This electronic version (PDF) was scanned by the International Telecommunication Union (ITU) Library & Archives Service from an original paper document in the ITU Library & Archives collections.

La présente version électronique (PDF) a été numérisée par le Service de la bibliothèque et des archives de l'Union internationale des télécommunications (UIT) à partir d'un document papier original des collections de ce service.

Esta versión electrónica (PDF) ha sido escaneada por el Servicio de Biblioteca y Archivos de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) a partir de un documento impreso original de las colecciones del Servicio de Biblioteca y Archivos de la UIT.

هذه النسخة الإلكترونية (PDF) للاتصالات الدولي الاتحاد في والمحفوظات المكتبة قسم أجراه الضوئي بالمسح تصوير نتاج (ITU) والمحفوظات المكتبة قسم في المتوفرة الوثائق ضمن أصلية ورقية وثيقة من نقلاً.

此电子版（PDF版本）由国际电信联盟（ITU）图书馆和档案室利用存于该处的纸质文件扫描提供。

Настоящий электронный вариант (PDF) был подготовлен в библиотечно-архивной службе Международного союза электросвязи путем сканирования исходного документа в бумажной форме из библиотечно-архивной службы МСЭ.

© International Telecommunication Union

UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

CCITT

COMITÉ CONSULTATIF
INTERNATIONAL
TÉLÉGRAPHIQUE ET TÉLÉPHONIQUE

LIVRE BLEU

TOME V

QUALITÉ DE LA TRANSMISSION TÉLÉPHONIQUE

RECOMMANDATIONS DE LA SÉRIE P

IXe ASSEMBLÉE PLÉNIÈRE
MELBOURNE, 14-25 NOVEMBRE 1988

Genève 1989

UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

CCITT

COMITÉ CONSULTATIF
INTERNATIONAL
TÉLÉGRAPHIQUE ET TÉLÉPHONIQUE

LIVRE BLEU

TOME V

QUALITÉ DE LA TRANSMISSION TÉLÉPHONIQUE

RECOMMANDATIONS DE LA SÉRIE P

IXe ASSEMBLÉE PLÉNIÈRE
MELBOURNE, 14-25 NOVEMBRE 1988

Genève 1989

ISBN 92-61-03442-X

© UIT

Imprimé en Suisse

CONTENU DU LIVRE DU CCITT
EN VIGUEUR APRÈS LA NEUVIÈME ASSEMBLÉE PLÉNIÈRE (1988)

LIVRE BLEU

Tome I

FASCICULE I.1 – Procès-verbaux et rapports de l'Assemblée plénière.

Liste des Commissions d'études et des Questions mises à l'étude.

FASCICULE I.2 – Vœux et résolutions.

Recommandations sur l'organisation du travail du CCITT (série A).

FASCICULE I.3 – Termes et définitions. Abréviations et acronymes. Recommandations sur les moyens d'expression (série B) et les Statistiques générales des télécommunications (série C).

FASCICULE I.4 – Index du Livre bleu.

Tome II

FASCICULE II.1 – Principes généraux de tarification – Taxation et comptabilité dans les services internationaux de télécommunications. Recommandations de la série D (Commission d'études III).

FASCICULE II.2 – Service téléphonique et RNIS – Exploitation, numérotage, acheminement et service mobile. Recommandations E.100 à E.333 (Commission d'études II).

FASCICULE II.3 – Service téléphonique et RNIS – Qualité de service, gestion du réseau et ingénierie du trafic. Recommandations E.401 à E.880 (Commission d'études II).

FASCICULE II.4 – Services de télégraphie et mobile. Exploitation et qualité de service. Recommandations F.1 à F.140 (Commission d'études I).

FASCICULE II.5 – Services de télématique, de transmission de données et de téléconférence – Exploitation et qualité de service. Recommandations F.160 à F.353, F.600, F.601, F.710 à F.730 (Commission d'études I).

FASCICULE II.6 – Services de traitement des messages et d'annuaire – Exploitation et définition du service. Recommandations F.400 à F.422, F.500 (Commission d'études I).

Tome III

FASCICULE III.1 – Caractéristiques générales des communications et des circuits téléphoniques internationaux. Recommandations G.101 à G.181 (Commissions d'études XII et XV).

FASCICULE III.2 – Systèmes internationaux analogiques à courants porteurs. Recommandations G.211 à G.544 (Commission d'études XV).

FASCICULE III.3 – Supports de transmission – Caractéristiques. Recommandations G.601 à G.654 (Commission d'études XV).

FASCICULE III.4 – Aspects généraux des systèmes de transmission numériques; équipements terminaux. Recommandations G.700 à G.772 (Commissions d'études XV et XVIII).

FASCICULE III.5 – Réseaux numériques, sections numériques et systèmes de ligne numérique. Recommandations G.801 à G.956 (Commissions d'études XV et XVIII).

FASCICULE III.6 – Utilisation des lignes pour la transmission des signaux autres que téléphoniques. Transmissions radiophoniques et télévisuelles. Recommandations des séries H et J (Commission d'études XV).

FASCICULE III.7 – Réseau numérique avec intégration des services (RNIS) – Structure générale et possibilités de service. Recommandations I.110 à I.257 (Commission d'études XVIII).

FASCICULE III.8 – Réseau numérique avec intégration des services (RNIS) – Aspects généraux et fonctions globales du réseau, interfaces usager-réseau RNIS. Recommandations I.310 à I.470 (Commission d'études XVIII).

FASCICULE III.9 – Réseau numérique avec intégration des services (RNIS) – Interfaces entre réseaux et principes de maintenance. Recommandations I.500 à I.605 (Commission d'études XVIII).

Tome IV

FASCICULE IV.1 – Principes généraux de maintenance, maintenance des systèmes de transmission internationaux et de circuits téléphoniques internationaux. Recommandations M.10 à M.782 (Commission d'études IV).

FASCICULE IV.2 – Maintenance des circuits internationaux télégraphiques, phototélégraphiques et loués. Maintenance du réseau téléphonique public international. Maintenance des systèmes maritimes à satellites et de transmission de données. Recommandations M.800 à M.1375 (Commission d'études IV).

FASCICULE IV.3 – Maintenance des circuits radiophoniques internationaux et transmissions télévisuelles internationales. Recommandations de la série N (Commission d'études IV).

FASCICULE IV.4 – Spécifications des appareils de mesure. Recommandations de la série O (Commission d'études IV).

Tome V – Qualité de la transmission téléphonique. Recommandations de la série P (Commission d'études XII).

Tome VI

FASCICULE VI.1 – Recommandations générales sur la commutation et la signalisation téléphoniques. Fonctions et flux d'information pour les services du RNIS. Suppléments. Recommandations Q.1 à Q.118 *bis* (Commission d'études XI).

FASCICULE VI.2 – Spécifications des Systèmes de signalisation n°s 4 et 5. Recommandations Q.120 à Q.180 (Commission d'études XI).

FASCICULE VI.3 – Spécifications du Système de signalisation n° 6. Recommandations Q.251 à Q.300 (Commission d'études XI).

FASCICULE VI.4 – Spécifications des Systèmes de signalisation R1 et R2. Recommandations Q.310 à Q.490 (Commission d'études XI).

FASCICULE VI.5 – Centraux numériques locaux, de transit, combinés et internationaux dans les réseaux numériques intégrés et les réseaux mixtes analogiques-numériques. Suppléments. Recommandations Q.500 à Q.554 (Commission d'études XI).

FASCICULE VI.6 – Interfonctionnement des systèmes de signalisation. Recommandations Q.601 à Q.699 (Commission d'études XI).

FASCICULE VI.7 – Spécifications du Système de signalisation n° 7. Recommandations Q.700 à Q.716 (Commission d'études XI).

FASCICULE VI.8 – Spécifications du Système de signalisation n° 7. Recommandations Q.721 à Q.766 (Commission d'études XI).

FASCICULE VI.9 – Spécifications du Système de signalisation n° 7. Recommandations Q.771 à Q.795 (Commission d'études XI).

FASCICULE VI.10 – Système de signalisation d'abonné numérique n° 1 (SAN 1), couche liaison de données. Recommandations Q.920 à Q.921 (Commission d'études XI).

FASCICULE VI.11 – Système de signalisation d'abonné numérique n° 1 (SAN 1), couche réseau, gestion usager-réseau. Recommandations Q.930 à Q.940 (Commission d'études XI).

FASCICULE VI.12 – Réseau mobile terrestre public, interfonctionnement du RNIS avec le RTPC. Recommandations Q.1000 à Q.1032 (Commission d'études XI).

FASCICULE VI.13 – Réseau mobile terrestre public. Sous-système application mobile et interface associées. Recommandations Q.1051 à Q.1063 (Commission d'études XI).

FASCICULE VI.14 – Interfonctionnement avec les systèmes mobiles à satellites. Recommandations Q.1100 à Q.1152 (Commission d'études XI).

Tome VII

FASCICULE VII.1 – Transmission télégraphique. Recommandations de la série R. Equipements terminaux pour les services de télégraphie. Recommandations de la série S (Commission d'études IX).

FASCICULE VII.2 – Commutation télégraphique. Recommandations de la série U (Commission d'études IX).

FASCICULE VII.3 – Equipements terminaux et protocoles pour les services de télématique. Recommandations T.0 à T.63 (Commission d'études VIII).

FASCICULE VII.4 – Procédures d'essai de conformité pour les Recommandations télétex. Recommandation T.64 (Commission d'études VIII).

FASCICULE VII.5 – Equipements terminaux et protocoles pour les services de télématique. Recommandations T.65 à T.101, T.150 à T.390 (Commission d'études VIII).

FASCICULE VII.6 – Equipements terminaux et protocoles pour les services de télématique. Recommandations T.400 à T.418 (Commission d'études VIII).

FASCICULE VII.7 – Equipements terminaux et protocoles pour les services de télématique. Recommandations T.431 à T.564 (Commission d'études VIII).

Tome VIII

FASCICULE VIII.1 – Communication de données sur le réseau téléphonique. Recommandations de la série V (Commission d'études XVII).

FASCICULE VIII.2 – Réseaux de communications de données: services et facilités, interfaces. Recommandations X.1 à X.32 (Commission d'études VII).

FASCICULE VIII.3 – Réseaux de communications de données: transmission, signalisation et commutation, réseau, maintenance et dispositions administratives. Recommandations X.40 à X.181 (Commission d'études VII).

FASCICULE VIII.4 – Réseaux de communications de données: interconnexion de systèmes ouverts (OSI) – Modèle et notation, définition du service. Recommandations X.200 à X.219 (Commission d'études VII).

FASCICULE VIII.5 – Réseaux de communications de données: interconnexion de systèmes ouverts (OSI) – Spécifications de protocole, essai de conformité. Recommandations X.220 à X.290 (Commission d'études VII).

FASCICULE VIII.6 – Réseaux de communications de données: interfonctionnement entre réseaux, systèmes mobiles de transmission de données, gestion inter-réseaux. Recommandations X.300 à X.370 (Commission d'études VII).

FASCICULE VIII.7 – Réseaux de communications de données: systèmes de messagerie. Recommandations X.400 à X.420 (Commission d'études VII).

FASCICULE VIII.8 – Réseaux de communications de données: annuaire. Recommandations X.500 à X.521 (Commission d'études VII).

Tome IX – Protection contre les perturbations. Recommandations de la série K (Commission d'études V). Construction, installation et protection des câbles et autres éléments d'installations extérieures. Recommandations de la série L (Commission d'études VI).

Tome X

FASCICULE X.1 – Langage de spécification et de description fonctionnelles (LDS). Critères d'utilisation des techniques de description formelles (TDF). Recommandation Z.100 et Annexes A, B, C et E, Recommandation Z.110 (Commission d'études X).

FASCICULE X.2 – Annexe D de la Recommandation Z.100: directives pour les usagers du LDS (Commission d'études X).

FASCICULE X.3 – Annexe F.1 de la Recommandation Z.100: définition formelle du LDS. Introduction (Commission d'études X).

FASCICULE X.4 – Annexe F.2 de la Recommandation Z.100: définition formelle du LDS. Sémantique statique (Commission d'études X).

FASCICULE X.5 – Annexe F.3 de la Recommandation Z.100: définition formelle du LDS. Sémantique dynamique (Commission d'études X).

FASCICULE X.6 – Langage évolué du CCITT (CHILL). Recommandation Z.200 (Commission d'études X).

FASCICULE X.7 – Langage homme-machine (LHM). Recommandations Z.301 à Z.341 (Commission d'études X).

TABLE DES MATIÈRES DU TOME V DU LIVRE BLEU

Partie I – Recommandations de la série P

Qualité de la transmission téléphonique

N° de la Rec.		Page
SECTION 1 –	*Vocabulaire et effets des paramètres de transmission sur l'opinion des usagers quant à la qualité de transmission et leur évaluation*	
P.10	Vocabulaire des termes relatifs à la qualité de la transmission téléphonique et aux appareils téléphoniques	3
P.11	Effet des dégradations de la transmission	14
P.16	Effets subjectifs de la diaphonie directe; seuils d'audibilité et d'intelligibilité	44
SECTION 2 –	*Lignes et postes d'abonné*	
P.30	Caractéristiques de transmission applicables aux terminaux audio pour groupe de personnes (TAGP)	51
P.31	Caractéristiques de transmission pour téléphones numériques	55
P.32	Évaluation de l'efficacité des cabines téléphoniques et des abris acoustiques	57
P.33	Postes téléphoniques d'abonné comportant soit des récepteurs haut-parleurs, soit des microphones associés à des amplificateurs	63
P.34	Caractéristiques de transmission des postes téléphoniques à mains-libres	64
P.35	Postes téléphoniques à combiné	71
P.36	Efficacité des dispositifs destinés à prévenir la production de pressions acoustiques excessives par les récepteurs téléphoniques	73
P.37	Champ magnétique autour du pavillon de l'écouteur de combinés téléphoniques permettant le couplage avec des prothèses auditives	75
P.38	Caractéristiques de transmission des systèmes téléphoniques d'opératrice (STO)	78
SECTION 3 –	*Normes de transmission*	
P.48	Spécification d'un système de référence intermédiaire	81

N° de la Rec. Page

SECTION 4 — *Appareils de mesures objectives*

P.50 Voix artificielle . . . 87
P.51 Oreilles et bouche artificielles . . . 99
P.52 Volumètres . . . 107
P.53 Psophomètres (appareils pour la mesure objective des bruits de circuits) . . . 109
P.54 Sonomètres (appareils pour la mesure objective des bruits de salle) . . . 109
P.55 Appareils pour la mesure des bruits impulsifs . . . 109
P.56 Mesure objective de la parole . . . 110

SECTION 5 — *Mesures électroacoustiques objectives*

P.61 Méthodes d'étalonnage des microphones à condensateur . . . 123
P.62 Mesures effectuées sur les appareils téléphoniques d'abonné . . . 124
P.63 Méthodes d'évaluation de la qualité de transmission fondées sur des mesures objectives . . . 125
P.64 Détermination des caractéristiques d'efficacité en fonction de la fréquence des systèmes téléphoniques locaux pour permettre le calcul de leurs équivalents pour la sonie . . . 126
P.65 Appareils de mesure objective pour la détermination des équivalents pour la sonie . . . 135
P.66 Méthodes d'évaluation de la qualité de transmission des postes téléphoniques numériques . . . 139

SECTION 6 — *Mesures relatives à la sonie vocale*

P.75 Méthode normalisée de traitement préalable des microphones à charbon . . . 147
P.76 Détermination des équivalents pour la sonie; principes fondamentaux . . . 148
P.78 Méthode subjective de détermination des équivalents pour la sonie, conforme à la Recommandation P.76 . . . 159
P.79 Calcul des équivalents pour la sonie . . . 176

SECTION 7 — *Essais subjectifs d'opinion*

P.80 Méthodes d'évaluation subjective de la qualité de transmission . . . 197
P.81 Appareil de référence pour le bruit modulé (ARBM) . . . 198
P.82 Méthode d'évaluation du service du point de vue de la qualité de transmission de la parole . . . 203
P.84 Méthode d'essai d'écoute subjective pour evaluer les équipements de multiplication de circuit numérique (EMCM) et les systèmes téléphoniques avec mise en paquets . . . 208

N° du Suppl.		Page
Supplément n° 1	Précautions à prendre pour installer et maintenir correctement un système de référence intermédiaire	237
Supplément n° 2	Méthodes employées pour déterminer la qualité de transmission téléphonique	237
Supplément n° 3	Modèles de prévision de la qualité de transmission à partir de mesures objectives	248
Supplément n° 10	Considérations relatives aux caractéristiques de transmission des combinés téléphoniques analogiques	330
Supplément n° 11	Quelques caractéristiques de l'effet local	334
Supplément n° 13	Spectres de bruit	337
Supplément n° 14	Évaluation subjective du fonctionnement des dispositifs numériques à l'aide de l'appareil de référence pour le bruit modulé (ARBM)	341
Supplément n° 15	Appareil de référence pour le bruit modulé (ARBM) à large bande (7 kHz) avec mise en forme du bruit	361
Supplément n° 16	Directives pour l'emplacement des microphones et des haut-parleurs dans les salles pour conversations conférences et pour des terminaux audio pour groupe de personnes (TAGP)	363
Supplément n° 17	Equilibre direct de la sonie par rapport au système de référence intermédiaire (SRI) pour la détermination subjective des équivalents pour la sonie	367
Supplément n° 18	Comparaison des lectures de signaux vocaux contrôlées par des appareils de mesure conformes aux Recommandations P.52 et P.56	370
Supplément n° 19	Renseignements sur les équivalents liés à l'affaiblissement en sonie	374

NOTES PRÉLIMINAIRES

1 Ce tome remplace entièrement le tome V du *Livre rouge* du CCITT (Genève, 1985).

2 Les unités employées dans le présent ouvrage sont conformes aux Recommandations B.3 et B.4 du CCITT (tome I du *Livre bleu*).

Les abréviations suivantes, qui sont employées en particulier dans des schémas et des tableaux, ont toujours le sens précis indiqué ci-après:

dBm niveau absolu de puissance exprimé en décibels;

dBm0 niveau absolu de puissance exprimé en décibels et rapporté au point de niveau relatif zéro;

dBr niveau relatif de puissance exprimé en décibels;

dBm0p niveau absolu de puissance psophométrique exprimé en décibels et rapporté au point de niveau relatif zéro.

Les relations entre les unités de pression sont les suivantes:

1 Pa (pascal) = 1 N/m^2 (newton par m^2) = 10 dynes/cm^2 = 10 baryes = 10 µbar.

3 Dans ce fascicule, l'expression «Administration» est utilisée pour désigner de façon abrégée aussi bien une Administration de télécommunications qu'une exploitation privée reconnue de télécommunications.

4 Avertissement relatif à certaines Recommandations

A. Dans les documents du CCITT, le terme «équivalent pour la sonie» «ES», correspond toujours à une définition précise du CCITT. Cependant, dans des documents techniques et dans certaines spécifications nationales, ce terme est utilisé parfois comme concept général, parfois comme définition spécifique concernant des systèmes d'équivalent pour la sonie différents de ceux définis par le CCITT. En conséquence, lorsque les valeurs ES du CCITT apparaissent ailleurs que dans les documents du CCITT, il faut veiller à éviter toute confusion. On pourrait, par exemple, ajouter une note liminaire précisant que «tous les termes «équivalents pour la sonie» correspondent aux définitions du CCITT». On pourrait aussi ajouter «(CCITT)» après la valeur ES, par exemple:

EGS = 10 dB (CCITT).

B. Les travaux du CCITT rendent compte de l'évolution technique ainsi que des expériences tirées de l'utilisation des systèmes de télécommunications existants. Il convient donc d'élaborer de nouvelles Recommandations et de mettre à jour les anciennes, parfois très rapidement, afin de donner des directives aux Administrations et aux fabricants. Certaines institutions, responsables des spécifications relatives aux télécommunications au niveau national et/ou régional, tiennent compte des directives du CCITT en insérant dans leurs normes des références à des Recommandations précises du CCITT.

Pour éviter toute confusion et toute complication non technique, chaque fois que l'on mentionne une Recommandation du CCITT, il convient d'indiquer dans quelle version des Livres du CCITT elle est publiée, par exemple: «Recommandation P.79 du CCITT *(Livre bleu)*».

C. Il convient de noter que les Suppléments ne sont publiés qu'aux fins d'information et qu'ils n'ont *pas* le statut de Recommandations approuvées.

PARTIE I

Recommandations de la série P

QUALITÉ DE LA TRANSMISSION TÉLÉPHONIQUE

PAGE INTENTIONALLY LEFT BLANK

PAGE LAISSEE EN BLANC INTENTIONNELLEMENT

SECTION 1

VOCABULAIRE
ET
EFFETS DES PARAMÈTRES DE TRANSMISSION SUR L'OPINION DES USAGERS QUANT À LA QUALITÉ DE TRANSMISSION ET LEUR ÉVALUATION

Recommandation P.10

VOCABULAIRE DES TERMES RELATIFS À LA QUALITÉ DE LA TRANSMISSION TÉLÉPHONIQUE ET AUX APPAREILS TÉLÉPHONIQUES

(Genève, 1980; modifiée à Malaga-Torremolinos, 1984; Melbourne, 1988)

1 Introduction

La présente Recommandation contient des termes et des définitions utiles aux travaux de la Commission d'études XII et qui ont fait l'objet de discussions par le groupe d'experts N du groupe mixte de coordination des CCI et de la CEI.

Les termes qui figurent dans le vocabulaire électrotechnique international (VEI) (chapitre 722) ont leur numéro de VEI reproduit ici pour servir de référence. Les termes propres au CCITT ont été classés de façon analogue à celle utilisée dans le VEI.

2 Termes et définitions

02. *Constituants des postes téléphoniques*

02.01 **rapport Y**

E: Y-ratio

S: relación Y

Rapport entre les efficacités à l'émission et à la réception d'un circuit passif de *poste téléphonique.*

04. *Types de postes téléphoniques*

04.01 **poste téléphonique : appareil téléphonique ; téléphone**

E: telephone set; telephone instrument

S: aparato telefónico; teléfono

Appareil de *téléphonie* comprenant au moins un *microphone,* un *récepteur téléphonique* ainsi que les conducteurs et organes directement associés à ces transducteurs.

Remarque – Un poste téléphonique comprend habituellement d'autres organes tels qu'un *support commutateur,* une *sonnerie téléphonique* incorporée et un *dispositif manuel de numérotation.*

722.04.01

04.02 **poste téléphonique (installé)**

E: telephone station

S: estación telefónica

Ensemble constitué d'un *poste téléphonique*, de câblage et d'organes annexes, connecté à un *réseau téléphonique* pour le service téléphonique.

Remarque – Les organes annexes sont, par exemple: un *récepteur d'appel* extérieur, un dispositif de coupure, une *batterie locale.*

722.04.02

04.03 **poste (téléphonique) à écoute (ou à réception) amplifiée sur haut-parleur**

E: loudspeaking (telephone) set

S: aparato telefónico con altavoz; teléfono de altavoz

Poste téléphonique à combiné pouvant utiliser comme *récepteur téléphonique* un *haut-parleur* associé à un amplificateur.

722.04.10

04.04 **poste (téléphonique) mains-libres**

E: hands free (telephone) set

S: aparato telefónico manos libres; teléfono manos libres

Poste téléphonique à écoute amplifiée sur haut-parleur avec lequel l'usager peut téléphoner sans utiliser un *combiné.*

722.04.11

04.05 **terminal audio de communication de groupe**

E: Group-audio terminals

S: terminal audio de grupo

Poste mains-libres dont la fonction première est d'être utilisé par plusieurs usagers.

05. *Accessoires des postes téléphoniques*

05.01 **anti-choc (en téléphonie)**

E: acoustic shock suppressor (in telephony)

S: supresor de choques acústicos; antichoque (en telefonía)

Dispositif associé à un *poste téléphonique* et destiné à prévenir les *chocs acoustiques* grâce à une limitation supérieure de la valeur absolue de la tension électrique instantanée qui peut être appliquée aux bornes de l'*écouteur téléphonique.*

722.05.07

13. *Installations téléphoniques intérieures*

13.01 **installation (téléphonique) intérieure**

E: private (telephone) installation

S: instalación telefónica privada

Réseau téléphonique installé dans les locaux d'une personne ou d'un organisme particuliers.

Remarque – Par convention, on considère comme une installation téléphonique intérieure un ensemble de *postes téléphoniques installés* desservis par une seule *ligne téléphonique d'abonné.*

722.13.01

21. *Description des communications téléphoniques*

21.01 **(tentative d')appel (par un usager)**

E: call attempt (by a user)

S: (tentativa de) llamada (por un usuario)

Chaque suite d'opérations effectuée par un usager d'un réseau de télécommunications pour essayer d'obtenir l'usager ou le service voulu.

Terme associé: *appeler*

722.21.01; identique à 701.03.04

21.02 **chaîne de connexion**

E: connection

S: cadena de conexión; conexión

Association temporaire de voies de transmission ou de circuits de télécommunications, d'organes de commutation et d'autres appareils, établie en vue de permettre un transfert d'information entre deux points ou plus dans un réseau de télécommunications.

722.21.02; identique à 701.03.01

21.03 **chaîne de connexion complète; (chemin de) communication**

E: (complete) connection

S: cadena de conexión completa; conexión completa

Chaîne de connexion qui relie des terminaux d'usagers.

722.21.03; identique à 701.03.02

21.04 **communication**

E: call

S: comunicación

Aboutissement d'une *tentative d'appel* et utilisation de la *chaîne de connexion complète* établie.

722.21.04; identique à 701.03.05

31. *Réseaux locaux de lignes*

31.01 **réseau local de lignes (téléphoniques)**

E: local line network

S: red local de líneas (telefónicas)

Ensemble des *lignes téléphoniques d'abonné* et des autres moyens nécessaires pour connecter les *abonnés* à leur *commutateur local.*

722.31.01

31.02 **ligne (téléphonique) d'abonné; ligne (de) réseau**

E: subscriber's (telephone) line; subscriber loop (in telephony)

S: línea (telefónica) de abonado; bucle de abonado (en telefonía)

Liaison entre un *centre de commutation* public et un *poste téléphonique*, une *installation téléphonique intérieure* ou tout autre terminal utilisant des signaux compatibles avec le *réseau téléphonique.*

Remarque – En français, le terme «ligne de réseau» est utilisé uniquement lorsque l'installation intérieure est un *commutateur téléphonique privé* ou une *installation d'intercommunication.*

722.31.02

31.03 **système (téléphonique) local ; circuit (téléphonique) local**

E: local (telephone) system; local (telephone) circuit

S: sistema (telefónico) local

Ensemble comprenant le *poste téléphonique d'abonné*, la *ligne téléphonique d'abonné* et le *pont d'alimentation* s'il existe.

Remarque 1 – Ce terme est utilisé dans le domaine de la planification et de la *qualité de transmission.*

Remarque 2 – Dans la version française des textes du CCITT, on préfère utiliser l'expression «système (téléphonique) local».

722.42.16

31.04 **système d'abonné**

E: subscriber system (in transmission planning)

S: sistema de abonado

Ensemble formé par une *ligne téléphonique d'abonné* et la partie de *l'installation téléphonique intérieure* connectée à cette ligne pendant une *communication* téléphonique.

Remarque – Ce terme est utilisé dans le domaine de la planification et de la *qualité de transmission.*

722.42.17

32. *Utilisation des postes téléphoniques*

32.01 **abri téléphonique ; abriphone**

E: acoustic hood

S: cabina acústica; burbuja acústica

Petite construction à hauteur de tête, revêtue d'un matériau acoustique absorbant et destinée à faciliter l'usage d'un *poste téléphonique installé* en réduisant le niveau du *bruit ambiant.*

722.32.03

32.02 **cabine téléphonique**

E: telephone booth

S: cabina telefónica cerrada

Construction légère ou petit local contenant un *poste téléphonique installé* et dans lequel l'usager doit entrer pour bénéficier dans une certaine mesure d'une isolation acoustique et du secret des conversations.

722.32.04

32.03 **cabine téléphonique ouverte**

E: telephone stall

S: cabina telefónica abierta

Cabine téléphonique sans porte.

722.32.05

41. *Qualité de transmission*

41.01 **choc acoustique (en téléphonie)**

E: acoustic shock (in telephony)

S: choque acústico (en telefonía)

Ensemble des troubles, passagers ou irréversibles, du fonctionnement de l'oreille et éventuellement du système nerveux, pouvant être subis par l'utilisateur d'un *écouteur téléphonique*, à la suite d'une brusque et importante élévation de la pression acoustique produite par celui-ci.

Remarque – Un choc acoustique résulte généralement de l'apparition, dans des circonstances anormales, de tensions de valeurs élevées et de courte durée aux bornes d'un *poste téléphonique.*

722.41.20

41.02 **note d'opinion (en téléphonie)**

E: opinion score (in telephony)

S: nota de opinión (en telefonía)

Valeur dans une échelle prédéfinie qu'un expérimentateur attribue à son opinion sur la qualité du système de transmission téléphonique qu'il a utilisé pour échanger une conversation ou pour écouter un texte prononcé.

Remarque – D'après le VEI, l'échelle comporte généralement cinq valeurs, par exemple: «excellent, bon, acceptable, mauvais, inacceptable». Cet exemple ne correspond pas à la pratique du CCITT (voir les remarques 2 et 3 de la Recommandation P.82).

722.41.24

42. *Appareils de mesure*

42.01 **coupleur acoustique (en téléphonométrie)**

E: acoustic coupler (in telephonometry)

S: acoplador acústico (en telefonometría)

Cavité de forme et de volume déterminés utilisée pour l'étalonnage des *écouteurs téléphoniques* ou des *microphones* et servant à les coupler avec un microphone étalonné pour la mesure des pressions développées dans la cavité.

722.42.12

42.02 **oreille artificielle**

E: artificial ear

S: oído artificial

Dispositif d'étalonnage des écouteurs, comportant un *microphone* étalonné destiné à mesurer la pression acoustique et un *coupleur acoustique*, et ayant une impédance acoustique sensiblement égale à celle de l'oreille moyenne dans une bande de fréquences donnée.

722.42.13

42.03 **bouche artificielle**

E: artificial mouth

S: boca artificial

Dispositif comprenant un *haut-parleur* monté dans une enceinte et ayant des caractéristiques de directivité et de rayonnement sensiblement identiques à celles de la bouche humaine moyenne.

722.42.14

42.04 **voix artificielle**

E: artificial voice

S: voz artificial

Signal qui reproduit les caractéristiques de la parole humaine, défini mathématiquement en rapport avec la caractérisation des systèmes de télécommunications linéaires et non linéaires. Sert à établir une relation satisfaisante entre les mesures objectives et les essais en parole réelle.

42.05 **voix artificielle**

E: artificial voice

S: voz artificial

Son complexe, généralement émis par une *bouche artificielle*, dont le *spectre acoustique de puissance* correspond à celui de la voix humaine moyenne.

722.42.15

42.06 **voix artificielle électrique**

E: electrical artificial voice

S: voz artificial eléctrica

Voix artificielle obtenue sous la forme d'un signal électrique pour tester les voies de transmission ou d'autres dispositifs électriques.

42.07 **voix artificielle acoustique**

E: acoustic artificial voice

S: voz artificial acústica

Signal acoustique au PRB (point de référence-bouche) de la bouche artificielle, conforme aux mêmes spécifications de temps et de spectre que celles de la voix artificielle électrique.

42.08 **signal d'excitation de la bouche artificielle**

E: artificial mouth excitation signal

S: señal de excitación de la boca artificial

Signal appliqué à la bouche artificielle pour obtenir la voix artificielle acoustique. Résulte d'une égalisation de la voix artificielle électrique pour compenser la caractéristique d'efficacité de la bouche en fonction de la fréquence.

42.09 **simulateur de tête et de torse (STET)**

E: head and torso simulator (HATS)

S: simulador de cabeza y tronco (SCT)

Buste (du sommet de la tête à la taille) servant à simuler la diffraction acoustique produite par un adulte moyen et à reproduire le champ acoustique produit par la bouche humaine.

43. *Téléphonométrie*

43.01 **équivalent de référence**

E: reference equivalent

S: equivalente de referencia

Affaiblissement, exprimé en décibels, constant pour toutes les fréquences transmises, que l'on devrait introduire dans le *nouveau système fondamental* pour la *détermination des équivalents de référence* ou NOSFER pour obtenir la même *sonie* que sur la *chaîne de connexion complète* considérée dans un sens déterminé pour une même *puissance vocale* émise.

Remarque 1 – L'équivalent de référence est positif ou négatif selon qu'il a fallu insérer ou supprimer un affaiblissement dans le NOSFER.

Remarque 2 – L'équivalent de référence est défini rigoureusement par la méthode de mesure décrite dans la Recommandation P.72 du Livre rouge.

722.43.14

43.02 **équivalents de référence corrigés (ERC)**

E: corrected reference equivalents

S: equivalentes de referencia corregidos (ERC)

Valeurs de l'*équivalent de référence* à l'émission ou à la réception converties selon une transformation définie, non linéaire, en des valeurs correspondantes obéissant aux lois de l'addition algébrique.

Remarque – La conversion sert à éviter certaines des difficultés rencontrées dans l'application des *équivalents de référence.* Elie est définie dans l'annexe C à la Recommandation G.111.

722.43.17

43.03 **équivalent pour la sonie ; indice de force des sons (terme déconseillé dans ce sens)**

E: loudness rating

S: indice de sonoridad

Mesure exprimée en décibels et destinée à caractériser la sonie des *chaînes de connexion complètes* ou de parties de celles-ci telles que système émetteur, ligne, *système récepteur.*

Remarque – (ajoutée par le CCITT): Cette définition est très générale et correspond à ce qu'on appelle *affaiblissement en sonie* (anglais: *loudness loss*) dans les textes du CCITT; dans ces textes, le terme «équivalent pour la sonie» doit être réservé à une mesure conforme à la Recommandation P.76 et peut être abrégé en ES (anglais: LR).

722.43.25

43.04 **équivalent R25**

E: R25 equivalent

S: equivalente R25

Affaiblissement déterminé comme un *équivalent de référence* selon la Recommandation P.72 du *Livre rouge*, sauf que le niveau à l'écoute est constant et correspond à 25 dB dans le NOSFER.

43.05 **équivalent de planification**

E: planning equivalent

S: equivalente de planificación

Résultat, obtenu avec un appareil de mesure objective, qui peut être considéré comme égal à un *équivalent R25* ou à un *équivalent de référence corrigé*, avec une précision suffisante pour les besoins de la planification.

43.06 **niveau de sensation dans la bande**

E: band sensation level

S: nivel de sensación en la banda

Différence, exprimée en décibels, entre le son intégré sur une bande de fréquences et le niveau de pression acoustique dans cette bande au seuil d'audibilité, en l'absence de tout autre son perturbateur.

43.07 **plan de référence écouteur**

E: earcap reference plane

S: plano de referencia auricular

Plan formé par les points de contact d'une surface plane contre le pavillon d'un écouteur téléphonique.

43.08 **point de référence écouteur (PRE)**

E: earcap reference point (ECRP)

S: punto de referencia auricular (PRA)

Point du plan de référence écouteur utilisé comme paramètre de référence.

43.09 **point de référence oreille (PRO)**

E: ear reference point (ERP)

S: punto de referencia oído (PRO)

Point situé à l'entrée du conduit auditif de l'oreille de la personne qui écoute. Voir la figure A-1/P.64.

43.10 **affaiblissement de couplage de l'écouteur (L_E)**

E: earphone coupling loss (L_E)

S: pérdida de acoplamiento del auricular (L_E)

Grandeur définie comme l'efficacité à la réception d'un combiné (généralement en fonction de la fréquence) lorsque celui-ci est appliqué contre une oreille artificielle, diminuée de l'efficacité à la réception du même combiné lorsque celui-ci est appliqué contre une oreille humaine.

43.11 Δ_{SM} **(DELSM)**

E: Δ_{SM} *(DELSM)*

S: Δ_{SM} *(DELSM)*

Delta $_{SM}$ se définit comme la différence d'efficacité à l'émission d'un appareil téléphonique selon qu'on utilise une bouche et une voix humaine (S_{MJ}) ou une source de bruit de salle diffus $S_{MJ/RN}$, soit:

$$\Delta_{SM} = S_{MJ/RN} - S_{MJ}\,\text{dB}$$

(Voir aussi les Recommandations P.11, P.64, P.76 et P.79, le supplément n° 11 et le manuel sur les mesures téléphonométriques).

Remarque – La plupart du temps dans la pratique, Δ_{SM} sera obtenu avec une bonne approximation par la quantité Δ_{Sm} qui est plus facile à calculer.

43.12 Δ_{Sm} **(DELSm)**

E: Δ_{Sm} *(DELSm)*

S: Δ_{Sm} *(DELSm)*

Delta $_{Sm}$ se définit comme la différence d'efficacité à l'émission d'un appareil téléphonique selon qu'on utilise une bouche artificielle S_{mJ} ou une source de bruit de salle diffus $S_{mJ/RN}$, soit:

$$\Delta_{Sm} = S_{mJ/RN} - S_{mJ}\,\text{dB}$$

(Voir aussi les Recommandations P.11, P.64, P.76 et P.79, le supplément n° 11 et le manuel sur les mesures téléphonométriques).

43.13 **position équivalente des lèvres**

E: lip plane

S: posición equivalente de los labios

Plan extérieur de l'anneau de garde.

43.14 **anneau de garde (pour les lèvres)**

E: lip ring

S: anillo de labios

Anneau circulaire constitué d'une tige rigide mince et servant à localiser la position équivalente des lèvres d'une bouche artificielle.

43.15 **anneau de garde**

E: guard-ring

S: anillo de guarda

Anneau fixé pendant les essais sur le boîtier du microphone d'un combiné téléphonique et qui est destiné à placer la source sonore dans une position spécifiée par rapport au microphone.

43.16 **trajet d'un mètre à l'air libre**

E: metre air path

S: trayecto de un metro en el aire

Référence mesurée de l'affaiblissement de la pression acoustique sur un trajet d'un mètre à l'air libre. Dans un environnement anéchoïde, l'affaiblissement de la pression acoustique d'un tel trajet est d'environ 30 dB mesuré à partir du *point de référence bouche.*

43.17 **distance modale**

E: modal distance

S: distancia modal

Distance entre le centre de la grille protectrice du microphone, ou de l'ouverture sonore avant d'un combiné, et le centre de l'anneau de garde.

43.18 **jauge modale**

E: modal gauge

S: calibre modal

Gabarit utilisé pour vérifier la position de l'anneau de garde sur un combiné par rapport au *plan de référence de l'écouteur* du récepteur.

43.19 **position modale**

E: modal position

S: posición modal

Position et inclinaison prescrites d'un combiné par rapport à une source sonore fixe.

43.20 **point de référence bouche (PRB)**

E: mouth reference point (MRP)

S: punto de referencia boca (PRB)

Point situé à 25 mm en avant de la position des lèvres d'une bouche humaine typique (ou d'une bouche artificielle) et sur l'axe de celle-ci (voir la figure A-1/P.64).

43.21 **impédance de ligne à effet local nul**

E: zero sidetone line impedance (Z_{SO})

S: impedancia de línea de efecto local nulo (Z_{SO})

Impédance de circuit qui, lorsqu'elle est branchée aux bornes d'un poste téléphonique, provoque l'annulation de l'effet local.

43.22 **effet d'occlusion**

E: occlusion effect

S: efecto de oclusión

Variation de l'effet local humain qui se produit lorsque le canal auditif est fermé, par exemple, par un récepteur téléphonique.

43.23 **effet d'obstacle; effet d'obstruction**

E: obstacle effect (obstruction effect)

S: efecto de obstáculo; efecto de obstrucción

Changement qui se produit dans le champ acoustique au voisinage d'une bouche humaine ou artificielle, lorsque des obstacles (par exemple, un microphone téléphonique) sont placés au voisinage immédiat de cette bouche.

43.24 **trajet d'effet local**

E: sidetone path

S: trayecto de efecto local

Tout trajet acoustique, mécanique ou électrique, par lequel la parole d'un usager du téléphone et (ou) le bruit de salle est entendu dans sa (ses) propre(s) oreille(s) (au PRO).

43.25 **affaiblissement du trajet d'effet local**

E: sidetone path loss

S: atenuación del trayecto de efecto local

Affaiblissement du trajet d'effet local exprimé par rapport à la parole au PRB. Symboles couramment utilisés:

L_{MEHS} pour les trajets d'effet local avec une tête humaine,

L_{MEST} pour les trajets d'effet local électroacoustique dans un appareil téléphonique,

L_{MEMS} pour les trajets d'effet local mécanique dans un combiné téléphonique,

L_{RNST} pour le trajet d'effet local électroacoustique d'une source de bruit de salle diffus à l'écouteur.

Ces trajets peuvent se mesurer en tant qu'efficacité; en pareil cas, ils deviennent respectivement S_{MEHS}, S_{MEST}, S_{MEMS} et S_{RNST} et font l'objet d'un changement de signe, par exemple, $S_{MEST} = -L_{MEST}$.

43.26 **affaiblissement d'effet local pour la personne qui écoute (AELE)**

E: listener sidetone rating (LSTR)

S: índice de efecto local para el oyente (IELO)

Sonie d'une source de bruit de salle diffus telle qu'elle est perçue par l'oreille (l'écouteur) de l'abonné par l'intermédiaire du trajet d'effet local électrique dans l'appareil téléphonique, par rapport à la sonie du système de référence intermédiaire (SRI) global, cette comparaison étant faite par l'incorporation du signal vocal entendu par le trajet d'effet local humain (L_{MEHS}) comme seuil de masquage.

