UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

UIT-T P.833

(02/2001)

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

SÉRIE P: QUALITÉ DE TRANSMISSION TÉLÉPHONIQUE, INSTALLATIONS TÉLÉPHONIQUES ET RÉSEAUX LOCAUX

Méthodes d'évaluation objective et subjective de la qualité

Méthode de calcul des facteurs de dégradation due à l'équipement à partir d'essais subjectifs par écoute seulement

Recommandation UIT-T P.833

(Antérieurement Recommandation du CCITT)

RECOMMANDATIONS UIT-T DE LA SÉRIE P

QUALITÉ DE TRANSMISSION TÉLÉPHONIQUE, INSTALLATIONS TÉLÉPHONIQUES ET RÉSEAUX LOCAUX

Vocabulaire et effets des paramètres de transmission sur l'opinion des usagers	Série	P.10
Lignes et postes d'abonnés	Série	P.30
		P.300
Normes de transmission	Série	P.40
Appareils de mesures objectives	Série	P.50
		P.500
Mesures électroacoustiques objectives	Série	P.60
Mesures de la sonie vocale	Série	P.70
Méthodes d'évaluation objective et subjective de la qualité	**Série**	**P.80**
		P.800
Qualité audiovisuelle dans les services multimédias	Série	P.900

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

Recommandation UIT-T P.833

Méthode de calcul des facteurs de dégradation due à l'équipement à partir d'essais subjectifs par écoute seulement

Résumé

La présente Recommandation décrit une méthode de calcul des facteurs de dégradation (*Ie*) due à l'équipement pour des dispositifs de traitement du signal numérique, à savoir des codecs à faible débit exposés ou non à des erreurs de transmission.

Les valeurs de *Ie* sont obtenues à partir des résultats d'essais subjectifs par écoute seulement. Elles sont destinées à être utilisées comme valeurs d'entrée pour le modèle E (voir UIT-T G.107).

Source

La Recommandation P.833 de l'UIT-T, élaborée par la Commission d'études 12 (2001-2004) de l'UIT-T, a été approuvée le 23 février 2001 selon la procédure définie dans la Résolution 1 de l'AMNT.

Mots clés

Facteur de dégradation due à l'équipement, codecs à faible débit, méthode liée au facteur de dégradation, modèle E.

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 avait 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

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

TABLE DES MATIÈRES

		Page
1	Domaine d'application	1
2	Références normatives	1
3	Introduction	2
4	Choix des paramètres d'expérience	3
4.1	Préparation des équipements d'essai	3
4.2	Choix des conditions de références	5
4.2.1	Conditions de référence pour des codecs à faible débit non exposés à des erreurs de transmission	5
4.2.2	Conditions de référence pour des codecs à faible débit exposés à des erreurs de transmission	7
4.3	Environnement d'essai	8
4.4	Panel d'auditeurs	8
5	Méthode d'essai	8
5.1	Montage de l'expérience	9
5.2	Sélection des stimuli d'essai	9
5.3	Méthode de présentation	10
5.4	Echelles d'appréciation subjective	10
5.5	Directives pour les sujets participant aux essais	11
5.6	Analyse des résultats	11
6	Calcul de facteurs de dégradation due à l'équipement	11
6.1	Volume de données nécessaire	12
6.2	Transformation de l'échelle (étape 1)	12
6.3	Interpolation linéaire des résultats d'essais (étape 2)	13
6.4	Contrôle d'additivité (étape 3)	14
6.5	Calcul de valeurs *Ie* dans des conditions avec exposition à des erreurs de transmission (étape 4)	14
6.6	Contrôle d'additivité (étape 5)	15
7	Interprétation des valeurs obtenues de facteur de dégradation due à l'équipement	15
Appendice I – Echelle d'évaluation des facteurs de dégradation		16
Appendice II – Bibliographie		18

Recommandation UIT-T P.833

Méthode de calcul des facteurs de dégradation due à l'équipement à partir d'essais subjectifs par écoute seulement

1 Domaine d'application

La présente Recommandation décrit la méthode de calcul des facteurs de dégradation due à l'équipement (*Ie*) à partir d'essais subjectifs par écoute seulement. Il est prévu qu'elle s'applique principalement à la détermination des facteurs *Ie* de dispositifs de traitement du signal numérique utilisés sur le réseau qui n'ont pas été pris en compte par le modèle E. Les facteurs de dégradation calculés au moyen de cette méthode visent à être utilisés avec le modèle E (voir la Recommandation UIT-T G.107). Ils rendront compte des dégradations auditives des équipements correspondants dans un mode par écoute seulement.

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.

- UIT-T G.107 (2000), *Le modèle E, modèle de calcul utilisé pour la planification de la transmission*.
- UIT-T G.108.1 (2000), *Directives pour évaluer les effets du mode conversationnel non couverts par le modèle E sur la qualité de transmission vocale*.
- UIT-T G.113 (2001), *Dégradations de la transmission dues au traitement vocal.*.
- UIT-T G.711 (1988), *Modulation par impulsions et codage (MIC) des fréquences vocales*.
- UIT-T G.726 (1990), *Modulation par impulsions et codage différentiel adaptatif (MICDA) à 40, 32, 24, 16 kbit/s*.
- UIT-T G.727 (1990), *Modulation par impulsions et codage différentiel adaptatif (MICDA) imbriqué à 5, 4, 3 et 2 bits par échantillon*.
- UIT-T G.728 (1992), *Codage de la parole à 16 kbit/s en utilisant la prédiction linéaire à faible délai avec excitation par code*.
- UIT-T G.729 (1996), *Codage de la parole à 8 kbit/s par prédiction linéaire avec excitation par séquences codées à structure algébrique conjuguée*.
- UIT-T P.800 (1996), *Méthodes d'évaluation subjective de la qualité de transmission*.
- UIT-T P.810 (1996), *Appareil de référence à bruit modulé (MNRU)*.
- UIT-T P.830 (1996), *Evaluation subjective de la qualité des codecs numériques à bande téléphonique et à large bande*.
- UIT-T P.831 (1998), *Evaluation subjective de la qualité de fonctionnement des annuleurs d'écho de réseau*.
- Manuel de l'UIT-T, *Manuel de téléphonométrie*, 1992.

3 Introduction

La méthode de facteur de dégradation due à l'équipement (UIT-T G.113) est à l'heure actuelle la seule méthode recommandée par l'UIT-T pour décrire les effets subjectifs des processus numériques autres que le codage MIC pur sur la qualité globale à des fins de planification de transmission. Cette méthode s'appuie sur le principe selon lequel des dégradations de transmission individuelles peuvent être transformées en "facteurs psychologiques" et que ces facteurs psychologiques sont additifs sur une "échelle psychologique". On fait l'hypothèse que l'échelle d'évaluation de l'indice de transmission sous-jacente au modèle E (UIT-T G.107) possède les propriétés d'une telle "échelle psychologique".

Dans la planification de transmission des réseaux de télécommunications modernes, il est important de prendre en compte les effets combinés de différents types de dégradation se produisant simultanément sur une connexion. Cette opération est effectuée au moyen de modèles de calcul comme le modèle E. Des sources individuelles de dégradation, du type équivalent global pour la sonie non optimal, affaiblissement du trajet d'effet local, affaiblissement et retard de l'écho pour le locuteur, distorsion de quantification, temps de propagation absolu, etc., sont transformés en ce qu'il est convenu d'appeler des facteurs de dégradation. Les dégradations dues à des codecs à faible débit sont pris en compte au moyen d'un facteur de dégradation due à l'équipement. Si des relations réciproques existent entre facteurs de dégradation due aux paramètres sous-jacents mesurables au moyen d'un appareil d'une connexion (par exemple les équivalents pour la sonie), le facteur de dégradation due à l'équipement est, par définition, indépendant de tous les autres facteurs de dégradation. Il dépend uniquement du processus numérique dont il vise à modéliser les caractéristiques perceptuelles. L'indice de transmission final pour l'ensemble de la connexion est calculé à partir de la totalité des facteurs de dégradation individuels en les soustrayant d'un rapport signal/bruit de base.

