "Ps") OR (A$ = "PS") OR (A$ = "ps")) THEN Ps = Px
2260 IF ((A$ = "Pr") OR (A$ = "PR") OR (A$ = "pr")) THEN Pr = Px
2270 IF ((A$ = "qdu") OR (A$ = "QDU") OR (A$ = "Qdu")) THEN qdu = Px
2280 IF ((A$ = "Ie") OR (A$ = "IE") OR (A$ = "ie")) THEN Ie = Px
2290 IF ((A$ = "Ds") OR (A$ = "DS") OR (A$ = "ds")) THEN Ds = Px
2300 GOSUB 3500
2400 GOSUB 4000
2500 GOSUB 4100
2600 GOSUB 4200
2700 R = INT(R * 10 + .5) / 10
2800 PRINT TAB(8); Px; TAB(18); R; TAB(28); GOB; TAB(38); POW; TAB(48); MOS
2900 GOTO 2050
3000 RETURN

3500 REM Compute R (lines 3500-3880)

3509 REM Noise Summation, formulas (3) to (7)
3510 Nr1 = Ps - SLR - Ds - 100
3520 Nr1 = Nr1 + .004 * (Ps - SLR - RLR - Ds - 14) ^ 2
3530 LSTR = STMR + Dr
3540 Pro = Pr + 10 * LOG(1 + 10 ^ ((10 - LSTR) / 10)) / LOG(10)
3550 Pr1 = Pro + .008 * (Pro - 35) ^ 2
3560 Nr2 = Pr1 - 121 + RLR
3570 Nfo = Nfor + RLR
3580 No = 10 * LOG(10 ^ (Nr1 / 10) + 10 ^ (Nr2 / 10) + 10 ^ (Nc / 10) + 10 ^
(Nfo / 10)) / LOG(10)
3590 Nt = No - RLR

3599 REM Ro, formula (2)
3600 Ro = 15 - 1.5 * (SLR + No)

3609 REM Iolr, formulas (9) and (10)
3610 Xolr = SLR + RLR + .2 * (64 + Nt)
3620 Iolr = 20 * ((1 + (Xolr / 8) ^ 8) ^ (1 / 8) - Xolr / 8)

3629 REM Ist, formulas (11) and (12)
3630 STMRo = -10 * LOG(10 ^ (-STMR / 10) + 10 ^ (-TELR / 10) * EXP(-T / 4)) /
LOG(10)
3640 Ist = 10 * (1 + ((STMRo - 12) / 5) ^ 6) ^ (1 / 6) - 10
3650 Ist = Ist - 46 * (1 + (STMRo / 23) ^ 10) ^ (1 / 10) + 46

3659 REM Iq, formulas (13) to (17)
3660 IF qdu < 1 THEN qdu = 1
3670 Q = 37 - 15 * LOG(qdu) / LOG(10)
3680 G = 1.07 + .258 * Q + .0602 * Q ^ 2
```

```
3690 Iq = 15 * LOG(1 + 10 ^ ((Ro - 100) / 15) * 10 ^ (46 / 8.4 - G / 9) + 10 ^
(46 / 30 - G / 40)) / LOG(10)

3699 REM Is, formula (8)
3700 Isyn = Iolr + Ist + Iq

3709 REM TERV, formula (22)
3710 TERV = TELR + 6 * EXP(-.3 * T ^ 2) - 40 * LOG((1 + T / 10) / (1 + T / 150))
/ LOG(10)

3719 REM Modifications to satisfy formula (23)
3720 IF STMR < 9 THEN TERV = TERV + .5 * Ist

3729 REM Idte, formulas (19) to (21)
3730 Re = 80 + 2.5 * (TERV - 14)
3740 Roe = -1.5 * (No - RLR)
3750 Xdt = (Roe - Re) / 2
3760 Idte = Xdt + SQR(Xdt ^ 2 + 100)
3770 Idte = (Idte - 1) * (1 - EXP(-T))

3779 REM Modifications to satisfy formula (24)
3780 IF STMR > 15 THEN Idte = SQR(Idte ^ 2 + Ist ^ 2)

3789 REM Idle, formulas (25) and (26)
3790 Rle = 10.5 * (WEPL + 7) * (Tr + 1) ^ (-1 / 4)
3800 Xdl = (Ro - Rle) / 2
3810 Idle = Xdl + SQR(Xdl ^ 2 + 169)