43.27 **réseau d'équilibrage d'effet local**

E: sidetone balance network

S: red equilibradora del efecto local

Réseau électrique faisant partie d'un point d'équilibrage entre les sections à deux et à quatre fils d'un circuit de poste téléphonique et qui est destiné à régler l'*affaiblissement du trajet d'effet local.*

43.28 **affaiblissement d'effet local par la méthode de masquage (AELM)**

E: sidetone masking rating (STMR)

S: índice de enmascaramiento para el efecto local (IEEL)

Affaiblissement d'un trajet d'effet local téléphonique, comparé au système de référence intermédiaire (SRI) complet sur la base de la sonie, lorsque l'on effectue la comparaison en introduisant, comme seuil de masquage, le signal vocal perçu par l'intermédiaire du *trajet d'effet local humain* (L_{MEHS}).

43.29 **pénalisation en volume sonore**

E: speech volume penalty

S: penalización en volumen sonoro

Réduction de la puissance vocale d'un abonné (généralement exprimée en fonction d'une grandeur caractérisant l'effet local, par exemple, AELM) due à la présence d'un effet local.

43.30 **résistance de conversation**

E: talking resistance

S: resistencia de conversación

Résistance fixe, utilisée pour les essais, qui est égale à celle d'un microphone à charbon excité par un courant donné.

43.31 **position de la source virtuelle**

E: virtual source position

S: posición de la fuente virtual

Emplacement, dans une bouche humaine ou artificielle, d'où semblent provenir les sons émis.

43.32 **fonction de source virtuelle**

E: virtual source function

S: función de la fuente virtual

Changement de la position de la source virtuelle sous l'effet d'un autre paramètre, par exemple, la fréquence, la proximité d'obstacles.

43.33 **condition de référence orthotéléphonique**

E: orthotelephonic reference condition

S: condición de referencia ortotelefónica

Trajet acoustique entre un locuteur et un auditeur qui se font face à une distance de 1 m dans le champ libre.

43.34 **gain de référence acoustique orthotéléphonique**

E: orthotelephonic acoustic reference gain

S: ganancia de referencia acústica ortotelefónica

Rapport entre la pression au point de référence oreille de l'auditeur et la pression au point de référence bouche du locuteur dans des conditions de référence orthotéléphoniques.

43.35 **gain électroacoustique total**

E: total electroacoustic gain

S: ganancia electroacústica total

Rapport entre la pression au point de référence oreille d'un auditeur et la pression au point de référence bouche d'un locuteur relié par une voie téléphonique.

43.36 **gain d'insertion (gain de référence orthotéléphonique**

E: insertion gain (orthotelephonically referred gain)

S: ganancia de inserción (ganancia referida ortotelefónicamente)

Rapport entre le gain électroacoustique total et le gain de référence acoustique orthotéléphonique.

44. *Mesures du niveau de la parole*

44.01 **durée d'activité**

E: active time

S: tiempo activo

Ensemble des intervalles de temps pendant lesquels on estime que des sons vocaux sont présents d'après le critère adopté par le CCITT (Recommandation P.56) pour les besoins des mesures.

44.02 **niveau de conversation active**

E: active speech level

S: nivel vocal activo

Quantité exprimée en décibels par rapport à une référence indiquée, par exemple des volts ou des Pascals, formée par calcul de la moyenne de la puissance des signaux vocaux pendant la durée d'activité.

44.03 **coefficient d'activité**

E: activity factor

S: factor de actividad

Rapport entre la durée d'activité et le temps total écoulé pendant une mesure, exprimé en général sous forme de pourcentage.

44.04 **volume ou volume de la parole**

E: volume or speech volume

S: volumen o volumen vocal

Quantité rapportée à la puissance des sons vocaux et qui se mesure à un point donné d'un circuit téléphonique au moyen d'un appareil spécifié et permettant un contrôle ou un réglage rapide en temps réel du niveau par un observateur humain (par exemple, vumètre, volumètre de l'ARAEN, voltmètre de crête).

44.05 **Niveau vocal**

E: speech level

S: nivel vocal

Terme général englobant le volume des sons vocaux, le niveau de parole active et toute autre quantité similaire exprimée en décibels par rapport à une référence donnée.

Recommandation P.11

EFFET DES DÉGRADATIONS DE LA TRANSMISSION

(Genève, 1980; modifiée à Malaga-Torremolinos, 1984; Melbourne, 1988)

1 Objet

L'objet essentiel du présent plan de transmission pour les communications internationales est de donner des directives au sujet du contrôle de la qualité de transmission. Ces directives sont contenues dans les Recommandations relatives à des communications complètes et aux parties constitutives d'une communication. Ces Recommandations donnent des objectifs de qualité, des objectifs de construction et des objectifs de maintenance, tels que définis dans la Recommandation G.102, pour diverses dégradations de la transmission qui ont une influence sur la qualité de transmission et sur l'opinion des usagers quant à cette qualité[1]. Les dégradations typiques de la transmission comprennent l'affaiblissement de transmission, le bruit de circuit, l'écho pour la personne qui parle, l'affaiblissement dû à l'effet local, la distorsion d'affaiblissement, la distorsion de temps de propagation de groupe et la distorsion de quantification. Bien qu'échappant au contrôle du planificateur de la transmission, le bruit de salle est un autre facteur important à prendre en considération.

La présente Recommandation traite des effets des paramètres de transmission tels que ceux énumérés ci-dessus, sur l'opinion de l'usager quant à la qualité de transmission. Elle est fondée sur les informations fournies en réponse à des Questions précises qui ont été étudiées par le CCITT. Une grande partie de cette information est basée sur les résultats d'essais subjectifs dans lesquels les participants parlaient, écoutaient ou conversaient sur des communications téléphoniques dont on pouvait régler ou dont on connaissait les niveaux de dégradation; les participants aux essais donnaient ensuite une appréciation de la qualité de transmission en utilisant une échelle appropriée. Des indications générales pour l'exécution de ces essais sont données dans la Recommandation P.80. Par ailleurs, la Recommandation P.82 donne des directives sur la pratique des enquêtes auprès des usagers du téléphone, pour évaluer la qualité de la parole sur les communications internationales.

Les objectifs particuliers de la présente Recommandation sont les suivants:

1) donner un résumé général, mais concis, des principales dégradations de la transmission et de leur effet sur la qualité de transmission, pour servir de référence de base aux planificateurs de la transmission;
2) constituer un ensemble de renseignements de base sur la qualité de transmission, à l'appui des Recommandations pertinentes des séries P et G avec des références appropriées à ces Recommandations et à d'autres sources d'information, telles que les suppléments et les Questions à l'étude;
3) constituer, à titre provisoire, un ensemble de renseignements de base sur la qualité de transmission, pouvant servir à la formulation de futures Recommandations.

---

[1] Dans la présente Recommandation, le terme «dégradation» est utilisé avec une acceptation générale, pour désigner toute caractéristique ou dégradation du trajet de transmission susceptible de réduire la qualité. Ce terme n'a pas le sens d'«affaiblissement équivalent», comme c'est le cas dans certains textes antérieurs du CCITT.

Le § 2 de la présente Recommandation contient une brève description des diverses dégradations qui peuvent intervenir dans les communications téléphoniques; on y trouvera également la description des méthodes typiques de spécification et des indications générales sur les niveaux acceptables de ces dégradations. Des renseignements plus spécifiques sont donnés dans les annexes à cette Recommandation, dans d'autres Recommandations et dans les suppléments.

Le § 3 de la Recommandation traite des effets des dégradations combinées sur la qualité de transmission, et de l'emploi de modèles d'opinion qui permettent d'estimer l'opinion des usagers en fonction de certaines combinaisons de dégradations de la transmission dans une communication téléphonique. On peut donc les utiliser pour évaluer la qualité de transmission fournie par l'actuel plan de transmission, les conséquences des modifications pouvant être apportées à ce plan, ou les conséquences des écarts par rapport au plan. Ces évaluations nécessitent certaines hypothèses concernant les parties constitutives d'une communication; des indications à ce sujet sont données par les communications fictives de référence qui font l'objet des Recommandations G.103 et G.104.

2 Effet des dégradations individuelles

2.1 *Considérations générales*

On trouvera dans le présent § 2 la description d'un certain nombre de dégradations de la transmission qui peuvent affecter la qualité de la transmission des signaux vocaux dans les communications téléphoniques. Des renseignements sont donnés sur la nature générale de chaque dégradation, sur les méthodes qui ont été recommandées pour mesurer la dégradation et sur les intervalles acceptables de valeurs de la dégradation. On trouvera également des références à des Recommandations qui contiennent des renseignements plus détaillés sur les méthodes de mesure, et des valeurs recommandées.

2.2 *Affaiblissement en sonie*

Un des buts fondamentaux d'une communication téléphonique est d'établir un trajet de transmission pour les signaux vocaux entre la bouche d'une personne qui parle et l'oreille d'une personne qui écoute. La force des sons du signal vocal reçu dépend de la pression acoustique développée par la personne qui parle; elle dépend aussi de l'affaiblissement en sonie sur le trajet acoustique-acoustique qui va de l'entrée du microphone à une extrémité de la communication jusqu'à la sortie du récepteur téléphonique à l'autre extrémité. L'efficacité de la transmission vocale sur les communications téléphoniques et la satisfaction de l'usager dépendent dans une large mesure de l'affaiblissement en sonie. A mesure que cet affaiblissement augmente à partir d'une certaine gamme de valeurs préférées, l'effort d'écoute augmente lui aussi et la satisfaction de l'usager diminue. Pour des valeurs encore plus élevées de l'affaiblissement en sonie, l'intelligibilité diminue et il faut un temps plus long pour transmettre une quantité d'information donnée. En revanche, si l'affaiblissement en sonie est insuffisant, la satisfaction de l'usager diminue parce que les signaux vocaux reçus sont trop forts.

Au cours des années, les ingénieurs de la transmission ont utilisé un certain nombre de méthodes pour mesurer et exprimer l'affaiblissement en sonie sur les communications téléphoniques. La méthode de l'équivalent de référence est une méthode subjective qui a été largement utilisée dans les travaux du CCITT; elle est définie dans les Recommandations P.42 et P.72 du *Livre rouge.*

En raison des difficultés que pose l'utilisation des équivalents de référence, la valeur de planification de l'équivalent de référence total a été remplacée par l'équivalent de référence corrigé (ERC) défini dans la Recommandation G.111 du *Livre Rouge.* Ce changement a exigé un aménagement des valeurs d'affaiblissement en sonie recommandées pour les communications complètes et partielles.

Les Recommandations P.76, P.78 et P.79 renseignent sur les méthodes de détermination objectives et subjectives des équivalents pour la sonie (ES) qui sont à présent recommandées. Ces méthodes élimineront sans doute la nécessité d'évaluer subjectivement l'affaiblissement en sonie en fonction de l'équivalent de référence corrigé. Les valeurs actuellement recommandées pour l'affaiblissement en sonie en fonction de l'équivalent pour la sonie sont indiquées dans les Recommandations G.111 et G.121.

2.2.1 *Opinion des usagers*

L'opinion des usagers en fonction de l'affaiblissement en sonie peut varier selon le groupe d'expérimentation et la conception particulière de l'essai. Les résultats d'opinion présentés dans le tableau 1/P.11 sont représentatifs d'essais de conversation en laboratoire, pour des communications téléphoniques dans lesquelles d'autres caractéristiques, par exemple, le bruit de circuit, contribuent peu à la dégradation. Ces résultats soulignent l'importance du réglage de l'affaiblissement en sonie.

TABLEAU 1/P.11

Equivalent global pour la sonie (dB)	Résultats d'opinion représentatifs [a]	
	Pourcentage «bon plus excellent»	Pourcentage «médiocre plus mauvais»
5 à 15	> 90	< 1
20	80	4
25	65	10
30	45	20

[a] D'après une relation d'opinion obtenue à partir de l'indice de qualité de transmission (voir l'annexe A).

2.2.2 *Valeurs recommandées pour l'équivalent pour la sonie*

Le tableau 2/P.11 donne des indications supplémentaires sur certaines valeurs de sonie qui ont été recommandées par le CCITT ou qui sont encore à l'étude.

Remarque – Les valeurs recommandées des équivalents pour la sonie sont à l'étude au titre de la Question 19/XII.

2.3 *Bruit de circuit*

Dans une communication téléphonique, le bruit de circuit a un effet important sur la satisfaction des usagers et sur l'efficacité de la communication vocale. Ce bruit peut comprendre un bruit blanc de circuit et un bruit d'intermodulation introduit par les systèmes de transmission ainsi qu'un ronflement et d'autres types de perturbation tels que le bruit impulsif et les tonalités à une seule fréquence. La satisfaction de l'usager dépend de la puissance, de la distribution de fréquence et de la distribution d'amplitude du bruit. Pour un type de bruit donné, la satisfaction diminue généralement de façon monotone lorsque la puissance du bruit augmente.

Le bruit de circuit s'exprime généralement d'après les indications données par un psophomètre normalisé par le CCITT dans la Recommandation O.41. Avec cet appareil, on peut faire des mesures de puissance de bruit (dBmp) pondérées en fréquence, en plusieurs points d'une communication téléphonique.

Remarque – Bien qu'un psophomètre soit en général utilisé pour mesurer le bruit de circuit à large bande, certains essais subjectifs indiquent qu'il caractérise de façon satisfaisante l'effet de perturbation subjectif du ronflement induit sur des circuits assurant la transmission de messages.

2.3.1 *Résultats d'opinion*

On a effectué un grand nombre de mesures qui révèlent l'influence du bruit de circuit sur l'opinion des usagers. Ces mesures ont montré que les opinions formulées sur le bruit de circuit dépendent aussi dans une large mesure de l'affaiblissement en sonie sur la communication; elle peut être influencée par de nombreux autres facteurs, notamment le bruit de circuit et l'affaiblissement dû à l'effet local.

L'effet subjectif d'un bruit de circuit mesuré en un point donné d'une communication téléphonique dépend de l'affaiblissement ou du gain électrique-vers-acoustique entre le point de mesure et la sortie du récepteur téléphonique. Pour faciliter l'évaluation des contributions apportées par des sources différentes, on rapporte souvent le bruit de circuit à l'entrée d'un système de réception pour lequel l'équivalent de référence corrigé (ERC) à la réception ou l'équivalent pour la sonie a une valeur spécifiée. Un point de référence souvent utilisé est l'entrée d'un système de réception dont l'ERC à la réception est de 0 dB. Lorsque le bruit de circuit est rapporté à ce point, les valeurs de ce bruit inférieures à -65 dBmp ont peu d'effet sur la qualité de transmission, pour des valeurs courantes du bruit de salle. La qualité de transmission diminue lorsque le bruit de salle augmente.

Les résultats d'opinion indiqués dans le tableau 3/P.11 sont typiques d'essais de conversation en laboratoire; ils illustrent l'effet du bruit de circuit lorsque d'autres caractéristiques de la communication (par exemple, l'affaiblissement en sonie) introduisent une dégradation supplémentaire peu importante. Lorsque l'affaiblissement en sonie dépasse la gamme des valeurs préférées, l'effet produit par une valeur donnée du bruit de circuit devient plus gênant.

Remarque – Voir l'annexe A pour des renseignements complémentaires sur les effets du bruit de circuit.

TABLEAU 2a/P.11

Valeurs (dB) de l'équivalent de référence ER (q), et de l'équivalent de référence corrigé ERC (y) pour diverses communications mentionnées dans les Recommandations G.111 et G.121 du Livre Rouge (les interfaces d'émission et de réception se trouvent à l'extrémité virtuelle analogique, EVA)

		ER (q) antérieurement recommandé	ERC (y)
Intervalle optimal pour une communication (Rec. G.111, § 3.2)	minimum optimum maximum	6 9 18	5 [a] 7 [a] à 11 16
Valeurs moyennes pondérées du trafic			
Objectifs à long terme			
– communication (Rec. G.111, § 3.2)	minimum maximum	13 18	13 16
– système national d'émission (Rec. G.121, § 1)	minimum maximum	10 13	11,5 13
– système national de réception (Rec. G.121, § 1)	minimum maximum	2,5 4,5	2,5 4
Objectifs à court terme			
– communication (Rec. G.111, § 3.2)	maximum	23	25,5
– système national d'émission (Rec. G.121, § 1)	maximum	16	19
– système national de réception (Rec. G.121, § 1)	maximum	6,5	7,5
Valeurs maximales pour un système national (Rec. G.121, § 2.1) pays de taille moyenne	émission réception	21 12	25 14
Minimum pour le système national d'émission (Rec. G.121, § 3)		6	7

[a] Ces valeurs s'appliquent à des conditions sans effet d'écho; la clientèle préférera peut-être des valeurs légèrement supérieures en cas d'écho.

TABLEAU 2b/P.11

Valeurs ES citées dans les Recommandations G.111 et G.121

	ESE [a]	ESC [a]	ESR [a]	EGS [a]
Valeurs moyennes pondérées en fonction du trafic:				
Long terme	7 à 9 [b]	0 à 0,5 [e]	1 à 3 [b] [f]	8 à 12 [e] [f] [g]
Court terme	7 à 15 [b]	0 à 0,5 [e]	1 à 6 [b] [f]	8 à 21 [e] [f] [g]
Valeurs maximales pour un pays de taille moyenne:	16,5 [c]		13 [c]	
Valeur minimale:	−1,5 [d]			

[a] Comme sur la figure 1/P.11.

[b] Recommandation G.121, § 1.

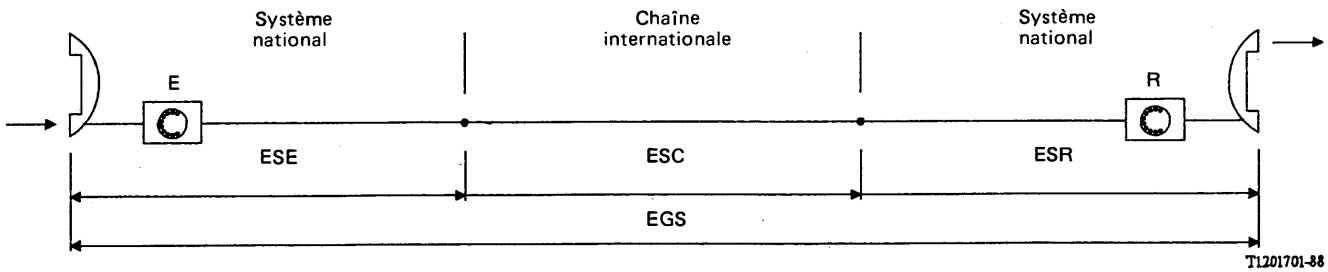
[c] Recommandation G.121, § 2.1.

[d] Recommandation G.121, § 3.

[e] Quand la chaîne internationale est numérique, ESC = 0. Si la chaîne internationale se compose d'un circuit analogique, ESC = 0,5; on accroît alors l'EGS de 0,5 dB. (Si la distorsion d'affaiblissement en fonction de la fréquence de ce circuit est prononcée, l'ESC peut à nouveau augmenter de 0,2 dB. Voir le § A.4.2 de l'annexe A de la Recommandation G.111.)

[f] Voir aussi les observations formulées au § 3.2 de la Recommandation G.111.

[g] Recommandation G.111, § 3.2.



ESE: équivalent pour la sonie à l'émission
ESC: équivalent pour la sonie du circuit
ESR: équivalent pour la sonie à la réception
EGS: équivalent global pour la sonie

FIGURE 1/P.11

Désignation des ES dans une communication internationale

TABLEAU 3/P.11

Bruit de circuit au point ESR de 0 dB (dBmp)	Résultats d'opinion représentatifs [a]	
	Pourcentage «bon plus excellent»	Pourcentage «médiocre plus mauvais»
−65	> 90	< 1
−60	85	2
−55	75	5
−50	65	10
−45	45	20

[a] D'après une relation d'opinion obtenue à partir de l'indice de qualité de transmission (voir l'annexe A).

2.3.2 *Valeurs recommandées pour le bruit de circuit*

Le bruit de circuit introduit par les différentes parties d'une communication doit être maintenu à un niveau aussi bas que possible. Sur les communications de longueur moyenne ou de grande longueur, la principale source de bruit de circuit interviendra probablement dans les équipements de transmission analogiques, où la puissance de bruit est généralement proportionnelle à la longueur du circuit. Dans la Recommandation G.222, on recommande un objectif de bruit de 10 000 pW0p, ou −50 dBm0p, pour la réalisation des systèmes de transmission à courants porteurs de 2500 km. Si l'on rapporte cette valeur à un point où l'équivalent pour la sonie à la réception est de 0 dB (en supposant un affaiblissement compris entre 6 et 12 dB), cela correspond à un niveau de bruit allant de −62 à −56 dBmp, valeurs suffisamment élevées pour affecter la qualité de transmission.

La diminution de qualité est plus importante sur les circuits de grande longueur ou dans les communications comportant plusieurs de ces circuits en tandem. Dans la Recommandation G.143, le CCITT indique qu'il est souhaitable que le bruit total produit par une chaîne de six circuits internationaux ne dépasse pas −43 dBm0p par rapport au premier circuit de la chaîne. Cela correspond à environ −46 dBm0p à l'extrémité de la chaîne, ou −58 à −52 dBmp en un point où l'équivalent pour la sonie à la réception est de 0 dB. Les autres sources de bruit de circuit, dans les communications internationales, doivent être réglées de manière que leur contribution soit faible par rapport au bruit autorisé sur les moyens de transmission analogiques. Des indications spécifiques sont données dans un certain nombre de Recommandations.

Il faudrait que les limites de bandes de bruit étroites ou de tonalité unique soient plus strictes que les limites de bandes de bruit larges, afin d'éviter que l'usager ne soit gêné. Comme règle générale, pour limiter les désagréments dus aux tonalités à fréquence unique, il y a lieu de faire en sorte que la puissance de toute tonalité individuelle soit de 10 dB inférieure à la puissance psophométrique du bruit du circuit. Afin d'éviter l'audibilité, une marge supplémentaire de 5 dB est recommandée, si c'est réalisable.

Remarque – L'effet des bruits impulsifs dépend de leur périodicité d'apparition. Pour les impulsions transitoires oscillatoires amorties à 2 kHz, dont la durée est d'environ une milliseconde (type d'impulsion que l'on rencontre souvent sur les équipements de transmission de messages), quelques résultats d'essais ont été fournis en ce qui concerne la valeur moyenne de la puissance de crête des impulsions mesurées sur la ligne au niveau du poste téléphonique. Ces résultats indiquent que des impulsions de bruit se produisant, en moyenne à raison d'une par seconde au maximum ne provoquent pas de perturbation si leur intensité moyenne est inférieure à 65 dBrn (−25 dBm). Avec 45 impulsions par seconde, un niveau acceptable de 30 dBrn (−60 dBm) a été indiqué.

2.4 *Effet local*

L'**effet local d'un appareil téléphonique** est la transmission du son allant du microphone jusqu'au récepteur téléphonique, dans le même appareil téléphonique. Autrement dit, le trajet d'effet local de l'appareil téléphonique est l'un des trajets par l'intermédiaire desquels la personne qui parle s'entend elle-même parler. Les autres trajets de cette nature sont le trajet par conduction à travers la tête et le trajet acoustique allant de la bouche à l'oreille déterminé par les fuites dans l'écouteur. La présence de ces autres trajets agit sur la perception, par l'usager, d'effet local et, par conséquent, sur sa réaction à cet établissement.

L'effet local influence la qualité de transmission téléphonique de plusieurs manières. Si l'affaiblissement de l'effet local est insuffisant, les niveaux vocaux renvoyés sont trop élevés et il en résulte une diminution de la satisfaction de l'usager. Un affaiblissement de l'effet local a une autre conséquence: la personne qui parle a tendance à abaisser son niveau vocal et(ou) à éloigner le combiné de sa bouche, ce qui réduit le niveau reçu par l'autre interlocuteur. Les déplacements du combiné peuvent aussi rendre moins hermétique le contact sur l'oreille, de sorte que le bruit de salle peut atteindre plus facilement l'oreille par l'intermédiaire du trajet de fuite ainsi créé; cela peut entraîner également un abaissement du niveau du signal reçu en provenance de l'extrémité opposée de la communication. Par ailleurs, le trajet de l'effet local fournit un autre itinéraire par l'intermédiaire duquel le bruit de salle peut atteindre l'oreille. Des valeurs très faibles de l'affaiblissement de l'effet local peuvent avoir une influence défavorable sur la qualité de transmission. A mesure qu'augmente cet affaiblissement, on définit un intervalle général de valeurs préférées d'affaiblissement. Une valeur excessive de l'affaiblissement de l'effet local peut assourdir le son fourni par l'appareil téléphonique pendant une conversation; pour un grand nombre de communications, l'absence d'effet local n'est pas une condition préférée.

L'effet local a été calculé jusqu'ici comme un affaiblissement en sonie, très sensiblement de la même manière que l'affaiblissement en sonie sur une communication, par exemple en termes d'équivalent de référence de l'effet local (EREL) (Recommandation P.73 du *Livre Rouge*). Une meilleure méthode, qui donne, pour un abonné considéré comme un locuteur, des évaluations qui sont mieux en corrélation avec les effets subjectifs de l'effet local, est décrite dans la Recommandation P.76. Cette méthode, appelée affaiblissement d'effet local par la méthode de masquage (AELM), tient compte de la conduction à travers la tête et des trajets acoustiques directs comme seuil de masquage.

Des travaux récents montrent qu'en raison de l'utilisation croissante de microphones linéaires dans les combinés téléphoniques, une méthode d'évaluation est également nécessaire pour évaluer la sonie du bruit de salle perçu par l'intermédiaire du trajet d'effet local téléphonique au moyen de l'affaiblissement d'effet local pour la personne qui écoute (AELE). L'AELE (Recommandations P.76 et P.79) repose sur le même principe et sur le même algorithme de calcul que l'AELM, mais l'efficacité pour l'effet local est mesurée au moyen d'une source de bruit de salle et non par une source fournie par une bouche artificielle.

L'affaiblissement en sonie de l'effet local dépend de la conception de l'appareil téléphonique et de l'adaptation d'impédance entre cet appareil et la ligne de l'abonné. Les variations d'impédance à l'extrémité opposée de la ligne d'abonné peuvent aussi entraîner d'importants défauts d'adaptation sur les lignes d'abonné courtes ayant un faible affaiblissement. Les défauts d'adaptation d'impédance en d'autres points de la communication ont aussi une influence sur le signal renvoyé; toutefois, lorsque le temps de propagation sur le trajet de retour devient important, l'effet est généralement considéré comme un écho pour la personne qui parle (voir le § 2.9).

2.4.1 *Valeurs recommandées de l'affaiblissement en sonie de l'effet local*

Le § 5 de la Recommandation G.121 précise les meilleurs niveaux d'effet local dans différents cas de communication, selon que l'abonné est la personne qui parle (AELM) ou la personne qui écoute (AELE).

Les résultats d'essais subjectifs d'opinion des abonnés en fonction de l'affaiblissement local par la méthode AELM indiquent que la meilleure gamme va de 7 à 12 dB (voir aussi le supplément n° 11). Des valeurs plus basses peuvent causer une baisse importante de l'opinion des abonnés et doivent être utilisées avec précaution. Des valeurs plus élevées, jusqu'à 20 dB sont acceptables, mais au-delà elles causent l'impression d'une communication complètement assourdie.

Pour réduire les effets d'un bruit de salle de niveau élevé, il faut s'efforcer d'obtenir une valeur d'AELE supérieure à 13 dB. En général, cela n'est pas toujours possible; en effet, pour la plupart des appareils téléphoniques dotés de microphones linéaires et de circuits téléphoniques, l'AELE dépend beaucoup de l'AELM mais sa valeur est en général supérieure de 1,5 à 4 dB. La relation est déterminée par Δ_{SM} (DELSM), différence entre l'efficacité d'un microphone selon qu'elle est mesurée avec une source de bruit de salle ou avec une bouche. Voir les Recommandations P.64, P.10 et P.79, le supplément n° 11 et le § A.4.3.3 de la Recommandation G.111.

Ainsi, les communications ayant de faibles valeurs d'AELM ont en général aussi de faibles valeurs d'AELE.

2.5 *Bruit de salle*

On appelle bruit de salle le bruit de fond ambiant dans lequel fonctionne l'appareil téléphonique. Dans un domicile privé, ce bruit de salle peut être produit par des appareils ménagers, un récepteur radio ou un tourne-disque, des conversations ou le bruit de la rue. Dans un bureau, il y a prédominance du bruit produit par les machines de bureau, les installations de climatisation et les conversations. Dans de nombreux cas, l'effet du bruit de salle peut être insignifiant par comparaison à celui du bruit de circuit. Toutefois, dans les endroits bruyants tels que les bureaux téléphoniques publics, le bruit de salle peut avoir un effet notable sur la facilité de converser ou même sur les conditions d'écoute et de compréhension.

Le bruit de salle peut se manifester de diverses manières. Une de ces manifestations est due aux fuites qui se produisent autour du pavillon du récepteur. Une autre possibilité est le trajet d'effet local du poste téléphonique, si l'affaiblissement en sonie dû à cet effet local est suffisamment petit par rapport aux fuites autour du pavillon (voir le § 2.4). Une troisième possibilité est due à l'autre oreille, mais l'importance de cet effet sur la réception téléphonique est généralement moindre que l'effet du bruit qui pénètre par l'«oreille téléphonique», sauf si le niveau sonore dans la salle détourne l'attention (par exemple, les cris d'un bébé). Une quatrième possibilité est le bruit de salle côté émetteur transmis sur la liaison vers l'appareil récepteur.

Les considérations qui précèdent s'appliquent surtout aux appareils téléphoniques de type classique. Les appareils à haut-parleur sont plus sensibles au bruit de salle.

Le bruit qui est présent dans les véhicules fixes ou mobiles (et qui n'est généralement pas appelé le bruit de salle) peut également avoir un effet marqué sur la facilité avec laquelle se déroule une conversation ou sur la possibilité qu'ont les personnes de s'entendre et de se comprendre correctement dans des communications faisant intervenir des postes mobiles.

2.6 *Distorsion d'affaiblissement*

La distorsion d'affaiblissement est caractérisée par un affaiblissement de transmission (ou un gain de transmission) sur plusieurs fréquences, par rapport à l'affaiblissement de transmission à 800 ou 1000 Hz. Ainsi, la distorsion d'affaiblissement englobe les diminutions progressives de niveau en basse fréquence et en haute fréquence, qui déterminent la largeur de bande effective d'une communication téléphonique, ainsi que les variations d'affaiblissement dans la bande en fonction de la fréquence. L'affaiblissement en sonie et la netteté d'une communication téléphonique dépendent l'un et l'autre de la distorsion d'affaiblissement. Même si l'affaiblissement en sonie est maintenu à une valeur constante, l'opinion sur la qualité de transmission, déterminée par des essais subjectifs, est de moins en moins favorable lorsque la distorsion d'affaiblissement augmente.

L'effet de la distorsion d'affaiblissement sur la force des sons est plus marqué à l'extrémité inférieure qu'à l'extrémité supérieure de la bande de fréquences. Au contraire, l'effet de la distorsion d'affaiblissement sur la netteté des sons est plus marqué aux fréquences supérieures qu'aux fréquences inférieures. En ce qui concerne tant la dégradation de la force des sons que la dégradation de la netteté dues aux caractéristiques de la bande passante, on peut admettre que les dégradations dues aux caractéristiques passe-haut et passe-bas s'additionnent directement si, sur chaque courbe de distorsion d'affaiblissement, la pente dépasse 15 dB/octave.

Sur une communication, l'effet de la distorsion d'affaiblissement sur les notes d'opinion concernant l'écoute et la compréhension décroît sensiblement à mesure qu'augmente l'affaiblissement global en sonie, en particulier s'il y a aussi un bruit de circuit. En général, les notes d'opinion sont moins influencées par la distorsion d'affaiblissement que par l'affaiblissement en sonie, surtout quand celui-ci est élevé, mais l'effet de la distorsion d'affaiblissement peut être comparable à celui du bruit quand l'affaiblissement en sonie et le bruit sont tous deux faibles.

La Recommandation G.132 définit les objectifs actuels en matière de qualité de fonctionnement des réseaux, en ce qui concerne la distorsion d'affaiblissement dans les éléments de transmission électrique d'une chaîne mondiale de 12 circuits à quatre fils. Il faut signaler cependant que les caractéristiques de fréquence des appareils téléphoniques ont elles aussi une certaine influence.

Remarque – L'annexe B donne des renseignements complémentaires en ce qui concerne les effets de la distorsion d'affaiblissement sur la qualité de transmission.

2.7 *Distorsion de temps de propagation de groupe*

La distorsion de temps de propagation de groupe est caractérisée par le temps de propagation de groupe sur plusieurs fréquences, par rapport à la fréquence pour laquelle ce temps de propagation est minimum. L'effet de cette distorsion produit une dégradation plus importante en transmission de données qu'en transmission téléphonique; cependant, des valeurs élevées de la distorsion de temps de propagation de groupe peuvent provoquer des mutilations sensibles des signaux vocaux.

L'effet de la distorsion de temps de propagation de groupe aux extrémités supérieure et inférieure de la bande de transmission peut être respectivement décrit par les expressions «tintement» et «paroles brouillées». En l'absence de bruit ou de distorsion d'affaiblissement, l'effet est manifeste sur toute la gamme des valeurs types de l'affaiblissement en sonie. En règle générale, sur une chaîne représentative de circuits à quatre fils, l'effet n'est toutefois pas prononcé, puisque la distorsion de temps de propagation de groupe s'accompagne normalement d'une distorsion d'affaiblissement étroitement liée à la première et qui tend à en réduire l'effet.

La Recommandation G.133 donne les objectifs de qualité actuels pour la distorsion de temps de propagation de groupe dans une chaîne mondiale de 12 circuits.

Remarque – L'annexe C contient des renseignements complémentaires sur l'effet de la distorsion de temps de propagation de groupe.

2.8 *Temps de propagation absolu*

Des valeurs du temps de propagation absolu comme celles que l'on rencontre actuellement dans les circuits terrestres ont peu d'effet sur la qualité de transmission s'il n'y a pas d'écho pour la personne qui parle ou pour la personne qui écoute (par exemple, communication à quatre fils), ou si cet écho est convenablement limité. Les circuits par satellite introduisent des temps de propagation plus longs (environ 300 ms dans chaque sens de transmission) et, ici encore, les résultats fournis par les essais d'opinion montrent que ce phénomène a peu d'effet sur la qualité de transmission des communications établies sur un seul circuit par satellite, à condition que l'écho pour la personne qui parle et l'écho pour la personne qui écoute soient convenablement limités. On possède moins de renseignements sur les effets produits par des temps de propagation dans un seul sens de l'ordre de 600 ms (deux circuits par satellite en série); les résultats obtenus ne sont pas parfaitement cohérents. Il faut donc procéder avec prudence lorsqu'on envisage d'introduire des temps de propagation absolus dans un seul sens nettement supérieurs à 300 ms.

Remarque – Les effets de l'écho, de limitation d'écho et de temps de propagation sont à l'étude au titre de la Question 27/XII.

2.9 *Echo pour la personne qui parle*

Cet écho se produit lorsqu'une certaine partie du signal vocal de la personne qui parle est renvoyée en retour avec un retard suffisant (en général plus de 30 ms environ) pour que le signal puisse être distingué d'un effet local normal. L'écho pour la personne qui parle peut être causé par des réflexions en des points de défaut d'adaptation d'impédance, ou par d'autres phénomènes tels que la diaphonie aller et retour. L'effet produit par cet écho dépend de l'affaiblissement sur le trajet d'écho acoustique-acoustique et du temps de propagation sur ce trajet d'écho. En général, l'usager est d'autant moins satisfait que cet affaiblissement est plus petit ou que le temps de propagation sur le trajet d'écho est plus grand.

L'équivalent global pour la sonie du trajet d'écho est ici défini par la somme:

- des équivalents pour la sonie (ES) dans les deux sens de transmission du système téléphonique local de l'abonné qui parle (supposé avoir des valeurs minimales d'équivalent pour la sonie);
- des équivalents pour la sonie dans les deux sens de transmission de la chaîne de circuits entre l'extrémité à 2 fils du système téléphonique local de l'abonné qui parle et les bornes à 2 fils du termineur 2 fils/4 fils à l'extrémité où se trouve l'abonné qui écoute;
- de la valeur moyenne de l'affaiblissement d'équilibrage pour l'écho à l'extrémité où se trouve l'abonné qui écoute.

La figure 2/G.131 donne des courbes de tolérance à l'écho; ces courbes indiquent l'ES recommandé du trajet d'écho, pour limiter la probabilité d'écho gênant.

Remarque – Les effets de l'écho et du temps de propagation sont étudiés au titre de la Question 27/XII.

2.10 *Echo pour la personne qui écoute*

L'écho pour la personne qui écoute est défini dans la condition de transmission suivante: le signal vocal principal arrive à l'extrémité de la communication où se trouve la personne qui écoute, accompagné d'une ou de plusieurs versions retardées (échos) du signal. Cette situation peut être le résultat de réflexions multiples dans le trajet de transmission. Une source simple, mais fréquente, d'écho pour la personne qui écoute est un trajet de transmission à quatre fils à faible perte reliant deux lignes d'abonné à deux fils. Dans une communication de ce genre, les réflexions peuvent se produire aux points de défaut d'adaptation d'impédance des transformateurs différentiels se trouvant à chaque extrémité de la section à quatre fils. Une partie du signal vocal principal peut donc être réfléchie à l'extrémité éloignée du trajet à quatre fils, puis renvoyée jusqu'à l'extrémité locale, où elle est une nouvelle fois réfléchie. On obtient ainsi un écho pour la personne qui écoute, dont l'amplitude, par rapport au signal principal, dépend des deux affaiblissements d'adaptation et de l'affaiblissement ou du gain dans les deux sens sur le trajet de transmission à quatre fils. Le temps de propagation de l'écho est déterminé principalement par le temps de propagation dans les deux sens sur ce trajet de transmission. Pour les faibles temps de propagation, l'écho pour la personne qui écoute entraîne une modification de la qualité spectrale de la parole. Pour les temps de propagation plus longs, l'écho est plus prononcé; on dit parfois qu'on a affaire à un effet de «tonneau».

L'écho pour la personne qui écoute peut être caractérisé par l'affaiblissement supplémentaire et le temps de propagation supplémentaire sur le trajet de cet écho, par rapport aux mêmes grandeurs sur le trajet du signal principal. La valeur minimale de l'affaiblissement supplémentaire sur ce trajet d'écho, dans toute la bande de fréquences considérée, fournit une marge contre l'instabilité ou les oscillations. C'est la raison pour laquelle l'écho pour la personne qui écoute est souvent appelé distorsion au voisinage du point d'amorçage. La Recommandation G.122 donne des indications en ce qui concerne l'influence des réseaux nationaux sur la stabilité des communications internationales.

2.11 *Distorsion de non-linéarité*

Il se produit une distorsion de non-linéarité (dans son sens le plus général) dans les systèmes où le signal de sortie ne varie pas proportionnellement au signal d'entrée. Un exemple simple est donné par un système dans lequel le signal de sortie peut être représenté en fonction du signal d'entrée, $e_i(t)$ par un polynôme de la forme:

$$e_o(t) = a_1 e_i(t) + a_2 e_i^2(t) + a_3 e_i^3(t) + \ldots,$$

dans le cas d'un signal sinusoïdal à l'entrée, on obtient pour le signal de sortie des harmoniques de deuxième et troisième ordres et d'ordres supérieurs. Pour des signaux plus complexes, les termes non linéaires sont souvent appelés distorsion d'intermodulation. La distorsion de non-linéarité constitue généralement une dégradation plus importante en transmission de données qu'en transmission téléphonique, mais elle peut aussi être importante dans ce dernier cas.

Jusqu'à présent, une des sources les plus importantes de distorsion de non-linéarité dans les communications téléphoniques a été due aux appareils téléphoniques avec microphones à charbon. Bien que ces derniers soient aujourd'hui rapidement remplacés par des microphones linéaires, d'autres sources potentielles de distorsion de non-linéarité s'introduisent, telles que l'utilisation de systèmes de codage numérique, notamment aux faibles débits binaires. Ces systèmes introduisent une distorsion de quantification (voir le § 2.12), qui est une forme particulière de distorsion de non-linéarité. De plus, d'autres dispositifs tels que les compresseurs-extenseurs syllabiques et les amplificateurs saturés peuvent y contribuer dans une large mesure.

On trouvera dans l'annexe D d'autres informations relatives aux microphones à charbon et aux microphones linéaires, et dans l'annexe F des renseignements sur les effets subjectifs de la distorsion de non-linéarité en général.

Remarque – La distorsion de non-linéarité, notamment la définition d'une méthode de mesure objective appropriée, est étudiée au titre de la Question 13/XII.