Pour les cascades asynchrones de codecs multiples du même type ou de codecs multiples de types différents, on suppose que les facteurs individuels de dégradation due à l'équipement sont additifs. Le facteur global de dégradation due à l'équipement pour la chaîne de codecs est ensuite calculé par simple addition des facteurs *Ie* individuels. Des données d'expérience ont apporté la preuve que cette simple additivité n'est pas satisfaite pour toutes les combinaisons potentielles de codecs [5]. Dans certains cas, des effets d'ordre existent, par exemple la mise en cascade du codec A suivie par le codec B produit une dégradation différente de celle produite par le codec B suivi du codec A. Ces écarts par rapport à la propriété d'additivité pure seront examinés en détail.

Les facteurs de dégradation due à l'équipement ont été introduits en tant que moyen de mesure simplifié des effets perceptuels de codecs de type non harmonique sur la qualité de transmission globale de la bouche à l'oreille pour un combiné téléphonique à bande étroite (300-3400 Hz). Ils ne constituent en aucune façon une description exacte des effets associés à chaque codec individuel ou des codecs installés en cascade, qui peuvent être très divers dans leur nature perceptuelle. Ils illustrent, en revanche, la dégradation relative en comparaison à d'autres dégradations se produisant sur une connexion. Afin de fournir des indications sur la quantité de dégradation introduite par ces codecs, une structure relative aux facteurs de dégradation due à l'équipement pour les codecs non harmoniques les plus courants a été élaborée par l'UIT-T (voir l'Appendice I/G.113). Le calcul de ces résultats s'appuie sur de nombreux essais subjectifs d'écoute seulement effectués dans différents laboratoires d'essais, afin de garantir des valeurs stables pour tous les codecs examinés à ce stade, ainsi que pour leurs relations réciproques. Si de nouvelles valeurs de facteur de dégradation due à l'équipement pour des codecs différents doivent être obtenues, une cohérence globale par rapport à la structure établie est primordiale pour que les résultats visés soient valides dans le cadre d'une planification de réseau. La méthode décrite dans la présente Recommandation a été élaborée pour répondre à cette nécessité.

Tant qu'aucune méthode s'appuyant sur des appareils ne peut être définie, les facteurs de dégradation due à l'équipement doivent être obtenus à partir de données d'essais subjectives. Ces essais sont généralement effectués en mode par écoute seulement, cette approche permettant de tester plusieurs connexions différentes en une seule séance. En conséquence, les facteurs de dégradation due à l'équipement ainsi obtenus n'indiquent que l'incidence sur la qualité de transmission de la parole dans un sens et ne prennent pas en compte les dégradations de la qualité de la conversation. Il n'a pas encore été prouvé que les dégradations quantitatives dans les modes pour écoute seulement et conversationnel sont similaires, mais, pour des raisons de simplicité, on fait l'hypothèse d'une forte relation réciproque. Les utilisateurs de modèles d'indice de transmission doivent, néanmoins, être conscients que des différences peuvent exister et que la plus large part des résultats obtenus rendent compte uniquement de la situation par écoute seulement.

Des essais subjectifs, même soigneusement élaborés et effectués dans des conditions maîtrisées, ne peuvent pas produire des indices de qualité reproductibles dans les mêmes conditions. La composition du panel d'essai et l'expérience de ses membres, le choix des conditions d'essai et des équipements de stimulation, la configuration de l'essai et son environnement entraînent une variabilité inhérente. Cette variabilité se retrouve également dans les indices moyens calculés à partir d'un grand nombre de réponses individuelles. En conséquence, les facteurs de dégradation due à l'équipement obtenus au moyen d'un essai donné varieront dans une certaine mesure par rapport à d'autres données d'essai. Toutefois, le degré de variabilité devrait être limité à la tolérance admise dans la planification de transmission des réseaux, tolérance qui comprend une marge de sécurité raisonnable. La comparaison et l'intégration de données d'essai obtenues dans des conditions expérimentales différentes est un moyen de réduire la variabilité. L'application stricte de la procédure expérimentale et de la méthode d'essai décrites dans les paragraphes ci-après en constitue un autre.

4 Choix des paramètres d'expérience

Pour obtenir des résultats valides et fiables, certaines conditions générales de conception des essais d'écoute seulement doivent être satisfaites. La plupart de ces conditions étant décrites en détail dans UIT-T P.800 et P.830, il est fait référence à ces Recommandations chaque fois que nécessaire. Les incidences pratiques de la réalisation d'essais subjectifs sont présentées dans le Manuel de téléphonométrie publié par l'UIT-T. En règle générale, les essais d'écoute seulement n'atteignent pas le même niveau de réalisme en termes de conditions de service effectivement perçues par les abonnés du téléphone que les essais de conversation. Toutefois, dans toute la mesure possible, l'approche la plus réaliste doit être également retenue pour des essais d'écoute seulement, afin de garantir que les résultats obtenus dans une situation de laboratoire relativement artificielle soient significatifs pour le service réel.

4.1 Préparation des équipements d'essai

La préparation des enregistrements de la source doit être conforme, à l'exception des points explicitement détaillés ci-après, à la description donnée au § B.1/P.800 et dans le § 7/P.830 pour les systèmes à bande étroite. Cette règle s'applique à l'environnement d'enregistrement, au système d'émission ainsi qu'au système d'enregistrement et à la procédure d'enregistrement.

Les Recommandations UIT-T P.800 et P.830 conseillent d'utiliser, comme texte à prononcer, des phrases courtes, simples et claires. Bien que les essais effectués avec ce type de texte fournissent des résultats raisonnables, le réalisme de l'essai est amélioré si l'on recourt à des phrases plus longues, plus diversifiées et plus probantes, par exemple des extraits de texte courts et appropriés. Si l'on utilise de tels textes, l'attention de l'auditeur se portera plus sur le contenu et non seulement sur la forme de l'échantillon de parole, situation qui correspond mieux aux conditions de service effectives. Des extraits utilisables peuvent être prélevés dans des documents non techniques, des journaux, etc. La longueur totale des passages d'essai sera semblable au volume cumulé des phrases isolées,

c'est-à-dire de l'ordre de 12 à 15 secondes. Si des conditions d'exposition à des erreurs de transmission sont incluses dans l'essai, une exposition suffisante aux éléments de parole dégradés doit être assurée du fait de la longueur du texte d'essai. Le même principe vaut également pour les conditions de bruit de fond, pour lequel une exposition suffisamment prolongée au bruit d'origine externe est nécessaire pour obtenir des indices valides.

Les conseils relatifs au nombre de locuteurs donnés dans le § 8.1.3.1/P.830 s'appliquent. Si uniquement le nombre minimal de locuteurs, soit deux hommes et deux femmes, est utilisé, les résultats des essais doivent être interprétés à cette lumière, notamment si des différences avec des données d'essai obtenues d'une autre source sont notées.

Comme les codecs vocaux numériques peuvent être sensibles au niveau de la parole d'entrée, le nouveau codec considéré doit être testé à des niveaux différents en fonction du point de surcharge du système numérique. Les conseils donnés dans le § 8.1.1/P.830 s'appliquent. Afin de réduire l'ampleur de l'expérience, on peut se limiter à tester les conditions de référence uniquement au niveau optimal de parole d'entrée. Pour toutes les conditions d'essai, le niveau d'écoute doit être maintenu constant à la valeur préférée. Ce point est important puisque des dégradations dues à un équivalent *OLR* non optimal sont déjà prises en compte par le facteur de dégradation *Iolr* du modèle E. L'incidence de ce facteur sur les données d'essai pour le calcul des facteurs de dégradation due à l'équipement conduirait, en conséquence, à des estimations globales exagérément pessimistes.

Des considérations identiques s'appliquent au bruit ambiant du côté émission (paramètre *Ps* du modèle E). Cet effet est déjà pris en compte par le rapport signal-bruit de base *Ro* du modèle E et ne doit, par conséquent, pas être examiné dans des essais visant à obtenir des facteurs de dégradation due à l'équipement.