3819 REM Idd, formulas (27) and (28)
3820 IF Ta < 100 THEN Idd = 0
3830 IF Ta = 100 THEN Idd = 0
3840 IF Ta > 100 THEN
        X = (LOG(Ta / 100)) / LOG(2)
        Idd = 25 * ((1 + X ^ 6) ^ (1 / 6) - 3 * (1 + (X / 3) ^ 6) ^ (1 / 6) + 2)
3850 END IF

3859 REM Id
3860 Id = Idte + Idle + Idd

3864 REM Inclusion of packet-loss: Ieef, formula (29)
3865 Ieef = Ie + (95 - Ie) * (Ppl / (Ppl + Bpl))

3869 REM R, formula (1)
3870 R = Ro - Isyn - Id - Ieef + A
3880 RETURN

4000 REM Compute GOB, formula (B.2) (lines 4000-4050)
4010 Z# = (R - 60) / 16
4020 GOSUB 5000
4030 GOB = 100 * F#
4040 GOB = INT(GOB * 10 + .5) / 10
4050 RETURN

4100 REM Compute POW, formula (B.3) (lines 4100-4150)
4110 Z# = (R - 45) / 16
4120 GOSUB 5000
4130 POW = 100 * (1 - F#)
4140 POW = INT(POW * 10 + .5) / 10
4150 RETURN

4200 REM Compute MOS, formula (B.4) (lines 4200-4260)
4210 MOS = 1 + R * .035 + R * (R - 60) * (100 - R) * 7 * 10 ^ (-6)
4220 MOS = INT(MOS * 100 + .5) / 100
4230 IF R < 0 THEN MOS = 1
4240 IF MOS < 1 THEN MOS = 1
4250 IF R > 100 THEN MOS = 4.5
4260 RETURN

5000 REM Norm Distr F(Z), formula (B.1) (lines 5000-5130)
5010 S# = 0
5020 N% = 0
5030 H# = Z#
5040 S# = S# + H#
```

```
5050 H# = H# * (-1) * (Z#) ^ 2 * (2 * N% + 1) / ((N% + 1) * 2 * (2 * N% + 3))
5060 N% = N% + 1
5070 IF ABS(H#) < 10 ^ (-6) THEN GOTO 5090
5080 GOTO 5040
5090 S# = S# / (SQR(2 * 3.14159265#))
5100 F# = .5 + S#
5110 F# = INT(F# * 10 ^ 5 + .5) / 10 ^ 5
5120 REM PRINT "Z="; Z#, "F(Z)="; F#, "N="; N%
5130 RETURN

9999 END
```

Appendice I

Calcul de *R* à partir des valeurs MOS

Dans l'étendue $6{,}5 \le R \le 100$, R peut être calculé à partir des notes MOS au moyen de la formule suivante:

$$R = \frac{20}{3}\left(8 - \sqrt{226}\cos\left(h + \frac{\pi}{3}\right)\right) \tag{I-1}$$

avec:

$$h = \tfrac{1}{3}\arctan2\left(18566 - 6750MOS, 15\sqrt{-903522 + 1113960MOS - 202500MOS^2}\right) \tag{I-2}$$

et:

$$\arctan2(x, y) = \begin{cases} x \ge 0 & \arctan\left(\dfrac{y}{x}\right) \\ x < 0 & \pi - \arctan\left(\dfrac{y}{-x}\right) \end{cases} \tag{I-3}$$

La fonction arctan2(*x, y*) est implémentée en langage ANSI C sous la forme atan2(*y, x*). Il convient que les utilisateurs remarquent que, dans ce cas, l'ordre des deux paramètres est différent.

Bibliographie

– Recommandation UIT-T G.107 (1998), *Le modèle E: modèle de calcul utilisé pour la planification de la transmission*.

– Recommandation UIT-T G.107 (2000), *Le modèle E: modèle de calcul utilisé pour la planification de la transmission.*

– Recommandations UIT-T de la série P – Supplément 3 (1993), *Modèles de prévision de la qualité de transmission à partir de mesures objectives*.

SÉRIES 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	Réseaux câblés et 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, circuits téléphoniques, télégraphie, télécopie 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 de données et communication entre systèmes ouverts
Série Y	Infrastructure mondiale de l'information et protocole Internet
Série Z	Langages et aspects généraux logiciels des systèmes de télécommunication

Genève, 2002