2.12 *Distorsion de quantification*

On observe une distorsion de quantification dans les systèmes numériques lorsqu'un signal analogique est échantillonné et que chaque échantillon est codé pour donner un ensemble fini de valeurs. La différence entre le signal analogique initial et le signal que l'on obtient après quantification est appelée distorsion de quantification ou bruit de quantification. Pour de nombreux algorithmes de codage numérique, par exemple, l'algorithme MIC avec loi A ou loi μ, qui donne une compression-extension quasi logarithmique, l'effet subjectif de la distorsion de quantification peut être obtenu en première approximation par addition du bruit corrélé au signal (bruit blanc modulé par le signal vocal). Un tel signal peut être produit dans un dispositif de référence à bruit modulé pouvant être réglé pour donner un signal de référence dont le rapport signal/bruit corrélé au signal est presque constant. La Recommandation P.81 décrit l'appareil de référence pour le bruit modulé recommandé par le CCITT et à utiliser dans l'évaluation des codecs numériques pour les applications vocales du téléphone. Ce rapport signal/bruit corrélé, exprimé en dB, est désigné par Q. On peut déterminer la valeur effective du paramètre Q d'un système numérique inconnu en procédant par comparaison subjective avec le dispositif de référence à bruit modulé (le supplément n° 14 fournit des directives pour l'utilisation de l'appareil de référence pour le bruit modulé décrit dans la Recommandation P.81).

Des résultats d'essais subjectifs ont été donnés par quelques Administrations qui ont étudié les effets du bruit de circuit et du paramètre Q sur l'opinion des usagers. Ces essais permettent d'estimer le niveau de bruit de circuit avec lesquels on obtiendrait approximativement les mêmes opinions sur la qualité de transmission qu'avec une distorsion de quantification de niveau donné.

Remarque – On trouvera d'autres renseignements dans l'annexe E. La qualité de transmission des systèmes numériques est étudiée au titre de la Question 18/XII.

2.13 *Gigue de phase*

Il se produit une gigue de phase lorsque le signal utile est modulé, à basse fréquence, en fréquence ou en phase, pendant la transmission. Si le niveau de cette distorsion est suffisamment élevé, la qualité de transmission subit une dégradation. Le tableau 4/P.11 récapitule les valeurs de seuil données par une Administration pour la gigue de phase sur une seule fréquence. Ce tableau donne les valeurs du seuil moyen exprimées sur la base du rapport signal/première bande latérale en dB. L'écart type moyen des sujets était d'environ 4 dB.

2.14 *Diaphonie intelligible*

Il se produit une diaphonie intelligible lorsque le signal vocal transmis sur une communication téléphonique est couplé avec une autre communication téléphonique, de telle manière que le signal couplé soit audible et intelligible pour l'un des interlocuteurs ou les deux interlocuteurs de la deuxième communication téléphonique. Le niveau de cette diaphonie peut être suffisamment élevé pour dégrader la qualité de transmission, mais le problème le plus important est celui de la violation du secret de la communication.

TABLEAU 4/P.11

Taux de modulation de la gigue de phase (Hz)	Seuil moyen du rapport signal/bande latérale (dB)	
	Personnes qui parlent (hommes)	Personnes qui parlent (femmes)
25	10,9	13,8
80	14,4	16,3
115	12,3	18,3
140	13,8	20,0
200	17,0	18,0

Plusieurs facteurs ont une influence sur l'intelligibilité d'un signal retransmis par diaphonie entre deux communications téléphoniques. Ces facteurs comprennent les caractéristiques de l'appareil téléphonique, (y compris l'effet local), le bruit de circuit, le bruit de salle, l'affaiblissement diaphonique, le niveau sonore de la personne perturbatrice qui parle et l'acuité auditive de la personne qui écoute.

La Recommandation P.16 contient les renseignements sur le seuil d'intelligibilité pour la diaphonie, et sur les méthodes à employer pour calculer la probabilité de la diaphonie intelligible. Les objectifs de construction pour les divers appareils présents sur les communications téléphoniques doivent être choisis de telle manière que cette probabilité soit suffisamment petite. Normalement, les objectifs sont censés être tels que la probabilité demeure inférieure à 1% dans les communications où l'interlocuteur perturbateur et l'interlocuteur perturbé ont peu de chances de se connaître et peu de chances de subir le même couplage ultérieurement. Un objectif plus rigoureux (0,1%) est à appliquer dans des équipements locaux, par exemple, des lignes d'abonné, lorsque les deux interlocuteurs sont des voisins.

3 Effet des dégradations multiples et utilisation des modèles d'opinion

La qualité de transmission d'une communication réelle peut être affectée par plusieurs dégradations de transmission susceptibles de coexister. Les résultats tirés des opinions des usagers, sous la forme décrite dans le paragraphe précédent, sont utiles dans de nombreuses études portant sur un ou deux types de dégradation; en revanche, ces résultats deviennent de moins en moins commodes lorsque augmente le nombre des dégradations étudiées. On a été ainsi conduit à étudier des modèles analytiques plus généraux de l'opinion des usagers qui peuvent être basés sur les résultats combinés de plusieurs essais et études individuels. La formulation et l'utilisation de ces modèles plus généraux sont facilitées par l'emploi des ordinateurs numériques modernes. Dans l'idéal, on peut envisager que ces modèles soient étendus ultérieurement aux effets de tous les types importants de dégradations de transmission mentionnés au § 2, ou à la plupart de ces dégradations.

Remarque – Bien que plusieurs Administrations aient présenté des rapports sur les travaux qu'elles effectuent dans ce domaine, le problème de l'utilisation de modèles pour prévoir la qualité de transmission à partir de mesures objectives reste à l'étude au titre de la Question 7/XII. Le supplément n° 3 à la fin de ce tome donne des exemples de modèles d'opinion utilisés par Bellcore, par le British Telecom, NTT et CNET.

ANNEXE A

(à la Recommandation P.11)

Indice de qualité de transmission

A.1 *Introduction*

La présente annexe, qui fait partie de la réponse à la Question 4/XII (1985-1988), décrit un modèle d'opinion de conversation simple destiné à la prévision des effets combinés de l'équivalent global pour la sonie (EGS), selon la Recommandation P.79, et du bruit psophométrique mesuré en dBmp. Elle tient compte également des effets de l'affaiblissement d'effet local par la méthode de masquage (AELM), du bruit de salle (en dBA), et de la distorsion d'affaiblissement.

A.2 *Paramètres de connexion utilisés dans le modèle*

La liste suivante donne les paramètres de connexion et leurs valeurs de gamme.

	Paramètres de connexion	*Gamme*
EGS	Equivalent global pour la sonie, en dB	0 à 40
BC	Bruit de circuit à 0 dB ESR (équivalent pour la sonie à la réception) en dBmp	−80 à −40
BS	Equivalent global pour la sonie, en dBA	30 à 70
Q	Rapport signal/distorsion de quantification en dB	0 à 100
AELM(T)	Affaiblissement d'effet local par la méthode de masquage (du côté de la personne qui parle) en dB	0 à 20
AELM(L)	Affaiblissement d'effet local par la méthode de masquage (du côté de la personne qui écoute) en dB	0 à 20
FI	Fréquence de coupure inférieure (à 10 dB) en Hz	200 à 600
FS	Fréquence de coupure supérieure (à 10 dB) en Hz	2500 à 3400

A.3 *Modèle de base pour l'indice de qualité de transmission*

$I = I(S/L)I(BW)I(ST)$ (A-1)

$I(S/B)$ = Indice de l'affaiblissement en sonie du bruit de circuit

$= 1{,}026 - 0{,}013\sqrt{(EGSe - EGSp)^2 + 4} - 0{,}01(NT + 80)$ (A-2)

$EGSe$ = EGS réel avec effet de l'AELM(T) sur le niveau de la parole

$= EGS$ pour $AELM(T) > 12$ dB

$= EGS + [12 - AELM(T)]/3$ pour $AELM(T) < 12$ dB (A-3)

$EGSP$ = Valeur optimale d'EGS en fonction du bruit de circuit (BC) et du bruit de salle (BS)

$= 10 - (NT + 80)/10$ (A-4)

NT = Bruit de circuit équivalent du bruit global (dBmp)

$= N1\ (+)\ NF\ (+)\ N(Q)$ (A-5)

$N1$ = Bruit de circuit équivalent du bruit de circuit et du bruit de salle (dBmp)

$= CN\ (+)\ RNE(L)\ (+)\ RNE(S)$ (A-6)

$RNE(L)$ = Equivalent de bruit du circuit dû au bruit de salle et à une fuite du pavillon d'écouteur (dBmp)

$= RN - 116$ (A-7)

$RNE(S)$ = Equivalent de bruit du circuit dû au bruit de salle et à une fuite du pavillon d'écouteur (dBmp)

$= RN - 100 - AELM(L) - D$ (A-8)

D = Equivalent d'effet local pour le bruit de salle − $AELM(L)$

$= 15 - 0{,}006\ (RN - 30)^2$ (émetteur à charbon) (A-9)

= 3 (émetteur linéaire)

NF = Plancher de bruit apparent

= −70 dBpm (valeur par défaut) (A-10)

NQ = Bruit de circuit équivalent à la distorsion de quantification (dBmp)

$= -3 - EGS - 2{,}2Q$ (A-11)

$I(BW)$ = Indice pour la largeur de bande

$= [1 - 0{,}0008(FL - 200)]\ [1 - 0{,}00022(3400 - FU)$ (A-12)

$I(ST)$ = Indice pour l'effet local

$= 1 - 0{,}00003(EGSe)\ [AELM(L) - 15]^2$ (A-13)

$$FI = 7{,}2I - 2 \quad \text{(A-14)}$$

$$X = 0{,}96(FI - 2) + 0{,}041(FI - 2)^3 \quad \text{(A-15)}$$

$$NOM = 4\exp(X)/[1 + \exp(X)] \quad \text{(A-16)}$$

$$\%(G + E) = 100/[1 + \exp(-QA)] \quad \text{(A-17)}$$

$$QA = 1{,}59577\ A\ (1 + 0{,}04592\ A^2 - 0{,}000368\ A^4 + 0{,}000001\ A^6) \quad \text{(A-18)}$$

$$A = FI - 2{,}5 \quad \text{(A-19)}$$

$$\%(P + B) = 100 - 100/[1 + \exp(-QB)] \quad \text{(A-20)}$$

$$QB = 1{,}59577\ B\ (1 + 0{,}04592\ B^2 - 0{,}000368\ B^4 + 0{,}000001\ B^6) \quad \text{(A-21)}$$

$$B = FI - 1{,}5 \quad \text{(A-22)}$$

G = Bon

E = Excellent

P = Médiocre

B = Mauvais

A.4 *Résultats types*

Les résultats types obtenus à partir du modèle et concernant la note moyenne d'opinion sont représentés sur les figures A-1/P.11 à A-7/P.11.

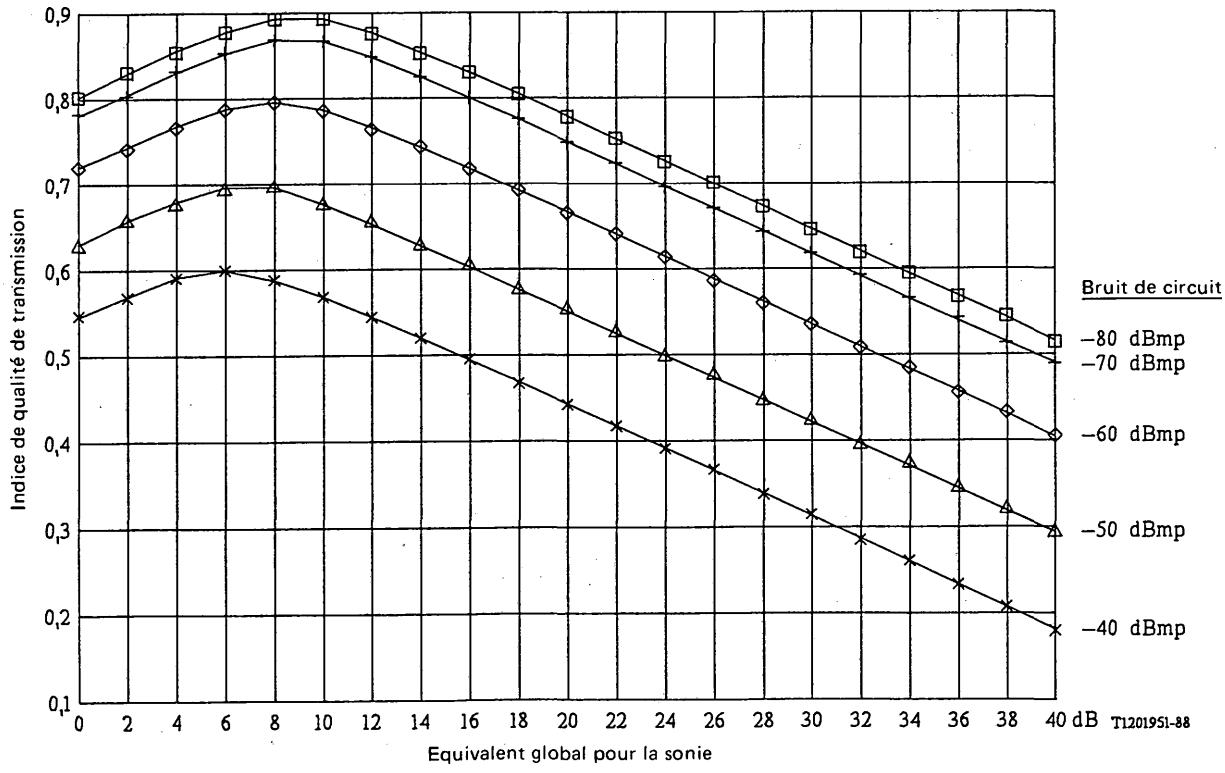


FIGURE A-1/P.11

Indice de qualité de transmission en fonction de l'équivalent global pour la sonie et du bruit de circuit

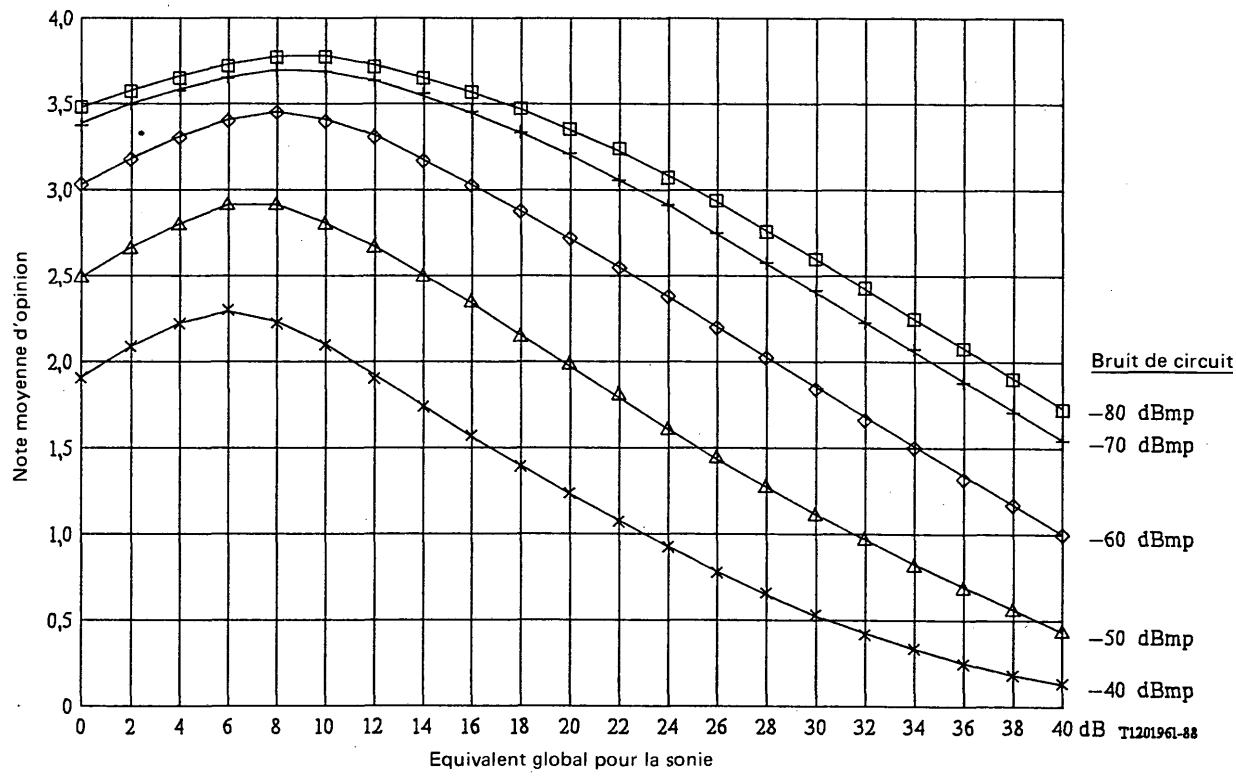


FIGURE A-2/P.11

Note moyenne d'opinion en fonction de l'équivalent global pour la sonie et du bruit de circuit

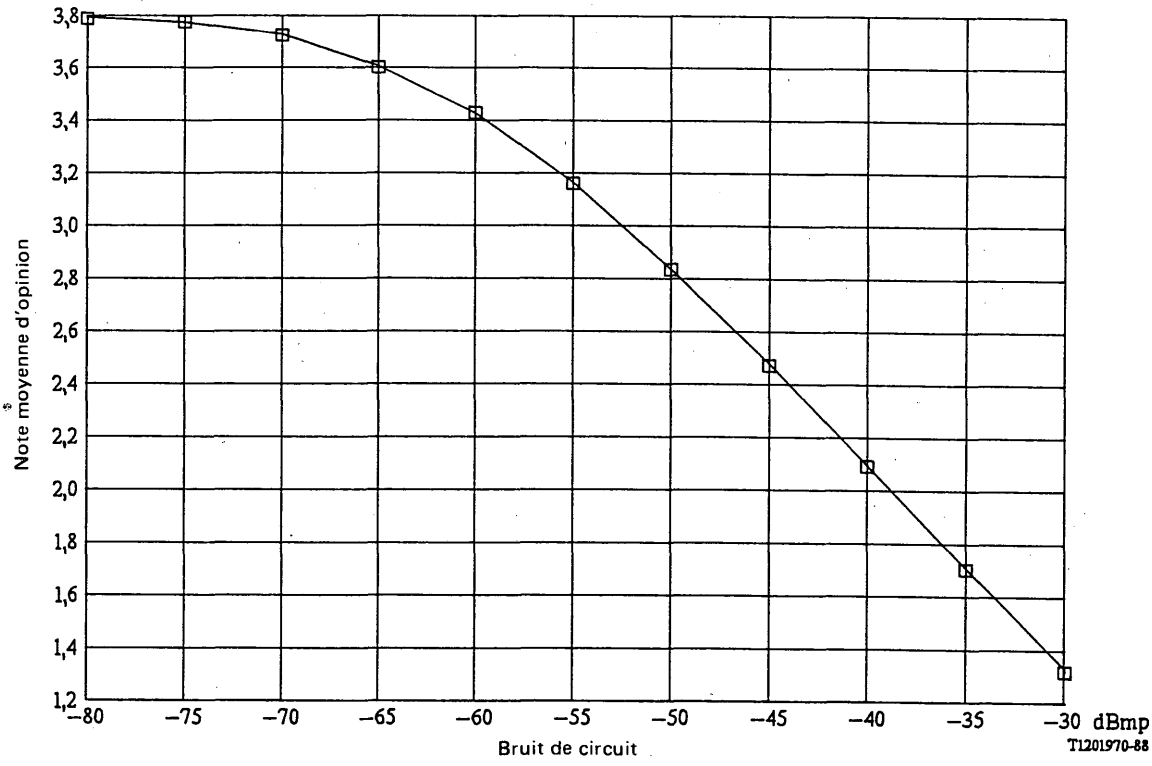


FIGURE A-3/P.11

Note moyenne d'opinion en fonction du bruit de circuit, l'EGS étant égal à 10 dB

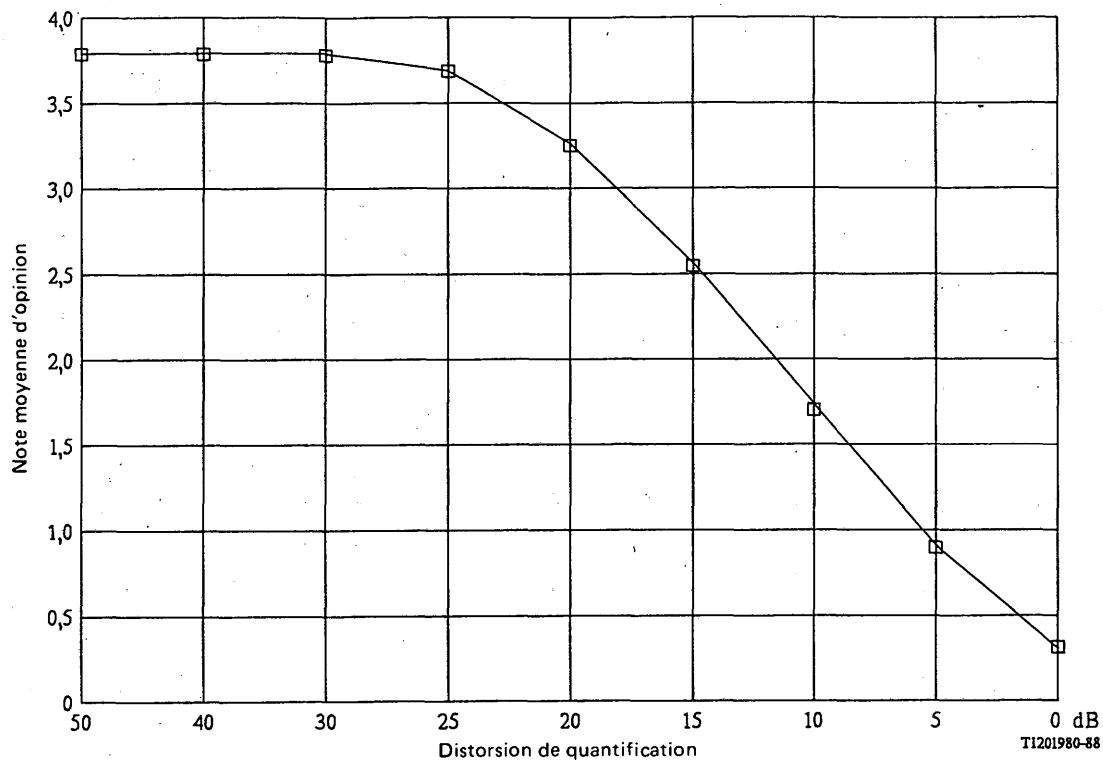


FIGURE A-4/P.11

Note moyenne d'opinion en fonction de la distorsion de quantification

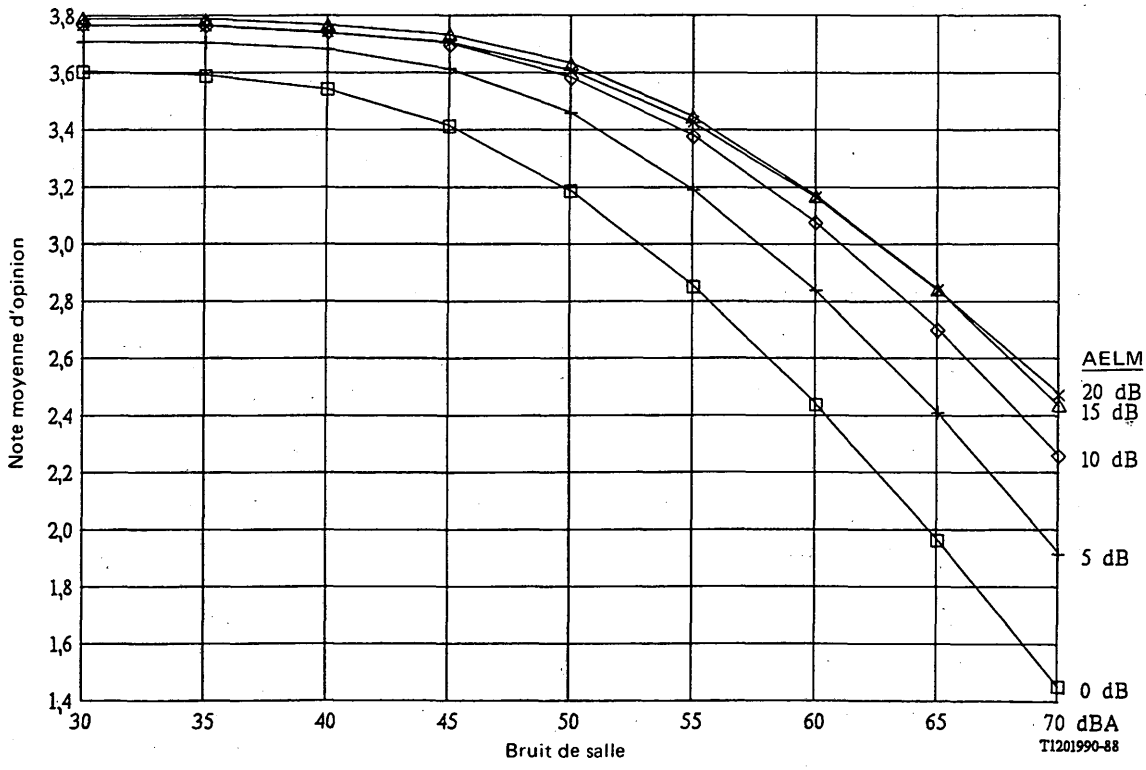


FIGURE A-5/P.11

Note moyenne d'opinion en fonction du bruit de salle et de l'effet local avec un microphone à charbon

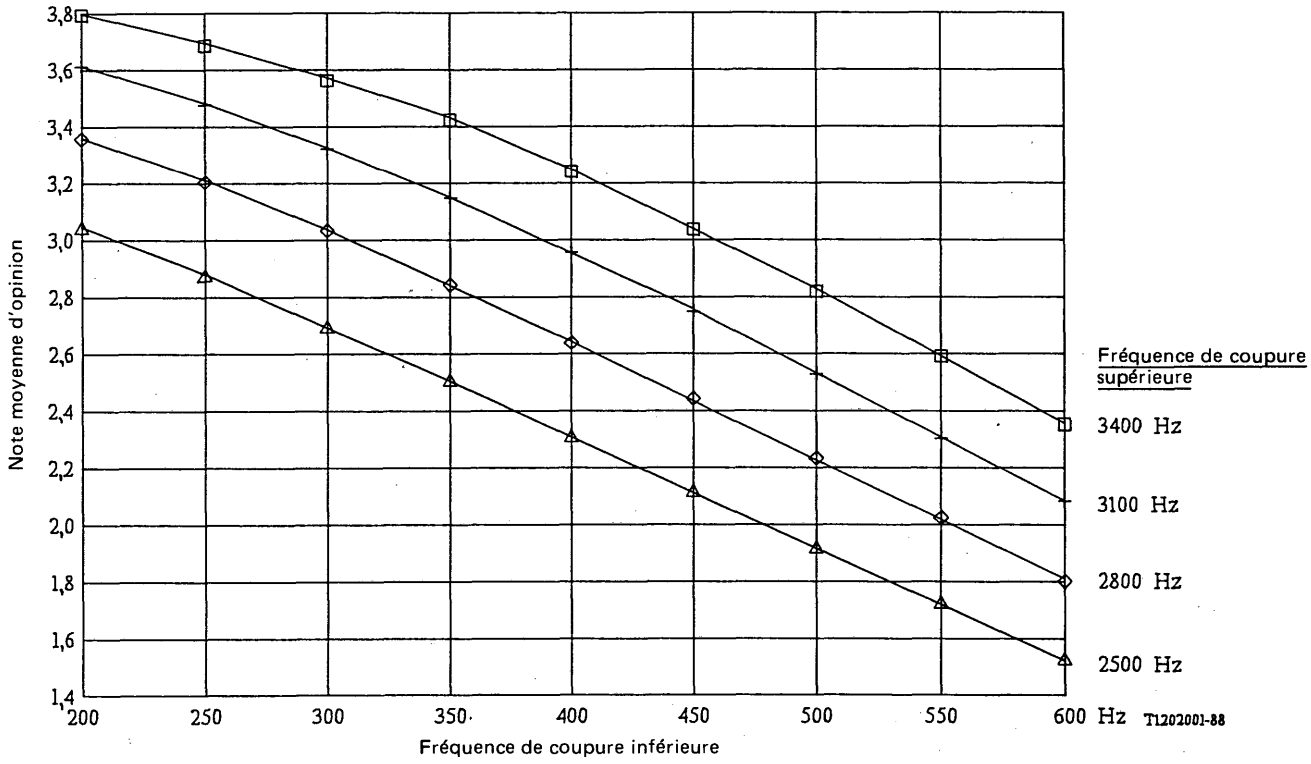


FIGURE A-6/P.11

Note moyenne d'opinion en fonction des fréquences de coupure inférieure et supérieure

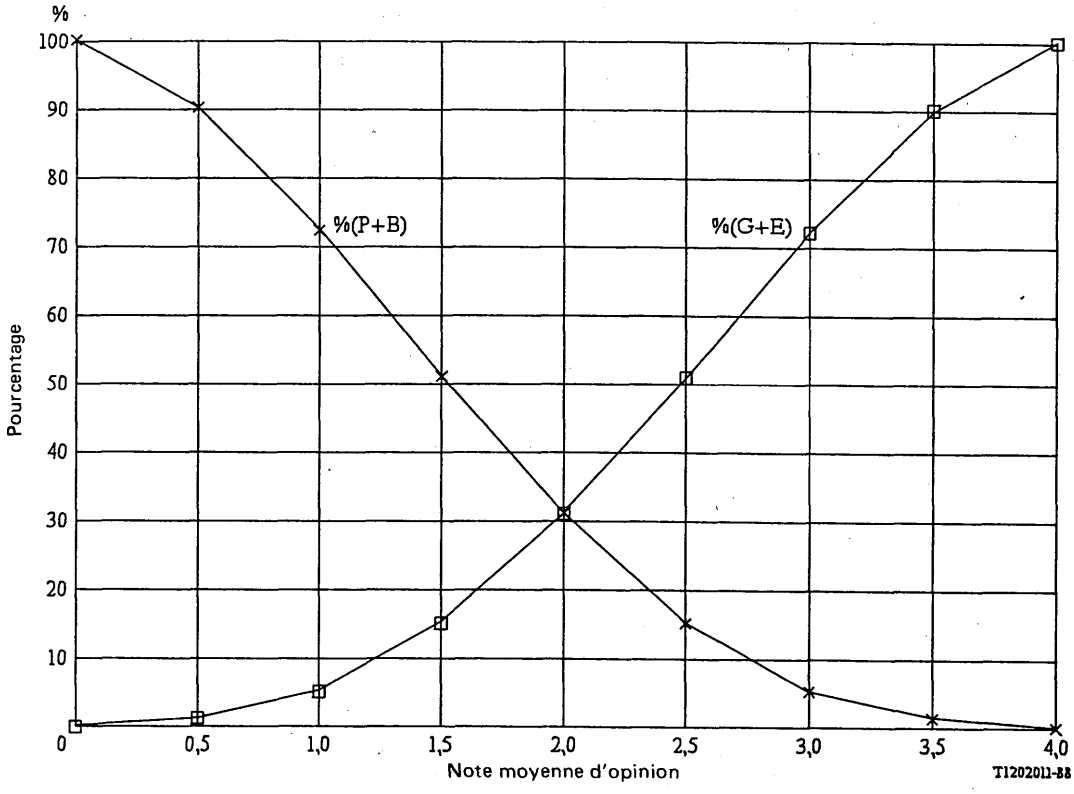


FIGURE A-7/P.11

**Relations d'opinion pour l'indice de qualité de transmission:
Pourcentage «G + E» (bon + excellent) et pourcentage «P + B» (médiocre + mauvais)
en fonction de la note d'opinion moyenne**

ANNEXE B

(à la Recommandation P.11)

Effet de la distorsion d'affaiblissement sur la qualité de transmission

B.1 *Effet de la distorsion d'affaiblissement sur la force des sons et sur la netteté*

L'effet de la distorsion d'affaiblissement sur la force des sons est davantage perceptible dans la bande de fréquences inférieure que dans les bandes plus élevées.

L'effet de la distorsion d'affaiblissement sur la netteté des sons, contrairement à l'effet de l'affaiblissement en sonie, est davantage perceptible dans les bandes de fréquences supérieures que dans les bandes de fréquences inférieures. Les valeurs de l'équivalent pour la distorsion d'affaiblissement (I_L) et de l'affaiblissement équivalent pour la netteté (I_A) sont des valeurs de différences d'affaiblissement équivalent rapportées à un système sans limitation de bande de fréquences.

En ce qui concerne les valeurs d'équivalent pour la distorsion d'affaiblissement et d'affaiblissement équivalent pour la netteté dues aux caractéristiques des filtres passe-bande, on peut admettre qu'une loi d'additivité des valeurs de dégradation dues aux caractéristiques des filtres passe-haut et passe-bas se vérifie si chaque pente d'affaiblissement est supérieure à 15 dB/octave.

Les calculs réalisés au cours de l'étude et les résultats des essais subjectifs ont permis de dégager ces caractéristiques, ainsi qu'il est montré dans les figures B-1/P.11, B-2/P.11, B-3/P.11 et B-4/P.11.

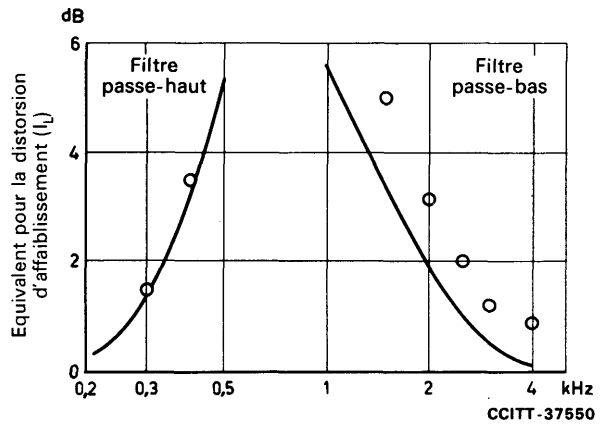
Remarque – L'équivalent pour la distorsion d'affaiblissement et l'affaiblissement équivalent pour la netteté décrits ici sont déterminés par rapport à un trajet complet de conversation téléphonique sans jonction affectée de distorsion d'affaiblissement.

B.2 *Effet de la distorsion d'affaiblissement sur l'audition et les notes d'opinion en conversation*

L'effet de la distorsion d'affaiblissement sur l'audition et les notes d'opinion en conversation augmente sensiblement lorsque la valeur de l'affaiblissement en sonie global d'une communication diminue. Cette tendance est parfois plus marquée en présence de bruit de circuit.

L'effet de la distorsion d'affaiblissement sur les notes d'opinion est assez nettement inférieur à celui de l'affaiblissement en sonie, qui domine toujours pour n'importe quelle valeur de l'affaiblissement en sonie global, en particulier lorsque cette valeur est élevée. Toutefois, l'importance de l'effet de cette distorsion semble être comparable, voire supérieure, à celle de l'effet du bruit dans certaines conditions, notamment pour les communications dont les valeurs de l'affaiblissement en sonie global sont peu élevées.

Voir les figures B-5/P.11, B-6/P.11, B-7/P.11 et le tableau B-1/P.11.



Remarque - Pente de la courbe des filtres passe-bas et passe-haut: 48 dB/octave.

FIGURE B-1/P.11

Influence de la fréquence de coupure sur la force des sons

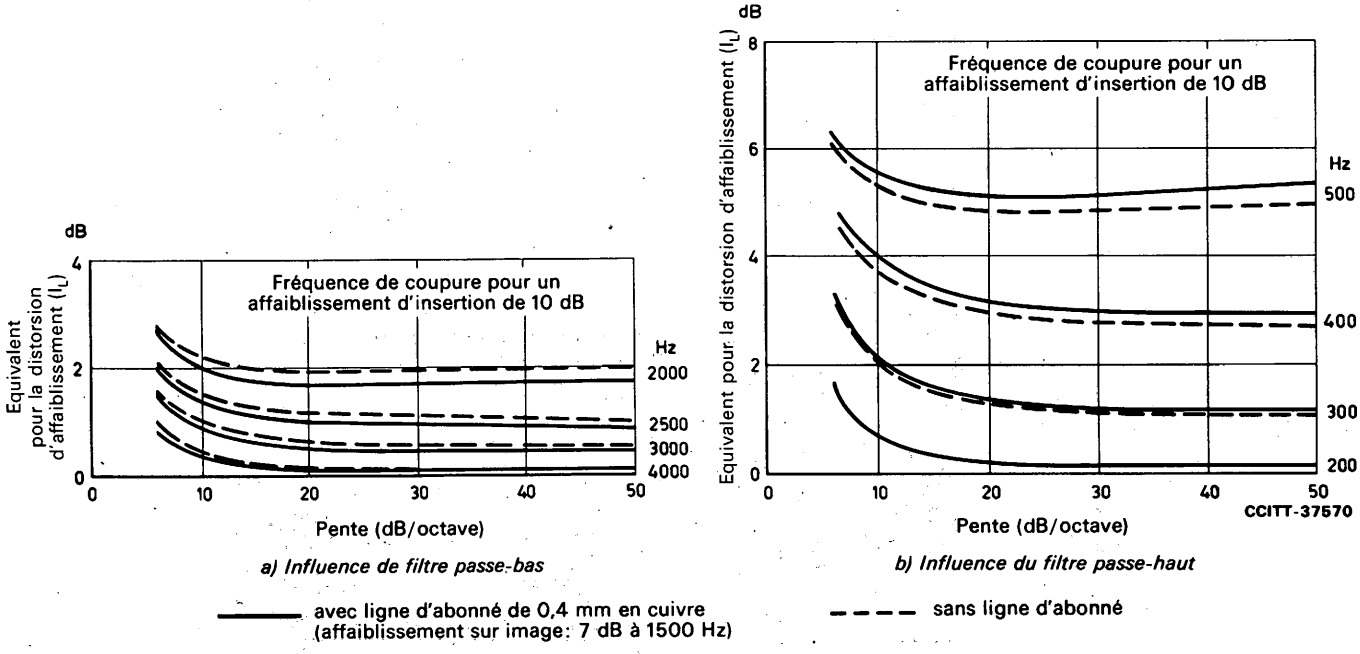


FIGURE B-2/P.11

Influence des filtres passe-bas et passe-haut sur la force des sons

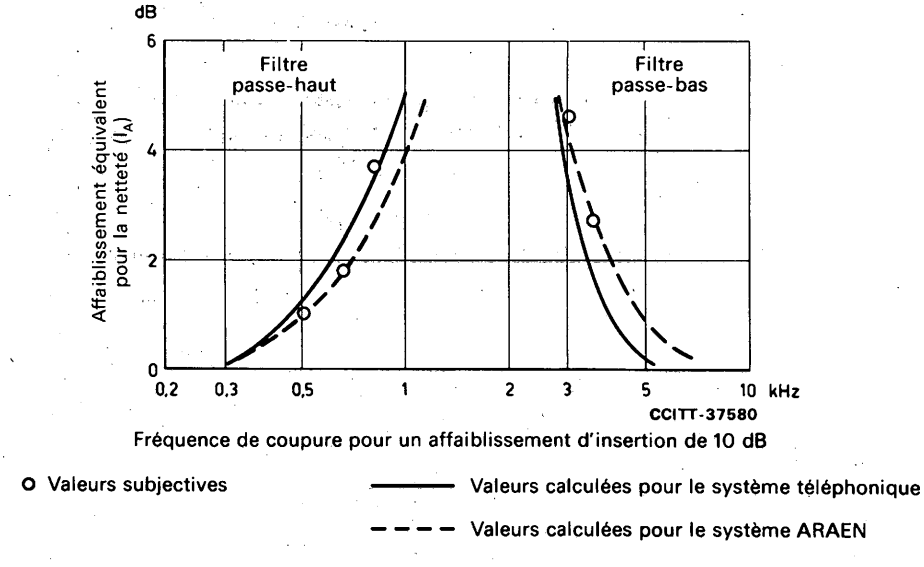
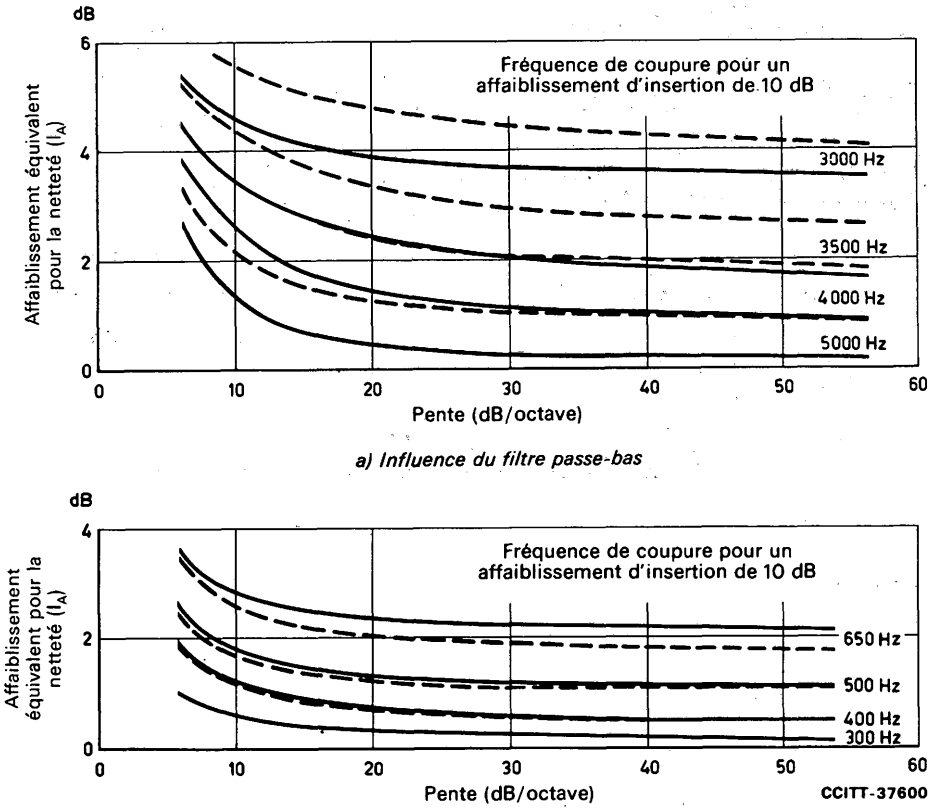


FIGURE B-3/P.11

Influence de la fréquence de coupure sur la netteté



a) Influence du filtre passe-bas

b) Influence du filtre passe-haut

——— Valeurs calculées pour le système téléphonique

– – – – Valeurs calculées pour le système ARAEN

FIGURE B-4/P.11

Influence de la pente des filtres passe-bas et passe-haut sur la netteté

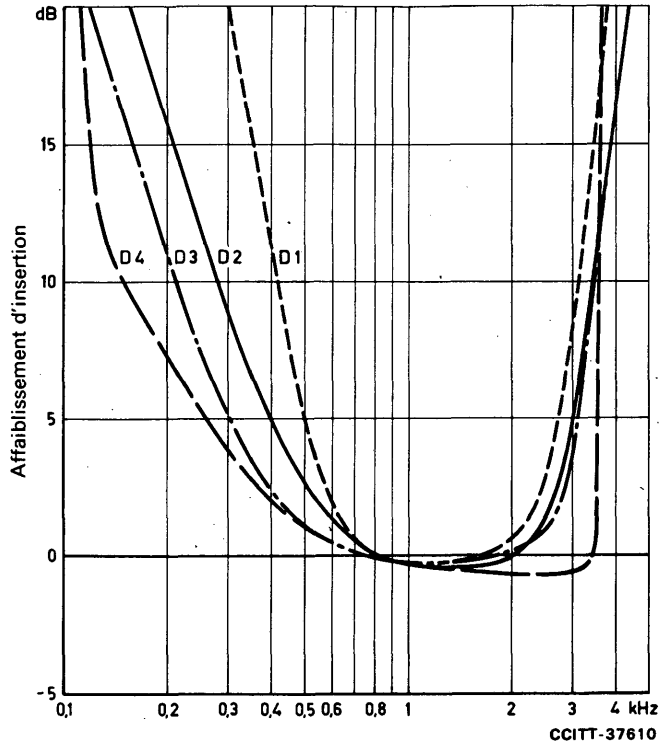
TABLEAU B-1/P.11

Conditions des essais d'opinion

N°	Elément	Essai d'opinion en conversation effectué avec des systèmes téléphoniques locaux	Observations
1	Affaiblissement de jonction	3, 13, 23, 29 dB	Mesuré à 800 Hz
2	Niveau du bruit de circuit	BCI_0 [a] = −48,5 dBmp (14 000 pWp) −54,5 dBmp (3500 pWp) −60,5 dBmp (900 pWp) −78,5 dBmp (14 pWp)	Y compris le bruit de central avec des caractéristiques de spectre de −8 dB par octave
3	Bruit de salle	50 dBA	
4	Extrémité d'émission et extrémité de réception	Systèmes téléphoniques locaux Appareils téléphoniques: modèle 600 Ligne d'abonné: Ø 0,4 mm, 7 dB à 1500 Hz Pont d'alimentation: central Crossbar (220 + 220 ohms) Impédance à la jonction: 600 ohms	ERCE + ERCR = 9,3 dB [b]
5	Distorsion d'affaiblissement	D1, D2, D3, D4 (voir la figure B-5/P.11)	

[a] Bruit de circuit injecté BCI rapporté à l'entrée de l'extrémité de réception d'un appareil téléphonique avec un équivalent de référence corrigé à la réception de 0 dB.