NOTE – S'il faut s'attendre à des effets importants du bruit de fond sur la qualité de fonctionnement du codec, il convient de tester les codecs concernés avec et sans l'application du bruit ambiant du côté émission, et avec différents niveaux de bruit [par exemple un *Ps* allant de 35 dB(A) à 75 dB(A)] et, si possible, avec différents types de bruit de fond (par exemple bruit de Hoth, bruit de murmures confus, bruit d'environnement de voiture, etc.). Les conseils du § 8.1.8/P.830 devraient alors être suivis, à l'exception de la Note 1 dudit §– il est fortement conseillé d'effectuer les enregistrements de la source dans l'environnement bruyant, parce qu'il a été prouvé que les effets du bruit ambiant sur le comportement en matière de parole avaient une certaine importance (voir la mise à jour du modèle E pour cet aspect). Il en résulte, pour l'expérience, qu'il est possible d'effectuer une comparaison entre les deux cas: le cas qui inclut les deux effets (codec et bruit de salle) en un seul facteur de dégradation due à l'équipement pour le codec placé dans des conditions de bruit de salle (avec ensuite application de la valeur par défaut de *Ps* dans le modèle E) et le cas qui prend en compte les deux effets de manière indépendante par le biais d'un facteur *Ie* pour le codec placé dans des conditions de faible bruit du côté émission avec l'inclusion des effets liés au facteur *Ps* via *Ro* dans le modèle E. Les différences potentielles entre ces deux méthodes doivent être soulignées et donner lieu soit à un calcul de cas le plus défavorable en cas d'utilisation dans le cadre d'une planification de réseau ou à l'application d'un tableau de facteurs de dégradation due à l'équipement pour le codec considéré et pour chaque condition de niveau de bruit de salle.

Si les codecs doivent être testés dans des conditions d'exposition à des erreurs de transmission, les directives données dans le § 8.1.4/P.830 doivent être respectées. Le résultat d'un tel essai sera un facteur de dégradation due à l'équipement global pour le codec considéré et la condition d'exposition à des erreurs. Cette valeur doit ensuite être utilisée dans le modèle E pour prendre en compte ces effets conjoints. L'obtention de formules de calcul relatives aux facteurs de dégradation pour des taux d'erreurs de transmission pour une classe entière de codecs est actuellement à l'étude dans la Commission d'études 12 de l'UIT-T.

Des conditions d'essai subjectives comprennent à la fois des codecs individuels et des codecs en cascade. Il est probable que les codecs individuels seront configurés conformément au schéma de transcodage indiqué à la Figure 4/P.830. Les effets de quantification des codeurs et décodeurs de loi A ou µ ont déjà été pris en compte par le facteur de dégradation du modèle E pour les dégradations synchrones du signal vocal (*Is* est calculé à partir de *Iq*) et doivent donc, dans l'idéal,

être ignorés dans des essais destinés à calculer des facteurs de dégradation due à l'équipement *Ie*. Il n'est pas prévu, néanmoins, que la légère dégradation de quantification ait une influence mesurable sur les résultats des essais subjectifs. Des configurations, comme celles présentées à la Figure 4/P.830, peuvent par conséquent être utilisées dans des situations de codec unique. L'additivité attendue de la dégradation due à l'équipement pour plusieurs codecs se rapporte à des conditions de cascades asynchrones. Dès lors, il convient de configurer plusieurs codecs conformément à la description donnée au § 8.1.6.1/P.830. Ces indications concernent à la fois des cascades multiples du même codec et des combinaisons de plusieurs types de codec différents.

4.2 Choix des conditions de références

Pour les raisons exposées au § 3, des essais subjectifs visant à obtenir des facteurs de dégradation due à l'équipement doivent inclure un certain nombre de conditions de référence. Ces conditions de référence sont nécessaires pour que les valeurs de dégradation aient une valeur de référence. Elles garantissent en outre que les nouvelles valeurs de facteur de dégradation due à l'équipement pourront être intégrées au système existant donné à l'Appendice I/G.113.

Le choix des conditions de référence dépend de l'appareil soumis aux essais c'est-à-dire le codec précis considéré. En règle générale, les conditions de référence doivent être similaires d'un point de vue perceptuel aux appareils soumis aux essais, de façon que l'évaluation s'appuie sur les mêmes composantes perceptuelles sous-jacentes. Par exemple, un codec non harmonique, qui transforme en son métallique la parole transmise, ne doit pas seulement être testé en fonction d'une condition de référence qui introduit un bruit de quantification corrélé au signal. En conséquence, le MNRU (appareil de référence à bruit modulé) (UIT-T P.810) n'est pas dans la plupart des cas une condition de référence appropriée pour les codecs non harmoniques à faible débit. Il n'existe pas à ce jour d'appareil de référence reconnu ayant produit une distorsion échelonnable semblable d'un point de vue perceptuel à celle observée pour de tels codecs. En conséquence, il est recommandé que différents types de codecs harmoniques et non harmoniques soient utilisés à titre de référence dans des expériences cherchant à déterminer des facteurs de dégradation due à l'équipement. Les conditions de référence précises à utiliser peuvent varier selon qu'il faille prendre en compte des erreurs de transmission et effectuer un contrôle d'additivité.

4.2.1 Conditions de référence pour des codecs à faible débit non exposés à des erreurs de transmission

Lorsque des facteurs de dégradation due à l'équipement relatifs à des codecs non harmoniques sans prise en compte d'erreurs de transmission sont déterminés, l'ensemble de 14 conditions de référence relatives aux codecs détaillées au Tableau 1 doit être inclus dans les conditions d'essais subjectives. Cette liste a été dressée à partir de codecs déjà étudiés en détail afin de couvrir l'éventail complet des valeurs *Ie* et des types de dégradation.

Tableau 1/P.833 – Conditions de référence pour des codecs à faible débit non exposés à des erreurs de transmission

n°	Abréviation	Type de codec	Référence	Débit de fonctionnement en kbit/s	Valeur *Ie*
1	G.711	log. PCM	UIT-T G.711	64	0
2	GSM-EFR	ACELP	GSM 06.60, plein débit amélioré	12,2	5
3	G.726(32)	MICDA	UIT-T G.721 (1988), UIT-T G.726, UIT-T G.727	32	7
4	G.728	LD-CELP	UIT-T G.728	16	7
5	G.729	CS-ACELP	UIT-T G.729	8	10
6	G.726(32) *x2*	MICDA	UIT-T G.721 (1988), UIT-T G.726, UIT-T G.727	32	14
7	G.728 *x2*	LD-CELP	UIT-T G.728	16	14
8	GSM-FR *alt.* IS-54	RPE-LTP *alt.* VSELP	GSM 06.10, plein débit, *alt.* IS-54	13 *alt.* 8	20
9	G.729 *x2*	CS-ACELP	UIT-T G.729	8	20
10	GSM-HR *alt.* PDC	VSELP	GSM 06.20, mi-débit, *alt.* PDC japonais	5,6 *alt.* 6,7	23 *alt.* 24
11	G.726(24)	MICDA	UIT-T G.726, UIT-T G.727	24	25
12	G.729 *x3*	CS-ACELP	UIT-T G.729	8	30
13	GSM-FR *x2* *alt.* IS-54 *x2*	RPE-LTP *alt.* VSELP	GSM 06.10, plein débit, *alt.* IS-54	13 *alt.* 8	40
14	G.726(16)	MICDA	UIT-T G.726, UIT-T G.727	16	50

NOTE – *x2, x3* désigne respectivement des mises en cascade double et triple du même codec.
alt. indique que l'un ou l'autre des deux codecs ou cascades de codecs peut être utilisé pour cette condition d'essai, produisant l'un ou l'autre débit et/ou valeur de facteur de dégradation.

Il est important de vérifier l'additivité du facteur de dégradation due à l'équipement nouvellement obtenu dans le cadre des autres valeurs de facteurs de dégradation due à l'équipement déjà définies. Si une telle vérification n'est pas effectuée, la propriété de simple sommation des facteurs de dégradation due à l'équipement afin de prendre en compte les cascades de codecs ne doit pas être considérée comme valide. Le Tableau 2 indique une liste minimale de dix conditions de référence additionnelles (numéros 15 à 24) qui doivent, dans tous les cas, être incluses dans l'ensemble d'essai afin de permettre une vérification approximative de l'additivité. Il est néanmoins préférable de tester le fonctionnement entre cascades de codecs sur un ensemble plus large de conditions similaires comprenant des cascades triples avec des ordonnancements différents des codecs.