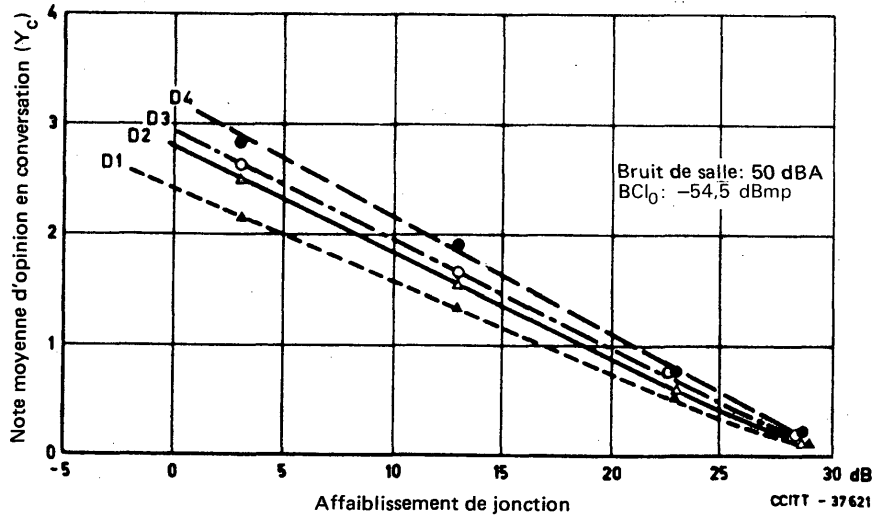
[b] ERCE: équivalent de référence corrigé à l'émission; ERCR: équivalent de référence corrigé à la réception.



D1 Caractéristiques de la chaîne de 12 circuits à quatre fils (limite 95%), fondées sur la figure 1/G.232, graphique n° 2B
D2 Caractéristiques de la chaîne de 12 circuits à quatre fils, fondées sur la figure 1/G.132
D3 Caractéristiques moyennes de D4 et D2
D4 Filtre du SRAEN (Recommandations G.111 et P.11)

FIGURE B-5/P.11

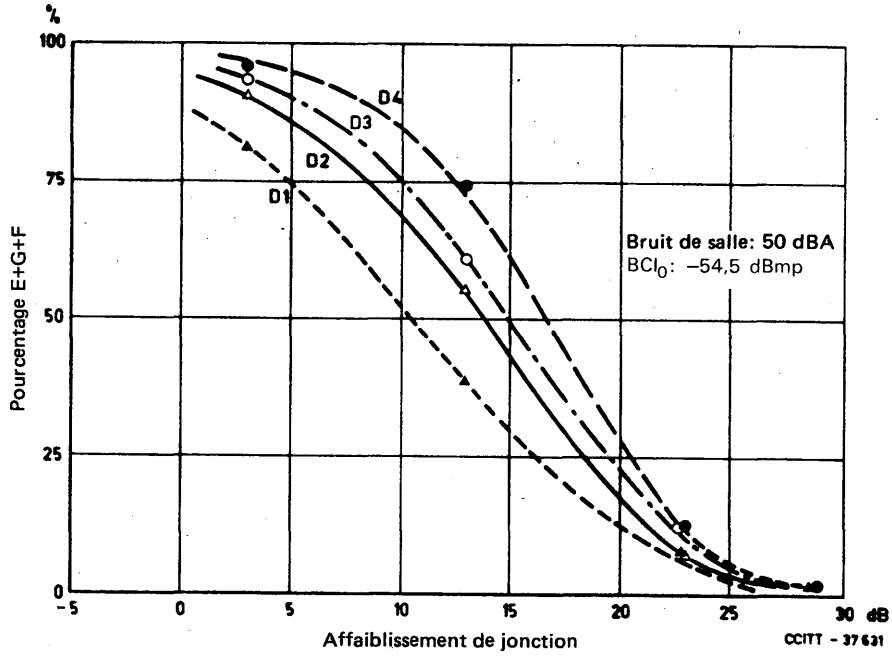
Caractéristiques de la distorsion d'affaiblissement à la jonction de la communication d'essai



BCI Bruit de circuit injecté

FIGURE B-6/P.11

Effet de la distorsion d'affaiblissement sur la note d'opinion en conversation



BCI Bruit de circuit injecté

FIGURE B-7/P.11

Effet de la distorsion d'affaiblissement sur le pourcentage E+G+F dans un essai de conversation

B.3 *Exemples de l'influence des caractéristiques de la distorsion d'affaiblissement*

TABLEAU B-2/P.11

Exemples de méthodes utilisées pour exprimer les caractéristiques de la distorsion d'affaiblissement

Distorsion d'affaiblissement	Paramètres caractéristiques						Affaiblissement équivalent (dB)				
	Fréquences de coupure (Hz)		Pente (dB/oct)		Affaiblissement d'insertion (dB)		Aspect 1		Aspect 2	Aspect 3	
	f_{L10}	f_{H10}	f_{L10}	f_{H10}	à 300 Hz	à 3,4 kHz	I_L	I_A	$I_{2,5}$	I_{Y_C}	$I_{\%FGE}$
D4	150	3500	7,0	300	3,8	0	0	0	0	0	0
D3	210	3400	10,0	31,5	5,2	10	0,8	0,3	–	2,3	1,8
D2	280	3300	10,7	29,1	8,8	10	1,2	0,5	1,8	3,8	2,8
D1	420	3100	22,2	31,1	20,0	15	3,2	2,2	4,2	7,8	6,3

I_L Equivalent pour la distorsion d'affaiblissement (valeur calculée).

I_A Différence d'affaiblissement équivalent pour la netteté pour une netteté des sons de 80% (valeur calculée).

$I_{2,5}$ Différence d'affaiblissement équivalent de la note moyenne d'opinion pour $Y_{LE} = 2,5$.

I_{Y_C} Différence d'affaiblissement équivalent de la note moyenne d'opinion pour $Y_C = 2,5$.

$I_{\%FGE}$ Différence d'affaiblissement équivalent des notes F+G+E (à 50%).

B.4 *Méthode d'évaluation utilisant l'unité de distorsion d'affaiblissement (uda)*

L'unité de distorsion d'affaiblissement (uda) peut servir à évaluer l'effet de distorsion d'affaiblissement. Mais une règle de planification fondée sur son utilisation n'est pas nécessaire.

Remarque – La distorsion d'affaiblissement d'un système numérique est définie par la règle actuelle de planification fondée sur l'emploi d'une unité de distorsion de quantification (udq). En effet, les méthodes utilisées pour assigner les udq à un système numérique tiennent compte de l'effet de distorsion d'affaiblissement, de sorte qu'une règle de planification fondée sur l'emploi d'une uda n'est pas nécessaire.

La définition de la distorsion d'affaiblissement correspondant à une uda est indiquée au tableau B-3/P.11.

TABLEAU B-3/P.11

Définition de la distorsion d'affaiblissement correspondant à une uda

Fréquence (Hz)	Affaiblissement (dB)
200	1,57
300	0,40
400	0,12
500	0,08
600	0,06
800	0,01
1000	0
2000	−0,02
2400	0,05
2800	0,14
3000	0,17
3400	1,04

Remarque – Une caractéristique de l'uda est fondée sur le tableau A-4/G.113.

Les caractéristiques efficacité/fréquence de systèmes téléphoniques locaux (STL) utilisées pour déterminer l'effet des uda sur la qualité de la parole sont indiquées dans le tableau B-4/P.11. Ce sont les caractéristiques du système de référence intermédiaire (SRI) sans l'introduction du filtre SRAEN (système de référence pour la détermination des affaiblissements équivalents pour la netteté). Pour chaque section d'émission et de réception, le SRI doit être utilisé comme section d'émission et de réception du réseau. Pour un poste téléphonique ordinaire, les caractéristiques efficacité/fréquence sont calculées sur la base des caractéristiques du SRI sans filtre SRAEN et converties en uda à l'aide de la méthode d'évaluation de la distorsion d'affaiblissement.

La formule suivante décrit une méthode d'évaluation des caractéristiques de distorsion d'affaiblissement par rapport au nombre d'uda.

$$N = \frac{1}{4}\left(\frac{A'_{300}}{A_{300}} + \frac{A'_{400}}{A_{400}} + \frac{A'_{500}}{A_{500}} + \frac{A'_{3000}}{A_{3000}}\right)$$

dans cette formule:

N est le nombre d'uda

A'_f est la caractéristique de distorsion d'affaiblissement à évaluer à la fréquence f (en dB)

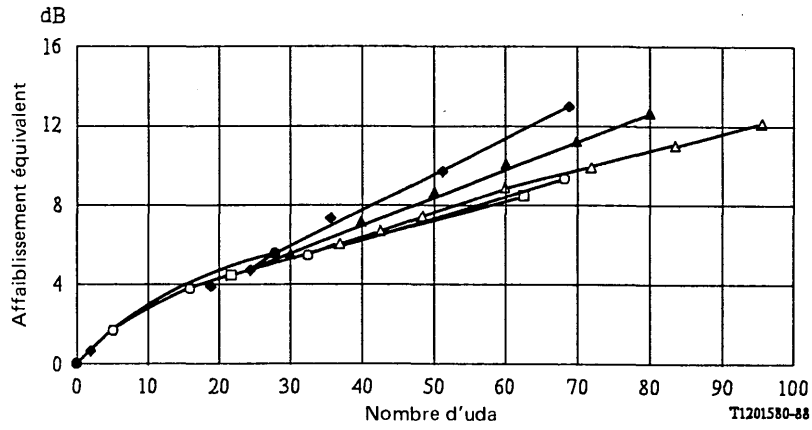
A_f est la distorsion d'affaiblissement correspondant à une uda à la fréquence f (en dB).

La figure B-8/P.11 indique les valeurs de l'affaiblissement équivalent d'opinion pour diverses valeurs d'uda. Si l'on utilise les caractéristiques de fréquence indiquées dans les tableaux B-3/P.11 et B.4/P.11, le point de référence et le nombre d'uda sont calculés par la méthode d'évaluation du nombre d'uda. En se fondant sur la figure B-8/P.11, l'affaiblissement équivalent total est d'environ 0,15 dB par uda et il est proportionnel au nombre d'uda.

TABLEAU B-4/P.11

Caractéristique efficacité/fréquence de systèmes téléphoniques locaux utilisée pour déterminer l'effet des uda

Fréquence (Hz)	Réponse relative (dB)	
	Emission	Réception
100	−22,0	−21,0
125	−18,0	−17,0
160	−14,0	−13,0
200	−10,0	−9,0
250	−6,8	−5,7
315	−4,6	−2,9
400	−3,3	−1,3
500	−2,6	−0,6
630	−2,2	−0,1
800	−1,2	0
1000	0	0
1250	1,2	0,2
1600	2,8	0,4
2000	3,2	0,4
2500	4,0	−0,3
3150	4,3	−0,5
4000	0	−11,0
5000	−6,0	−23,0
6300	−12,0	−35,0
8000	−18,0	−53,0



Origine

- ○ Annexe A de la présente Recommandation
- □ Chine [1]
- △ ATT [2]
- ● NTT [3]
- ◆ NTT [4]
- ▲ Affaiblissement total

Nombre d'uda	0	10	20	30	40	50	60	70	80
Equivalent en sonie du circuit de jonction	0	1,0	1,8	2,4	3,1	3,7	4,3	5,1	5,9
Affaiblissement total	0	3,1	4,8	6,1	7,5	8,9	10,2	11,3	12,7

FIGURE B-8/P.11

Valeur de l'affaiblissement équivalent d'opinion pour diverses valeurs d'uda

ANNEXE C

(à la Recommandation P.11)

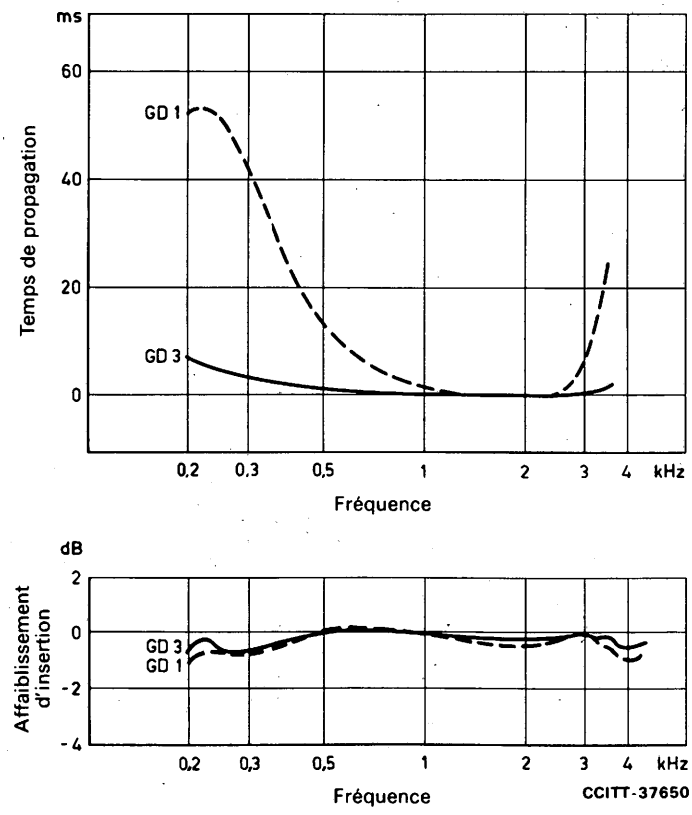
Effet de la distorsion du temps de propagation de groupe sur la qualité de transmission

L'effet de la distorsion de temps de propagation de groupe est qualifié de «tintement» pour les fréquences transmises les plus élevées et de «paroles brouillées» pour les fréquences transmises les plus basses.

L'influence exercée par l'absence de bruit ou de distorsion d'affaiblissement est telle qu'elle rend l'effet manifeste sur toute la gamme des valeurs possibles de l'affaiblissement en sonie global d'une communication.

Cependant, son effet pratique dans une chaîne de circuits à quatre fils ne semble en aucune manière important étant donné qu'une distorsion d'affaiblissement y est habituellement étroitement associée.

Voir les figures C-1/P.11, C-2/P.11 et C-3/P.11.



GD 1 Valeurs pour 95% des chaînes de 12 circuits
GD 3 Valeurs pour circuit moderne type

Remarque - Les conditions d'essai sont les mêmes que pour les essais d'opinion relatifs à la distorsion d'affaiblissement. Les valeurs de la distorsion de temps de propagation de groupe sur la jonction de modélisation des circuits utilisés pour les essais sont calculées sans distorsion d'affaiblissement.

FIGURE C-1/P.11

Distorsion du temps de propagation de groupe à la jonction de la communication d'essai

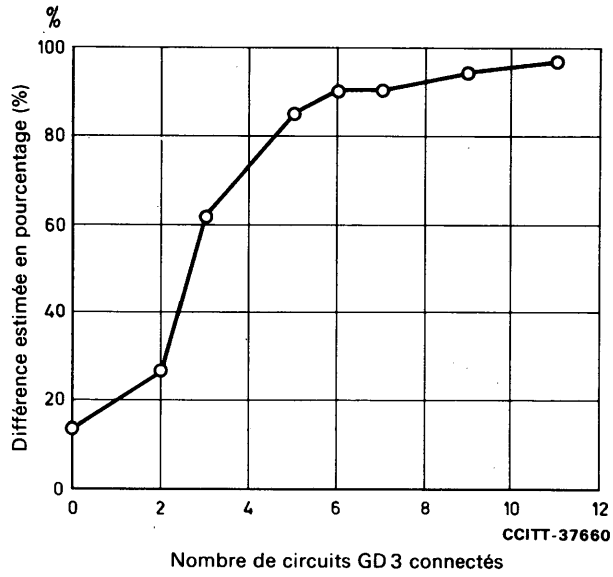
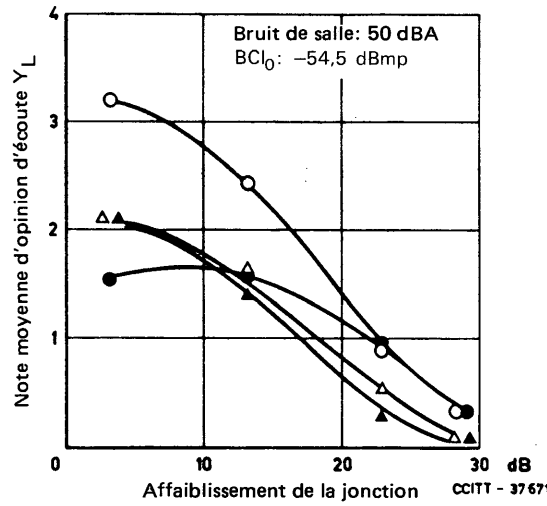


FIGURE C-2/P.11

Détermination de la distorsion du temps de propagation de groupe



Distorsion d'affaiblissement	Temps de propagation de groupe
○ D4	nul
● D4	GD1
△ D1	nul
▲ D1	GD1

FIGURE C-3/P.11

Effet de la distorsion de temps de propagation de groupe sur la note d'opinion à l'audition

ANNEXE D

(à la Recommandation P.11)

Effets des microphones à charbon et des microphones linéaires sur la qualité de transmission

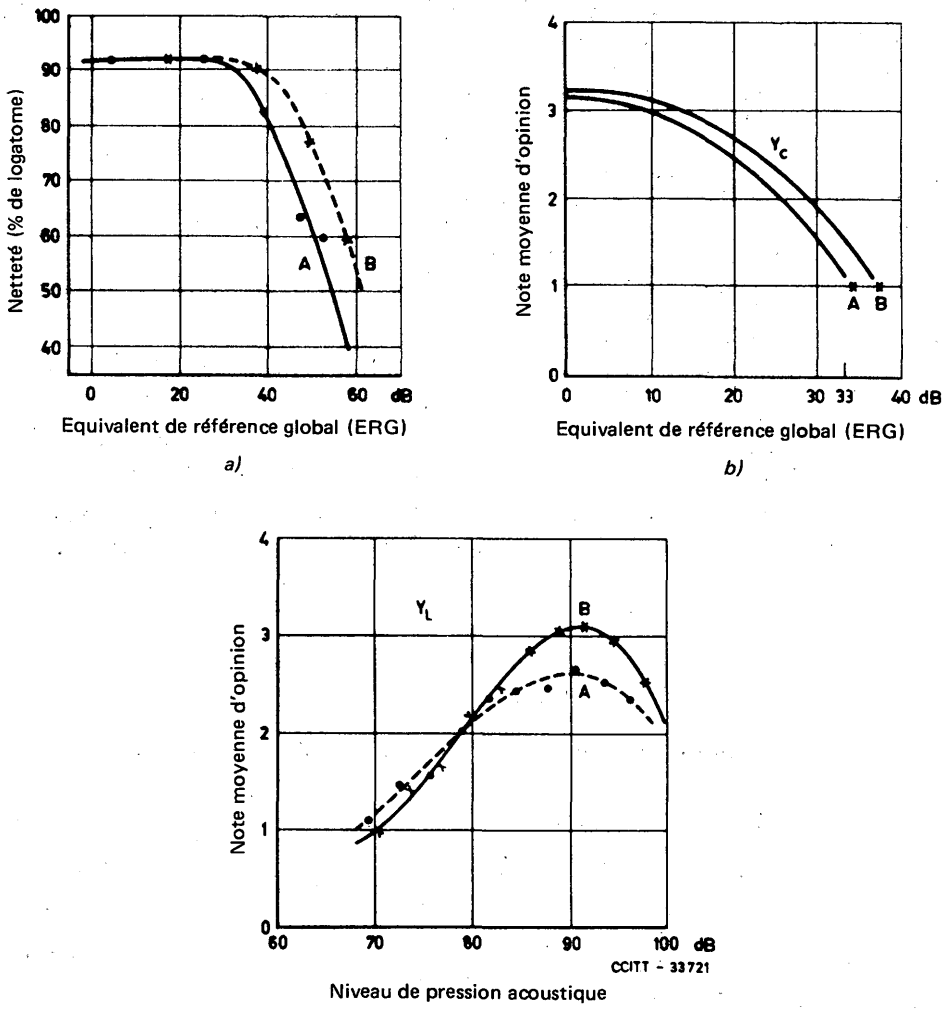
Les renseignements disponibles à propos de la différence de qualité de fonctionnement entre microphones à charbon et microphones linéaires ont été rassemblés. La différence tient non seulement aux écarts observés pour la valeur de la distorsion non linéaire due aux harmoniques et aux produits d'intermodulation, mais encore aux différences de distorsion amplitude/fréquence («distorsion linéaire») et amplitude/amplitude (efficacité en fonction du niveau) entre les deux types de microphone.

La figure D-1/P.11 montre des exemples typiques de résultats obtenus lors d'essais comparatifs. Les diagrammes montrent une qualité de transmission mesurée par la netteté ou les notes moyennes d'opinion (conversation ou écoute uniquement) en fonction de l'équivalent de référence ou du niveau de la parole.

Ces résultats, de sources différentes et obtenus avec diverses marques de microphones, ne permettent pas de tirer des conclusions générales car les effets individuels de la distorsion non linéaire et de l'efficacité en fonction de la fréquence et de l'amplitude ne peuvent pas être dissociés. Néanmoins, les trois exemples font apparaître une certaine amélioration de la qualité de transmission quand on utilise un microphone linéaire au lieu d'un microphone à charbon.

Dans le cas particulier *c)*, l'amélioration est importante au niveau d'écoute optimal tandis que la différence aux niveaux d'écoute réduits est nulle (ou même négative). Dans ces conditions, en présence d'un bruit de salle et avec un affaiblissement dû à l'effet local insuffisant (équivalent de référence pour l'effet local compris entre 1 et 4 dB pour l'essai en question), le fait que le type spécifique de microphone à charbon ait une sensibilité au son inférieure dans le champ acoustique éloigné peut constituer un avantage.

En cas de transmission sur une bande de fréquences plus large que la bande téléphonique classique, en particulier en cas d'écoute par haut-parleur, l'amélioration de la qualité sonore est sans doute plus sensible avec des microphones linéaires qu'avec des microphones à charbon.



A Microphone à charbon
B Microphone linéaire

Remarque — Largeur de bande de 300 à 3400 Hz, bruit de salle 50 dB(A).

FIGURE D-1/P.11

ANNEXE E

(à la Recommandation P.11)

Distorsion de quantification dans les systèmes numériques

Pour planifier un réseau, il est commode d'attribuer des poids appropriés aux processus non normalisés de conversion analogique/numérique, aux couples de multiplexeurs et aux processus qui introduisent un affaiblissement numérique. Une méthode adéquate consiste à considérer qu'une unité de dégradation est attribuée à un couple de codecs «loi A ou loi μ» à 8 bits pour couvrir la distorsion de quantification. Une règle de planification provisoirement approuvée limite à 14 le nombre total des unités de dégradation pour une communication internationale: 5 unités pour chacun des prolongements nationaux et 4 unités pour la chaîne internationale. Cette règle permet d'incorporer 14 processus à 8 bits non intégrés en tandem.

Un modèle d'opinion subjective (voir le Supplément n° 3 à la fin de ce tome) fournit des résultats indiquant que, pour l'ensemble d'une communication avec 14 systèmes à 8 bits non intégrés en tandem, la valeur Q est d'environ 20 dB. Le même modèle indique en outre qu'un système à 7 bits a la même valeur Q[2] qu'environ trois systèmes à 8 bits (on a en effet constaté que l'addition des valeurs Q subjectives pour les systèmes numériques se fait selon une formule en $15 \log_{10}$, c'est-à-dire que deux systèmes numériques avec chacun Q = 24,5 donnent une valeur Q égale à 20 dB lorsqu'ils sont connectés en tandem en mode asynchrone). En attendant de nouveaux renseignements, il est recommandé d'attribuer 3 unités de dégradation (3 unités dq) à un système loi A ou loi μ à 7 bits, ce qui correspond à une estimation prudente de l'effet d'un système à 7 bits sur la qualité de transmission téléphonique.

Les nombres du tableau E-1/P.11 sont provisoirement spécifiés pour l'attribution des unités de dégradation aux fins de la planification. L'attribution est effectuée sur la base de considérations relatives à la téléphonie.

Remarque – Ces conclusions préliminaires sont fondées sur des renseignements limités et les valeurs de pondération attribuées pourront faire l'objet d'une révision si l'on dispose de nouveaux renseignements.

TABLEAU E-1/P.11

Attribution des unités de dégradation pour la transmission téléphonique

Processus	Nombre d'unités de dégradation	Remarques
Un MIC loi A ou loi μ à 8 bits	1	(Remarque 1)
Paire de codecs MIC à 7 bits (loi A ou loi μ)	3	(Remarque 1)
Un complément de ligne numérique réalisé par manipulation des mots de code MIC à 8 bits	1	(Remarque 2)
Un MICDA-V à 32 kbit/s	3,5	(Remarque 3)

Remarque 1 – Dans la perspective générale de la planification, on peut attribuer la moitié de la valeur indiquée à l'une ou à l'autre des extrémités d'émission et de réception.

Remarque 2 – La dégradation indiquée est environ la même pour toutes les valeurs de complément de ligne numérique comprises entre 1 et 8 dB. Le complément de ligne de 6 dB à loi A est une exception car il fait intervenir des dégradations négligeables pour les signaux dont la valeur descend jusqu'à environ −30 dBm0, ayant pour conséquence un nombre d'unités de dégradation de distorsion de quantification nul.

Remarque 3 – MICDA-V signifie MICDA avec prédicteur adaptatif (Recommandation G.721).

[2] Q est le rapport de puissance subjectif parole/bruit corrélé à la parole. Q est défini à l'aide de l'appareil de référence pour la production de bruit modulé (ARBM) (voir la Recommandation P.81). Les méthodes utilisées pour l'évaluation subjective des codecs en utilisant l'ARBM sont indiquées dans le supplément n° 14.

ANNEXE F

(à la Recommandation P.11)

Effets de la distorsion de non-linéarité sur les caractéristiques de transmission

Les effets subjectifs de la distorsion de non-linéarité sur la parole réelle dépendent dans une grande mesure de la forme exacte de la non-linéarité, mais la figure F-1/P.11 donne quelques indications sous forme de notes moyennes d'opinion obtenues à la suite d'essais subjectifs réels pour deux formes de non-linéarité généralisée, les non-linéarités quadratique et cubique, effectués par BNR en 1982 et 1986 et par la NTT en 1986.

Le principal point à noter est que, pour une valeur de distorsion données (exprimée en pourcentage de la distorsion harmonique d'un signal sinusoïdal ayant le même niveau efficace que la parole), l'effet subjectif d'une non-linéarité cubique est considérablement plus grave que celui d'une non-linéarité quadratique.

Les données de la figure F-1/P.11 résultent d'expériences utilisant un trajet locuteur-auditeur et ne s'appliquent pas forcément à la distorsion de non-linéarité qui se produit dans un trajet d'effet local pour le locuteur, où intervient un effet de masque du signal vocal sans distorsion.

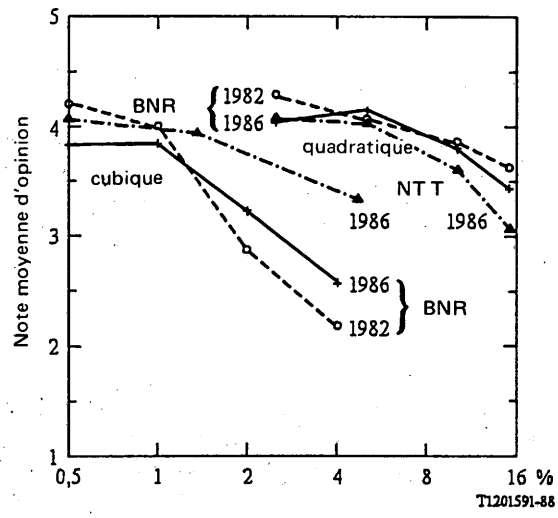


FIGURE F-1/P.11

Evaluation subjective de la distorsion de non-linéarité

Références

[1] CCITT – Contribution COM XII-N° 46, période d'études 1981-1984.

[2] CCITT – Contribution COM XII-N° 84, période d'études 1981-1984.

[3] CCITT – Contribution COM XII-N° 88, période d'études 1981-1984.

[4] CCITT – Contribution COM XII-N° 173, période d'études 1981-1984.

EFFETS SUBJECTIFS DE LA DIAPHONIE DIRECTE SEUILS D'AUDIBILITÉ ET D'INTELLIGIBILITÉ

(Genève, 1972; modifiée à Genève, 1976, 1980; Malaga-Torremolinos, 1984; Melbourne, 1988)

1 Facteurs qui infuent sur les seuils de diaphonie

Le degré d'audibilité et d'intelligibilité du signal diaphonique dépend d'un grand nombre de facteurs.

Les facteurs qui influencent principalement l'intelligibilité du signal vocal diaphonique sont cités ci-après:

1.1 *Qualité de transmission des appareils téléphoniques*

Les équivalents pour la sonie à l'émission et à la réception sont déterminants. Il en est de même de l'affaiblissement d'effet local en présence d'un bruit de salle. On suppose que des appareils téléphoniques modernes avec des caractéristiques de fréquences régulières sont utilisés.

1.2 *Bruit de circuit*

On doit tenir compte du bruit de circuit sur la communication perturbée. Le niveau de ce bruit est mesuré à l'aide d'un psophomètre muni d'un réseau de pondération pour circuits téléphoniques, ainsi que le décrit la Recommandation O.41.

1.3 *Bruit de salle*

Le bruit de salle agit sur l'oreille, directement par les fuites qui se produisent dans le pavillon entre l'oreille et l'écouteur, et indirectement par l'effet local. L'effet local dépend aussi des conditions d'exploitation. Contrairement au bruit de circuit, l'influence du bruit de salle peut être réduite dans une certaine mesure par l'usager du téléphone. Pour cette raison et pour tenir compte des cas défavorables, les mesures d'audibilité de la diaphonie ont été effectuées avec un bruit de salle faible et aussi avec un bruit de salle négligeable. Le seuil d'audibilité étant très sensible aux effets de masque, on entend par bruit de salle «négligeable» un niveau de bruit très inférieur à 10 dBA. Le niveau de bruit relativement bas de 40 dBA a un très net effet de masque et il peut donc constituer un exemple de bruit de salle «faible».

1.4 *Bruit de l'appareil téléphonique*

Outre les effets de masque sur la diaphonie par le bruit de circuit et le bruit de salle, le bruit interne de l'appareil téléphonique dans la communication perturbée doit être pris en compte. Dans les appareils téléphoniques modernes, ce bruit est engendré par les circuits électroniques (amplificateurs et autres), dans les appareils anciens ce bruit est dû au microphone à charbon. Le bruit interne peut s'exprimer et être traité comme un circuit équivalent.

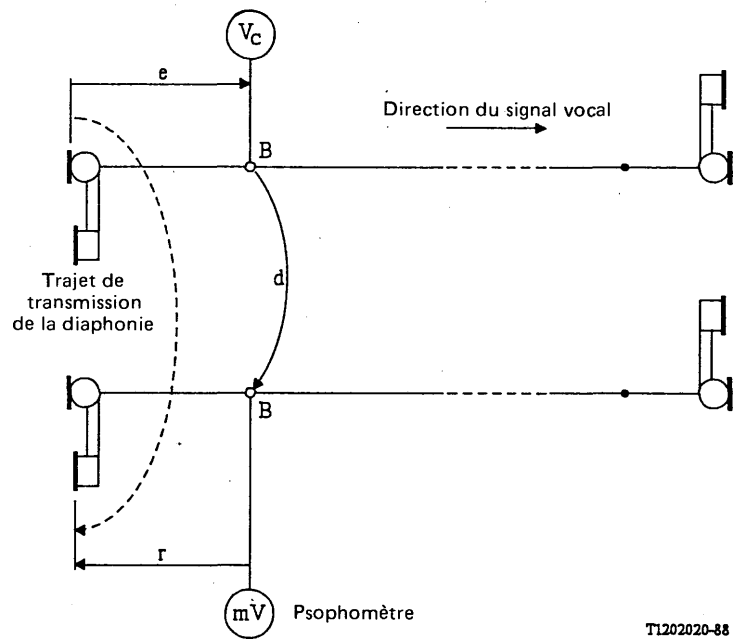
1.5 *Conversation sur le circuit perturbé*

Durant une phase active de parole sur le circuit perturbé, une diaphonie de niveau normal est inaudible. Toutefois, avant que la conversation s'engage ou au cours de pauses de longue durée, il se peut que la diaphonie soit entendue et peut-être comprise. Il serait en général peu judicieux de se fonder sur l'hypothèse selon laquelle il y aurait constamment conversation sur le circuit perturbé; c'est pourquoi les renseignements donnés dans la présente Recommandation sont fondés sur l'hypothèse dans laquelle il n'y a pas de conversation sur le circuit perturbé.

1.6 *Couplage diaphonique*

L'intelligibilité d'un signal diaphonique vocal dépend largement de la nature du couplage diaphonique, qui est généralement fonction de la fréquence.

L'équivalent pour la sonie (ES) du trajet de transmission diaphonique – du signal vocal présent sur la ligne perturbatrice au poste d'abonné qui subit la perturbation – peut être divisé en affaiblissement en sonie du trajet de diaphonie de la ligne perturbatrice à la ligne perturbée et en équivalent pour la sonie à la réception du poste d'abonné perturbé. Cette subdivision est illustrée à la figure 1/P.16.



e Equivalent pour la sonie à l'émission du poste d'abonné perturbateur;
r Equivalent pour la sonie à la réception du poste d'abonné perturbé;
d Affaiblissement en sonie du trajet de diaphonie;
B Bornes du poste d'abonné;
V_c Niveau de conversation.
Postes d'abonné perturbateur et perturbé du même côté: paradiaphonie.
Poste d'abonné perturbateur d'un côté et poste perturbé de l'autre: télédiaphonie.

FIGURE 1/P.16

Subdivision du trajet de transmission de la diaphonie

Pour un niveau vocal donné V_c, l'intelligibilité du signal diaphonique dépend de l'équivalent pour la sonie $d + r$. Le § A.4.4.4 de la Recommandation G.111 définit l'équivalent pour la sonie à la réception pour la diaphonie (ESRD) comme:

$$ESRD = ESR(poste) + A_d$$

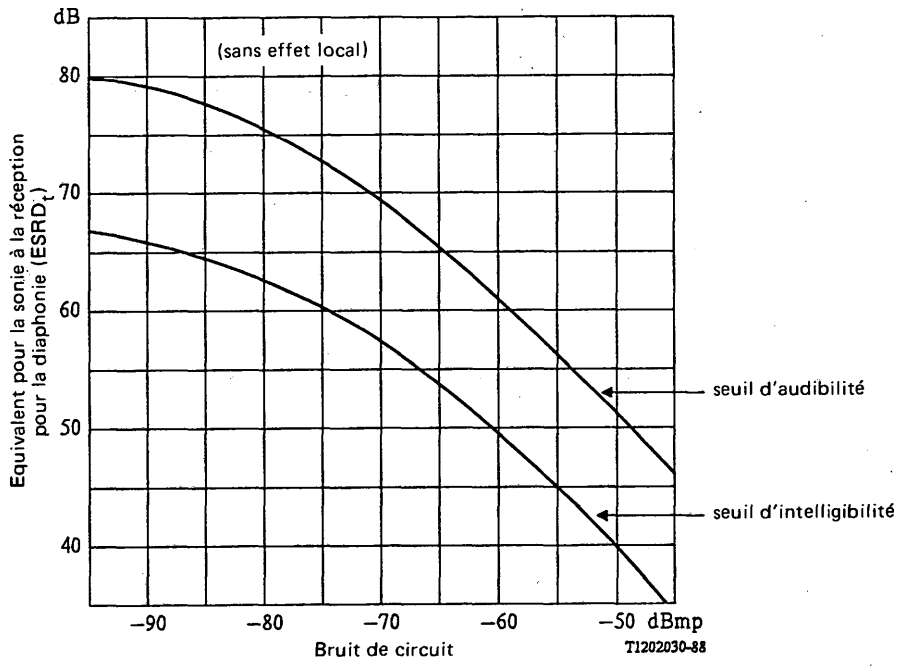
ESR(poste) se référant au poste téléphonique perturbé.

La diaphonie A_d est calculée comme un équivalent pour la sonie en donnant à l'exposant m la valeur 1 qui est valide au voisinage du seuil d'audibilité.

En l'absence de nouvelles informations, la valeur de A_d peut être approximativement prise comme l'affaiblissement mesuré ou calculé à la fréquence de 1020 Hz.

2 Valeurs médianes du seuil d'audibilité et d'intelligibilité de la diaphonie vocale pour la personne qui écoute

Les courbes de la figure 2/P.16 représentent l'équivalent pour la sonie de la diaphonie à la réception correspondant aux seuils d'audibilité et d'intelligibilité, en fonction du bruit de circuit. Pour la planification, il est recommandé de considérer le bruit de salle comme négligeable, ce qui correspond à la condition la plus défavorable.



Note 1 – Le bruit de circuit est rapporté aux bornes de l'appareil téléphonique de l'abonné. On suppose que le bruit de salle est négligeable.

Note 2 – Le niveau vocal sur la ligne perturbatrice est supposé être un niveau de parole active de −18 dBV.