Tableau 2/P.833 – Conditions de référence pour le contrôle d'additivité pour des codecs à faible débit fonctionnant en cascade et non exposés à des erreurs de transmission

n°	Fonctionnement en cascade	Type de codec de référence	Débit de fonctionnement en kbit/s	Valeur *Ie*
15	G.726(32)*(nouveau codec)	MICDA	32	7 + *Ie*(nouveau codec)
16	G.728*(nouveau codec)	LD-CELP	16	7 + *Ie*(nouveau codec)
17	G.729*(nouveau codec)	CS-ACELP	8	10 + *Ie*(nouveau codec)
18	GSM-FR*(nouveau codec) *alt*. IS-54* (nouveau codec)	RPE-LTP alt. VSELP	13 *alt.* 8	20 + *Ie*(nouveau codec)
19	GSM-HR*(nouveau codec) *alt*. PDC* (nouveau codec)	VSELP	5,6 *alt.* 6,7	23 + *Ie*(nouveau codec) *alt*. 24 + *Ie*(nouveau codec)
20	(nouveau codec)*G.726(32)	MICDA	32	*Ie*(nouveau codec) + 7
21	(nouveau codec)*G.728	LD-CELP	16	*Ie*(nouveau codec) + 7
22	(nouveau codec)*G.729	CS-ACELP	8	*Ie*(nouveau codec) + 10
23	(nouveau codec)*GSM-FR *alt*. (nouveau codec)*IS-54	RPE-LTP alt. VSELP	13 *alt*. 8	*Ie*(nouveau codec) + 20
24	(nouveau codec)*GSM-HR *alt*. (nouveau codec)*PDC	VSELP	5,6 *alt.* 6,7	*Ie*(nouveau codec) + 23 *alt.* *Ie*(nouveau codec) + 24
NOTE – A*B désigne une mise en cascade asynchrone des codecs A et B, B étant suivi de A. *alt*. indique que l'une ou l'autre des deux cascades de codecs peut être utilisée pour cette condition d'essai, produisant l'un ou l'autre débit et/ou valeur de facteur de dégradation.				

4.2.2 Conditions de référence pour des codecs à faible débit exposés à des erreurs de transmission

Lorsque l'on cherche à déterminer des facteurs de dégradation due à l'équipement pour des codecs non harmoniques fonctionnant à faible débit et exposés aux effets d'erreurs de transmission, les conditions de référence indiquées au Tableau 1 doivent être appliquées. Ceci permet d'établir une relation entre les valeurs *Ie* définies dans le contexte du modèle E et les valeurs effectivement mesurées au cours d'une expérience donnée. En plus de ces 14 conditions, un nombre minimal de $n = 10$ conditions de référence supplémentaires, y compris une dégradation notable de manière perceptuelle due à des erreurs de transmission (erreurs de bit aléatoires, pertes de paquets aléatoires, pertes de paquets par salves ou erreurs de propagation en termes de configuration des erreurs telle que définies pour les codecs GSM), doit être appliqué.

Ces n conditions de référence supplémentaires doivent être choisies parmi les valeurs déjà définies indiquées à l'Appendice I/G.113 pour les facteurs de dégradation due à l'équipement dans des conditions d'exposition à des erreurs de transmission. Elles devraient couvrir la plage entière des dégradations attendues pour le codec considéré, ainsi que l'éventail des types d'erreurs de transmission appliqués à ce codec. En particulier si le codec considéré applique une forme de stratégie de correction des erreurs (par exemple en répétant des paquets antérieurs ou en les interpolant entre trames voisines), les conditions de référence avec erreurs de transmission doivent inclure des codecs qui appliquent des stratégies similaires.

Pour les codecs avec des conditions de référence prenant en compte des erreurs de transmission, il convient également d'inclure dans l'ensemble d'essai la possibilité d'effectuer un contrôle d'additivité. Malheureusement, lorsque différents taux d'erreur doivent être testés, ce contrôle d'additivité peut conduire à une expérience prenant des proportions difficilement gérables. Pour cette raison, aucune liste de conditions de référence obligatoires n'est donnée ici. Les considérations exposées au § 6, relatives à l'interprétation des valeurs *Ie* qui ont été obtenues sans effectuer de contrôle d'additivité, s'appliquent.

4.3 Environnement d'essai

L'environnement d'écoute doit remplir les conditions indiquées au § B.4.1/P.800. Le niveau de bruit du côté réception doit être vérifié afin de s'assurer qu'il répond aux valeurs par défaut des paramètres du modèle E, c'est-à-dire un niveau pondéré A de $Pr \leq 35$ dB(A), mais également qu'il respecte les limites de NC25 ou NR25 définies dans UIT-T P.800. Le bruit ambiant du côté réception a déjà été pris en considération par le paramètre *Ro* du modèle E et ne doit pas, en conséquence, être introduit dans des essais de détermination des valeurs *Ie*.

Les facteurs de dégradation due à l'équipement doivent être utilisés conjointement avec le modèle E, qui effectue des prédictions pour les combinés téléphoniques à bande étroite (300-3400 Hz). Le système d'écoute doit présenter la caractéristique de réception de l'appareil IRS modifié décrite dans l'Annexe D/P.830. Les conseils d'étalonnage donnés au § B.4.2/P.800 doivent être suivis. Comme nous l'avons expliqué au § 4.1, le niveau d'écoute doit être maintenu constant au niveau optimal, c'est-à-dire à 79 dB SPL, au plan de référence de l'oreille.

4.4 Panel d'auditeurs

Les conditions générales à remplir par le panel d'auditeurs données au § B.4.4/P.800 doivent être remplies. Il est préférable de disposer d'un nombre relativement important de sujets participants aux essais d'écoute afin de réduire la variance interauditeurs. Toutefois, si le panel d'auditeurs est composé de sujets représentatifs, un minimum de 24 à 32 sujets est généralement suffisant.

5 Méthode d'essai

En principe, les essais d'écoute seulement dont l'objectif est d'obtenir des facteurs de dégradation due à l'équipement devraient être menés de façon à produire des évaluations absolues, c'est-à-dire conformément à la méthode ACR (évaluation par catégories absolues, voir UIT-T P.800) dans les cas où des échelles de catégorie sont utilisées ou avec une méthode correspondante lorsque des échelles continues sont utilisées. Les sujets participant aux essais évaluent chaque stimulus individuellement sur une échelle fournie à cet effet.

NOTE – Des méthodes d'essai de comparaison par paires (par exemple la méthode CCR, évaluation par catégories de comparaison) peuvent être utilisées pour déterminer l'ordre de rang de valeurs de facteurs de dégradation due à l'équipement très similaires pour des codecs différents. Avec la méthode CCR, il est possible d'effectuer une comparaison directe des codecs ou cascades de codecs considérés (à l'inverse de la description de l'Annexe E/P.800, les deux échantillons sont alors traités). De telles valeurs doivent néanmoins d'abord être obtenues au moyen d'évaluations absolues, puis, à l'issue d'une seconde séance d'essais ultérieure, l'évaluation comparative peut être obtenue.

Les essais subjectifs d'écoute seulement menés dans le but d'obtenir des facteurs de dégradation due à l'équipement se composent de deux ou trois parties selon que les erreurs de transmission doivent être prises en compte ou non. Ces trois parties rendent compte des cinq étapes à prendre en considération dans la méthode de dérivation des facteurs de dégradation (voir § 6) et pas nécessairement de la subdivision des séances d'essais. La partie A (étapes 1 et 2) est toujours nécessaire et consiste à obtenir une première valeur de *Ie* s'appuyant sur un seul processus de codage et de décodage. Une ligne d'interpolation est établie. Elle est nécessaire pour toutes les

transformations futures des données d'essai réelles destinées en fonction du cadre de valeurs *Ie* défini jusqu'alors. La partie B (étapes 3 et/ou 5) comprend un contrôle de la propriété d'additivité, aussi bien pour les cascades pures du codec considéré que de cascades mixtes comprenant d'autres codecs pour lesquels des facteurs de dégradation due à l'équipement ont déjà été définis. La partie C (étape 4) comprend des étapes additionnelles à prendre en considération lorsque le codec est examiné dans des conditions d'exposition à des erreurs de transmission.

La partie B doit toujours être effectuée si l'additivité du codec considéré n'a pas été prouvée. Si la condition d'additivité ne semble pas être remplie, ce point doit être souligné au moment de la présentation des résultats des essais. L'application de facteurs de dégradation à des codecs qui ne satisfont pas la propriété d'additivité est sujette à caution. Une telle application doit, à tout le moins, être limitée à des circuits téléphoniques sur lesquels un seul processus de codage et de décodage est appliqué. La partie B peut toutefois être omise si les valeurs *Ie* doivent être déterminées pour un codec exposé à des erreurs de transmission pour lequel une valeur *Ie* a déjà été définie pour le cas de figure sans erreurs.