FIGURE 2/P.16

Valeur de seuil pour l'équivalent pour la sonie à la réception pour la diaphonie en fonction du bruit de circuit

Le critère de seuil d'audibilité est que la présence d'un signal vocal est à peine décelable mais qu'aucune partie de la conversation n'est compréhensible. Le critère du seuil d'intelligibilité est que des mots isolés ou des expressions sont parfois compréhensibles quand on écoute une conversation.

Les courbes de seuil représentent des valeurs médianes pour les deux critères; dans chaque cas, 50% des opinions des abonnés se trouvent respectivement au-dessus et au-dessous de la courbe correspondante. On a observé que l'écart type pour les personnes qui écoutent se trouve dans l'intervalle de 4 à 6 dB et, pour la planification, il est recommandé de prendre une valeur de 5 dB. Les courbes de réponse type pour un large éventail d'auditeurs pour les critères de seuil font l'objet de la figure 3/P.16 (aucun bruit de circuit). La différence d'ESRD entre les deux courbes est d'environ 12 dB.

Les résultats des premières expériences (qui sont à la base des courbes de la figure 2/P.16) sont exprimés sous forme de niveaux vocaux (par exemple, en unités de volume (UV) et, sur cette base, ils présentent une concordance satisfaisante.

Or, les versions antérieures de la Recommandation P.16 étaient fondées sur l'hypothèse d'une relation fixe entre l'équivalent pour la sonie à l'émission et le niveau de la parole sur la ligne. Mais cette hypothèse impliquait une correction de l'ordre de 11 dB, en sorte qu'elle n'était pas justifiée. De plus, les niveaux de la parole étaient exprimés en unités de volume qui semblent systématiquement différer lorsqu'ils sont mesurés dans différents pays sur des échantillons de paroles identiques. En conséquence, on admet par hypothèse un niveau de parole fixe sur la ligne perturbée, indépendamment de l'équivalent pour la sonie à l'émission (ESE) de ce circuit.

Les valeurs de seuil indiquées à la figure 2/P.16 sont fondées sur l'hypothèse que le niveau de la parole V_c en conditions normales de conversation est de −18 dBV pour la parole active (mesuré conformément à la Recommandation P.56) aux bornes du poste téléphonique perturbateur. Cette valeur est la moyenne évaluée du niveau de conversation dans de nombreux pays à l'extrémité d'émission des communications présentant un équivalent global pour la sonie (EGS) relativement élevé (entre la valeur optimale et la valeur maximale autorisée).

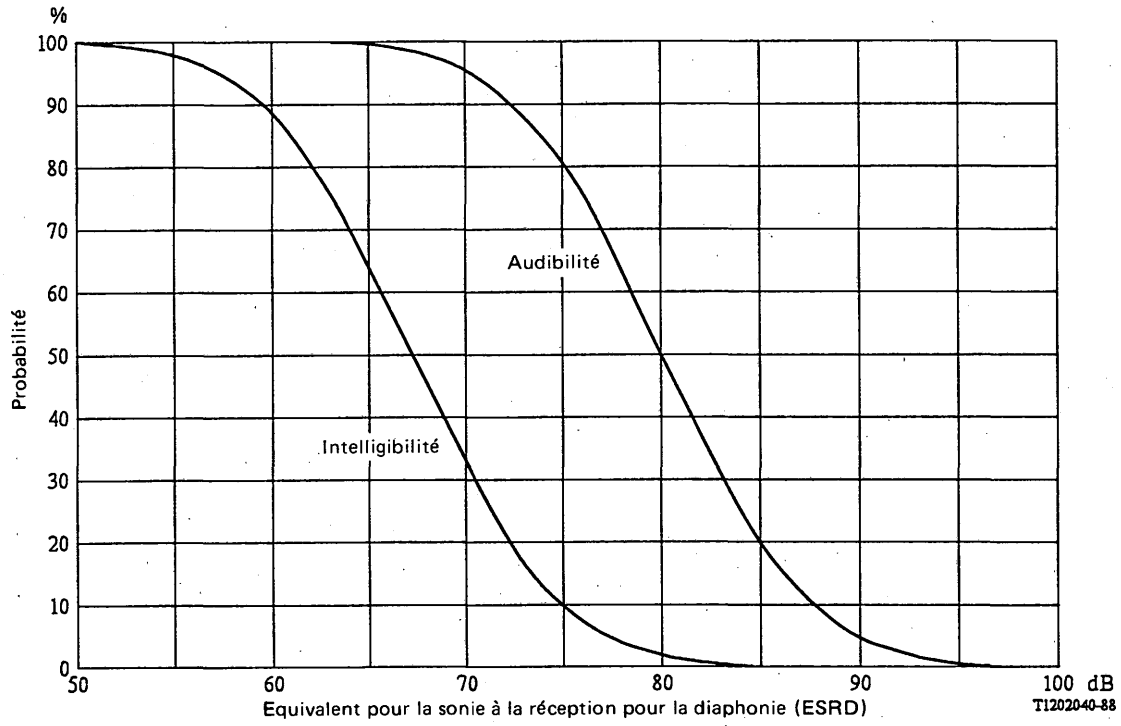


FIGURE 3/P.16

Distribution pour l'auditeur des équivalents pour la sonie à la réception pour la diaphonie nécessaire pour les définitions des différents seuils

L'écart type des niveaux de conversation est relativement grand. Aux fins du calcul, il convient d'utiliser une valeur $\sigma = 5$ dB.

Pour calculer la valeur du seuil pour un niveau de conversation autre que -18 dBV, il faut corriger la valeur de seuil de l'équivalent pour la sonie à la réception du trajet de diaphonie ($ESRD_t$) du montant de la différence, compte tenu de son signe (des niveaux plus élevés exigent des valeurs d'ESRD plus élevées et vice-versa).

La valeur d'$ESRD_t$ est la somme de l'affaiblissement en sonie du trajet de diaphonie et l'équivalent pour la sonie pour la réception sur la ligne perturbée. Pour obtenir l'affaiblissement en sonie du trajet de diaphonie, A_d pour une valeur de seuil donnée, la valeur ESR (poste) doit être soustraite.

En général, quels que soient le niveau et l'équivalent pour la sonie à la réception, on obtient A_d à partir de la figure 2/P.16 sous la forme:

$$A_d = ESRD_t - ESR(poste) + (18 + V_c)$$

3 Effets de bruit de salle

Le bruit de salle atteint l'oreille de l'auditeur par fuite sous le pavillon du combiné téléphonique et par le trajet d'effet local. Pour un effet local donné, le bruit de salle peut être converti en bruit de circuit équivalent au moyen d'un modèle de transmission comme celui décrit dans le supplément n° 3 placé à la fin du présent tome. Une famille de courbes de conversion ayant pour paramètre l'affaiblissement pour l'effet local se trouve à la figure 2 de ce supplément.

A titre d'exemple, avec un affaiblissement pour l'effet local relativement élevé (comme celui utilisé dans la version précédente de la Recommandation P.16) un niveau de bruit de salle de 40 dBA équivaut à un niveau de bruit de circuit de -85 dBmp. Ce niveau de bruit réduit la valeur seuil d'ESRD d'environ 8 dB. Une réduction supplémentaire est dans la plupart des cas causée par une fuite du pavillon de l'écouteur.

Cependant, l'importance de cet effet n'est en général pas prévisible, du fait qu'il dépend à la fois de la conformation du pavillon et du comportement de l'abonné.

4 Probabilité de diaphonie

Si les courbes de la figure 2/P.16 présentent les valeurs médianes pour les diverses conditions de bruit, celles de la figure 3/P.16 représentent la probabilité de diaphonie audible ou intelligible en pourcentage en cas de bruit négligeable. Des courbes de probabilité similaires peuvent être obtenues à partir des valeurs médianes pour toute caractéristique de bruit de circuit au moyen de distributions cumulatives normales avec un écart type de 6 dB.

Dans un cas plus général, il convient d'ajouter aussi la variance du locuteur. Le niveau de parole moyen utilisé pour les calculs peut être choisi plus faible que celui, relativement élevé, supposé à la figure 2/P.16, par exemple -20 dBV, ce qui est plus proche du niveau moyen dans le réseau. L'annexe A donne un exemple de ce calcul de probabilité globale.

Les valeurs de seuil de l'équivalent pour la sonie du trajet de diaphonie données dans la présente Recommandation peuvent être utilisées de différentes façons. Une interprétation possible consiste à exiger de toutes les communications téléphoniques normales (c'est-à-dire à l'exclusion des communications défectueuses) qu'elles donnent lieu à des conditions de diaphonie situées entre les deux critères de seuil. Cela signifie que d'un côté il est inutile d'exiger un affaiblissement diaphonique plus grand que celui qui correspond au seuil d'audibilité et que de l'autre côté le seuil d'intelligibilité doit être respecté.

Autre interprétation: on fixe les conditions requises de telle sorte qu'il existe une faible probabilité (par exemple 5%) qu'une diaphonie intelligible soit constatée avec un bruit de salle négligeable et avec le plus faible niveau de bruit de circuit rencontré dans le réseau. Dans la pratique, les conditions de bruit sont plus favorables, en ce sens que la diaphonie est très souvent masquée par le bruit de salle et de circuit au point de devenir inaudible. Pour la moyenne de toutes les communications, le risque de diaphonie intelligible sera donc beaucoup plus faible que le pourcentage donné pour le cas le plus défavorable.

Les conditions de diaphonie requises ne sont pas nécessairement les mêmes dans toutes les parties du réseau. Bien que la garantie du secret téléphonique soit primordiale, l'abonné est probablement plus enclin à juger sévèrement la diaphonie affectant une communication locale établie dans son voisinage immédiat, puisque dans ce cas une indiscrétion due à la diaphonie pourrait avoir pour lui des inconvénients d'ordre social. Le problème de la «diaphonie sociale» est évoqué en [1].

Dans la pratique, la simultanéité de l'émission sur la ligne perturbatrice et de l'écoute sur la ligne perturbée (pendant un arrêt de la conversation) n'est pas présente dans tous les cas. On trouvera des renseignements sur ce sujet ainsi que sur la façon de calculer ces probabilités en [2].

A titre indicatif, la probabilité qu'un abonné subisse une diaphonie éventuellement intelligible ne doit pas être supérieure à:

- 1 pour 1000: communications d'un même central,
- 1 pour 100 : autres communications.

Remarque – La Recommandation G.105 donne les éléments de base du calcul de la probabilité de diaphonie en général.

ANNEXE A

(à la Recommandation P.16)

Exemple de calcul de probabilité

On peut calculer la probabilité de comprendre des mots d'une conversation surprise par diaphonie pour un auditeur choisi au hasard dans une population d'abonnés. Le résultat de ce calcul peut servir de base pour établir des règles concernant en particulier l'affaiblissement diaphonique minimum nécessaire entre lignes d'abonné d'un réseau national.

Afin de présenter la méthode d'utilisation de l'information donnée dans la présente Recommandation pour calculer la probabilité d'apparition de la diaphonie (intelligible), on peut faire les hypothèses suivantes:

Niveau moyen de la parole $V_c = -20$ dBV;

Equivalent pour la sonie à la réception des appareils téléphoniques $ESR(poste) = -6$ dB;

Pas de bruit de salle ou de circuit;

Ecart type des niveaux de la parole $\sigma_T = 5$ dB;

Ecart type de la distribution des réactions des auditeurs $\sigma_L = 6$ dB;

Ecart type de $ESR(poste)$ $\sigma_S = 1$ dB.

La valeur de seuil de l'intelligibilité de la diaphonie sans bruit, d'après la figure 2/P.16 est $ESRD_t = 67$ dB.

Conformément à la formule à la fin du § 2 et moyennant les hypothèses ci-dessus, l'affaiblissement de sonie médiane requise sur le trajet diaphonique devient:

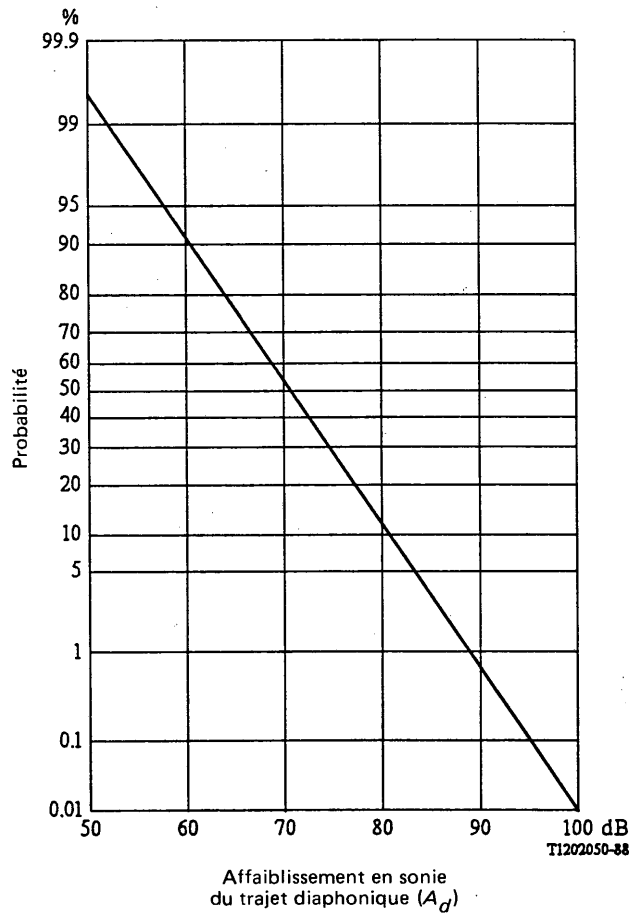
$$A_d = 67 + 6 - 2 = 71 \text{ dB}$$

L'écart type total de la fonction de probabilité est

$$\sqrt{\sigma_T^2 + \sigma_L^2 + \sigma_S^2} = 7{,}87 \text{ dB}$$

Avec ces valeurs de A_d et de σ, une fonction de distribution normale cumulative du type de la figure A-1/P.16 peut être tracée. Elle indique la probabilité qu'un auditeur comprenne des mots provenant d'une diaphonie pour une valeur donnée d'affaiblissement en sonie du trajet diaphonique. Par exemple, pour $A_d = 75$, la probabilité est de 30%. En revanche, pour obtenir une probabilité de 5% seulement, un affaiblissement en sonie du trajet diaphonique de 84 dB devra être obtenu. Pour une probabilité de 1%, il faut prévoir un affaiblissement de 89 dB et pour une probabilité de 0,1%, un affaiblissement de 95 dB.

Ce calcul repose sur des valeurs types du niveau local et de l'efficacité à la réception en l'absence de bruit. Des calculs similaires sont faciles à faire avec d'autres données, en incluant aussi les effets du bruit. Pour faire une évaluation réaliste de la probabilité de diaphonie intelligible pour les abonnés en général, une certaine distribution statistique du bruit de circuit (voire du bruit de salle dans les locaux de l'abonné) devra être admise par hypothèse.



V_c moyen = –20 dBV; ESR (poste) = –6 dB; écart type = 7,9 dB.

FIGURE A-1/P.16

Probabilité de comprendre des mots d'une conversation entendue, en fonction de l'affaiblissement diaphonique (pondéré) A_d

Références

[1] WILLIAMS (H.), SILCOCK (H. W.) et SIBBALD (D.): Social crosstalk in the local area network, *El. Comm.* vol. 49, N° 4, Londres, 1974.

[2] LAPSA (P. M.): Calculation of multidisturber crosstalk probabilities, *BSTJ* vol. 55, N° 7, New York, 1976.

SECTION 2

LIGNES ET POSTES D'ABONNÉ

Recommandation P.30

CARACTÉRISTIQUES DE TRANSMISSION APPLICABLES AUX TERMINAUX AUDIO POUR GROUPE DE PERSONNES (TAGP)

(Melbourne, 1988)

1 Introduction

Les terminaux audio pour groupe de personnes (TAGP) sont des terminaux qui ont été spécialement conçus pour être utilisés par plusieurs usagers.

La désignation TAGP englobe un grand nombre de produits allant du téléphone mains libres lorsqu'il est utilisé par plusieurs usagers jusqu'au studio de téléconférence beaucoup plus complexe.

Le CCITT recommande que les TAGP satisfassent aux spécifications de la présente Recommandation [1].

Les TAGP doivent aussi être conformes à la Recommandation P.34 en ce qui concerne la sonie lorsqu'ils sont raccordés au réseau téléphonique. La Recommandation P.34 peut également s'appliquer lorsqu'ils utilisent des circuits à activation par la voix. Ils sont sensibles aux caractéristiques acoustiques du lieu où ils sont utilisés et peuvent faire appel à des dispositifs perfectionnés de traitement de l'écho acoustique.

Les TAGP de la première génération seront essentiellement utilisés sur des réseaux numériques à 4 fils; ils utiliseront l'algorithme de codage des signaux vocaux à large bande décrit dans la Recommandation G.722. Il est urgent de définir les spécifications de ces terminaux en se fondant éventuellement sur la présente Recommandation.

Une configuration type d'un TAGP est donnée à la figure 1/P.30.

Un terminal de ce type comprend un ou plusieurs microphones, un ou plusieurs haut-parleurs, un dispositif d'amplification à l'émission et à la réception et, éventuellement, un système de commande et de mélange de sources sonores vers les haut-parleurs et à partir des microphones, un codec pour les réseaux numériques, un dispositif de traitement du gain à activation par la voix et un dispositif de traitement de l'écho.

L'emplacement où le TAGP est utilisé joue un rôle très important. Plusieurs mesures définies dans la présente Recommandation doivent être réalisées sur le lieu même où le TAGP sera utilisé. Ce sont les mesures «in situ». Elles doivent être faites avec l'équipement complet dans la salle de conférence mais sans participant.

La Recommandation est subdivisée en trois parties:

- spécifications d'interconnexion;
- spécifications de transmission;
- spécifications de l'extrémité proche.

---

[1] Les spécifications de la présente Recommandation doivent faire l'objet de futures améliorations et par conséquent doivent être considérées comme provisoires.

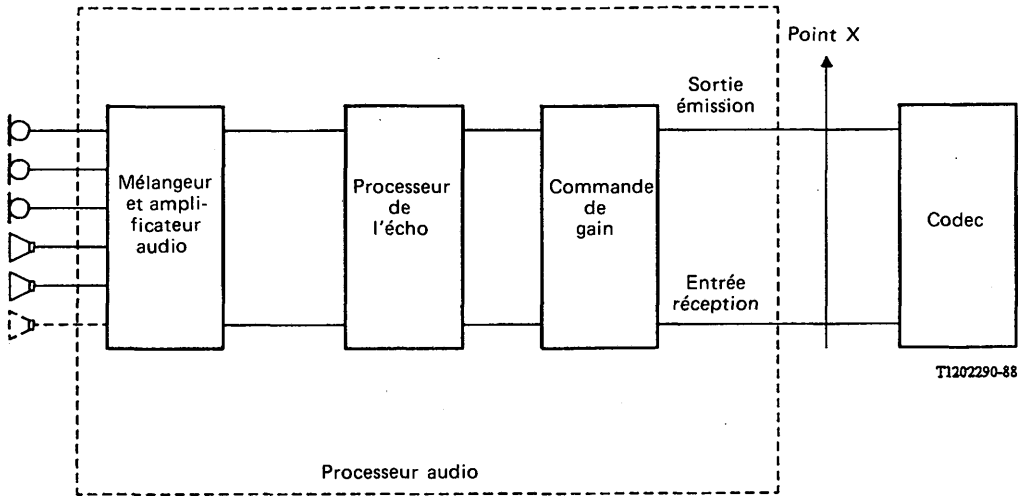


FIGURE 1/P.30

Configuration d'un terminal audio pour groupe de personnes

Deux signaux d'essai sont utilisés dans la présente Recommandation, à savoir:

- un signal d'essai acoustique tel que défini dans la Recommandation P.50 (voir la remarque): c'est-à-dire voix artificielle définie dans la Recommandation P.50, produite par une source sonore (bouche artificielle) décrite au § 2 de la Recommandation P.51;
- un signal d'essai électrique dont le spectre à long terme est identique au signal acoustique et qui, lorsqu'il est appliqué par une source ayant une impédance résistive interne adaptée, donne un niveau de −22 dBV.

Les deux signaux d'essai sont filtrés dans la largeur de bande du système de transmission.

Remarque – Le signal acoustique préféré qu'il convient d'utiliser dans les mesures pour l'alignement audio est défini dans la Recommandation P.50. Cependant, d'autres signaux tels que le bruit modulé par la voix ou le bruit rose peuvent être utilisés dans certaines applications.

2 Spécifications d'interconnexion

Il s'agit là des spécifications de base applicables à un TAGP devant être connecté à un réseau et devant permettre la communication entre plusieurs emplacements distincts.

2.1 *Efficacité à l'émission*

2.1.1 *TAGP à large bande*

Pour les applications à large bande, les caractéristiques de transmission de la voie audio doivent être conformes à la Recommandation G.722.

2.1.1.1 *Réglage de la partie émission*

La source sonore est placée au bord de la table de conférence, sur la ligne médiane de chaque position participant à la conférence, comme défini dans la Recommandation P.34 (voir la figure 3/P.34) et délivre un signal conforme à la Recommandation P.64 (c'est-à-dire −4,7 dBPa au point de référence bouche).

Pendant le réglage de la partie émission, les microphones du TAGP doivent être placés sur la table, comme en utilisation réelle.

La commande de gain du microphone doit être réglée pour obtenir, pour chacune des positions de la source, un niveau sur la ligne de sortie de −22 dBV (± 2) au point X (voir la figure 1/P.30); on suppose que le signal recommandé dans la Recommandation P.50 est utilisé. Cette valeur tient compte des valeurs suivantes: 18 dB pour le facteur de crête du signal de parole, 6 dB pour les variations entre locuteurs et les variations dues aux mouvements des participants à la conférence.

2.1.2 *TAGP reliés au réseau téléphonique public commuté*

Ces terminaux doivent satisfaire aux dispositions de la Recommandation P.34.

2.2 *Essai de stabilité*

Le TAGP doit disposer d'une marge de stabilité minimale de 3 dB lorsque les liaisons haut-parleur et microphone sont mises en boucle au point de référence X de la figure 1/P.30 et que la source sonore est activée de la manière décrite au § 2.1.

Au cours de la mesure, la commande de volume doit être dans sa position maximale.

3 Spécifications de qualité de transmission

Ces spécifications limitent les dégradations introduites sur un réseau par un TAGP.

3.1 *Spécifications électroacoustiques*

3.1.1 *Microphone*

Les caractéristiques électroacoustiques des microphones doivent être conformes à la Publication 581-5 de la CEI.

3.1.2 *Mesures dans les bandes d'octave*

Il est recommandé de mesurer «in situ» la caractéristique de réponse en fréquence globale à l'émission. Cette mesure correspond à la différence entre les spectres d'octave du signal électrique à l'interface X et l'excitation acoustique au point de référence bouche. La bouche artificielle est placée comme indiqué au § 2.1.1.

Afin d'éviter de trop grandes fluctuations de la réponse en fréquence du système et puisque les mesures sont faites sur place, il est recommandé de les faire dans les bandes d'octave, dans la gamme de 125 Hz à 4 kHz.

La somme des différences absolues entre les valeurs mesurées et leur moyenne devrait être aussi basse que possible. On peut atteindre dans la pratique une valeur de 10 dB.

3.2 *Caractéristiques d'écho*

3.2.1 *Limitation de l'écho acoustique*

Pour obtenir une limitation satisfaisante de l'écho acoustique, il est nécessaire que le processeur audio soit doté d'un annuleur d'écho ou d'un suppresseur d'écho. Il est recommandé d'utiliser la technique d'annulation d'écho si l'on souhaite obtenir la qualité vocale la plus élevée. Cependant, il est recommandé de toujours compléter l'annulation d'écho par une légère suppression d'écho afin d'éviter la transmission inutile de bruits de salle lorsque aucun locuteur ne parle. Cette condition doit être satisfaite en particulier en cas de conférences multiples.

3.2.2 *Affaiblissement d'adaptation pour l'écho*

L'affaiblissement d'adaptation pour l'écho du système audio doit être mesuré au point de référence X de la figure 1/P.30, la commande de volume étant dans sa position maximale. Lorsque le signal d'essai électrique spécifié dans le § 1 est appliqué à la borne d'entrée (réception), le niveau aux bornes de sortie (émission) ne doit pas être supérieur à -62 dBV.

Un affaiblissement d'écho acoustique de 40 dB comprend une marge de 5 dB afin d'assurer un affaiblissement d'adaptation pour l'écho de 35 dB lorsque plusieurs TAGP sont utilisés en conférence. Cette valeur de 35 dB doit être considérée comme une valeur minimale. Il faut envisager à long terme un affaiblissement de l'écho acoustique de 45 dB (en particulier pour tenir compte du cas où un combiné est relié à un terminal mains libres); on sait que cette valeur empêche toute dégradation subjective due à l'écho acoustique retardé [1, 2]. Le niveau mesuré au point de référence X sera donc -72 dBV.

Remarque – L'annuleur d'écho doit permettre la double parole avec une dégradation négligeable de la qualité de la parole (à l'étude dans le cadre de la Question 2/XII).

3.3 *Bruit électrique*

Le bruit électrique émis par le TAGP au point de référence X doit être inférieur à -55 dBm dans la largeur de bande de transmission. Aucun élément en dehors de la bande ne doit dépasser de plus de 20 dB le niveau de bruit dans la bande.

La mesure doit être effectuée en l'absence de participants à la conférence dans la salle et sans signaux entrants du côté de la réception afin de ne pas activer les circuits microphoniques

Le bruit émis par le TAGP au point de référence X, lorsque les microphones sont actifs, ne doit pas être supérieur à −50 dBm. Cette valeur doit être mesurée en forçant le système dans le mode d'émission comme si un seul locuteur parlait dans la salle.

3.4 *Champ de réverbération capté par le microphone*

Pour cette mesure, la source sonore est placée de manière que les distances entre la source sonore et tous les microphones soient supérieures à trois fois la distance entre le microphone et la position définie pour le réglage de la partie émission. Il est également recommandé de placer la source à un mètre au moins des murs. Dans ces conditions, le signal mesuré au point X ne doit pas être supérieur à −29 dBV (cette valeur tient compte d'un rapport champ direct/champ réfléchi de 6 dB) [3]. Le signal doit être mesuré en forçant le système dans le mode d'émission comme si un seul locuteur parlait dans la salle. L'essai doit être réalisé pour chaque microphone en service dans la salle.

On trouvera dans le Supplément n° 16 les critères fondamentaux pour le choix de la salle de conférence, pour son traitement acoustique et pour l'emplacement des microphones et des haut-parleurs.

4 Spécifications de qualité pour l'extrémité rapprochée

Cette partie de la Recommandation énonce les spécifications minimales à l'intention des usagers locaux.

4.1 *Spécifications électroacoustiques*

4.1.1 *Haut-parleurs*

Les caractéristiques électroacoustiques des haut-parleurs doivent être conformes à celles définies dans la Publication 581-7 de la CEI.

4.1.2 *Mesures de bandes d'octave*

Il est recommandé de mesurer «in situ» la caractéristique de réponse en fréquence globale. Cette mesure correspond à la différence entre les spectres d'octave du signal acoustique émis par le ou les haut-parleurs aux positions d'écoute et le signal électrique d'entrée à l'interface X.

La somme des différences absolues entre les valeurs mesurées et leur moyenne devrait être aussi basse que possible. On peut atteindre dans la pratique une valeur de 12 dB.

4.2 *Efficacité à la réception*

4.2.1 *Commande de volume*

Le terminal d'audioconférence doit comporter une commande de volume, le gain en position maximale doit être conforme aux spécifications du § 4.2.2. La commande de volume doit théoriquement être liée au mécanisme de limitation de l'écho.

4.2.2 *Réglage de la partie réception*

4.2.2.1 *TAGP à large bande*

Le signal d'essai électrique est appliqué à la borne d'entrée du système. Le gain à la réception doit être ajusté afin d'obtenir un niveau de pression acoustique d'au moins 65 dB et de 20 dB supérieur au bruit acoustique au point de référence bouche. Le réglage doit être effectué avec la commande de volume en position maximale.

4.2.2.2 *TAGP reliés à un réseau téléphonique public commuté analogique*

Ces terminaux doivent satisfaire aux dispositions de la Recommandation P.34.

Références

[1] CCITT – Contribution COM XII-N° 170, période d'études 1985-1988.

[2] CCITT – Contribution COM XII-N° 171, période d'études 1985-1988.

[3] CCITT – Contribution COM XII-N° 172, période d'études 1985-1988.

Recommandation P.31

CARACTÉRISTIQUES DE TRANSMISSION POUR TÉLÉPHONES NUMÉRIQUES

(Melbourne, 1988)

La présente Recommandation traite des équivalents pour la sonie à l'émission et à la réception, de l'affaiblissement d'effet local par la méthode de masquage (AELM), de l'affaiblissement d'effet local pour la personne qui écoute (AELE), et des caractéristiques d'efficacité en fonction de la fréquence à l'émission et à la réception. D'autres caractéristiques importantes sont actuellement étudiées.

1 Equivalent pour la sonie à l'émission (ESE) et équivalent pour la sonie à la réception (ESR)

Considérant le § 3.2 de la Recommandation G.111, il est recommandé:

- de choisir comme objectif à court terme des valeurs nominales d'ESE comprises entre 5 et 11 dB et de choisir des valeurs nominales d'ESR comprises entre −1 et 5 dB;
- de choisir comme objectif à long terme les valeurs nominales d'ESE de 8 dB et d'ESR de 2 dB.

Remarque 1 – Les valeurs recommandées pour l'ESE et l'ESR ne garantissent pas que, dans tous les cas, l'utilisation de dispositifs de suppression de l'écho ne sera pas nécessaire.

Remarque 2 – L'affaiblissement acoustique de l'appareil téléphonique est un élément important du trajet d'écho; il conviendra de l'examiner avec soin. La présence d'une commande de volume sur le poste téléphonique viendra réduire l'affaiblissement d'écho d'une quantité égale à l'augmentation du gain.

Remarque 3 – Pour les téléphones numériques reliés à un autocommutateur privé numérique (auquel peuvent aussi être reliés des téléphones analogiques), des valeurs situées à l'extrémité inférieure de la gamme donnée ci-dessus pourraient être nécessaires afin d'offrir aux abonnés le même niveau de réception que celui auquel ils sont habitués avec les téléphones analogiques. On pourrait envisager une commande du volume à la réception.

2 Affaiblissement d'effet local par la méthode de masquage (AELM) et affaiblissement d'effet local pour la personne qui écoute (AELE)

En tenant compte des éléments suivants:

- l'AELM optimal en l'absence d'écho;
- l'influence de l'effet local avec masquage sur l'écho du locuteur, pour des temps de propagation courts;
- les difficultés engendrées par un bruit ambiant élevé;
- les habitudes acquises par les abonnés avec les postes analogiques actuels,

il est recommandé de choisir:[1)]

- des valeurs nominales d'AELM comprises entre 10 et 15 dB;
- des valeurs nominales d'AELE >15 dB.

(Il n'est pas nécessaire d'imposer de valeurs maximales pour l'AELE.)

Remarque – Ces valeurs pourront être modifiées lorsque l'on disposera de renseignements sur les effets de l'écho pour des temps de propagation courts (par exemple 10 ms).

3 Caractéristiques efficacité en fonction de la fréquence à l'émission et à la réception pour les téléphones numériques

En tenant compte des éléments suivants:

- une compatibilité avec les téléphones analogiques dans un réseau mixte analogique/numérique;
- aucune distorsion en fonction de la fréquence et de la longueur de ligne à compenser, contrairement à ce qui se produit pour les téléphones analogiques;
- un objectif visant à obtenir la meilleure qualité globale possible avec les téléphones numériques,

---

[1)] Les spécifications données ici doivent faire l'objet de futures améliorations et par conséquent doivent être considérées comme provisoires.

les caractéristiques suivantes d'efficacité en fonction de la fréquence à l'émission et à la réception sont recommandées:

- une réponse en fréquence à la réception essentiellement uniforme, S_{JE}, entre 300 Hz et 3400 Hz doit être choisie;
- il faut s'efforcer d'obtenir une réponse en fréquence à l'émission nominale croissante, S_{MJ}, dont la pente est comprise dans la zone indiquée à la figure 1/P.31;
- au-dessous de 200 Hz la pente à l'émission doit diminuer d'au moins 6 dB/octave.

Remarque 1 – S_{JE} et S_{MJ} sont normalement évaluées à partir des mesures de S_{Je} et S_{mJ} conformément à la Recommandation P.66.

Remarque 2 – L'étendue de la gamme de fréquence inférieure jusqu'à 200 Hz accentuera le caractère naturel de la conversation.

Remarque 3 – Les considérations normales relatives aux filtres anti-repliement du spectre doivent être appliquées aux réponses en fréquence.

Remarque 4 – Des crêtes prononcées dans les réponses risquent de causer des problèmes de stabilité; il convient donc de les éviter.

Remarque 5 – La courbe préférée pour S_{JE} et S_{MJ} définie de cette façon doit être considérée comme un objectif de conception. Les différentes courbes correspondant au récepteur et au microphone s'écarteront plus ou moins des courbes «idéales» pour diverses raisons. Toutefois, il est difficile d'indiquer dans une Recommandation sur les caractéristiques de fréquence souhaitables, de combien et de quelles façons les courbes réponses peuvent s'écarter de l'objectif sans devenir inacceptables. Concernant l'agrément du type de postes téléphoniques, il est généralement nécessaire de spécifier au niveau national les limites pour la forme des courbes de fréquence à l'émission et à la réception de la même façon que sont habituellement spécifiées les limites de tolérance pour les équivalents pour la sonie. Ces limites sont fixées compte tenu des considérations techniques du coût de la mise en œuvre, des tolérances de fabrication et d'autres facteurs économiques.

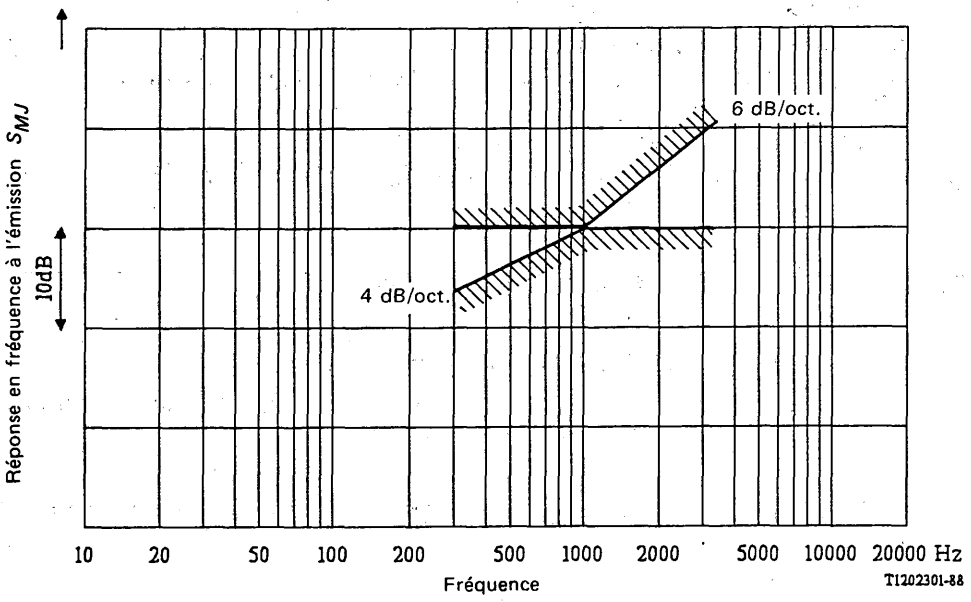


FIGURE 1/P.31

ÉVALUATION DE L'EFFICACITÉ DES CABINES TÉLÉPHONIQUES ET DES ABRIS ACOUSTIQUES

(Melbourne, 1988)

L'objectif de la présente Recommandation est de définir les méthodes de mesure permettant d'évaluer l'efficacité des cabines téléphoniques et des abris acoustiques prévus pour améliorer la qualité des transmissions téléphoniques dans les milieux bruyants. En plus de l'amélioration de la qualité de transmission au cours d'une conversation entre deux usagers, cette Recommandation peut, au besoin, tenir compte du secret de la conversation de l'usager parlant dans une cabine ou un abri acoustique vis-à-vis d'une personne se trouvant à l'extérieur.

1 Méthodes d'évaluation

L'efficacité d'une cabine téléphonique ou d'un abri acoustique peut être évaluée par des mesures subjectives ou objectives.

Les mesures objectives applicables sont celles portant sur l'isolation acoustique déterminée (dans une chambre anéchoïde, par exemple) et qui résultent de la différence entre les niveaux sonores enregistrés à l'intérieur et à l'extérieur de la cabine téléphonique ou vice versa. Etant donné que les caractéristiques acoustiques sont différentes à l'extérieur et à l'intérieur de la cabine téléphonique, les mesures d'isolation acoustique obtenues dans les deux cas (source de bruit à l'extérieur et source de bruit à l'intérieur de la cabine) ne sont pas les mêmes. De plus, dans le cas des cabines téléphoniques et des abris acoustiques ouverts, les mesures d'isolation acoustique donnent des résultats qui ne peuvent être mis en relation avec ceux obtenus au moyen d'évaluations subjectives de la qualité de la cabine.

Une mesure subjective de l'efficacité des abris acoustiques et des cabines consiste à déterminer l'indice d'intelligibilité à l'intérieur de la cabine dans des conditions de bruit extérieur (bruit de salle, bruit du trafic, etc.). Cette mesure peut également être obtenue objectivement en calculant l'indice de netteté, par exemple, au moyen de la méthode de Kryter, comme indiqué dans l'annexe A.

Une autre méthode utilisée pour mesurer subjectivement l'efficacité des cabines et des abris acoustiques consiste à faire une évaluation des variations du seuil d'intelligibilité, observées entre l'intelligibilité à l'intérieur et à l'extérieur de la cabine placée dans un milieu bruyant.

La qualité des cabines et des abris acoustiques en ce qui concerne le secret de la conversation de l'usager parlant à l'intérieur de la cabine peut être évaluée subjectivement en mesurant l'intelligibilité de la conversation à l'extérieur de la cabine ou par une mesure objective qui consiste à calculer l'indice de netteté (selon la méthode de Kryter, par exemple) à l'extérieur de la cabine, dans les conditions de bruits spécifiques.

Etant donné que l'intelligibilité à l'intérieur de la cabine est également fonction de l'effet local du poste téléphonique, une simple mesure de l'isolation acoustique ne tenant pas compte de la réduction de l'intelligibilité causée par l'effet local ne peut fournir des évaluations correctes de l'amélioration de la qualité de transmission due à la cabine téléphonique ou à l'abri acoustique.

En tenant compte des observations suivantes:

1) les communications téléphoniques internationales peuvent émaner de postes téléphoniques situés dans un milieu bruyant mais protégés par une cabine ou un abri acoustique;
2) il n'y a pas de méthodes de mesure recommandées pour l'évaluation de l'amélioration de la qualité de transmission résultant de l'utilisation d'une cabine;
3) l'évaluation de l'efficacité de la cabine, sur la base de la mesure de l'isolation acoustique obtenue par des méthodes classiques (affaiblissement acoustique par les parois de la cabine) n'est pas toujours en relation avec l'évaluation subjective de la qualité de la cabine;
4) les mesures subjectives d'intelligibilité ou de variation du seuil d'intelligibilité permettent d'évaluer l'efficacité d'une cabine, mais qu'il s'agit d'une méthode longue et onéreuse nécessitant une équipe d'opérateurs qualifiés et parfaitement formés;
5) il n'existe pas de Recommandations donnant des critères de niveau de bruit ambiant, relatifs aux cabines téléphoniques, permettant une qualité de transmission acceptable,

la méthode de mesure spécifiée ci-après est recommandée[1]:

a) évaluation de l'efficacité des cabines téléphoniques et des abris acoustiques sur la base de l'indice d'intelligibilité pour la personne qui écoute dans la cabine et pour un bruit ambiant extérieur ayant un spectre acoustique donné;

b) calcul de l'indice d'intelligibilité à l'intérieur de la cabine téléphonique ou de l'abri acoustique au moyen d'une méthode objective telle que celle définie au § 3, en tenant compte de l'affaiblissement acoustique de la cabine et de l'effet local du poste téléphonique. Cette méthode objective permet une évaluation rapide de la qualité de la cabine, suffisamment précisée pour les besoins pratiques;

c) examen, comme critère d'évaluation de la qualité de la cabine, de l'intelligibilité des logatomes calculée au moyen de l'indice de netteté (IN). La conversion des indices de netteté (IN) en intelligibilité des logatomes dépend de la langue et sera effectuée à l'aide de la relation appropriée;

d) évaluation de la cabine et de l'abri acoustique dans les conditions réelles d'utilisation, à savoir quand l'usager parle à l'intérieur de la cabine au moyen du poste téléphonique ayant un effet local donné, dans des conditions de bruit ambiant extérieur d'un niveau d'intensité moyen et un spectre acoustique donné, tous deux étant déjà connus.

2 Définition et description des paramètres de calcul

Les conversations téléphoniques qui ont lieu dans des conditions de bruit ambiant sont touchées par ce bruit ambiant de trois manières:

1) par le bruit acoustique (N_a) à l'oreille qui ne participe pas à la communication;
2) par le bruit acoustique (N_b) à l'autre oreille, qui provient des fuites acoustiques entre l'oreille et le combiné;
3) par le bruit recueilli par le microphone et dirigé par effet local (N_s) vers l'oreille qui participe à la communication.