5.1 Montage de l'expérience

Les conditions générales relatives au montage de l'expérience présentées au § A.2/P.800 doivent être remplies. Une randomisation des stimuli d'essai en fonction du type carré gréco-latin (voir le Manuel de téléphonométrie de l'UIT) est préférable. Toutefois, compte tenu du nombre important de stimuli d'essai, un tel montage est relativement compliqué. D'autres stratégies de montage, comme celles indiquées dans UIT-T P.800, sont par conséquent acceptables.

5.2 Sélection des stimuli d'essai

Le choix des stimuli dépend de la prise en compte ou non des erreurs de transmission. Dans les deux cas, les 14 conditions de référence indiquées au § 4.2.1 (n° 1-14) doivent être incluses. Le codec considéré doit, au minimum, être inclus en fonctionnement individuel à trois niveaux de parole en entrée différents. Pour le contrôle d'additivité, au moins l'ensemble des 10 conditions de référence (n° 15-24) définies au § 4.2.1, ainsi que le fonctionnement du codec considéré en cascade asynchrone double et triple, doivent être inclus dans le jeu d'essais. Il est préférable d'inclure d'autres conditions de cascade avec des codecs abondamment étudiés (des cascades triples si possible) afin d'accroître la stabilité des résultats en vue d'une additivité potentielle du facteur de dégradation due à l'équipement obtenu. Les conditions de cascade doivent, si possible, être incluses de manière symétrique (c'est-à-dire codec A suivi de codec B ainsi que codec B suivi de codec A), afin de détecter des effets éventuels liés à l'ordre des codecs. Le contrôle d'additivité peut être omis si les valeurs *Ie* pour les conditions avec exposition à des erreurs de transmission doivent être déterminées pour un codec pour lequel la valeur *Ie* dans le cas de non-exposition à des erreurs de transmission a déjà été défini.

Si le nouveau codec est étudié dans des conditions d'exposition à des erreurs de transmission, l'éventail des erreurs de transmission doit comprendre l'erreur potentiellement la plus fréquente dans le mode de fonctionnement du réseau (*m* conditions d'erreur). Les taux d'erreur spécifiques retenus doivent être suffisamment finement calibrés de façon que les résultats globaux restent stables, même si des points de données subjectifs individuels présentent toutes les caractéristiques de cas aberrants. En plus des *m* conditions portant sur le codec considéré, au moins $n = 10$ conditions de référence additionnelles décrites au § 4.2.2 doivent être incluses dans le jeu d'essai. Il est préférable d'inclure un plus grand nombre de conditions de cette nature si le montage et les ressources de l'essai le permettent.

Le Tableau 3 résume les conditions d'essai à inclure dans les différentes parties de l'expérience.

Tableau 3/P.833 – Aperçu général des conditions d'essai pour les différentes parties de l'expérience. Ces différentes parties sont détaillées dans le § 5

Partie	Objectif	Conditions d'essai	Obligatoire /facultative	Nombre minimal global de conditions d'essai Σ
A	Détermination de *Ie* pour le nouveau codec dans des conditions sans erreurs	Références 1-14	obligatoire	17
		Nouveau codec en mode de fonctionnement individuel avec 3 niveaux d'entrée de la parole	obligatoire	
		Références additionnelles de codec à faible débit	facultatif	
B	Contrôle d'additivité	Références 15-24	obligatoire	12
		Nouveau codec uniquement en mode de fonctionnement en cascades double et triple	obligatoire	
		Nouveau codec en mode de fonctionnement en cascades double et triple avec d'autres codecs	facultatif	
C	Détermination de *Ie* pour le nouveau codec exposé à des erreurs de transmission	Min. n = 10 références conformément au § 4.2.2	obligatoire	$n + m$
		Nouveau codec en mode de fonctionnement individuel exposé à différentes conditions d'erreurs de transmission (m conditions)	obligatoire	
		Références additionnelles conformément au § 4.2.2	facultatif	

5.3 Méthode de présentation

Pour obtenir des évaluations plus ou moins "absolues", les stimuli d'essai sont présentés un par un aux auditeurs. Ces derniers doivent évaluer chaque stimulus individuellement sur l'échelle fournie à cet effet. Le nombre global de stimuli est limité par la durée maximale possible pour la séance sans fatigue. Les indications données au § B.3/P.800 s'appliquent. Il est néanmoins préférable que toutes les conditions de référence et les conditions comprenant le codec considéré soient incluses dans une même séance d'essai pour obtenir une meilleure comparabilité des résultats. Si ceci n'est pas possible (par exemple parce qu'un nombre de locuteurs supérieur au nombre minimal a été retenu), les séances d'essai doivent être subdivisée.

5.4 Echelles d'appréciation subjective

Le choix d'une échelle de mesure appropriée est essentiel au succès de l'expérience subjective. Il est préférable d'utiliser une échelle d'évaluation fortement liée à l'échelle du facteur d'évaluation de l'indice de transmission R ou à l'échelle (présentant dans le cas présent une relation linéaire) des facteurs de dégradation.

On ne dispose, malheureusement, d'aucune méthode validée qui permettrait d'effectuer des mesures directes sur l'échelle de facteur de dégradation. En conséquence, l'échelle ACR de qualité d'écoute traditionnelle, décrite au § B.4.5/P.800 (échelle MOS), est conseillée. L'utilisation de l'échelle MOS exige une étape non linéaire dans la procédure de transformation des résultats de l'échelle de catégorie à 5 points à l'échelle des facteurs de dégradation (courbe de transformation en S). Cette opération peut entraîner une perte d'informations. L'Appendice I contient des informations relatives à

une échelle différente (l'échelle dite CR-10) qui prend en compte le comportement logarithmique des grandeurs perceptuelles, ne nécessitant ainsi qu'une transformation linéaire de l'échelle de facteur de dégradation. Compte tenu que l'échelle CR-10 n'a pas encore été totalement vérifiée dans le contexte de l'échelle de dégradation téléphonique, l'échelle MOS est, à l'heure actuelle, la seule échelle recommandée pour le calcul de facteurs de dégradation due à l'équipement.

5.5 Directives pour les sujets participant aux essais

Il est important, dans toute expérience d'évaluation d'un facteur d'échelle, que la tâche d'évaluation soit parfaitement claire pour tous les sujets participants. Le libellé de l'en-tête et des étiquettes de l'échelle doit être respecté, avec la plus grande précision possible, dans la langue maternelle des sujets, ce qui peut entraîner de légères variations par rapport au texte original en anglais. Les recommandations et directives générales pour les sujets participant aux essais détaillées au § B.4.6/P.800 doivent être suivies.

5.6 Analyse des résultats

L'évaluation statistique des données d'essai doit répondre aux prescriptions générales de l'analyse de données expérimentales telles qu'elles sont exposées au § B.4.7/P.800, ainsi que dans le Manuel de téléphonométrie de l'UIT-T. Des valeurs moyennes d'évaluations subjectives peuvent être calculées, en premier lieu, par locuteur et par niveau d'entrée, séparément pour chaque condition de circuit. Si une analyse de variance met en lumière des différences statistiquement significatives dues à ces facteurs, celles-ci doivent être soulignées dans le descriptif des résultats d'essai et il faudra faire preuve de prudence dans l'interprétation apportée à ces résultats. Si aucune différence statistiquement significative n'est notée, les évaluations de stimuli individuels peuvent être combinées pour former une évaluation moyenne par condition de circuit.

6 Calcul de facteurs de dégradation due à l'équipement

La méthode de calcul de facteurs de dégradation due à l'équipement à partir d'essais subjectifs d'écoute seulement effectués conformément aux indications données ci-dessus comporte de trois à cinq étapes selon que des erreurs de transmission sont prises en compte ou non:

Etape 1: transformation d'échelle des données d'essai subjectives.

Etape 2: dérivation d'une valeur *Ie* stable pour le codec considéré en mode de fonctionnement codec unique non exposé à des erreurs de transmission, par l'intermédiaire d'une interpolation linéaire des résultats d'essais.

Etape 3: contrôle d'additivité.

Si des erreurs de transmission font l'objet d'un examen, les étapes additionnelles suivantes doivent être appliquées:

Etape 4: dérivation de valeurs *Ie* stables pour différentes conditions d'exposition à des erreurs de transmission en mode de fonctionnement codec unique.