Le bruit acoustique accompagnant les fuites acoustiques entre l'oreille et le combiné présente un spectre qui change en fonction de la pression du combiné contre l'oreille; ainsi, pour évaluer la qualité des cabines, on peut tenir compte de l'affaiblissement acoustique (L_{RNE}) de ce trajet.

Le bruit N_s résultant de l'effet local change en fonction du type de poste téléphonique; généralement, il a un spectre différent de celui de N_b, et en dépit de leur corrélation, l'addition des puissances des spectres respectifs constitue sans doute la meilleure évaluation du bruit global (N_g) qui touche l'oreille participant à la communication.

D'autre part, les bruits aux deux oreilles (N_a, N_b) sont généralement différents, tant en ce qui concerne le niveau que le spectre; des mesures d'intelligibilité expérimentales [1] [2] ont montré que leur effet perturbateur peut être estimé en soustrayant 10 dB à la valeur correspondant au bruit à l'oreille libre (N_a).

Cette mesure expérimentale a d'autre part montré que le bruit total équivalent N_T à utiliser dans les calculs d'intelligibilité est donné par la somme des amplitudes des spectres de bruit aux deux oreilles. Par conséquent, le bruit total équivalent N_T s'obtient à partir de l'expression:

$$N_T = 20 \log_{10} \left(10^{\frac{N_a - 10}{20}} + 10^{\frac{N_g}{20}} \right) \qquad \text{dB}$$

Le bruit N_s de l'effet local est fonction de l'affaiblissement de l'effet local L_{MEST} entre la bouche et l'oreille et il est nécessaire de le mesurer au niveau de bruit réel, qui est normalement de 65 dB NPA (niveau de pression acoustique) dans des conditions de champ diffus. Cette spécification est particulièrement importante dans le cas des postes téléphoniques à microphone à charbon et des postes téléphoniques électroniques à commande automatique du gain ou pourvus d'un microphone annuleur de bruit.

3 Calcul de l'efficacité de la cabine ou de l'abri acoustique

Pour une cabine téléphonique ou un abri acoustique donné, il faudra suivre la procédure suivante pour déterminer l'indice de netteté dans les conditions de fonctionnement réelles.

Calculer:

a) le spectre N_a de bruit à l'intérieur de la cabine par soustraction de l'affaiblissement acoustique de la cabine (L_a) du spectre de bruit extérieur (N_e). L'affaiblissement doit être mesuré dans des bandes à un tiers d'octave, avec une personne dans la cabine (ou avec un écran assurant une absorption acoustique équivalente) et dans des conditions de champ diffus;

b) le spectre du bruit N_b par soustraction de l'affaiblissement dû aux fuites du combiné (L_{RNE}) du spectre de bruit N_a à l'intérieur de la cabine;

---

[1] La documentation relative aux spécifications de la présente Recommandation n'est pas suffisante pour confirmer sa validité. Ces spécifications doivent faire l'objet d'améliorations futures et doivent être considérées comme provisoires.

c) le spectre N_s du bruit de l'effet local par soustraction de l'affaiblissement acoustique L_{RNST} [2] de l'effet local du spectre de bruit N_a à l'intérieur de la cabine;

d) le spectre du bruit global N_g à l'oreille pressée contre le combiné en faisant la somme des puissances de N_s et N_b;

e) le spectre du bruit total équivalent N_T en faisant la somme des amplitudes des bruits aux deux oreilles après avoir soustrait 10 dB des bruits à l'oreille libre;

f) l'indice de netteté (IN) de la méthode de Kryter [3], en supposant un niveau vocal de 70 dBA correspondant à la limite de la distribution de l'affaiblissement en ligne.

On trouvera dans l'appendice I un exemple d'application de la méthode de calcul.

4 Limites d'efficacité des cabines et des abris acoustiques

L'efficacité des cabines et des abris acoustiques peut être jugée satisfaisante si elle garantit un indice de netteté d'IN égal à 0,6.

Cette valeur correspond pour la plupart des langues à une intelligibilité de 80% des logatomes à l'intérieur de la cabine, selon les résultats de French et Steinberg [4] indiqués sur la figure 1/P.32; elle peut être considérée comme la limite minimale acceptable de la qualité d'une cabine, correspondant au niveau maximal de bruit extérieur que la cabine peut supporter pour assurer une bonne qualité de transmission.

Aussi peut-on classer les cabines selon le *niveau de bruit extérieur maximal* (NBEM), qui est le niveau donnant un indice de netteté d'IN égal à 0,6.

Le NBEM permettant de classer les cabines téléphoniques sera déterminé en répétant les calculs de l'IN, comme l'indique le § 3, avec différents niveaux de bruit extérieur. Au moyen de la courbe représentant les valeurs de l'IN en fonction des niveaux de bruit extérieur, on peut déterminer le NBEM correspondant à un indice de netteté d'IN égal à 0,6. Bien entendu, ce NBEM dépend non seulement de l'affaiblissement acoustique de la cabine ou de l'abri acoustique, mais aussi de la puissance vocale reçue, pour laquelle on suppose une valeur de référence de 70 dBA, et des caractéristiques de l'effet local du poste téléphonique, qui doivent être mesurées à un niveau de pression acoustique approprié, disons 65 dB NPA, et dans des conditions de champ libre.

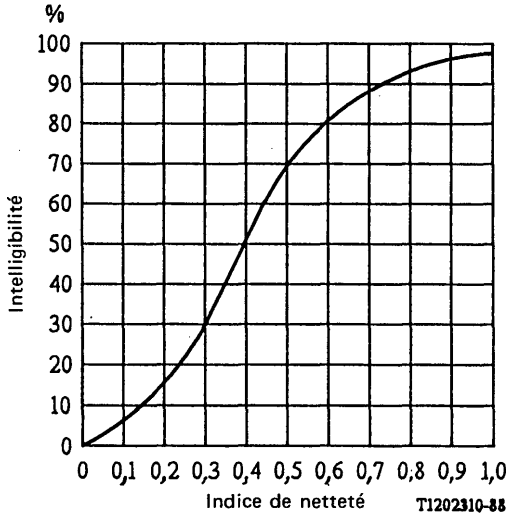


FIGURE 1/P.32

Relation entre les indices de netteté et l'intelligibilité des logatomes

[2] Il est important de déterminer la sensibilité de l'effet local au bruit de salle L_{RNST} qui utilise une source de bruit de salle diffus dans la cabine. Il peut être aussi nécessaire d'utiliser un mannequin pour simuler la présence de l'usager dans la cabine.

5 Secret des conversations dans les communications téléphoniques

La cabine peut garantir le secret de la conversation en abaissant les signaux vocaux rayonnés vers l'extérieur afin de les rendre inintelligibles. En appliquant la méthode de calcul de Kryter pour l'indice de netteté aux signaux vocaux transmis à l'extérieur de la cabine à un niveau de bruit prédéterminé, on peut évaluer la distance à laquelle l'intelligibilité des logatomes ou l'IN s'abaisse à une valeur déterminée (pour IN égal à 0,3 par exemple). Cette méthode peut être utilisée pour établir les courbes pour une même intelligibilité (isophènes) dans toutes les directions, à des distances de plus en plus grandes de la cabine.

Remarque – L'amélioration de la qualité de la conversation pour l'abonné se trouvant à l'autre extrémité lors d'une communication avec un poste téléphonique se trouvant dans une cabine ou dans un abri acoustique n'a pas encore été examinée. L'évaluation de cet aspect de la communication nécessite en tout cas l'examen d'un nombre d'autres facteurs tels que l'augmentation naturelle de la sonie de la parole dans les milieux bruyants et le rapport signal/bruit réel des signaux transmis.

ANNEXE A

(à la Recommandation P.32)

Exemple de calcul de l'efficacité d'une cabine téléphonique

L'indice de netteté (IN) est calculé à l'aide de la méthode de Kryter.

L'affaiblissement acoustique d'une cabine téléphonique, mesuré dans une chambre anéchoïde dans chaque bande à un tiers d'octave, figure dans la colonne 2 du tableau A-1/P.32. Le niveau de bruit total à l'extérieur de la cabine est de 80 dBA et le niveau sonore du bruit à chaque bande de fréquences centrale figure à la colonne 3. Les caractéristiques de réponse de l'effet local (L_{RNST}) du poste téléphonique de la cabine figurent dans la colonne 4.

Le niveau de bruit à l'intérieur de la cabine à chaque bande de fréquences centrale (N_a) est obtenu par soustraction de la valeur de la colonne 2 de la valeur de la colonne 3 (colonne 5). On suppose que l'affaiblissement acoustique du combiné de l'appareil téléphonique utilisé dans la cabine est celui qui est indiqué dans la figure A-1/P.32 et la colonne 6.

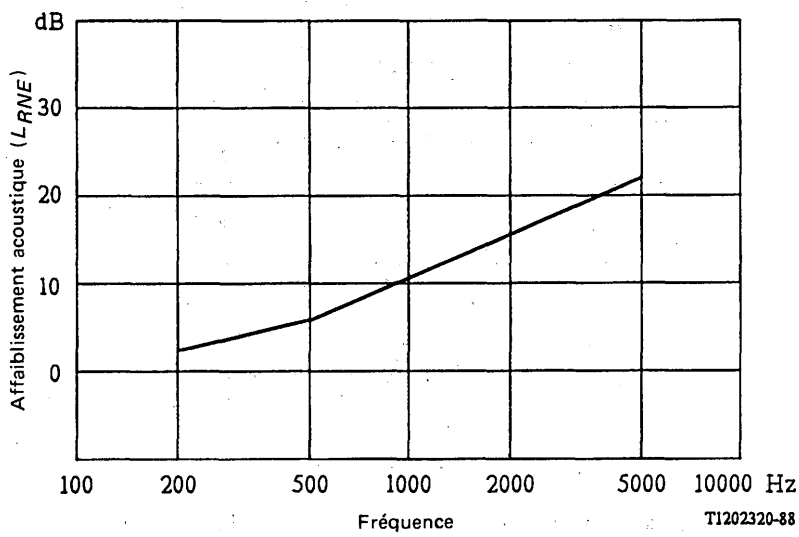


FIGURE A-1/P.32

Affaiblissement acoustique du combiné appuyé contre l'oreille

Dans la colonne 7 apparaissent des valeurs du bruit (N_b) dû aux fuites acoustiques entre l'oreille et le combiné obtenues par soustraction de la valeur de la colonne 6 de la valeur de la colonne 5.

Dans la colonne 8 figure, pour chaque bande de fréquences, le bruit (N_s) de l'effet local obtenu par soustraction de la valeur de la colonne 4 de celle de la colonne 5. Le bruit global (N_g) à l'oreille participant à la communication figure dans la colonne 9, il s'agit de la somme des puissances des niveaux indiqués dans les colonnes 8 et 7. Le bruit total équivalent est obtenu en ajoutant les niveaux de la colonne 9 aux valeurs de la colonne 5 diminuées de 10 dB (colonne 10). Le spectre de la parole (β') figure dans la colonne 11 et le rapport signal/bruit corrigé de 12 dB, (en considérant les crêtes du signal de la parole), est indiqué à chaque bande à un tiers d'octave, dans la colonne 12. Les coefficients de Kryter sont donnés pour chaque bande à un tiers d'octave dans la colonne 13.

L'indice de netteté (IN) est obtenu en multipliant les valeurs de la colonne 12 par celles de la colonne 13 et en additionnant les résultats. La répétition du calcul avec d'autres niveaux de bruit extérieur permet de tracer le diagramme des IN en fonction des niveaux de bruit extérieur pour la cabine en question, voir la figure A-2/P.32. On peut constater que cette cabine est faite pour supporter un bruit extérieur maximal d'environ 77 dBA et que cette valeur est le NBEM qui permet de classer la cabine téléphonique en question.

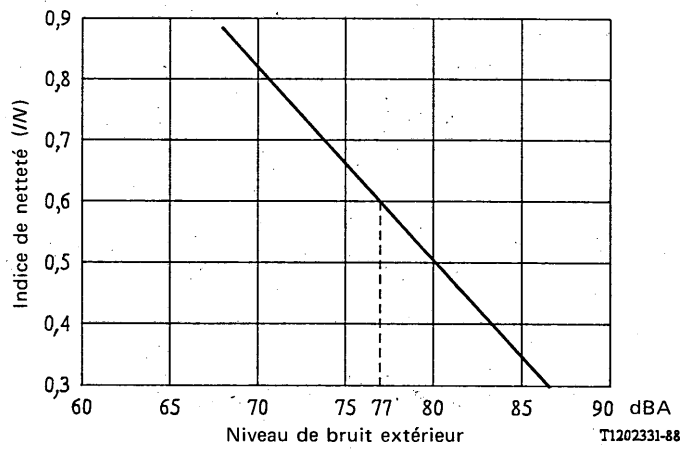


FIGURE A-2/P.32

Indice de netteté en fonction du niveau de bruit extérieur

(NBEM de la cabine = 77 dBA)

TABLEAU A-1/P.32

Fréquence centrale de bande à un tiers d'octave (Hz)	Affaiblissement acoustique de la cabine, L_a (dB)	Bruit extérieur, N_e (dB NPA)	Affaiblissement d'effet local acoustique, L_{RNST} (dB)	Bruit dans la cabine, N_a (dB NPA)	Affaiblissement acoustique du combiné, L_{RNE} (dB)	Bruit dû aux fuites acoustiques, N_b (dB NPA)	Bruit de l'effet local, N_s (dB NPA)	Bruit total à l'oreille occupée, N_g (dB NPA)	Bruit total équivalent, N_T (dB NPA)	Spectre de la parole, β' (dB NPA)	$\frac{\text{Signal} + 12\ \text{dB}}{\text{bruit}}$	Coefficient de Kryter	Produit (13) × (12)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5) = (3)-(2)	(6)	(7) = (5)-(6)	(8) = (5)-(4)	(9)	(10)	(11)	(12) = (11) + 12dB-(10)	(13)	(14)
200	10	77,5	12	67,5	3	64,5	55,5	65,0	68,1	61	4,9	0,004	0,0196
250	13	76,5	12	63,5	4	59,5	51,5	60,1	63,4	63	11,6	0,001	0,0116
315	13	73,5	11	60,5	5	55,5	49,5	56,5	60,0	64	16,0	0,001	0,0160
400	15	74,0	9	59,0	6	53,5	50,0	54,8	58,4	65	18,6	0,0014	0,0260
500	14	72,5	9	58,5	7	51,5	49,5	53,6	57,4	65	19,6	0,0014	0,0277
630	14	72,0	10	58,0	8,5	49,5	48,0	51,8	56,1	63	18,9	0,002	0,0378
800	16	72,0	12	56,0	10,0	46,0	44,0	48,1	53,1	62	20,9	0,0020	0,0418
1000	15	71,0	12	56,0	11,5	44,5	44,0	47,3	52,7	61	20,3	0,0024	0,0487
1250	15	69,5	9	54,5	13,0	41,5	45,5	47,0	51,9	60	20,1	0,0030	0,0603
1600	15	68,0	9	53,0	14,5	38,5	44,0	45,1	50,1	58	19,9	0,0037	0,0736
2000	11	66,0	8	55,0	16,0	39,0	47,0	47,6	52,4	54	13,6	0,0037	0,0503
2500	11	64,0	10,5	53,0	17,5	35,5	42,5	43,3	49,2	49	11,8	0,0034	0,0401
3150	12	62,0	14	50,0	19,0	31,0	36,0	37,2	44,7	47	14,3	0,0034	0,0486
4000	12	61,5	14	49,5	20,5	29,0	35,5	36,4	44,1	39	6,9	0,0024	0,0166
TOTAL (dBA)		80,0		66,3					64,7	70,0			AI = 0,52

NPA Niveau de pression acoustique

Références

[1] CCITT – Contribution COM XII-N° 122 (France), période d'études 1981-1984.

[2] CCITT – Document AP VII-N° 115, annexe 2.

[3] KRYTER (K.): Methods for the calculation and use of Articulation Index, *J.A.S.A.*, vol. 34, 1962.

[4] FRENCH (N. R.) et STEINBERG (J. C.): Factors governing the intelligibility of speech sounds, *J.A.S.A.*, vol. 19, 1947.

Bibliographie

CCITT – Contribution COM XII-N° 139 (Italie), période d'études 1973-1976.

CCITT – Contribution COM XII-N° 130 (Norvège), période d'études 1977-1980.

CCITT – Contribution TD 26 (Suède) WP Laboratory (Genève, 17-19 janvier 1984).

KRYTER (K.): The effects of noise on man, *Academic Press*, pp.70 à 77, 1970.

Recommandation P.33

POSTES TÉLÉPHONIQUES D'ABONNÉ COMPORTANT SOIT DES RÉCEPTEURS HAUT-PARLEURS, SOIT DES MICROPHONES ASSOCIÉS À DES AMPLIFICATEURS

(Mar del Plata, 1968; modifiée à Genève, 1972 et 1980)

Le CCITT,

considérant

(a) qu'un nombre toujours plus grand de postes téléphoniques à haut-parleur est introduit dans le réseau téléphonique;

(b) que la complexité de l'influence des facteurs propres à ces équipements sur la qualité de la transmission téléphonique;

(c) que néanmoins, pour aider les Administrations à fixer les conditions dans lesquelles l'emploi de tels appareils peut être autorisé dans les réseaux téléphoniques,

recommande

(1) Afin d'éviter la surcharge des systèmes à courants porteurs, la puissance moyenne à long terme des courants vocaux ne devrait pas dépasser la valeur admise pour les projets de construction des systèmes de transmission. La valeur adoptée dans la Recommandation G.223 [1] pour le niveau absolu de puissance moyenne, rapporté au point de niveau relatif zéro, est de -15 dBm0 (puissance moyenne de 31,6 microwatts). Les postes téléphoniques à haut-parleur ayant une efficacité à l'émission conforme à la Recommandation P.34 doivent normalement satisfaire à la présente Recommandation. En outre, afin d'éviter une diaphonie excessive, provenant de courants vocaux à niveau élevé, et/ou un niveau de réception insuffisant dans le cas de courants vocaux de faible niveau, on devrait prendre soin de s'assurer que la variation de puissance des courants vocaux n'est pas sensiblement plus grande que dans le cas d'appareils téléphoniques modernes.

(2) Les Administrations devraient prendre les précautions nécessaires pour qu'en cas d'amorçage d'oscillations il soit possible à la personne qui écoute de couper le circuit d'émission, ou bien prévoir les méthodes appropriées pour qu'un dispositif commandé par la voix puisse empêcher l'apparition d'oscillations.

Référence

[1] Recommandation du CCITT *Hypothèses pour le calcul du bruit sur les circuits fictifs de référence pour la téléphonie*, tome III, Rec. G.223.

CARACTÉRISTIQUES DE TRANSMISSION DES POSTES TÉLÉPHONIQUES MAINS-LIBRES

(Melbourne, 1988)

1 Introduction

L'efficacité à l'émission et à la réception des combinés téléphoniques, qui est normalement exprimée sous la forme de valeurs d'équivalent pour la sonie (ES), est prise en considération dans la plupart des pays pour établir le plan de transmission destiné au réseau téléphonique national.

Cependant, étant donné qu'il est possible de satisfaire aux spécifications de diverses Recommandations, notamment de la Recommandation G.121, en répartissant de différentes manières les valeurs d'ES entre les appareils téléphoniques et le réseau, il est impossible de publier une Recommandation internationale qui spécifie uniquement des valeurs d'ES, sans tenir compte du fait qu'il peut s'agir de combinés téléphoniques ou de postes téléphoniques à mains-libres.

Par ailleurs, on peut spécifier des valeurs d'efficacité pour les postes téléphoniques à mains-libres par rapport à celles du combiné normalisé à l'échelon national. La présente Recommandation a pour objet d'assurer une qualité de fonctionnement équivalente pour les deux types d'appareils téléphoniques, au moins en ce qui concerne la sonie à l'émission et à la réception. Il convient donc de tenir compte du comportement et des préférences de l'usager moyen lorsqu'il parle ou lorsqu'il écoute. Les efficacités relatives définies aux § 2 et 3 résultent des essais de qualité visant à satisfaire à cette condition.

Il subsiste d'autres caractéristiques importantes qui contribuent à la qualité des communications téléphoniques établies à partir de postes téléphoniques mains-libres et qui ne sont pas prises en compte dans les Recommandations existantes. Ces caractéristiques sont à l'étude au titre de la Question 2/XII [1].

Les téléphones à haut-parleur (voir la Recommandation P.10) qui n'assurent pas un fonctionnement entièrement à mains-libres peuvent être conformes aux passages pertinents de la présente Recommandation.

2 Efficacité à l'émission

L'équivalent pour la sonie (ES) d'un poste téléphonique mains-libres doit être pire de 5 dB que l'ES à l'émission vis-à-vis du combiné téléphonique correspondant (la valeur exacte dépend du type de combiné utilisé).

Remarque – Les essais de conversation ont montré, dans plusieurs pays, que des tensions vocales comparables sont obtenues sur la ligne quand l'équivalent pour la sonie à l'émission du poste téléphonique mains-libres est supérieur de 5 dB à celui du combiné utilisé.

La différence de 5 dB a plusieurs composantes:

a) le niveau moyen d'émission de la parole pour les postes téléphoniques mains-libres est supérieur d'environ 3 dB à celui des combinés;

b) le niveau de sortie d'un combiné téléphonique, lorsqu'il est utilisé en conversation, est inférieur d'environ 1 à 2 dB à celui qui est obtenu dans la position d'émission de la parole spécifiée pour les mesures d'équivalent pour la sonie;

c) d'autres différences mineures, par exemple, les courbes de réponse en fréquence.

Si l'efficacité à l'émission dépend du niveau du bruit de salle, il faut veiller à compenser l'augmentation prévisible du niveau local en fonction du bruit de salle.

L'usager ne doit pas avoir la possibilité de régler l'efficacité à l'émission.

3 Efficacité à la réception

L'efficacité à la réception d'un poste téléphonique mains-libres sans régulation automatique du gain doit pouvoir être réglée dans une gamme de 15 à 30 dB. Cette gamme doit englober la valeur de l'équivalent pour la sonie à la réception (ESR) qui est égale à celle du combiné téléphonique correspondant et une valeur d'ESR meilleure d'environ 10 dB.

Remarque 1 – Toutes les précautions doivent être prises pour s'assurer que l'augmentation du gain due au contrôle de volume ne permet pas de surprendre d'autres conversations téléphoniques en raison de la diaphonie.

Remarque 2 – En principe, l'ES du poste téléphonique mains-libres doit être égal à l'équivalent pour la sonie à la réception (ESR) du combiné téléphonique correspondant dans une salle silencieuse. La gamme des niveaux de bruit de salle que l'on rencontre d'ordinaire dans les bureaux nécessite cependant un gain supplémentaire d'au moins 10 dB.

Pour les postes téléphoniques mains-libres bénéficiant d'une régulation automatique de gain pour le niveau de réception (gain commandé par la tension des sons vocaux entrants), les équivalents pour la sonie ne sont pas toujours applicables. En pareil cas, le poste téléphonique mains-libres doit être conçu de telle sorte que le niveau d'audition correspondant à la ligne de longueur maximale prévue pour le poste téléphonique mains-libres puisse être réglé à l'avance à une valeur que l'on pourra considérer comme le meilleur compromis entre les niveaux nécessaires à l'écoute dans des salles silencieuses et bruyantes.

Remarque 3 – Le meilleur niveau d'écoute dépend du niveau du bruit de salle et d'autres conditions extérieures. En outre, il existe une grande variabilité entre les différentes personnes qui écoutent.

Le meilleur niveau moyen pour l'écoute seule semble correspondre à un niveau de pression acoustique de l'ordre de 65 dB pour un bruit de salle de 45 dBA, ou de 70 dB pour un bruit de salle de 55 dBA. Cependant, pour obtenir des notes maximales d'opinion lors des essais de conversation, il peut être nécessaire d'élever les niveaux d'écoute de 5 à 10 dB.

4 Courbes de réponse en fréquence

4.1 *Réponse en fréquence à l'émission*

Selon les informations disponibles, la pente optimale de la courbe de réponse à l'émission, quand les mesures sont faites avec le poste téléphonique mains-libres sur une table, se situe entre 0 et +3 dB par octave si la courbe de réponse à la réception est uniforme.

Ce n'est que dans des conditions de forte réverbération qu'une préaccentuation légèrement plus élevée peut améliorer l'intelligibilité. C'est pourquoi, si on introduit une correction en fréquence pour tenir compte de l'affaiblissement probable dû au câble, la courbe de réponse à l'émission ne devrait pas augmenter avec la fréquence de plus de 2 à 3 dB par octave.

Au-dessous de 300 Hz, la courbe devrait marquer une diminution progressive. Il est possible que la pente de la courbe soit plus abrupte au-dessous de 200 Hz.

Remarque – L'intervalle 200 à 300 Hz contribue sensiblement à accroître le caractère naturel de la parole transmise et doit donc être inclus dans la bande de transmission des postes téléphoniques mains-libres.

Au-dessus de 4000 Hz, une diminution progressive d'au moins −6 dB par octave (de préférence de −12 dB par octave) semble indiquée pour éviter de causer des brouillages par diaphonie aux voies adjacentes dans certains types de circuits à grande distance.

4.2 *Réponse en fréquence à la réception*

La courbe de réponse à la réception doit être à peu près uniforme dans la gamme de fréquences de 200 à 4000 Hz.

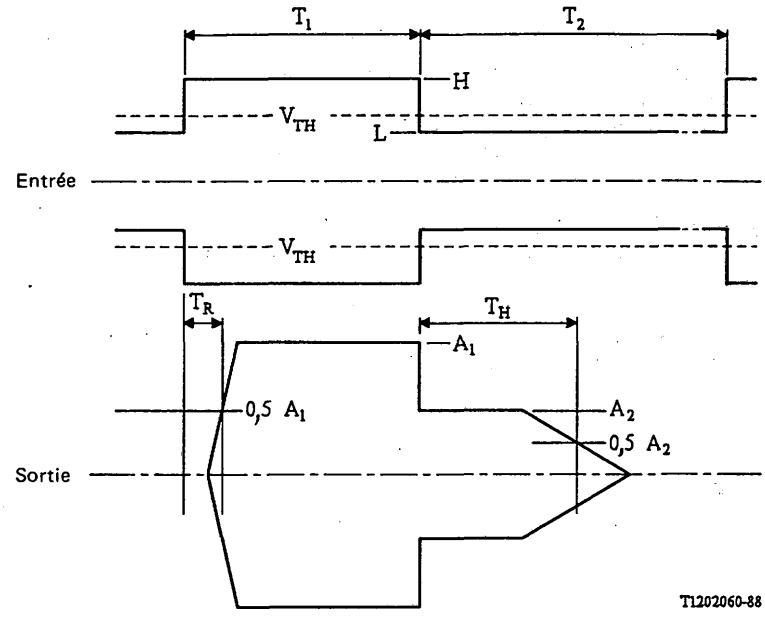
Cette condition s'applique à la pression acoustique dans le champ non perturbé à la position de la personne qui écoute, table comprise comme il est indiqué au § 6.

5 Caractéristiques de commutation

La plupart des postes téléphoniques mains-libres et à haut-parleur disposent d'un circuit de commutation vocale afin d'éviter l'amorçage par couplage acoustique. De tels circuits insèrent un affaiblissement soit à l'émission, soit à la réception de façons différentes. La commutation d'un sens de transmission à l'autre se fait, soit lorsqu'un signal de niveau supérieur à un seuil donné est appliqué dans le sens opposé, soit lorsque l'organe de commande, prenant en compte les niveaux relatifs et les types de signaux présents dans chacun des sens, autorise la commutation.

Les paramètres fondamentaux de cette fonction de commutation par la voix sont (voir les figures 1/P.34 et 2/P.34):

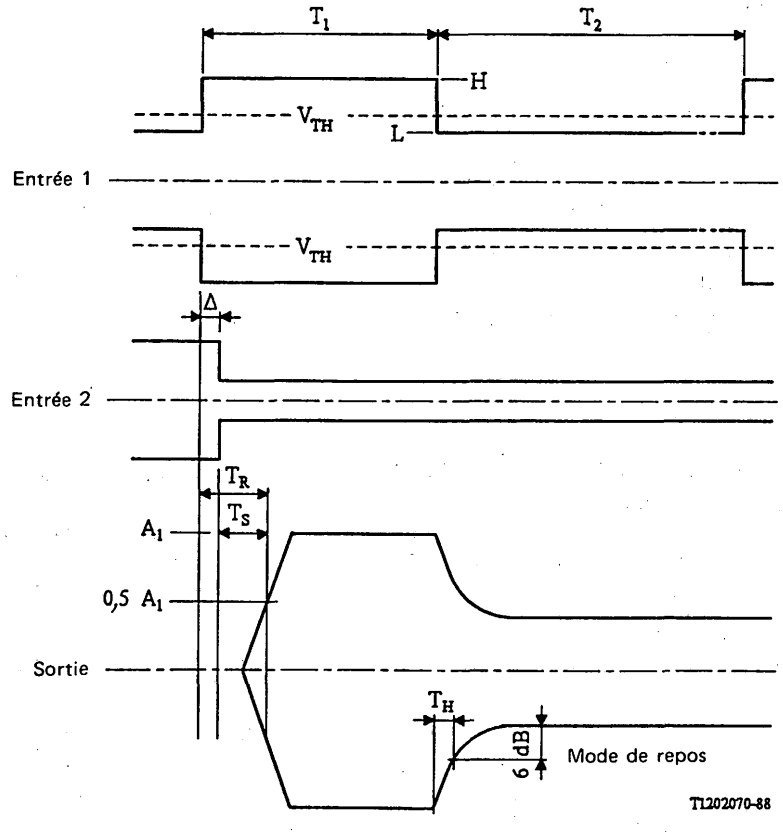
- niveau de seuil V_{TH}: valeur minimale nécessaire du niveau du signal pour éliminer l'affaiblissement d'insertion;
- temps de montée T_R: temps s'écoulant entre le passage du signal d'excitation au-dessus du niveau du seuil et l'élimination à 50% de l'affaiblissement d'insertion;
- temps de maintien T_H: temps s'écoulant entre le passage du signal d'excitation en dessous du niveau de seuil et l'insertion de 50% de l'affaiblissement par commutation;
- temps de commutation T_S: temps d'un sens de transmission vers l'autre (voir figure 2/P.34).



T_R Temps de montée
T_H Temps de maintien
V_{TH} Niveau de seuil

Remarque – En pareil cas, le temps de commutation T_S est supérieur à $T_R + T_H$.

FIGURE 1/P.34



T_S Temps de commutation

FIGURE 2/P.34

Un choix approprié des paramètres peut rendre négligeable la dégradation de la qualité vocale introduite par la commutation vocale; un choix inadéquat, notamment en ce qui concerne les temps de commutation, peut entraîner de sérieux effets de mutilation et la perte des consonnes initiales ou finales dans la parole transmise.

Il existe deux catégories de mesures des caractéristiques de commutation par la voix:

a) mesures des caractéristiques pour conversations alternées, dans lesquelles les deux interlocuteurs communiquent par salves de signaux vocaux alternés, sans s'interrompre l'un l'autre. Dans ce cas, on peut admettre que le circuit de commutation par la voix revient à un état de repos avant d'être activé par un signal d'entrée, dans un sens ou dans l'autre;

b) mesures des caractéristiques pour conversations simultanées, dans lesquelles les deux interlocuteurs peuvent s'interrompre l'un l'autre par des paroles émises simultanément, ou dans lesquelles il y a présence simultanée de signaux vocaux à une extrémité d'une communication et de bruit à l'autre extrémité.

Le premier cas est d'importance fondamentale, car les caractéristiques peuvent influencer les caractéristiques des conversations simultanées. Il convient par conséquent de toujours contrôler les postes mains-libres à ce point de vue.

Un signal constitué par des salves périodiques de tonalités convient pour mesurer ces caractéristiques – cas a) ci-dessus (voir figure 1/P.34). Les temps d'activité et d'inactivité T1 et T2 et les amplitudes respectives H et L doivent être réglables. Afin de commuter le poste téléphonique mains-libres alternativement en émission et en réception, il est recommandé pour le cas b) d'utiliser deux trains d'impulsions de tonalité en opposition de phase (par exemple un signal acoustique à 1 kHz et un signal électrique à 400 Hz). Les caractéristiques de commutation mesurées de cette façon seront probablement plus faciles à exploiter dans l'analyse de résultats d'essais de conversation.

On distingue trois types de postes mains-libres:

5.1 *Type 1* – Postes mains-libres dont le sens de transmission est assuré par le franchissement d'un niveau absolu de seuil V_{TH}

D'une manière générale, il est souhaitable que la valeur de seuil soit maintenue à un niveau peu élevé, et que les temps d'établissement et de maintien soient respectivement brefs et longs. Par contre, dans les applications pratiques, des temps d'établissement extrêmement brefs (de l'ordre de quelques millisecondes) peuvent rendre le circuit à commutation vocale sensible aux bruits impulsifs alors que de très longs temps de maintien perturberont vraisemblablement la commutation naturelle dans la conversation. En outre, si le niveau de seuil est supérieur à 25 dB au-dessous du niveau de la parole active, le circuit à commutation vocale sera trop facilement activé par le bruit ambiant.

Il est recommandé d'observer les caractéristiques de commutation ci-après:

a) le temps d'établissement T_R ne doit pas dépasser 15 ms, et doit de préférence être inférieur à 10 ms;

b) le temps de maintien T_H doit être supérieur à 100 ms. Si le niveau de seuil est situé dans la gamme préférée, il est recommandé d'adopter des valeurs de T_H comprises entre 150 et 250 ms. Le fait de choisir des temps de maintien supérieurs à 400 ms n'améliore pas la qualité de fonctionnement de manière appréciable;

c) le niveau de seuil V_{TH} doit se situer au moins 20 dB au-dessous du niveau de la parole active. On peut utiliser des niveaux compris entre -20 et -15 dB si le temps de maintien est supérieur à 300 ms. Il convient de ne pas utiliser des niveaux supérieurs à -15 dB.

Pour mesurer V_{TH}, on accroît progressivement l'amplitude à partir d'un faible niveau, jusqu'à ce que la commutation se produise. On obtient ainsi une valeur de seuil absolue. En règle générale, le seuil est exprimé par la différence entre cette valeur et la valeur efficace moyenne de la tension des signaux vocaux présents à l'état actif.

5.2 *Type 2* – Les postes téléphoniques mains-libres dont le sens de transmission dépend des niveaux relatifs dans les 2 sens de transmission, et également dans certains cas des niveaux de bruit (acoustique ou électrique), du gain des amplificateurs, de la régulation automatique de gain, du sens précédent de transmission, etc.

On recommande donc les valeurs suivantes:

a) T_R doit être inférieur à 15 ms et, si possible, à 10 ms,

b) T_H peut être inférieur à 50 ms,

c) il est recommandé de donner à T_S, qui sera mesuré au moyen de 2 signaux d'excitation (entrée 1 et entrée 2 sur la figure 2/P.34), une valeur d'environ 100 ms.

Remarque – Dans des conditions de forte réverbération, certains postes mains-libres ayant de tels T_S ont parfois un fonctionnement non satisfaisant.

Des informations supplémentaires sur les niveaux et les méthodes de mesure sont données au § 3.5 du Manuel sur les mesures téléphonométriques.

5.3 *Type 3* – Les postes mains-libres bénéficiant de l'annulation d'écho

Quelques indications sur l'évaluation des appareils téléphoniques faisant l'objet d'une annulation d'écho sont données dans la Recommandation P.30.

Remarque – Pour les postes à haut-parleur, un affaiblissement d'insertion peut être introduit à la réception pour éviter le couplage acoustique par le microphone du combiné. Cet affaiblissement peut être introduit quand le niveau du signal reçu sur le haut-parleur est trop élevé, ou quand le signal émis sur le combiné est envoyé au haut-parleur à un niveau trop élevé.

Il est recommandé de limiter à 20 ms l'application et la suppression de l'affaiblissement d'insertion et de limiter cet affaiblissement à une valeur suffisamment faible pour ne pas entraîner une mutilation de la parole reçue.

6 Conditions de mesure

Tant pour les mesures subjectives que pour les mesures objectives, il convient d'utiliser les montages d'essai décrits au présent paragraphe.

6.1 *Table utilisée pour les essais*

Pendant les mesures, le poste téléphonique mains-libres est placé sur une table répondant aux critères ci-après.

La table doit avoir un revêtement dur (par exemple, en contre-plaqué marine poli ou en bois dur approprié), plat, rigide et horizontal offrant une surface de réflexion du son sur laquelle on posera le poste téléphonique mains-libres qui fait l'objet des essais. Les dimensions de la table doivent être telles que la surface soit d'environ 1 m^2, sans être inférieure à 0,96 m^2, et que la largeur ne soit pas inférieure à 800 mm [2].

Remarque – Ce montage doit être utilisé pour toutes les mesures, notamment pour l'enregistrement des réponses en fréquence, même si les effets de diffraction dus à la table sont susceptibles de provoquer des creux et des crêtes prononcés dans la courbe de réponse (voir le § 6.5.2).

6.2 *Montage utilisé pour les essais*

Le montage utilisé avec des postes téléphoniques mains-libres disposés en une seule partie et en deux parties [3] pour les mesures subjectives et objectives est décrit à la figure 3/P.34.

Si les projections de l'enceinte ne sont pas rectangulaires, le point B est placé à l'intersection de la ligne médiane passant par l'enceinte et du contour de la projection verticale de l'enceinte.

Le bord de la face antérieure de l'enceinte doit être perpendiculaire à la ligne A-B.

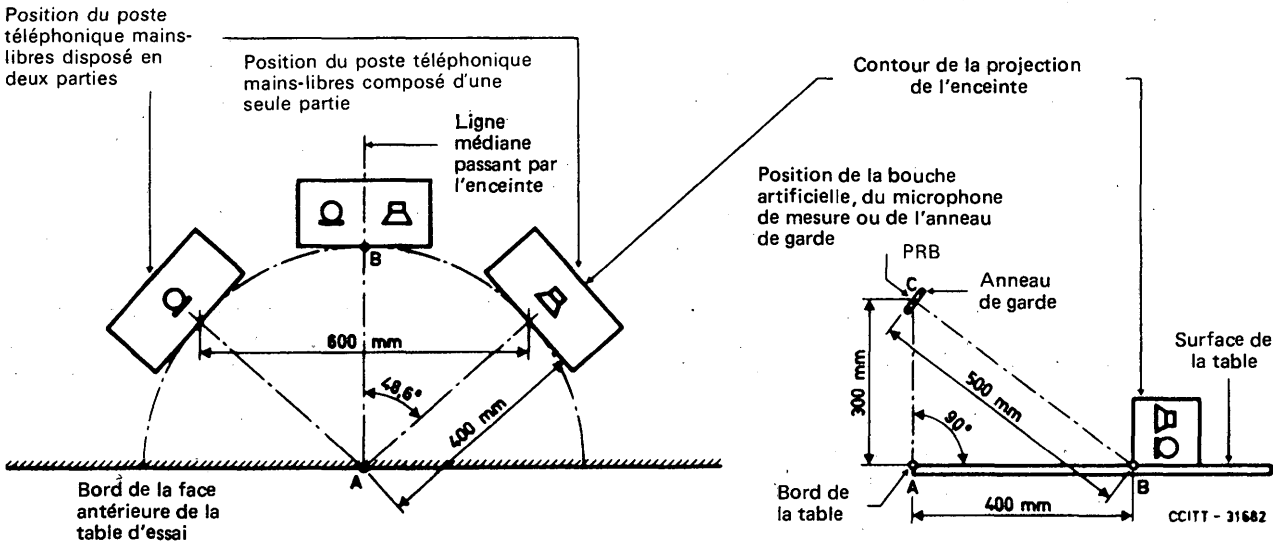


FIGURE 3/P.34

Montage pour les mesures objectives et les essais subjectifs

6.3 *Conditions à observer pour le déroulement des essais*

L'acoustique de la salle dans laquelle se déroulent les essais ne doit pas avoir une influence prépondérante. Il est recommandé de procéder aux mesures objectives dans des conditions qui sont pratiquement celles du champ acoustique libre (anéchoïde) jusqu'à une fréquence minimale de 175 Hz et de telle sorte que le montage utilisé pour les essais ne dépasse pas les limites du champ acoustique libre.

Remarque – On peut considérer que des conditions satisfaisantes de champ acoustique libre sont réunies quand les erreurs dues à un écart par rapport aux conditions idéales n'excèdent pas ± 1 dB.

Les essais doivent se dérouler avec un niveau de bruit ambiant négligeable. En ce qui concerne les mesures objectives, ces conditions sont réunies si la valeur de l'indice de bruit (NR) ou du critère de bruit (NC) est inférieure à 15 [4], [5]. Pour les essais subjectifs, il suffira de maintenir le niveau sonore de bruit ambiant au-dessous de 35 dBA.

6.4 *Evaluations subjectives*

Il convient d'évaluer les équivalents pour la sonie conformément à la Recommandation P.78.

Remarque – Le tome V du *Livre rouge*, 1985 et le Manuel sur les mesures téléphonométriques donnent des informations relatives aux équivalents de référence.

6.4.1 *Emission*

En principe, le niveau de parole pour la mesure de l'équivalent pour la sonie à l'émission (ESE) d'un poste téléphonique mains-libres doit être le même que celui qui est spécifié pour les mesures faites au moyen d'appareils téléphoniques avec combiné.