Etape 5: contrôle d'additivité.

L'étape 3 peut être omise si le facteur de dégradation due à l'équipement dans la condition sans exposition à des erreurs de transmission a déjà été défini et que seules les valeurs *Ie* correspondantes pour la condition avec exposition à des erreurs de transmission sont déterminées. Dans ce cas, la valeur *Ie* obtenue à l'étape 2 ne doit pas différer de manière significative de celle déjà définie, de sorte que la ligne d'interpolation rende compte avec précision du cas sans exposition à des erreurs pour le codec considéré. Dans des essais pratiques, l'étape 5 peut parfois être effectuée de manière sommaire uniquement. Il convient de noter que si l'effort investi dans cette étape est limité, ceci limitera en conséquence la validité des facteurs de dégradation due à l'équipement obtenus pour le

fonctionnement en cascade. Ce point doit être clairement stipulé dans la description des analyses de données d'essais.

6.1 Volume de données nécessaire

Les résultats principaux des analyses de données fournis sous la forme de notes moyennes (notes moyennes d'opinion, *MOS*) pour l'ensemble des locuteurs, des auditeurs et des niveaux d'entrée, seront fournis pour les conditions d'essai suivantes:

- 14 conditions de référence n'impliquant pas le codec considéré (conditions de référence n° 1 à 14 du Tableau 1);
- la condition d'essai concernant uniquement le codec considéré calculée sous la forme d'une moyenne de trois niveaux d'entrée de parole;
- sauf si le contrôle d'additivité peut être omis, deux conditions impliquant le codec considéré uniquement, en mode de fonctionnement en cascades double et triple;
- si nécessaire, d'autres conditions de référence n'impliquant pas le codec considéré;
- sauf si le contrôle d'additivité peut être omis, dix conditions impliquant le codec considéré et des codecs pour lesquels les valeurs *Ie* sont déjà connues, c'est-à-dire des conditions de cascades combinées (conditions de référence n° 15 à 24 du Tableau 2);
- si nécessaire, d'autres conditions de cascades combinées;
- dans le cas d'une étude avec exposition à des erreurs de transmission, un minimum de $n = 10$ conditions de référence avec erreurs de transmission n'impliquant pas le codec considéré;
- dans le cas d'une étude avec exposition à des erreurs de transmission, toutes les *m* conditions impliquant le codec considéré exposé à des erreurs de transmission;
- dans le cas d'une étude avec exposition à des erreurs de transmission, d'autres conditions de cascade impliquant le codec considéré avec exposition à des erreurs de transmission en mode de fonctionnement en cascade comprenant le codec considéré ou d'autres codecs.

Si les erreurs de transmission sont prises en compte, chaque condition d'erreur (taux d'erreur aléatoire sur les bits, taux d'erreur sur les rafales ou modèle d'erreur) est considérée comme une condition de codec distincte. On ne cherche pas à tirer des conclusions relatives à la dépendance entre qualité de fonctionnement du codec et taux d'erreur à ce niveau de l'analyse des données.

6.2 Transformation de l'échelle (étape 1)

Tous les résultats d'essais subjectifs doivent en premier lieu être transformés selon l'échelle du facteur de dégradation due à l'équipement *Ie*. Les calculs subséquents sont ensuite effectués exclusivement sur cette échelle.

Les notes subjectives moyennes attribuées selon l'échelle de qualité d'écoute ACR à 5 niveaux (*MOS*) exigent une transformation qui n'est pas disponible pour des formules fermées. Des valeurs *Ie,sub* peuvent être obtenues à partir de la relation entre *R* et *MOS* indiquée dans le modèle E (voir équation (B.4)/G.107), à savoir:

$$\begin{array}{rc} \text{pour } MOS = 1{,}0: & R = 0 \\ \text{pour } 1{,}0 < MOS < 4{,}5: & MOS = 1 + 0{,}035 \cdot R + R \cdot (R-60) \cdot (100-R) \cdot 7 \cdot 10^{-6} \\ \text{pour } MOS \geq 4{,}5: & R = 100 \end{array} \quad (1)$$

Cette équation doit être résolue numériquement ou graphiquement en utilisant, par exemple, la courbe de la Figure B.2/G.107. A partir des valeurs obtenues pour *R*, les valeurs *Ie,sub* correspondantes peuvent être calculées en définissant la valeur *R* pour la condition de référence 1 (cf. Tableau 1) comme valeur de référence, par conséquent:

$$Ie, sub = R(\text{condition n° 1}) - R(\text{condition d'essai}) \quad (2)$$

De cette équation, il résulte que *Ie,sub* pour la condition de référence n° 1 est toujours égal à 0. Il convient de noter que des valeurs *Ie,sub* ainsi obtenues à partir de valeurs *MOS* peuvent devenir négatives si les valeurs *MOS* correspondantes sont supérieures à celle de la condition de référence n° 1. Cet effet peut être ignoré dans le cas présent s'il se présente uniquement pour une seule condition de référence, puisque l'interpolation linéaire subséquente peut ramener les valeurs *Ie* vers la partie positive de l'échelle *Ie*.

Le résultat de l'étape 1 est une valeur *Ie,sub* pour chaque condition d'essai. Il rend compte de la condition d'essai spécifique et n'est pas nécessairement cohérent avec les facteurs de dégradation due à l'équipement définis jusqu'alors.

6.3 Interpolation linéaire des résultats d'essais (étape 2)

Pour l'ensemble des 15 conditions de référence du Tableau 1, ainsi qu'éventuellement pour toutes les conditions de référence supplémentaires impliquant uniquement des codecs pour lesquels les valeurs *Ie* ont déjà été définies, des paires de valeurs de facteurs de dégradation due à l'équipement attendues, *Ie,exp*, et observées, *Ie,sub*, sont maintenant disponibles. Ces paires peuvent être représentées sur une courbe de dispersion (dont un exemple est donné à la Figure 1). Une interpolation linéaire au moyen d'une ligne droite

$$Ie,sub = a \cdot Ie,exp + b \tag{3}$$

peut maintenant être tracée. Les coefficients *a* et *b* sont déterminés numériquement par approximation de toutes les paires de référence par une méthode des moindres carrés. Cette approximation peut également être représentée graphiquement, bien qu'avec moins de précision, sur la courbe de dispersion. La Figure 1 illustre un exemple d'une telle approximation avec les coefficients *a* et *b* correspondants.

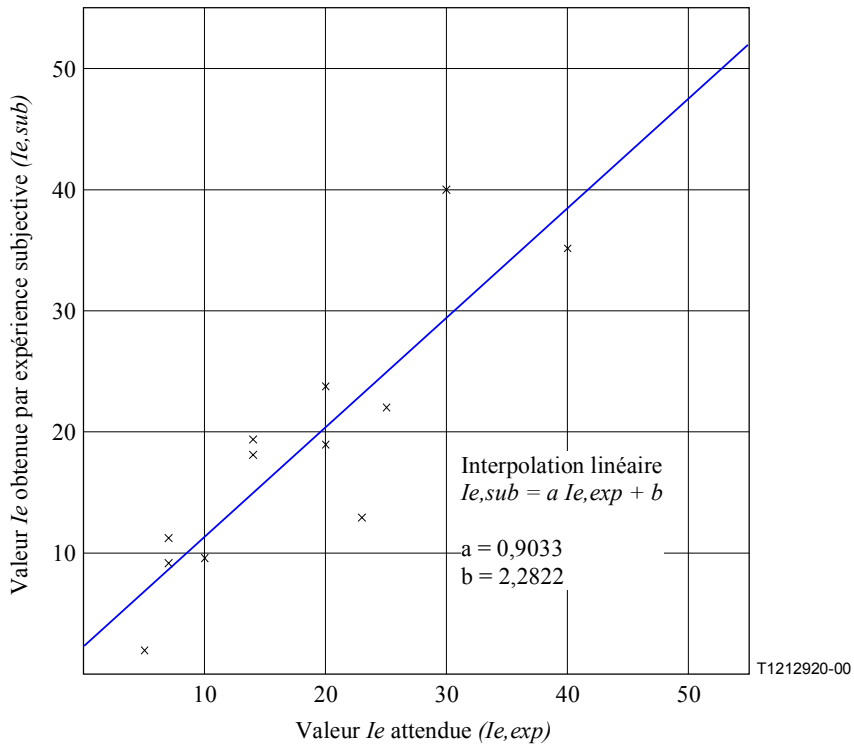


Figure 1/P.833 – Exemple d'interpolation linéaire de données d'essais de référence (valeurs extraites de [5])

A partir ce cette approximation, une valeur stable du facteur de dégradation due à l'équipement pour le codec considéré (*Ie,exp*) peut être obtenue au moyen de l'équation (3) ou de sa représentation graphique. La valeur *Ie,exp* ainsi obtenue satisfait normalement à la structure des facteurs de dégradation due à l'équipement à partir de laquelle la ligne d'interpolation a été produite, à savoir pour les codecs concernés par les conditions de référence n° 1 à 14. En revanche, elle ne remplit pas nécessairement la propriété d'additivité sous-jacente au principe de facteur de dégradation.