Il n'est pas nécessaire que la personne qui parle pendant l'essai utilise tour à tour l'anneau de garde du microphone de référence et un autre l'anneau pour le poste téléphonique mains-libres si l'on peut admettre que l'effet d'obstacle du microphone de référence est négligeable.

Normalement, le niveau de parole spécifié et l'utilisation d'un texte ou d'une phrase d'essai classique doit suffire pour qu'un poste téléphonique mains-libres à commutation vocale réponde aux conditions d'émission pendant la détermination de l'équivalent pour la sonie à l'émission (ESE). Dans le cas contraire, le niveau de parole peut être augmenté d'une valeur allant jusqu'à 5 dB, à compenser éventuellement dans le système de référence pour conserver le même niveau d'écoute.

Si l'efficacité à l'émission dépend du niveau du bruit de salle, la mesure subjective devra être effectuée dans un environnement silencieux (avec un bruit de salle inférieur à 35 dBA). On pourra alors étudier plus en détail les caractéristiques de fonctionnement de poste téléphonique mains-libres en répétant les mesures à l'émission avec des niveaux accrus de bruit de salle, jusqu'à un maximum de 60 dBA.

6.4.2 *Réception*

En principe, le niveau de parole au microphone de référence pour la mesure d'équivalent R25 à la réception ou d'équivalent pour la sonie à la réception (ESR) doit être le même que celui qui est spécifié pour les mesures relatives aux postes téléphoniques avec combiné. Ainsi, en cas d'équilibrage de la sonie entre le système de référence et le trajet du système d'essai, on devrait normalement pouvoir obtenir un signal d'amplitude suffisante au poste téléphonique mains-libres en vue d'une commutation à l'état de réception.

Des problèmes peuvent parfois se poser à l'approche de l'équilibrage, provenant d'un affaiblissement élevé sur la ligne d'affaiblissement d'équilibrage au cas où la faiblesse du niveau du signal d'entrée ne réussit pas à entraîner la commutation à l'état de réception du poste téléphonique mains-libres. Alors, le niveau de parole peut être augmenté d'une valeur n'excédant pas 5 dB afin de minimiser l'erreur due à la différence de sonie.

Remarque – Ces dispositions auront pour effet d'accroître le niveau d'écoute à l'équilibrage, mais il n'est pas possible de corriger cela en modifiant la ligne d'affaiblissement du système de référence.

On pourra ici obtenir plus facilement l'équilibrage de la sonie à l'état de réception en utilisant un système de référence intermédiaire à haut-parleur. Toutefois, la spécification d'un tel système n'entre pas dans le cadre de la présente Recommandation.

6.5 *Evaluations objectives*

Les évaluations objectives des postes téléphoniques mains-libres et à haut-parleur concernent:

- la mesure pour les courbes d'efficacité en fonction de la fréquence à l'émission et à la réception,
- la détermination objective des équivalents pour la sonie, selon la méthode décrite dans la Recommandation P.79.

Remarque – D'autres méthodes de calcul des équivalents pour la sonie utilisées par certaines Administrations pour leurs mesures de planification interne sont mentionnées dans le Supplément n° 19.

6.5.1 *Mesures des efficacités*

6.5.1.1 *Mesure de l'efficacité à l'émission*

La courbe de réponse en fréquence à l'émission d'un poste à haut-parleur et/ou mains-libres s'enregistre aux bornes de sortie du poste avec les mêmes connexions électriques que pour les postes à combiné. L'entrée acoustique du microphone est fournie par une bouche artificielle qui est placée dans la position illustrée par la figure 3/P.34.

Dans ce cas, l'efficacité à l'émission du système téléphonique local a pour expression:

$$S_{mJ} = 20 \log_{10} \frac{V_s}{p_m} \qquad \text{(dB par rapport à 1 V/Pa)}$$

où V_s est la tension aux bornes d'une impédance terminale de 600 ohms et p_m la pression acoustique au point de référence bouche (PRB).

Le niveau de mesure proposé dans la Recommandation P.64 peut être utilisé, soit $-4{,}7$ dBPa au PRB (voir la figure 3/P.34), ce qui correspond à un niveau de -29 dBPa à 50 cm de la bouche en l'absence du poste et de la table.

Remarque – Certains postes téléphoniques mains-libres utilisent des circuits «à garde de bruit», ce qui entraîne obligatoirement la modification du signal de la source. Une bonne solution consiste à former des impulsions avec ce signal à un rythme approprié, par exemple, 250 ms de signal et 150 ms d'absence de signal. Les efficacités à l'émission déterminées de cette manière pour les postes mains-libres ne conviennent pas pour le calcul des équivalents pour la sonie à l'émission (ESE). Pour ce calcul, la pression acoustique de référence doit avoir, au point de référence bouche, un niveau supérieur de 24,2 dB (en moyenne sur la gamme de fréquences considérée).

6.5.1.2 *Mesure de l'efficacité en fonction de la fréquence*

L'efficacité à la réception d'un poste téléphonique mains-libres a pour expression:

$$S_{Je} = 20 \log_{10} \frac{p_R}{\frac{1}{2} E_J} \qquad \text{(dB par rapport à 1 Pa/V)}$$

où p_R est la pression acoustique mesurée au point C sur la figure 3/P.34 et E_J la f.é.m. du générateur d'impédance 600 ohms.

6.5.2 *Mesure et calcul des équivalents pour la sonie*

6.5.2.1 *A l'émission*

On peut calculer l'équivalent pour la sonie à l'émission conformément à la Recommandation P.79 en utilisant les caractéristiques d'efficacité en fonction de la fréquence mesurées entre la sortie électrique du poste et la pression acoustique au PRB (voir la figure 3/P.34).

Remarque – D'autres méthodes de calcul des équivalents pour la sonie utilisées par certaines Administrations pour leurs mesures de planification interne sont présentées dans le Supplément n° 19.

Toutefois, il convient d'être prudent dans la mise en place et l'interprétation des résultats de telles mesures objectives. Les résultats actuellement disponibles ne concernent qu'un nombre limité de postes et le choix du signal de mesure est important. Dans certaines conditions, l'utilisation d'un signal de parole artificielle peut activer les circuits de protection contre le bruit (par insertion d'un affaiblissement à l'émission). L'utilisation d'une voix artificielle conforme à la Recommandation P.50 (caractéristiques temporelles du signal proche de la parole réelle) donne de meilleurs résultats.

6.5.2.2 *A la réception*

Les mesures objectives décrites au § 6.5.1.2 se font avec un microphone en champ libre au point C (voir la figure 3/P.34).

Les équivalents pour la sonie sont calculés selon la Recommandation P.79, à condition de prendre en compte les deux phénomènes suivants:

- l'effet de diffraction de la tête de l'auditeur,
- une correction appropriée pour la différence entre l'écoute d'une oreille et l'écoute des deux oreilles.

Le problème reste à l'étude au titre de la Question 2/XII.

Temporairement, on considère qu'il faut soustraire dans le calcul des équivalents pour la sonie 14 dB.

Remarque – D'autres méthodes de calcul des équivalents pour la sonie utilisées par certaines Administrations pour leurs mesures de planification interne sont données dans le Supplément n° 19.

Références

[1] CCITT – Question 2/XII, contribution COM XII-N° 1 de la période d'études 1989-1992.

[2] European Committee for Standardisation (CEN) *Office chair/desk working position – dimensions and design requirements*, CEN: prEN91/août 1981.

[3] CCITT *Une méthode de mesure de l'efficacité d'un poste téléphonique à haut-parleur*, annexe 2 à la Question 17/XII, Livre blanc, tome V, 1969.

[4] ISO *Estimation du bruit par rapport aux réactions des collectivités*, Recommandation ISO 1996, 1971.

[5] BERANEK (L. L.): Noise and Vibration Control, *McGraw Hill*, pp. 564-566, New York, 1971.

Recommandation P.35

POSTES TÉLÉPHONIQUES À COMBINÉ

(Malaga-Torremolinos, 1984, modifiée à Melbourne, 1988)

1 Caractéristiques de transmission

Le plan de transmission pour les communications téléphoniques internationales fait l'objet de la Recommandation G.101.

Les Recommandations G.111 et G.121 traitent de la qualité de transmission, à savoir des équivalents pour la sonie, respectivement pour les communications téléphoniques internationales et nationales.

Ces Recommandations permettent aux Administrations de répartir les spécifications entre les postes téléphoniques analogiques et les autres parties du réseau, pour autant que l'ensemble des spécifications soient respectées.

Il n'est donc pas possible d'énoncer des spécifications précises pour les postes téléphoniques analogiques. On peut cependant donner un certain nombre d'indications quant à la conception. Voir à ce sujet le Supplément n° 10.

Les spécifications applicables aux postes téléphoniques numériques font l'objet de la Recommandation P.31.

2 Dimensions du combiné

La forme et les dimensions du combiné influent beaucoup à la fois sur le niveau à l'émission et le niveau à la réception. L'écouteur doit pouvoir être placé de manière à former un ensemble hermétique avec l'oreille et la poignée du combiné doit être telle qu'elle incite l'usager à maintenir le combiné dans la position optimale par rapport à la tête.

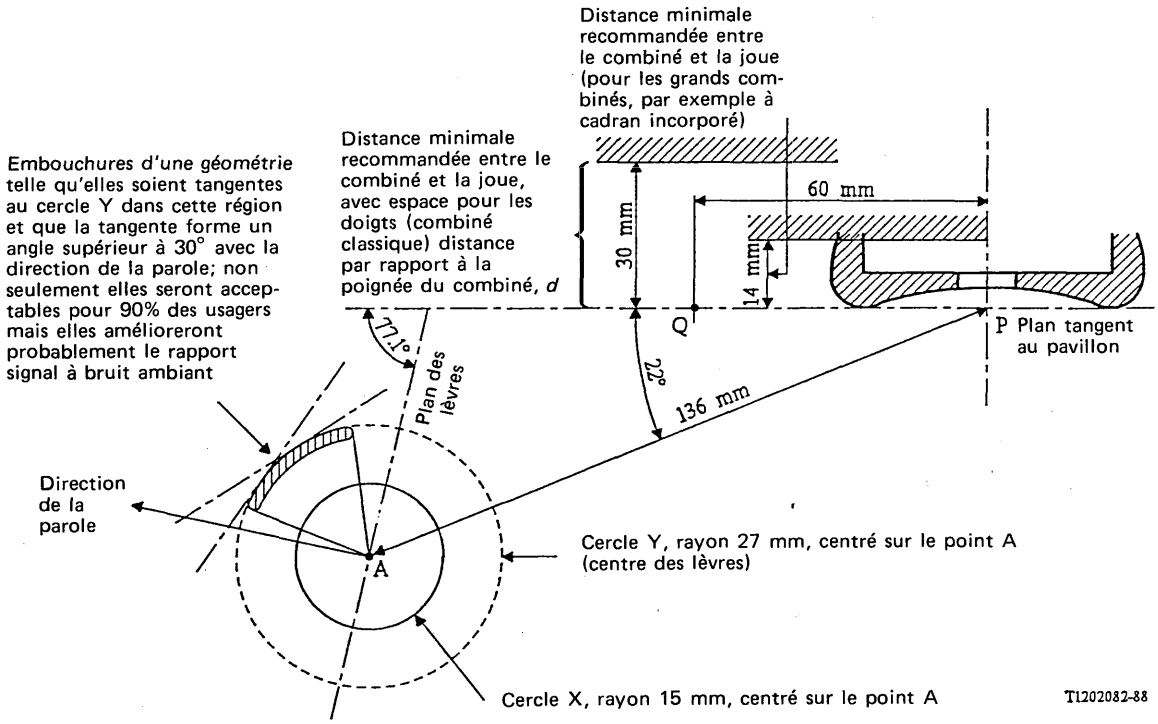
La référence [1] est une étude ergonomique qui a fourni des indications sur la répartition des dimensions pertinentes en ce qui concerne les doigts et la tête.

Une étude consacrée par la suite aux dimensions de la tête dans la République populaire de Chine fait l'objet de [2]. Un travail postérieur [3] montre que pour la commodité d'emploi l'embouchure du combiné doit se trouver un peu à l'extérieur (par exemple de 10 à 12 mm) du cercle englobant le centre des lèvres de 80% des sujets participant aux essais (plus de 4000). Un combiné conforme à ces dimensions (voir la figure 1/P.35) sera alors acceptable pour plus de 90% des usagers. Quand on choisit une distance plus grande des lèvres à l'embouchure, le rapport signal/bruit ambiant est moins bon et il est plus difficile de respecter les valeurs de l'AELE recommandées (voir les Recommandations G.121, P.11, P.76 et P.79 et le Supplément n° 11). Par conséquent, le rapport signal/bruit ambiant et la position de l'embouchure pour la commodité d'emploi doivent être pris en considération et un compromis devra probablement être trouvé.

3 Recommandation pour le combiné téléphonique

En se fondant sur les renseignements donnés ci-dessus, le CCITT recommande d'utiliser des combinés téléphoniques conformes aux dimensions spécifiées à la figure 1/P.35 en ce qui concerne la position de l'embouchure et la distance minimale entre le combiné et la joue.

Remarque – Un pavillon assurant une fermeture hermétique de l'oreille CEI 318 (Recommandation P.51) facilitera les essais en laboratoire et pendant la fabrication. L'expérience a montré que dans la plupart des cas, de tels pavillons assurent également une bonne étanchéité pour l'oreille humaine.



Remarque 1 – Le point A est placé au centre du cercle X qui englobe 80% des positions des lèvres des sujets qui font l'objet d'essais dans les contributions citées en [2] et [3].

Remarque 2 – Le cercle Y englobe l'ellipse donnée en [1].

FIGURE 1/P.35

Références

[1] CCITT – Contribution COM XII-N° 49 (ITT), période d'études 1973-1976.

[2] CCITT – Contribution COM XII-N° 21 (République populaire de Chine), période d'études 1977-1980.

[3] CCITT – Contribution COM XII-N° 112 (République populaire de Chine), période d'études 1977-1980.

Bibliographie

CCITT – Contribution COM XII-N° 32 (Post Office du Royaume-Uni), période d'études 1973-1976.

EFFICACITÉ DES DISPOSITIFS DESTINÉS À PRÉVENIR LA PRODUCTION DE PRESSIONS ACOUSTIQUES EXCESSIVES PAR LES RÉCEPTEURS TÉLÉPHONIQUES

(Malaga-Torremolinos, 1984; modifiée à Melbourne, 1988)

L'utilisation de dispositifs destinés à prévenir la production de pressions acoustiques excessives par les récepteurs téléphoniques est préconisée dans la Recommandation K.7. Les méthodes permettant de vérifier l'efficacité de ces dispositifs en cas d'impulsions de courte durée et de perturbations de durée plus longue, telles que les tonalités, figurent dans cette Recommandation. Celle-ci contient également une méthode permettant de vérifier si les dispositifs n'ont pas d'effets gênants sur les signaux vocaux normaux.

Remarque préliminaire – S'appuyant sur les résultats de travaux scientifiques, divers auteurs ou organismes ont proposé des critères de risques de lésions auditives, à partir de conventions portant sur les variations de la pression acoustique en régimes dits «impulsionnels», dont la définition, par ailleurs, n'est pas unique. D'autre part, on a également proposé des critères de risques de lésions auditives pour les perturbations acoustiques de durée plus longue, telles que les tonalités. Ces critères ne sont toutefois pas directement transposables aux conditions d'essais et de mesures décrites ci-dessous. Le recoupement des résultats ne saurait non plus être obtenu sans faire intervenir certaines hypothèses non explicitées dans la présente Recommandation, dont l'objectif est seulement de décrire une méthode simple, tant pour sa mise en œuvre que pour l'exploitation des résultats obtenus. Les critères recommandés s'appuient d'autre part sur l'expérience de plusieurs pays concernant les qualités des récepteurs téléphoniques nécessaires à la sécurité des usagers et des opérateurs. Les Administrations peuvent, si elles le souhaitent, adopter des niveaux de limitation inférieurs pour réduire les gênes causées aux usagers par les perturbations acoustiques, mais ces niveaux de limitation ne doivent pas être bas au point d'avoir des effets gênants sur les niveaux vocaux normaux.

1 Efficacité de la protection contre des impulsions de courte durée

Pour vérifier si la protection d'un appareil téléphonique à l'égard des risques de chocs acoustiques dus à des impulsions de courte durée est satisfaisante, il est recommandé d'examiner ses caractéristiques comme indiqué ci-dessous:

a) l'appareil complet, comprenant le dispositif de protection, est placé dans des conditions normales de fonctionnement, du point de vue de son courant d'alimentation, dans l'état correspondant à l'échange d'une communication (par exemple, le combiné décroché);

b) le pavillon du récepteur téléphonique de l'appareil est appliqué normalement sur une oreille artificielle conforme à la Recommandation P.51 (et correspondant à la publication CEI 318);

c) l'oreille artificielle est connectée électriquement à un sonomètre conforme à la Publication CEI 651, correctement étalonné et possédant les circuits nécessaires à la mesure des niveaux de crête des pressions acoustiques. Cet appareil doit être de classe 2, pour des essais de prototypes, et peut être de classe 3, pour des vérifications d'appareils produits en série;

d) des impulsions électriques sont appliquées aux bornes du poste téléphonique, grâce à un montage approprié permettant de les superposer à l'alimentation en courant continu, sans que celle-ci court-circuite les impulsions. Ces impulsions sont produites par un générateur conforme à la figure 1/K.17 de la Recommandation K.17, correspondant au cas des essais de répéteurs pour paires symétriques (R_3 = 25 ohms, C_2 = 0,2 µF – voir le tableau 1/K.17). La tension d'essai est comprise entre 0 et 1,5 kV;

e) le poste téléphonique est également soumis à des mesures en ce qui concerne les impulsions acoustiques qu'il crée, telles que celles produites par la manœuvre du crochet commutateur du poste ou par la numérotation;

f) en ce qui concerne les points d) et e) ci-dessus, le niveau de crête observé pour la pression acoustique (maximum de la valeur instantanée) doit être inférieur à 140 dB par rapport à 20 µPa. A long terme, il est recommandé aux Administrations de limiter cette valeur à 135 dB, pour les appareils d'usage courant.

Remarque – Les Administrations peuvent juger souhaitable d'appliquer des limites différentes dans des cas particuliers, par exemple, pour les casques téléphoniques utilisés par les opératrices.

2 Efficacité de la protection contre des perturbations de durée plus longue

Pour vérifier si la protection d'un appareil téléphonique à l'égard des risques de chocs acoustiques dus à des perturbations de durée plus longue, telles que les tonalités, est satisfaisante, il est recommandé d'examiner ses caractéristiques comme indiqué ci-dessous:

a) l'appareil complet, comprenant le dispositif de protection, est placé dans des conditions normales de fonctionnement, du point de vue de son courant d'alimentation, dans l'état correspondant à l'échange d'une communication (par exemple, le combiné décroché);

b) le pavillon du récepteur téléphonique de l'appareil est appliqué normalement sur une oreille artificielle conforme à la Recommandation P.51 (et correspondant à la Publication CEI 318);

c) l'oreille artificielle est connectée électriquement à un sonomètre conforme à la Publication CEI 651 et correctement étalonné pour mesurer les niveaux de pression acoustique pondérés par le facteur A. Cet appareil doit être de classe 2, pour des essais de prototypes, et peut être de classe 3, pour des vérifications d'appareils produits en série;

d) un signal sinusoïdal de 1000 ± 20 Hz[1] est appliqué au poste téléphonique et on augmente son amplitude jusqu'à ce que la tension efficace de ce signal atteigne 10 V_{eff} aux bornes du poste ou que le niveau acoustique de sortie en régime stationnaire du récepteur téléphonique atteigne sa valeur limite, si cette dernière est atteinte la première;

e) le poste téléphonique est également soumis à des essais en ce qui concerne les perturbations acoustiques qu'il crée, telles que les signaux de tonalité de numérotation renvoyés au récepteur;

f) en ce qui concerne les points d) et e) ci-dessus, le niveau de la pression sonore pondéré à l'aide du facteur A en régime stationnaire doit être inférieur à 125 dBA (réponse «lente»).

Remarque 1 – Les tonalités ou autres perturbations dont la durée, par nature, est inférieure à 0,5 s devraient être considérées comme des impulsions de courte durée relevant du § 1. Les perturbations répétitives, telles que celles qui peuvent se produire pendant la numérotation multifréquence, doivent être évaluées au titre du § 2 à l'aide d'un sonomètre réglé pour la mesure de la moyenne des réponses «lentes».

Remarque 2 – Les Administrations peuvent juger souhaitable d'appliquer des limites différentes dans des cas particuliers, par exemple, pour les casques téléphoniques utilisés par les opératrices.

3 Effet sur des signaux vocaux normaux

Il est recommandé de vérifier si l'atténuation des signaux forts, obtenue par les dispositifs de protection, n'entraîne pas de détérioration des signaux normaux de conversation, par exemple, par distorsion de non-linéarité. Il peut être procédé à des séries de mesures en régime sinusoïdal stationnaire, à la fréquence de 1000 ± 20 Hz, soit les grandeurs:

N est le niveau de tension électrique appliquée aux bornes de l'appareil, déterminé par la relation:

$$N = 20 \log_{10} \frac{V_{eff}}{0{,}775} \quad \text{(dB)}$$

où V_{eff} représente la valeur efficace de la tension (en volts) aux bornes. La valeur $V_{eff} = 0{,}775$ volt (−2,2 dBV) donne $N = 0$ et correspond à un niveau de puissance de 0 dBm dans 600 ohms;

$P(N)$ est la pression acoustique produite dans des conditions données par le récepteur téléphonique (ce peut être, par exemple, celle mesurée sur une oreille artificielle conforme à la Recommandation P.51), correspondant à l'application aux bornes de l'appareil du niveau de tension N;

$A(N)$ est l'atténuation de l'efficacité électroacoustique, par rapport à sa valeur de référence déterminée pour $N = -20$ dB. $A(N)$ est déterminée par la relation:

$$A(N) = 20 \log_{10} \frac{P(-20)}{P(N)} + N + 20$$

[$A(N) = 0$ si $N = -20$ dB]

Les valeurs obtenues pour $A(N)$ doivent respecter les indications du tableau 1/P.36, qui ont été obtenues à partir de mesures effectuées sur plusieurs types d'appareils munis de dispositifs de protection variés.

---

[1] La liste ISO des fréquences préférables comprend 1000 Hz, fréquence de référence habituellement utilisée pour les essais acoustiques. La Recommandation O.6 propose d'utiliser la fréquence 1020 Hz pour les essais des systèmes MIC afin d'éviter que la fréquence d'essai ne soit un sous-multiple de la fréquence d'échantillonnage de 8000 Hz. Cette Recommandation devra peut-être être prise en considération pour les essais portant sur des postes téléphoniques numériques.

Remarque 1 – Il peut être utile d'effectuer quelques mesures complémentaires pour vérifier si les valeurs observables pour $A(N)$ sont du même ordre pour toutes les fréquences comprises entre 200 Hz et 4000 Hz.

Remarque 2 – Certains appareils de conception récente ont des particularités de fonctionnement: par exemple, la sensibilité électroacoustique dépend des conditions d'alimentation en courant continu et (ou) du niveau des signaux reçus, abstraction faite de l'effet de dispositifs de protection. En pareil cas, il appartient aux Administrations ayant l'intention d'utiliser de tels appareils d'adapter éventuellement les conditions ci-dessus, de manière à en conserver les principes.

TABLEAU 1/P.36

N (dB)	$A(N)$ (dB)
-20	0
-10	< 0,5
0	⩽ 2

Recommandation P.37

CHAMP MAGNÉTIQUE AUTOUR DU PAVILLON DE L'ÉCOUTEUR DE COMBINÉS TÉLÉPHONIQUES PERMETTANT LE COUPLAGE AVEC DES PROTHÈSES AUDITIVES

(Malaga-Torremolinos, 1984; modifiée à Melbourne, 1988)

1 Introduction

Les systèmes d'induction magnétique introduits dans les combinés téléphoniques comme auxiliaires auditifs génèrent un champ magnétique alternatif possédant des caractéristiques spatiales qui rendent possible la détection du champ avec des prothèses auditives équipées de bobines d'induction captrices.

La réception d'un signal d'audiofréquence à travers une bobine d'induction captrice peut souvent permettre de réaliser un rapport acceptable signal/bruit dans les cas où la réception acoustique serait sans cela dégradée par la réverbération et le bruit de fond.

L'intensité du champ magnétique qui permet le fonctionnement efficace des bobines d'induction captrices dans les prothèses auditives doit être suffisamment élevée pour produire un rapport acceptable signal/bruit mais pas assez élevée toutefois pour provoquer une surcharge de la prothèse.

La valeur du champ magnétique recommandée dans cette norme a été choisie de façon à répondre autant que possible à ces impératifs.

2 Portée

Cette Recommandation s'applique aux combinés téléphoniques qui fournissent un champ magnétique pour le couplage à des prothèses auditives. Elle spécifie le niveau, la linéarité et la dépendance de fréquence du champ magnétique produit par le combiné et les caractéristiques d'une bobine sonde étalonnée.

3 Explication des termes

3.1 *Niveau du champ magnétique*

Valeur maximale de l'intensité du champ magnétique mesurée conformément au § 4.2.

3.2 *Plan de mesure*

Plan parallèle au plan du pavillon de l'écouteur à une distance de 10 mm de ce dernier.

4 Mesures de l'intensité du champ magnétique et valeurs recommandées

4.1 *Etalonnage du niveau de réception acoustique*

En utilisant le dispositif de mesure représenté dans la figure 3/P.64, le niveau d'excitation de l'oscillateur doit être réglé de façon à produire un niveau de pression acoustique de 80 dB à 1000 Hz. Ce niveau d'excitation est utilisé pour mesurer les caractéristiques de niveau et de fréquence du champ magnétique.

4.2 *Niveau du champ magnétique*

Placer (comme expliqué au § 5) le centre de la bobine sonde étalonnée dans le plan de mesure et l'orienter par rapport au circuit de manière à obtenir un couplage maximum. Déterminer le champ magnétique à 1000 Hz en utilisant le niveau d'excitation réglé comme indiqué au § 4.1.

La valeur recommandée du champ magnétique est:

-17 à -30 dB par rapport à 1 A/m

Remarque – Les prothèses auditives dotées de bobines d'induction captrices conçues principalement pour le couplage avec des boucles magnétiques dans les auditoriums (voir la publication CEI 118-4) ont probablement une sensibilité qui correspond à un champ voisin de la limite supérieure de la gamme recommandée pour le couplage à des appareils téléphoniques.

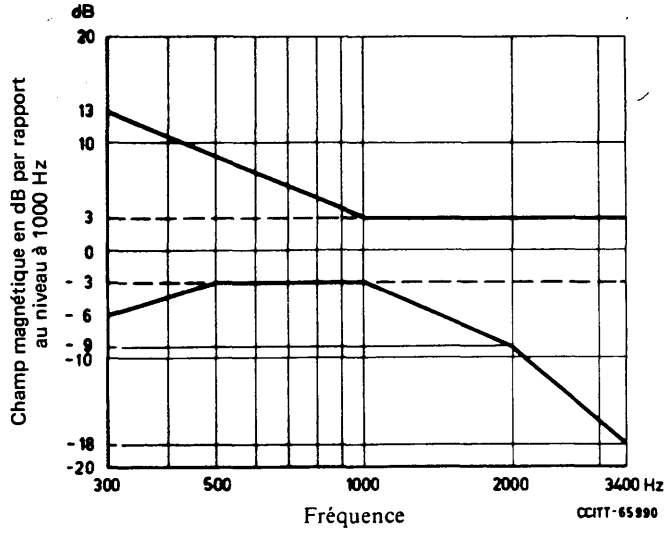
4.3 *Linéarité du champ magnétique*

Avec la bobine sonde positionnée comme indiqué au § 4.2, augmenter de 20 dB le niveau d'excitation à 1000 Hz spécifié au § 4.1 et mesurer le champ magnétique qui en résulte.

Le champ doit augmenter de 20 dB ± 1 dB ou, si le poste téléphonique a une linéarité supérieure, la linéarité du champ magnétique doit être aussi bonne.

4.4 *Mesure des caractéristiques de fréquence*

La bobine sonde étant positionnée comme indiqué au § 4.2 et le niveau d'excitation étant celui spécifié au § 4.1, faire varier la fréquence de 300 Hz à 3400 Hz et mesurer le champ qui en résulte. Les caractéristiques du champ magnétique en fonction de la fréquence devront rester à l'intérieur du gabarit indiqué sur la figure 1/P.37.



Remarque – Les caractéristiques de fréquence préférées sont en pointillé (± 3 dB). Le domaine des caractéristiques acceptables est en traits continus.

FIGURE 1/P.37

Caractéristiques du champ magnétique en fonction de la fréquence

5 Bobine sonde

5.1 *Dimensions*

Pour mesurer le champ magnétique, il est recommandé d'employer une bobine sonde étalonnée ayant les dimensions suivantes:

Noyau: longueur (12,5 ± 1 mm)
section transversale (1 mm ± 0,5 mm) × (2 mm ± 0,5 mm)

Bobinage: longueur (10 mm ± 1 mm)
section transversale (2 mm ± 0,5 mm) × (3 mm ± 0,5 mm)

Le bobinage doit être plus court que le noyau.

Remarque 1 – Le champ magnétique peut ne pas être homogène sur les distances comparables à la longueur de la bobine. Par ailleurs, l'introduction d'un noyau magnétique peut aussi déplacer les lignes de force du champ magnétique. C'est pourquoi le matériau magnétique du noyau peut revêtir une certaine importance.

Remarque 2 – La bobine sonde peut être combinée avec des éléments de correction de fréquence de façon à obtenir une réponse en fréquence uniforme entre 300 Hz et 3400 Hz.

5.2 *Etalonnage de la bobine sonde*

La sensibilité en fonction de la fréquence de la bobine sonde doit être mesurée avec une précision de ± 0,5 dB.

Une méthode permettant de créer un champ magnétique homogène d'intensité connue est indiquée dans la publication 118-1 de la CEI. La distorsion harmonique du champ magnétique utilisé pour l'étalonnage doit être inférieure à 1%.

5.3 *Distorsion*

La distorsion de la bobine sonde doit être inférieure à 2% lorsqu'on mesure un champ inférieur ou égal à +2 dB par rapport à 1 A/m.

ANNEXE A

(à la Recommandation P.37)

Mesure d'un adaptateur acousto-magnétique générant un champ magnétique

A.1 *Portée*

La présente annexe spécifie la méthode de mesure applicable à un adaptateur acousto-magnétique qui convertit la sortie acoustique d'un récepteur téléphonique, conformément aux § 4.1 et 4.2 en un champ magnétique, pouvant être reçu par la bobine captatrice magnétique dans une prothèse auditive.

A.2 *Définition du plan de l'adaptateur*

Le plan de l'adaptateur est le plan formé par les points de contact d'une surface plane contre la surface de l'adaptateur acousto-magnétique en face de la connexion du pavillon de l'écouteur.

A.3 *Définition du plan de mesure*

Le plan de mesure est un plan parallèle au plan de l'adaptateur, à une distance de 10 mm.

A.4 *Procédures applicables aux mesures*

Les mesures sont effectuées conformément aux dispositions de la présente Recommandation.

Le niveau de pression acoustique à la sortie du récepteur téléphonique est mesuré avec l'oreille artificielle, en l'absence d'adaptateur acousto-magnétique.

On mesure les caractéristiques du champ magnétique de l'adaptateur acousto-magnétique lorsque celui-ci est monté sur le récepteur téléphonique.

Remarque – Dans le relevé des résultats, il convient de spécifier le type de poste téléphonique utilisé.

A.5 *Spécifications du champ magnétique*

Le champ magnétique produit par l'adaptateur, lorsque celui-ci est monté sur un combiné, doit répondre aux spécifications de niveau et de caractéristique de fréquence définies aux § 4.2 et 4.4.

A.6 *Propriétés physiques*

Il est souhaitable que l'adaptateur acousto-magnétique ait les caractéristiques suivantes:

- facilité de montage sur le pavillon de l'écouteur et de démontage;
- contact intime avec le pavillon de l'écouteur, afin que l'adaptateur acousto-magnétique et le combiné téléphonique puissent être utilisés comme un ensemble unique;
- couplage acoustique serré et bien défini avec le pavillon de l'écouteur (voir la remarque);
- la surface de l'adaptateur acousto-magnétique définissant le plan de l'adaptateur doit être plane ou avoir une forme définissant bien le plan de l'adaptateur;
- le plan de l'adaptateur doit être approximativement parallèle au plan du pavillon de l'écouteur;
- le champ magnétique produit par l'adaptateur doit être orienté de manière que le couplage magnétique à la prothèse auditive dépende très peu de la position de la prothèse.

Remarque – Il est recommandé que le diamètre intérieur d'un joint acoustique hermétique soit égal au diamètre de la bordure de l'oreille artificielle CEI 318.

Bibliographie

Méthodes de mesure des caractéristiques électroacoustiques des appareils de correction auditive. Quatrième partie: Intensité du champ magnétique dans les boucles d'induction audiofréquences utilisées à des fins de correction auditive, publication 118-4 de la CEI, 1981.

AHLBORG (H.): Speech levels in the Swedish telephone network. *TELE Engl. Ed.*, No. 1, 1978.

DAHLGAARD (T.) et NIELSEN (A. K.): A statistical analysis of speech signals in a local exchange, and a calculation of the line impedance from the natural speech signals. *Teleteknik*, No. 2, 1974.

GLEISS (N.): Preferred listening levels in telephony. *TELE Engl. Ed.*, No. 2, 1974.

Recommandation P.38

CARACTÉRISTIQUES DE TRANSMISSION DES SYSTÈMES TÉLÉPHONIQUES D'OPÉRATRICE (STO)

Les méthodes de mesure adoptées pour mesurer un système téléphonique d'opératrice (STO) qui comprend un casque, un circuit d'alimentation et une ligne d'abonné (les mêmes principes peuvent être appliqués à tout système qui utilise un casque), sont conformes aux méthodes décrites dans la Recommandation P.64 hormis les exceptions suivantes:

1 Efficacités à l'émission des STO

En principe, le STO est semblable au système téléphonique local (STL) de la Recommandation P.64 si ce n'est que dans un casque l'écouteur et le microphone peuvent ne pas avoir une relation fixe comme dans le cas d'un combiné téléphonique classique. Les casques pour lesquels la distance entre le récepteur et le microphone n'est pas réglable doivent être placés comme indiqué dans l'annexe A de la Recommandation P.76. Concernant ceux pour lesquels la distance est réglable, le fabricant doit spécifier une position modale de l'accès d'entrée du microphone à l'aide de coordonnées à trois dimensions: plan des lèvres, plans de référence horizontal et vertical de la bouche, comme défini dans la Recommandation P.51.

Cette position modale définie par le fabricant représente la position d'utilisation normale.

Remarque – Le «coin de la bouche», terme utilisé par certains fabricants pour définir la position d'utilisation normale, est censé se trouver à 21 mm du centre du plan des lèvres et à 9 mm derrière ce plan. Le champ sonore de la bouche artificielle n'est pas défini derrière le plan des lèvres, c'est pourquoi des points de mesure derrière le plan des lèvres ne sont pas recommandés.

L'efficacité à l'émission est donc déterminée conformément aux § 2, 4 et 6 de la Recommandation P.64.

L'équivalent pour la sonie à l'émission (ESE) est calculé comme décrit dans la Recommandation P.79.

2 Efficacités à la réception du STO

2.1 Pour les casques dotés d'écouteurs se plaçant sur l'oreille, on utilise l'oreille artificielle CEI 318.

L'efficacité à la réception est déterminée conformément aux § 3, 5 et 7 de la Recommandation P.64.

L'équivalent pour la sonie à la réception (ESR) est calculé comme décrit dans la Recommandation P.79, en utilisant les valeurs L_E du tableau 4/P.79.

2.2 Pour les casques dotés de récepteurs à embout, on utilise le simulateur d'oreille CEI 711.

L'efficacité à la réception est déterminée conformément aux § 3, 5 et 7 de la Recommandation P.64.

2.3 L'efficacité à la réception qu'il convient d'utiliser dans le calcul de la sonie nécessite:

a) une fonction de transfert (S_{DE}) du tympan au point de référence oreille (PRO) (voir le tableau 1/P.51), et

b) les valeurs de $L_{E(I)}$ du tableau 1/P.38 appropriées pour les récepteurs à embout.

L'efficacité est définie comme suit:

$$S_{JE} = S_{Jd} + S_{DE} - L_{E(I)}$$

où

S_{JE} est l'efficacité de la jonction à l'oreille humaine;

S_{Jd} est l'efficacité de la jonction au simulateur d'oreille CEI 711 (tympan);

$L_{E(I)}$ est la perte par couplage de l'oreille des récepteurs à embout (voir le tableau 1/P.38);

S_{DE} est la fonction de transfert du tympan au PRO (voir le tableau 1/P.51).

L'équivalent pour la sonie à la réception (ESR) est calculé comme indiqué dans la Recommandation P.79 en utilisant la valeur S_{JE} de la formule mentionnée ci-dessus. (*Remarque* – Les valeurs de L_E du tableau 4/P.79 ont été remplacées par les valeurs indiquées dans le tableau 1/P.38.)

Remarque 1 – Dans le cadre de la Question 8/XII, on poursuit une étude visant à évaluer les écouteurs de différents types: intra-conque, placés autour de l'oreille et sans contact.

Remarque 2 – On peut trouver d'autres renseignements sur la mesure du STO dans le § 3.4 du Manuel sur les mesures téléphonométriques.

TABLEAU 1/P.38

Valeurs de $L_{E\,(I)}$ pour des récepteurs à embout

Fréquence (Hz)	$L_{E\,(I)}$ (dB)
200	23,0
250	19,0
315	18,0
400	17,4
500	12,8
630	9,0
800	6,8
1000	3,2
1250	1,5
1600	1,4
2000	0,4
2500	-1,5
3150	3,0
4000	0,0

PAGE INTENTIONALLY LEFT BLANK

PAGE LAISSEE EN BLANC INTENTIONNELLEMENT

SECTION 3

NORMES DE TRANSMISSION

Recommandation P.48

SPÉCIFICATION D'UN SYSTÈME DE RÉFÉRENCE INTERMÉDIAIRE

(Genève, 1976; modifiée à Genève, 1980,
Malaga-Torremolinos, 1984 et Melbourne, 1988)

Résumé

Cette Recommandation a pour objet la spécification d'un système de référence intermédiaire (SRI) à utiliser pour définir les équivalents pour la sonie. La description du dispositif doit être suffisamment explicite pour permettre à des laboratoires différents de reproduire un équipement ayant les caractéristiques requises et d'en assurer la maintenance en vue d'une qualité de fonctionnement normalisée.

1 Objectifs recherchés dans la conception

Les principales conditions à satisfaire pour utiliser un système de référence intermédiaire aux fins d'essais de combinés téléphoniques[1] sont énumérées ci-après:

a) le circuit doit être stable, et ses performances électriques et électroacoustiques doivent pouvoir être spécifiées. L'étalonnage de l'équipement devrait être fondé sur des normes nationales;

b) les éléments de circuits visibles aux sujets doivent être analogues, pour ce qui est de l'apparence et du toucher, aux appareils d'abonnés de types normaux;

c) les systèmes émetteur et récepteur devraient avoir des largeurs de bandes de fréquences et des courbes de réponse normalisées pour représenter des circuits téléphoniques commerciaux;

d) le système devrait comprendre une jonction offrant des possibilités d'insertion d'affaiblissement, et d'autres éléments de circuits tels que filtres ou correcteurs;

e) on devrait pouvoir monter le système et en assurer la maintenance avec un équipement d'essai relativement simple.

Remarque – Les conditions énoncées aux § a) à d) ont été satisfaites dans la conception initiale du SRI en prenant pour base des réponses en fréquence à l'émission et à la réception, les caractéristiques moyennes d'un grand nombre de circuits téléphoniques commerciaux et en limitant les largeurs de bande à la gamme nominale comprise entre 300 et 3400 Hz.

---

[1] Un SRI différent sera nécessaire pour d'autres types de poste téléphonique, par exemple, les postes à écouteur ou à haut-parleur. Le SRI est spécifié pour la gamme de fréquences de 100 à 5000 Hz. On a spécifié la gamme nominale de 300 à 3400 Hz par souci de compatibilité avec l'espacement nominal des systèmes MRF (4 kHz); elle ne doit pas être interprétée comme une restriction à l'amélioration de la qualité de réception que l'on pourrait obtenir en étendant la bande de fréquences transmise.

Etant donné que la conception détaillée d'un SRI peut varier entre diverses Administrations, les spécifications ci-après ne définissent que les caractéristiques essentielles requises pour assurer la normalisation du fonctionnement du SRI.

On trouvera exposés les principes du SRI et ses valeurs nominales d'efficacité aux § 2, 3, 4 et 5. Les § 6 à 9 traitent des conditions applicables en ce qui concerne la stabilité, les tolérances, les limites de bruit, la diaphonie et la distorsion. Le § 10 fournit des renseignements sur des caractéristiques secondaires.

On trouvera en [1] des renseignements concernant l'installation et la maintenance du SRI.

2 Utilisation du SRI

Les éléments fondamentaux du SRI sont constitués par:

a) le système émetteur;

b) le système récepteur;

c) la jonction.