Dans de rares cas, la transformation linéaire peut produire une valeur *Ie* négative pour le codec considéré. Ceci peut arriver si les notes subjectives relatives à ce codec sont proches ou supérieures à la valeur de la condition de référence n° 1 du Tableau 1/G.711. Dans ce cas, il faut régler *Ie* sur zéro.

Compte tenu que la valeur *Ie,sub* du codec considéré a été obtenue à partir de trois conditions de niveau d'entrée de parole, elle s'appuie sur trois fois plus de données que les conditions de référence correspondantes et doit, en conséquence, être considérée comme relativement stable. L'interpolation linéaire des conditions de référence du codec s'écartera dans une certaine mesure de la diagonale idéale *Ie,sub* = *Ie,exp*, du fait des caractéristiques propres à l'expérience considérée. En règle générale, ce point ne falsifie pas le facteur de dégradation due à l'équipement obtenu pour le nouveau codec, à moins que l'on ait obtenu des valeurs très élevées pour *b* (indiquant la présence d'une erreur d'expérience) ou des valeurs pour *a* nettement inférieures à 1,0 (indiquant une mauvaise utilisation de l'échelle). Dans ces deux cas, il faut rechercher la source de ces erreurs et le responsable de l'expérience doit décider si des valeurs raisonnables de facteur de dégradation due à l'équipement peuvent être tirées de cette expérience.

6.4 Contrôle d'additivité (étape 3)

Le facteur de dégradation due à l'équipement obtenu à l'étape 2 ne satisfait pas nécessairement à la propriété d'additivité du facteur *Ie*. Ce point doit être vérifié aussi bien pour les cascades comprenant uniquement le nouveau codec et pour les cascades mixtes comprenant d'autres codecs pour lesquels les valeurs *Ie* ont déjà été définies. En utilisant la valeur *Ie* du nouveau codec obtenue à l'étape 2, des valeurs observées, *Ie,sub*, et des valeurs attendues, *Ie,exp*, sont disponibles pour toutes les cascades comprenant uniquement le nouveau codec, pour toutes les conditions de référence du Tableau 2, ainsi que pour toutes les autres conditions possibles impliquant des codecs mixtes. Ces paires peuvent être représentées sur la courbe de dispersion illustrée à la Figure 1. Tous les écarts importants par rapport à la ligne d'interpolation doivent être notés et étudiés, dans la mesure où ils peuvent remettre en question les conditions d'application de l'additivité des facteurs de dégradation.

Si plus de 3 des 12 conditions de cascade (2 cascades pures du codec considéré et les dix conditions de cascade de référence n° 15 à 24 énumérées au Tableau 2) présentent des écarts importants par rapport à la ligne d'interpolation, la propriété d'additivité doit être considérée comme non satisfaite. Dans ce cas, le facteur de dégradation due à l'équipement obtenu par cette expérience ne représentera pas de manière satisfaisante les dégradations produites par des configurations en cascades de ce nouveau codec.

6.5 Calcul de valeurs *Ie* dans des conditions avec exposition à des erreurs de transmission (étape 4)

Pour l'ensemble des *n* conditions de référence avec des valeurs *Ie* définies dans des conditions avec exposition à des erreurs de transmission (voir le § 4.2.2), il existe des paires de valeurs de facteur de dégradation due à l'équipement déterminée de manière subjective *Ie,sub* et de valeurs attendues *Ie,exp*. Ces paires peuvent être ajoutées à la courbe de dispersion obtenue à l'étape 2. Un examen de cette courbe de dispersion peut permettre d'observer les points suivants:

a) tous les points de données sont regroupés autour de la ligne d'interpolation déterminée à l'étape 2; ou

b) tous les nouveaux points sont regroupés autour d'une ligne d'interpolation différente avec un croisement *b* différent de la ligne des ordonnées et/ou une pente *a* différente; ou

c) aucun regroupement n'est observable.

Dans le cas c), on peut se demander si des facteurs de dégradation due à l'équipement significatifs pour les conditions avec exposition à des erreurs de transmission peuvent être obtenus. Il faut par conséquent vérifier le montage et l'exécution de l'essai à la recherche d'erreurs éventuelles. Le cas échéant, l'expérience devra être répétée.

Dans le cas a), une nouvelle ligne d'interpolation peut être calculée, à partir, cette fois-ci, de tous les points de données de référence (conditions de référence 1 à 14 et les *n* conditions de référence additionnelles définies au § 4.2.2). Le cas b) signale soit une erreur (autre) dans les conditions avec exposition à des erreurs de transmission (coefficient *b* différent) ou une application différente de l'échelle par les sujets participant à l'essai, qui peut, éventuellement, être due à une dimension perceptuelle sous-jacente différente (pente *a* différente). Si les coefficients de la ligne d'interpolation pour les *n* conditions d'erreurs de transmission sont significatifs (voir l'étape 2 pour plus d'explications), il convient d'utiliser ultérieurement cette nouvelle ligne d'interpolation.

Dans les cas a) et b), la nouvelle ligne d'interpolation peut être utilisée pour déterminer des valeurs *Ie,exp* relativement stables pour le nouveau codec dans des conditions avec exposition à des erreurs de transmission, en suivant la procédure indiquée à l'étape 2. Des graphiques ou des tableaux peuvent être établis à partir de ces valeurs. Ils simplifieront un contrôle de vraisemblance. La cohérence minimale à viser consiste à avoir des valeurs de facteur de dégradation due à l'équipement non décroissantes pour des taux d'erreurs de transmission croissants. Les valeurs de facteur de dégradation due à l'équipement ainsi obtenues ne satisfont pas nécessairement à la propriété d'additivité. Ils s'appuient en outre sur relativement moins de données que la valeur obtenue de la condition sans exposition à des erreurs de l'étape 2, parce que la condition de prise en compte de niveaux différents d'entrée de parole a été omise. Cette concession doit souvent être faite pour des raisons pratiques, le nombre de conditions d'essai étant limité par les ressources disponibles. Si des incohérences majeures sont détectées, il faut répéter l'expérience en incluant cette fois un plus grand nombre de niveaux d'entrée de parole et/ou de locuteurs sur lesquels fonder une décision.

6.6 Contrôle d'additivité (étape 5)

Un contrôle d'additivité semblable à celui indiqué à l'étape 3 doit être effectué sur les valeurs de facteurs de dégradation due à l'équipement obtenues à l'étape 4, en utilisant toutes les conditions de cascade disponibles pour le codec considéré avec exposition à des erreurs de transmission et autres codecs pour lesquels les facteurs de dégradation ont déjà été obtenus. Si cette étape ne peut pas être menée à bien sur un ensemble de données suffisant, la propriété d'additivité des facteurs de dégradation obtenus ne peut pas être considérée comme étant satisfaite. Le nombre de conditions de cascade de référence du Tableau 2 (10), chacune étant appliquée à un sous-ensemble représentatif des *m* conditions d'erreurs de transmission impliquant le nouveau codec, peut être considéré comme suffisant dans ce cas.

7 Interprétation des valeurs obtenues de facteur de dégradation due à l'équipement

Compte tenu de la variabilité inhérente aux évaluations subjectives, il ne faut pas s'attendre que les valeurs de facteur de dégradation due à l'équipement obtenues par cette méthode représentent des mesures quantitatives très précises de la dégradation qu'un sujet observerait dans une situation donnée. Les valeurs *Ie* doivent, au contraire, être considérées comme des valeurs simplifiées réservées à des fins de planification de réseau. Les valeurs *Ie* diffèrent de manière significative selon les données d'expériences à partir desquelles elles ont été calculées. Les valeurs définies à l'Appendice I/G.113 ont été, pour la plupart, obtenues à partir de différentes sources de données d'essais subjectives et peuvent, par conséquent, être considérées comme stables. Il n'a cependant pas été démontré qu'elles étaient additives dans tous les cas [5]. Cette propriété doit par conséquent faire l'objet d'un complément d'étude.

Les valeurs de facteurs de dégradation due à l'équipement obtenues à partir de données d'essais subjectives ne peuvent que rendre compte des conditions dans lesquelles elles ont été obtenues. Pour la méthode décrite ici, l'environnement de l'essai par écoute seulement introduit des limites notables. En conséquence, les valeurs *Ie* ne rendront compte que des dégradations de la qualité de transmission de la parole dans un seul sens sans prendre en compte des incidences spécifiques sur la conversation. Celles-ci sont partiellement traitées dans UIT-T G.108.1. Toutefois, pour ce qui est des codecs à faible débit, aucune relation fixe entre la dégradation en situation d'écoute seulement et la dégradation correspondante en situation de conversation n'a été établie. Certaines études sur ce point sont décrites dans [6] et elles montrent qu'une telle relation potentielle dépend autant de la dégradation considérée que du critère de qualité.

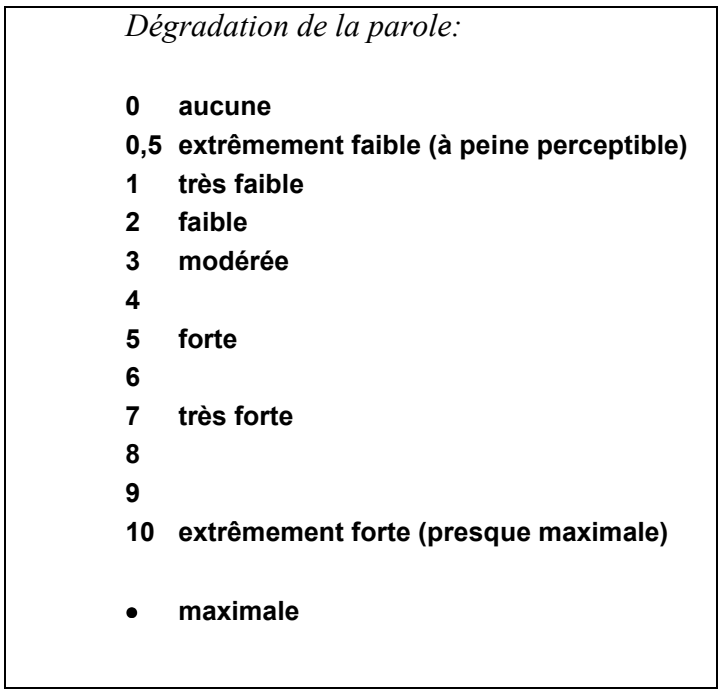
Il faut noter une autre limitation en termes de validité pour les valeurs *Ie* dans des conditions de transmission avec exposition à des erreurs. Ces erreurs sont parfois introduites selon un plan de fréquence donné (par exemple des erreurs en rafales) ou sur des unités de trame de parole spécifiques (par exemple perte de paquets). Sauf s'il a été prouvé, au moyen d'essais auditifs sur des sujets, on ne peut affirmer que les prévisions ainsi obtenues sont également valables pour d'autres longueurs de trame ou distributions d'erreurs. La parole dans des conditions d'exposition à des erreurs de transmission et le calcul de formules pour différentes conditions d'erreur doit faire l'objet d'un complément d'étude.

APPENDICE I

Echelle d'évaluation des facteurs de dégradation

Pour déterminer les facteurs de dégradation due à l'équipement, il est souhaitable de disposer d'une échelle d'évaluation fortement liée à l'échelle de l'indice de transmission *R* ou à l'échelle (liée de manière linéaire dans le cas présent) des facteurs de dégradation. Une telle échelle d'évaluation a été étudiée par la Commission d'études 12 de l'UIT-T [6]. Malheureusement, elle n'a pas été totalement vérifiée pour l'objet visé. En conséquence, la description de l'échelle et son application pour obtenir des facteurs de dégradation due à l'équipement ne sont données qu'à titre d'information uniquement. L'échelle actuellement recommandée dans le cadre de la présente Recommandation est l'échelle MOS.

Si l'on compare les inconvénients respectifs des méthodes d'évaluation par catégorie et d'estimation d'ordre de grandeur, on constate que l'évaluation par catégorie/valeurs relatives présente des avantages considérables lorsqu'elle est utilisée dans le but de déterminer des valeurs de facteur de dégradation due à l'équipement. Elle combine les avantages de l'échelle par catégorie (qui permet de déterminer un niveau absolu) et l'échelle de valeurs relatives (qui permet de déterminer des relations entre dégradations, qui sont caractéristiques de l'échelle de l'indice de transmission *R* ou de l'échelle de facteur de dégradation). La version la plus simple et la plus largement utilisée d'une telle échelle est l'échelle CR-10 d'après [4]. Les positions des points de référence verbaux d'une échelle par catégorie ont été modifiées de façon à reproduire la fonction d'accroissement qui peut être obtenue par une estimation d'ordre de grandeur. L'échelle CR-10 limite ses graduations à 0, 0,5, 1, … 10, mais inclut la possibilité d'utiliser des valeurs décimales ou des fractions ou d'accorder des notes supérieures à 10. Elle est protégée par le droit de propriété intellectuelle par son auteur [4] afin d'éviter toute utilisation abusive. Cette échelle est reproduite à la Figure I.1. Des copies sont disponibles, avec une description détaillée de son mode d'utilisation, dans [4].



NOTE – Cette échelle est protégée par un droit d'auteur.

Figure I.1/P.833 – Echelle par catégories/valeurs relatives CR-10

Pour l'échelle CR-10, il convient de donner deux instructions additionnelles aux sujets participant aux essais. La première est que la valeur 10 correspond à la qualité de communication téléphonique la plus mauvaise jamais observée. Cette valeur est considérée comme la valeur de référence principale de l'échelle, parce que l'on suppose que les intensités perceptuelles sont approximativement les mêmes chez différents sujets pour l'effort subjectif maximal de chaque individu. La deuxième instruction précise que les sujets participant aux essais doivent commencer par les expressions verbales avant de choisir la valeur chiffrée correspondante. Les notes peuvent être données sous la forme d'entiers numériques, de valeurs décimales ou de fractions et peuvent aller de 0 à l'infini. On constate, néanmoins que, dans la pratique, des notes supérieures à 15 sont rarement utilisées par les sujets participant aux essais.

Si l'on utilise l'échelle CR-10 pour obtenir des valeurs de facteurs de dégradation due à l'équipement, les notes subjectives moyennes (*CR10mean*) peuvent être transformées de manière linéaire en une échelle de facteur de dégradation due à l'équipement au moyen de la relation

$$Ie,sub = 10 \cdot CR10mean - 5 \qquad \text{(I.1)}$$

Le résultat produit est une valeur brute de facteur de dégradation due à l'équipement, *Ie,sub*, qui peut être considérée comme le résultat de l'étape 1 de la méthode de calcul exposée au § 6.2.

APPENDICE II

Bibliographie

[1] Norme ETS 300 961 de l'ETSI (1997), *Digital cellular telecommunications system; Full rate speech; Transcoding* (GSM 06.10).

[2] Norme ETS 300 969 de l'ETSI (1997), *Digital cellular telecommunications system; Half rate speech; Half rate speech transcoding* (GSM 06.20).

[3] Norme ETS 300 726 de l'ETSI (1997), *Digital cellular telecommunications system; Enhanced full rate (EFR) speech transcoding* (GSM 06.60).

[4] BORG (G.): Borg's Perceived Exertion and Pain Scales, *Human Kinetics Pub.*, Illinois, 1998.

[5] UIT-T Contribution COM 12-69 (1998), *E-model predictions and the impairment factor principle for low-bit-rate codecs and quantizing distortion: Analysis of test results.* Source: République d'Allemagne.

[6] MÖLLER (S.): Assessment and Prediction of Speech Quality in Telecommunications, *Kluwer Academic Publishers*, Boston, 2000.

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

Imprimé en Suisse
Genève, 2002