Lorsqu'on a assemblé, étalonné et interconnecté un modèle de chacun des éléments cités aux § a), b) et c), il en résulte un trajet de conversation (unidirectionnel) de référence, comme le montre la figure 1/P.48. Pour la détermination des équivalents pour la sonie, il faut aussi disposer de moyens de commutation appropriés pour permettre l'échange mutuel des systèmes émetteur et récepteur avec leurs homologues commerciaux.

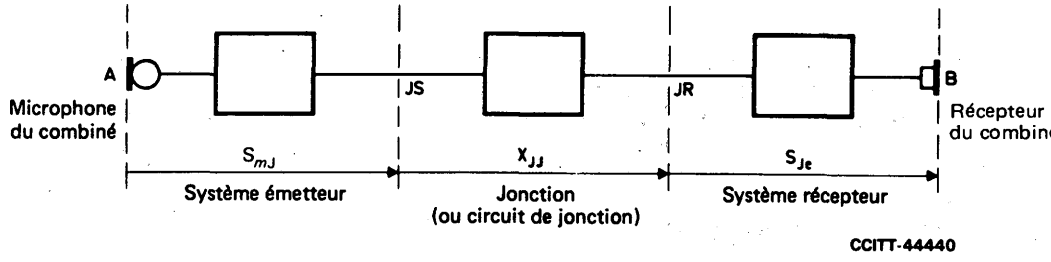


FIGURE 1/P.48

Composition du système de référence intermédiaire complet

3 Caractéristiques physiques des combinés

Les systèmes émetteur et récepteur d'un SRI comprennent chacun un combiné, dont la forme doit être symétrique par rapport à son plan longitudinal médian et dont la section dans ce plan doit, aux fins de normalisation, être conforme aux cotes indiquées à la figure 1/P.35. En pratique, on peut donner au combiné toute forme appropriée, par exemple, en adoptant les modèles utilisés par une Administration sur son propre réseau. La forme générale du combiné complet devra être telle que, en utilisation normale, la position du pavillon du récepteur sur l'oreille soit déterminée aussi exactement que possible et non sujette à une variation excessive.

La capsule du microphone, une fois insérée dans le combiné, devra pouvoir être étalonnée conformément à la méthode décrite dans la Recommandation P.64. Le pavillon du récepteur sera conçu de manière à pouvoir être adapté hermétiquement sur l'arête vive circulaire de l'oreille artificielle CEI/CCITT aux fins d'étalonnage conformément à la publication 318 de la CEI, et le contour du pavillon sera approprié à la définition du point de référence oreille selon la description donnée à l'annexe A de la Recommandation P.64.

Les transducteurs seront stables et linéaires, et leur mode de réalisation sera tel qu'on pourra les placer dans le combiné choisi. Un combiné contiendra toujours à la fois les capsules du microphone et du récepteur, même si l'un ou l'autre demeure inactif au cours des essais. Le poids d'un combiné, équipé de cette manière, ne devra pas dépasser 350 g.

4 Composition du SRI complet et impédance aux interfaces

La figure 1/P.48 montre la composition du trajet de conversation du SRI, subdivisé conformément aux spécifications du § 2. Les principales caractéristiques des diverses parties sont examinées ci-après.

4.1 *Système émetteur*

Le système émetteur du SRI est défini comme la portion A-JS qui s'étend du microphone du combiné A à l'interface avec la jonction en JS. Le système émetteur comprendra tous dispositifs d'amplification et de correction nécessaires pour que les conditions énoncées aux § 5.1 et 7 soient remplies.

L'affaiblissement d'adaptation de l'impédance au point JS, vue de A, par rapport à $600\angle 0°$ ohms, sera d'au moins 20 dB dans la gamme de fréquences de 200 à 4000 Hz et d'au moins 15 dB dans la gamme de fréquences de 125 à 6300 Hz, le système émetteur étant correctement réglé et étalonné.

4.2 *Système récepteur*

Le système récepteur du SRI est défini comme la portion JR-B qui s'étend de l'interface avec la jonction en JR au récepteur du combiné en B. Le système récepteur comprendra tous dispositifs d'amplification et de correction nécessaires pour que les conditions énoncées aux § 5.2 et 7 soient satisfaites.

L'affaiblissement d'adaptation de l'impédance au point JR, vue de B, par rapport à $600\angle 0°$ ohms, sera d'au moins 20 dB dans la gamme de fréquences de 200 à 4000 Hz, et d'au moins 15 dB dans la gamme de fréquences de 125 à 6300 Hz, le système récepteur étant correctement réglé et étalonné.

4.3 *Jonction*

Pour les essais d'équilibrage de la force des sons et les essais d'effet local, la jonction du SRI comprendra des dispositifs permettant d'insérer des valeurs connues d'affaiblissement entre les systèmes émetteur et récepteur. Elle consistera en une ligne d'affaiblissement étalonnée d'impédance caractéristique de 600 ohms et ayant une valeur maximale d'au moins 100 dB

(par exemple, 10 × 10 dB + 10 × 1 dB + 10 × 0,1 dB)

avec une tolérance (une fois la ligne fixée et câblée en permanence dans l'équipement) de ± 1% de la valeur lue sur les cadrans ou une précision de lecture de ± 0,1 dB. On aura prévu la possibilité d'inclure des éléments de circuit additionnels (par exemple, pour la distorsion d'affaiblissement en fonction de la fréquence) dans la jonction. La composition des circuits de ces éléments additionnels devra être compatible à la fois avec celle de la ligne d'affaiblissement et les interfaces avec la jonction. L'affaiblissement d'adaptation de la jonction par rapport à $600\angle 0°$ ohms sera d'au moins 20 dB sur la gamme de fréquences de 200 à 4000 Hz et d'au moins 15 dB sur la gamme de fréquences de 125 à 6300 Hz, aussi bien en présence qu'en l'absence d'éléments additionnels de circuits. Pour ces essais, les bornes autres que celles sur lesquelles portent les mesures seront fermées sur $600\angle 0°$ ohms.

5 Valeurs nominales de l'efficacité des systèmes émetteur et récepteur

Les valeurs absolues indiquées ci-dessous sont provisoires; elles pourraient devoir être modifiées quelque peu à la suite de l'étude de la nouvelle Question 19/XII [2].

5.1 *Système émetteur*

Les valeurs de l'efficacité à l'émission, S_{mJ}, figurent à la colonne (2) du tableau 1/P.48 [3].

5.2 *Système récepteur*

Les valeurs de l'efficacité à la réception, S_{Je}, telles que mesurées sur une oreille artificielle CCITT/CEI (voir la Recommandation P.64), figurent à la colonne (3) du tableau 1/P.48 [3].

TABLEAU 1/P.48

Valeurs nominales de l'efficacité à l'émission et à la réception du SRI

(Ces valeurs ont été adoptées à titre provisoire)

Fréquence (Hz)	S_{mJ}	S_{Je}
	dB V/Pa	dB Pa/V
(1)	(2)	(3)
100	−45,8	−27,5
125	−36,1	−18,8
160	−25,6	−10,8
200	−19,2	−2,7
250	−14,3	2,7
300	−11,3	6,4
315	−10,8	7,2
400	−8,4	9,9
500	−6,9	11,3
600	−6,3	11,8
630	−6,1	11,9
800	−4,9	12,3
1000	−3,7	12,6
1250	−2,3	12,5
1600	−0,6	13,0
2000	0,3	13,1
2500	1,8	13,1
3000	1,5	12,5
3150	1,8	12,6
3500	−7,3	3,9
4000	−37,2	−31,6
5000	−52,2	−54,9
6300	−73,6	−67,5
8000	−90,0	−90,0

6 Stabilité

Cette stabilité doit être maintenue, dans des limites raisonnables de température et d'humidité ambiantes, tout au moins entre les étalonnages périodiques. (Voir aussi [1].)

7 Formes et tolérances sur les valeurs d'efficacité des systèmes émetteur et récepteur

La forme des caractéristiques d'efficacité en fonction de la fréquence des systèmes émetteur et récepteur du SRI doit respecter les limites des gabarits du tableau 2/P.48 (voir aussi les figures 2/P.48 et 3/P.48). Les équivalents pour la sonie à l'émission et à la réception seront fixés à 0 ± 0,2 dB quand le calcul repose sur les principes de la Recommandation P.79.

Remarque – Une excursion au-dessus ou au-dessous des limites est autorisée, à condition:

a) qu'elle ne dépasse pas 2 dB au-dessus de la limite supérieure ou au-dessous de la limite inférieure;

b) que la largeur de l'excursion qui dépasse la limite pertinente ne soit pas supérieure à 1/10e de la fréquence au maximum ou au minimum de l'excursion.

TABLEAU 2/P.48

Coordonnées des courbes limites d'efficacité à l'émission et à la réception

Courbe limite	Fréquence (Hz)	Efficacité à l'émission (en dB par rapport à un niveau arbitraire)	Fréquence (Hz)	Efficacité à la réception (en dB par rapport à un niveau arbitraire)
Limite supérieure	100	−41	100	−24
	200	−16	200	0
			300	+9
	400	−6		
			500	+14
	3400	+6	3400	+16
	3600	+4	3600	+13
			4500	−40
	6000	−60		
Limite inférieure	moins de 200	−∞	moins de 200	−∞
	200	−21	200	−20
			300	+4
	400	−11		
			500	+9
	3000	−1		
			3200	+10
	3400	−4	3400	+4
	plus de 3400	−∞	plus de 3400	−∞

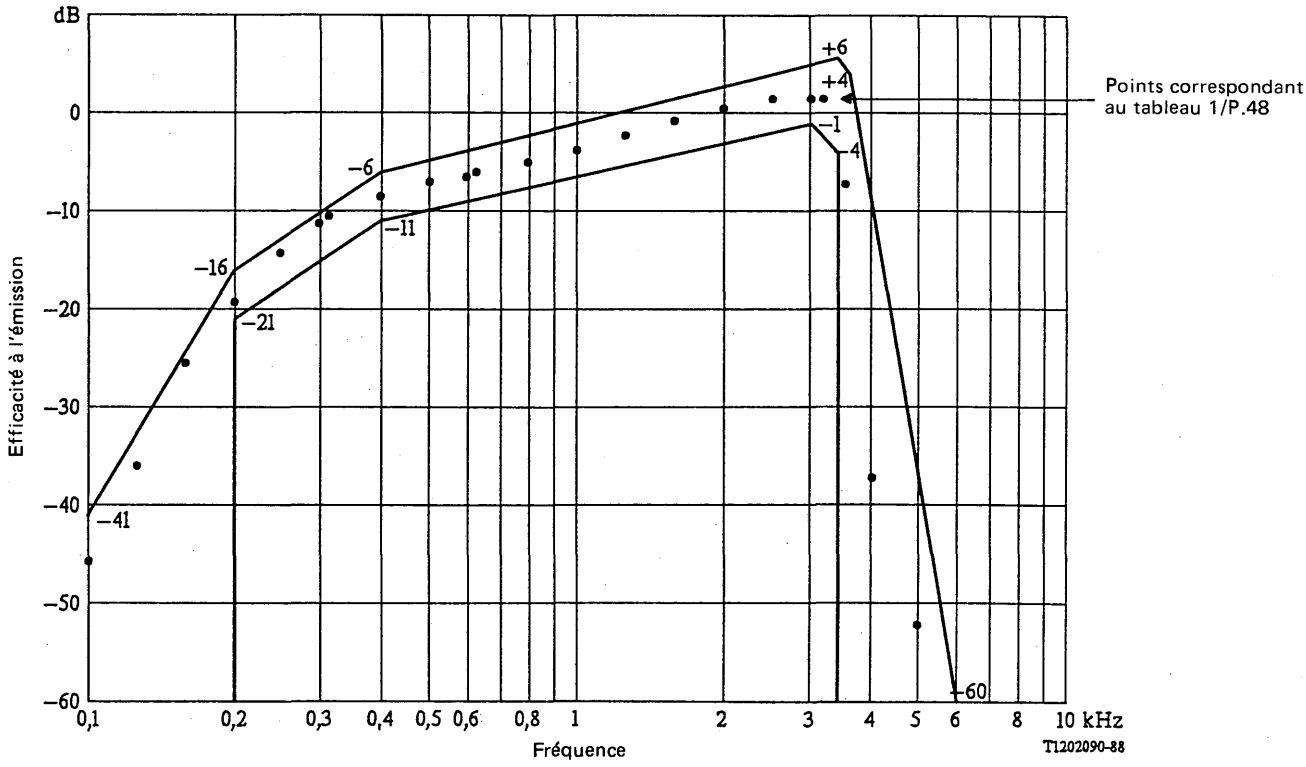


FIGURE 2/P.48

Gabarit proposé pour SRI à l'émission

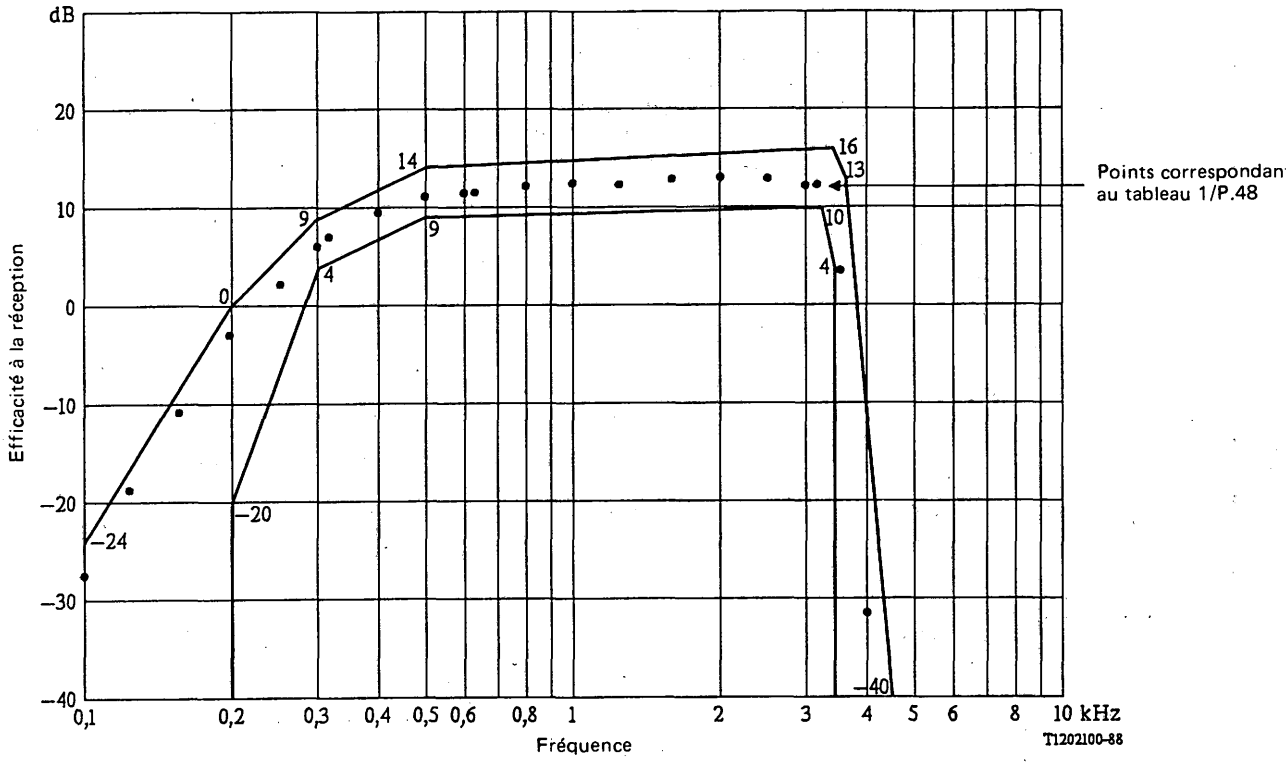


FIGURE 3/P.48

Gabarit proposé pour SRI à la réception

8 Limites de bruit

Il importe de régler strictement le niveau du bruit régnant dans le système [4].

9 Distorsion de non-linéarité

Si l'on veut que la distorsion de non-linéarité soit négligeable pour les niveaux vocaux normalement adoptés dans la détermination de la force des sons, il convient de maintenir cette distorsion entre certaines limites.

10 Spécifications complètes

Les Administrations peuvent faire figurer certaines caractéristiques secondaires dans leurs spécifications d'un SRI. En particulier doivent être soigneusement spécifiées les pièces réglables, la stabilité et les tolérances, la diaphonie et les opérations de montage et de maintenance, etc. Le supplément cité en [1] fournit des directives à cet égard.

Références

[1] *Précautions à prendre pour installer et maintenir correctement un système de référence intermédiaire,* Livre orange, tome V, Supplément n° 1, UIT, Genève, 1977.

[2] CCITT – Question 19/XII, contribution COM XII-N° 1 de la période d'études 1985-1988, UIT, Genève, 1985.

[3] *Précautions à prendre pour installer et maintenir correctement un système de référence intermédiaire,* Livre orange, tome V, Supplément n° 1, § 9.2, UIT, Genève, 1977.

[4] *Ibid.*, § 5.

SECTION 4

APPAREILS DE MESURES OBJECTIVES

Recommandation P.50

VOIX ARTIFICIELLE

(Melbourne, 1988)

Le CCITT,

considérant

(a) qu'il est vivement souhaitable d'effectuer des mesures téléphonométriques objectives à l'aide d'un signal défini mathématiquement qui reproduit les caractéristiques de la voix humaine;

(b) que la normalisation de ce signal est un sujet d'étude générale pour le CCITT,

recommande[1)]

d'utiliser la voix artificielle décrite dans la présente Recommandation.

Remarque 1 – Pour mesurer objectivement l'équivalent pour la sonie, il est possible d'utiliser à la place de la voix artificielle, des signaux moins élaborés, par exemple un bruit rose ou un bruit gaussien à spectre modelé.

Remarque 2 – Etant donné que la voix artificielle recommandée n'a pas encore été expérimentée dans toutes les applications possibles, d'autres études sont effectuées dans le cadre de la Question 14/XII.

1 Introduction

Le signal décrit ici reproduit les caractéristiques de la parole humaine, servant à caractériser des systèmes et dispositifs de télécommunications linéaires et non linéaires conçus pour la transduction ou la transmission de la parole. On sait que pour certaines applications, par exemple, la mesure objective de l'équivalent pour la sonie, il est possible d'utiliser des signaux plus simples, par exemple, un bruit rose ou un bruit gaussien à spectre modelé; ces signaux ne peuvent être considérés comme des «voix artificielles» aux fins de la présente Recommandation.

La voix artificielle est un signal qui est défini mathématiquement et qui reproduit les caractéristiques temporelles et spectrales de la parole qui ont une influence significative sur le fonctionnement des systèmes de télécommunications [1]. Deux types de voix artificielles sont définis; ils reproduisent respectivement les caractéristiques spectrales de voix de femme et d'homme.

Les caractéristiques temporelles et spectrales de la voix réelle mentionnées ci-après sont reproduites par la voix artificielle:

a) spectre moyen à long terme,
b) spectre à court terme,
c) distribution des amplitudes instantanées,
d) structure voisée et non voisée du signal «vocal»,
e) enveloppe syllabique.

[1)] Les spécifications de la présente Recommandation doivent faire l'objet de futures améliorations et par conséquent doivent être considérées comme provisoires.

2 Portée, objet et définition

2.1 *Portée et objet*

La voix artificielle vise à reproduire les caractéristiques de la voix réelle dans la bande comprise entre 100 Hz et 8 kHz. Elle peut servir à caractériser nombre d'appareils, tels que microphones à charbon, appareils téléphoniques à haut-parleur, codeurs non linéaires, dispositifs de protection contre les échos, compresseurs-extenseurs syllabiques et systèmes non linéaires en général.

L'utilisation de la voix artificielle à la place de la voix réelle offre deux avantages: elle est plus facile à émettre et présente moins de variations que les échantillons de voix réelle.

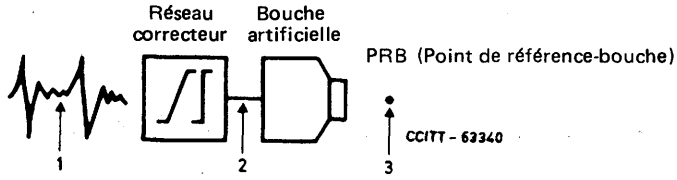
Naturellement, si l'on mesure un système déterminé, il faut tenir compte des caractéristiques du trajet de transmission qui le précède. Le signal d'essai réel produit doit alors représenter la convolution entre la voix artificielle el la réponse sur le trajet.

2.2 *Définition*

La voix artificielle est un signal mathématiquement défini qui reproduit toutes les caractéristiques de la voix humaine nécessaires pour caractériser les systèmes de télécommunications linéaires ou non linéaires, en vue d'obtenir une corrélation satisfaisante entre la mesure objective et la mesure de la voix réelle.

3 Terminologie

La voix artificielle peut être produite sous la forme d'un signal électrique ou acoustique, selon le système ou l'appareil étudié (voies de communication, codeurs, microphones). Les définitions ci-après se rapportent aux signaux indiqués dans la légende de la figure 1/P.50.



1: Voix artificielle électrique
2: Signal d'excitation de la bouche artificielle
3: Voix artificielle acoustique

FIGURE 1/P.50

3.1 **voix artificielle électrique**

Voix artificielle produite sous la forme d'un signal électrique et utilisée pour l'essai de voies de transmission ou d'autres dispositifs électriques.

3.2 **signal d'excitation de la bouche artificielle**

Signal appliqué à la bouche artificielle afin d'obtenir la voix artificielle acoustique. Ce signal résulte de l'égalisation de la voix artificielle électrique, compte tenu de la caractéristique efficacité en fonction de la fréquence de la bouche.

Remarque – L'égalisation dépend du type de bouche utilisé et peut être effectuée électriquement ou mathématiquement au cours du processus de production du signal.

3.3 **voix artificielle acoustique**

Signal acoustique au PRB (point de référence-bouche) de la bouche artificielle; ce signal doit être conforme aux mêmes conditions temporelles et spectrales que la voix artificielle électrique.

4 Caractéristiques

4.1 *Spectre moyen à long terme*

Le spectre moyen à long terme filtré au niveau du tiers de l'octave de la voix artificielle est représenté à la figure 2/P.50 et au tableau 1/P.50, normalisé pour un niveau de pression acoustique à large bande de $-4{,}7$ dBPa. Le tableau est calculé en fonction de l'équation théorique figurant en [2].

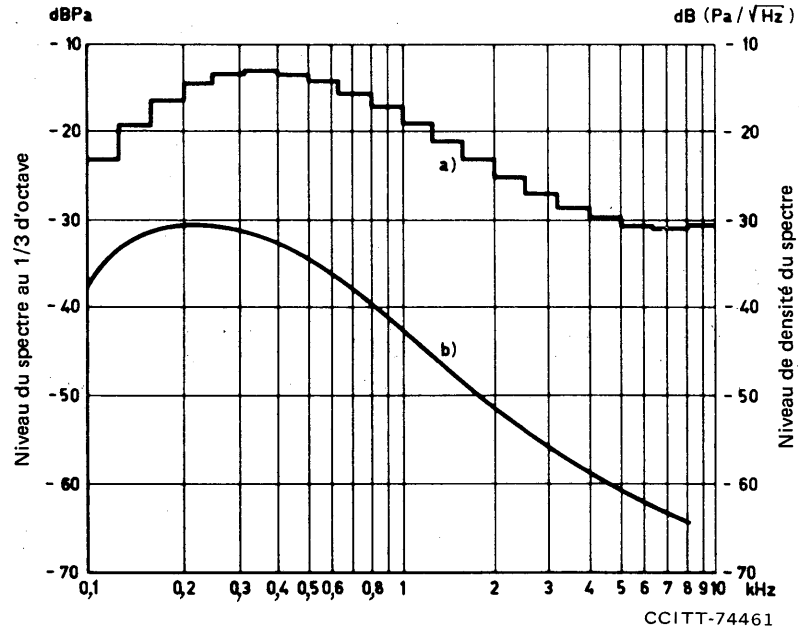
Remarque – Les valeurs du spectre à long terme de la voix artificielle au point de référence-bouche sont données par la formule:

$$S(f) = -376{,}44 + 465{,}439(\log_{10} f) - 157{,}745(\log_{10} f)^2 + 16{,}7124(\log_{10} f)^3 \qquad (1\text{-}1)$$

où $S(f)$ est la densité spectrale en dB par rapport à une intensité sonore de 1 pW/m^2 par Hz à la frequence f. La gamme de fréquences de définition est de 100 Hz à 8 kHz.

La courbe du spectre est représentée dans la figure 2/P.50. Les valeurs de $S(f)$ aux fréquences définies par l'ISO correspondant à 1/3 d'octave sont données dans la 4e colonne du tableau 1/P.50. Les tolérances sont indiquées dans la 5e colonne du même tableau. Les tolérances au-dessous de 200 Hz ne s'appliquent qu'à la voix d'homme artificielle.

Le niveau de pression acoustique totale du spectre défini par la formule (1-1) est de $-4{,}7$ dBPa. Cependant, ce spectre est valable également pour les niveaux compris entre $-19{,}7$ et $+10{,}3$ dBPa. Cela signifie que le premier terme de la formule (1-1) peut être compris entre $-391{,}44$ et $-361{,}44$.



a) Spectre au 1/3 d'octave [Tableau 1/P.50, colonne (3)].
b) Densité du spectre [Tableau 1/P.50, colonne (3)-(2)].

FIGURE 2/P.50

Spectre à long terme de la voix artificielle

TABLEAU 1/P.50

Spectre à long terme de la voix artificielle

Fréquence au centre du 1/3 octave (Hz) (1)	Facteur de correction de la largeur de bande $10 \log_{10} \Delta f$ (dB) (2)	Niveau de pression acoustique (1/3 octave) (dBPa) (3)	Densité du spectre (dB) (3) – (2)	Tolérances (dB)
100	13,6	–23,1	–36,7	–
125	14,6	–19,2	–33,8	+3, –6 [a]
160	15,6	–16,4	–32	+3, –6 [a]
200	16,6	–14,4	–31	+3, –6
250	17,6	–13,4	–31	±3,0
315	18,6	–13,0	–31,6	±3,0
400	19,6	–13,3	–32,9	±3,0
500	20,6	–14,1	–34,7	±3,0
630	21,6	–15,4	–37	±3,0
800	22,6	–17,0	–39,6	±3,0
1000	23,6	–18,9	–42,5	±3,0
1250	24,6	–21,0	–45,6	±3,0
1600	25,6	–23,0	–48,6	±3,0
2000	26,6	–25,1	–51,7	±3,0
2500	27,6	–26,9	–54,5	±3,0
3150	28,6	–28,6	–57,2	±3,0
4000	29,6	–29,8	–59,4	±6,0
5000	30,6	–30,6	–61,2	±6,0
6300	31,6	–30,9	–62,5	±6,0
8000	32,6	–30,5	–63,1	–

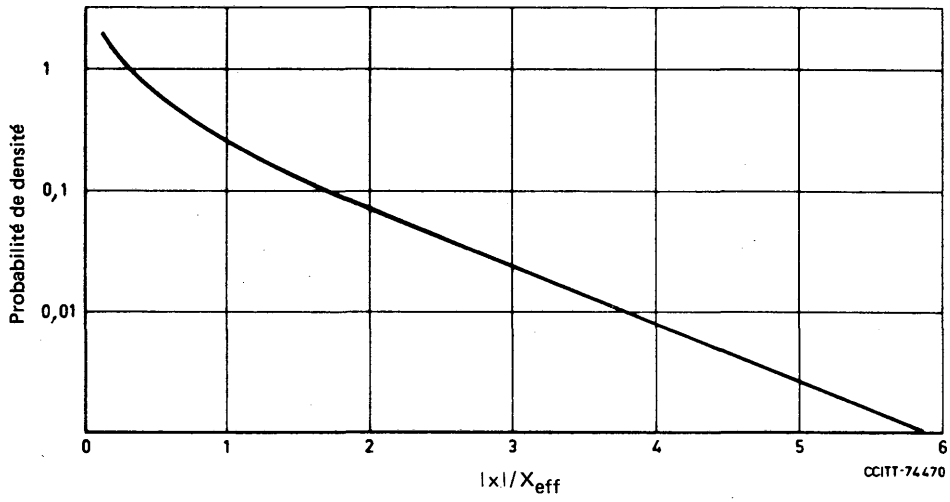
[a] Les tolérances indiquées s'appliquent au spectre à long terme de la voix d'homme et doivent aussi s'appliquer au bruit modelé de la parole. Toutefois, elles ne s'appliquent pas au spectre de la voix de femme, dont le contenu d'énergie dans cette gamme de fréquences est pratiquement négligeable.

4.2 *Spectre à court terme*

Les caractéristiques du spectre à court terme des voix artificielles d'homme et de femme sont décrites dans l'annexe A.

4.3 *Distribution des amplitudes instantanées*

La probabilité de distribution de densité des amplitudes instantanées d'une voix artificielle est représentée à la figure 3/P.50 [3].



|x|: valeur absolue de l'amplitude instantanée

X_{eff} : valeur quadratique moyenne du signal (valeur efficace)

FIGURE 3/P.50

Distribution des amplitudes instantanées

4.4 *Répartition du niveau de puissance des segments*

La répartition du niveau de puissance des segments du signal artificiel, mesurée en fenêtres de temps de 16 ms est donnée par la figure 4/P.50. Les limites de tolérance supérieure et inférieure sont également représentées.

Remarque – La limite de tolérance supérieure représente la répartition type du niveau de puissance des segments d'une conversation normale, alors que la limite inférieure représente la parole continue (phrases téléphonométriques) [4] et [5].

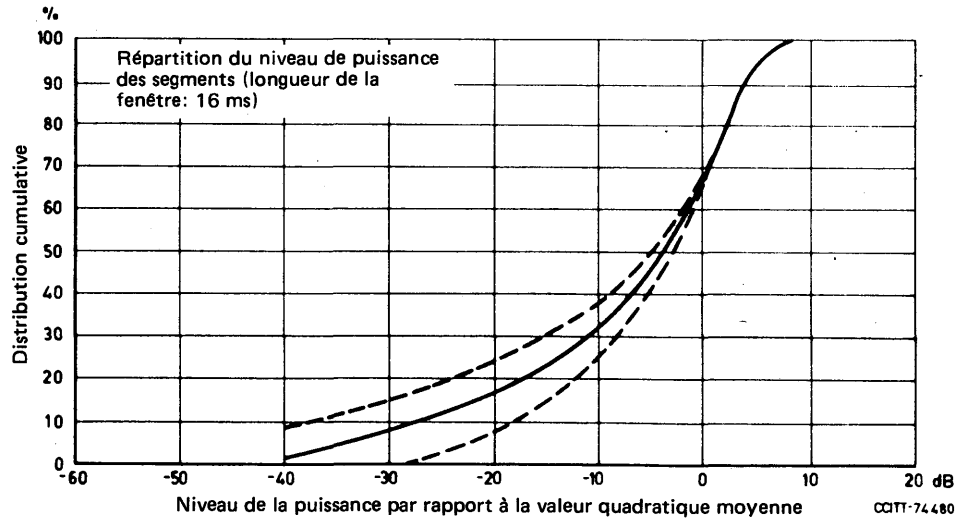


FIGURE 4/P.50

Répartition du niveau de puissance des segments

4.5 *Spectre de l'enveloppe de modulation*

Le spectre du signal d'enveloppe de modulation est représenté par la figure 5/P.50 et il devra être reproduit avec une tolérance de ± 5 dB sur la gamme entière des fréquences.

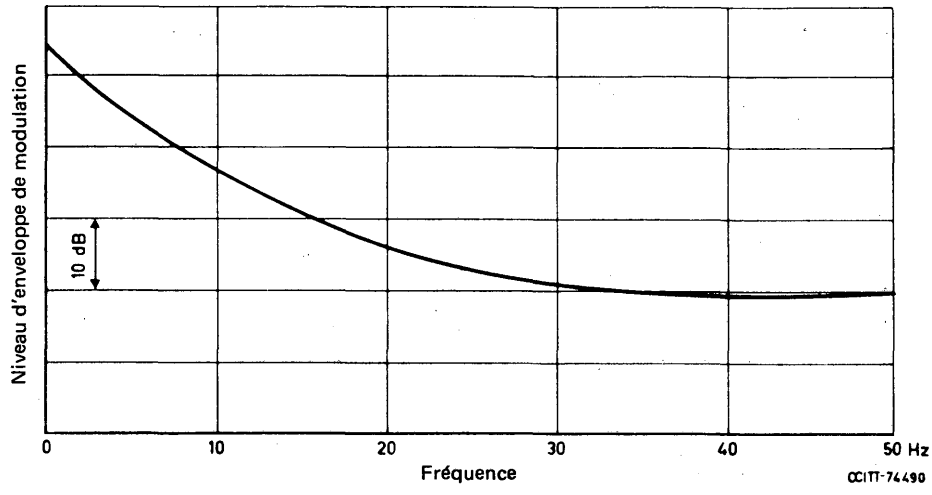


FIGURE 5/P.50

Spectre de l'enveloppe de modulation

4.6 *Convergence temporelle*

La voix artificielle doit avoir des caractéristiques aussi proches que possible de la voix réelle. En particulier, il doit être possible d'obtenir les caractéristiques de spectre à long terme et de distribution d'amplitude sur 10 secondes.

5 Méthode d'émission de la voix artificielle

La figure 6/P.50 montre un diagramme du processus d'émission de la voix artificielle. Elle est émise par l'application de deux types différents de signaux de source d'excitation: un signal d'excitation glottale et un bruit aléatoire, à un filtre de mise en forme du spectre variant en fonction du temps. La voix artificielle émise par le signal d'excitation glottale et par le bruit aléatoire correspond respectivement aux sons voisés et non voisés. La réponse en fréquence du filtre de mise en forme du spectre simule les caractéristiques de transmission du trajet vocal.

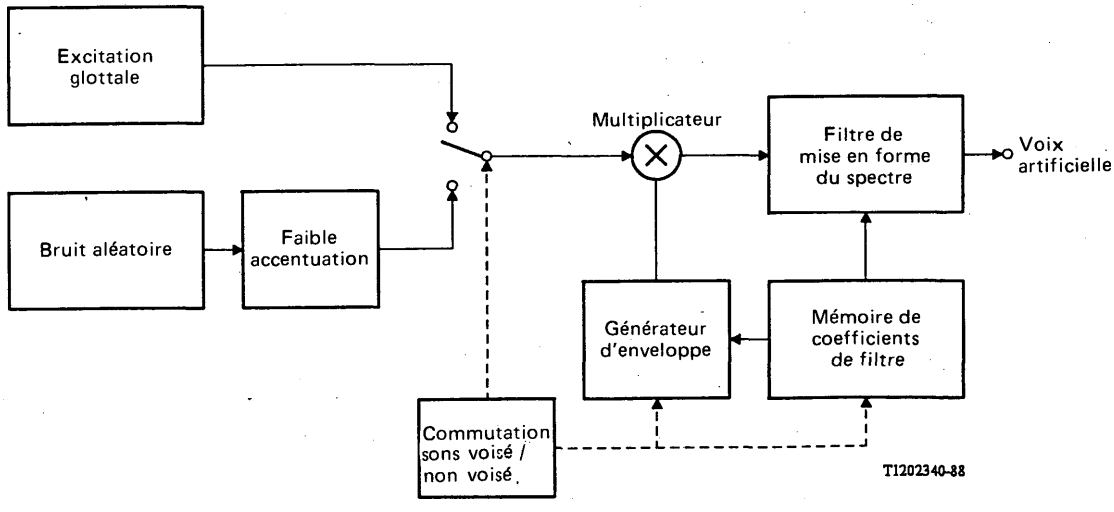


FIGURE 6/P.50

Processus d'émission de la voix artificielle

5.1 *Signal de source d'excitation*

On obtient la voix artificielle en alternant de façon aléatoire quatre éléments unitaires de base, contenant chacun des segments voisés et non voisés. Alors qu'un élément unitaire commence par un son non voisé, suivi d'un son voisé, les trois autres éléments commencent par un son voisé suivi d'un son non voisé et terminent par un son voisé de nouveau (voir aussi la figure 9/P.50). Le rapport de la durée du son non voisé T_{uv} à la durée totale des segments voisés T_v pour chaque élément unitaire est 0,25. La durée $T = T_{uv} + T_v$ des éléments unitaires varie conformément à la formule suivante:

$$T = -3{,}486\ (\log_{10} r)$$

où r est un nombre aléatoire distribué uniformément ($0{,}371 \leqslant r \leqslant 0{,}609$).

Les durées de sons voisés et non voisés des quatre eléments unitaires sont les suivantes:

élément a: non voisé (T_{uv}) + voisé (T_v)

élément b: voisé ($T_v/4$) + non voisé (T_{uv}) + voisé ($3T_v/4$)

élément c: voisé ($T_v/2$) + non voisé (T_{uv}) + voisé ($T_v/2$)

élément d: voisé ($3T_v/4$) + non voisé (T_{uv}) + voisé ($T_v/4$)

Les élements unitaires seront répétés de façon aléatoire pendant au moins 10 secondes afin de satisfaire aux caractéristiques de la voix artificielle spécifiées au § 4.

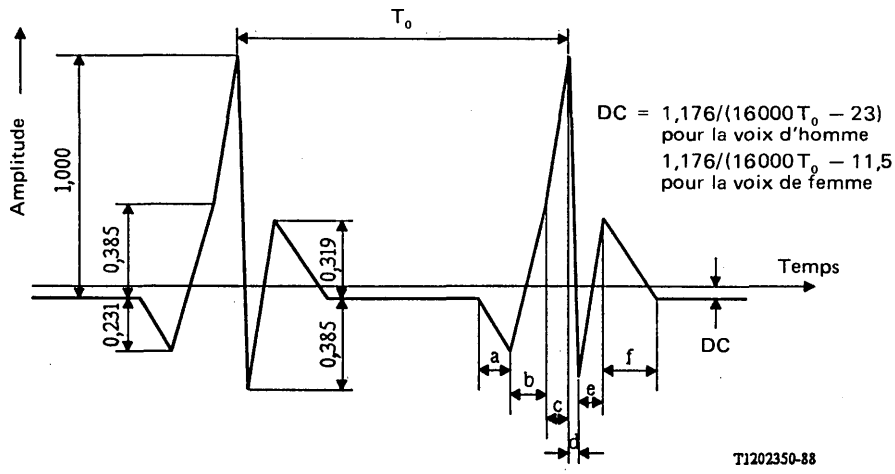
5.2 *Excitation glottale*

Le signal d'excitation glottale est une forme d'onde périodique comme le montre la figure 7/P.50. La fréquence maximale ($1/T_0$ dans la figure 7/P.50) varie en fonction du diagramme de variation présenté à la figure 8/P.50 pendant la période T_v. La valeur initiale de la fréquence maximale (T_v dans la figure 8/P.50) est déterminée d'après les relations suivantes:

$F_s = F_c - 31{,}82\ T_v + 39{,}4\ R$ pour la voix d'homme artificielle

$F_s = F_c - 51{,}85\ T_v + 64{,}2\ R$ pour la voix de femme artificielle

où F_c et R indiquent respectivement la fréquence centrale et une variable aléatoire distribuée uniformément ($-1 < R < 1$). F_c est de 128 Hz pour la voix d'homme artificielle et de 215 Hz pour la voix de femme artificielle. Dans le trapèze du diagramme de variation de la fréquence maximale, la partie de surface du trapèze placé au-dessus de F_c doit être égale à celle située au-dessous de F_c (partie hachurée dans la figure 8/P.50). Pour les éléments b), c) et d) de la figure 7/P.50 le diagramme de variation de la fréquence maximale s'applique à la combinaison des deux parties voisées, quel que soit l'endroit où le segment non voisé est inséré.



a = 0,375 ms
b = 0,5 ms
c = e = 0,3125 ms
d = 0,1875 ms
f = 0,625 ms

FIGURE 7/P.50

Signal d'excitation glottale

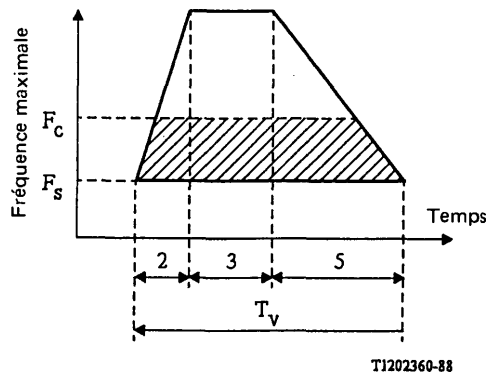


FIGURE 8/P.50

Diagramme de variation de la fréquence maximale

5.3 *Sons non voisés*

La fonction de transfert du filtre passe-bas situé après le générateur de bruit aléatoire (faible accentuation) est $1/(1 - z^{-1})$, où z^{-1} indique le temps de propagation unitaire.

5.4 *Enveloppe de puissance*

L'enveloppe de puissance de chaque élément unitaire du signal de source d'excitation est commandée de telle façon que la puissance des segments à court terme (évaluée sur des intervalles de 2 ms) de la voix artificielle varie en fonction des diagrammes présentés dans la figure 9/P.50 de a) à d). On l'obtient en utilisant la relation suivante qui indique les signaux d'entrée et de sortie du filtre de mise en forme du spectre:

$$P_E = P_S \prod_{i=1}^{12} (1 - k_i^2)$$

où

P_E est la puissance d'entrée dans le filtre de mise en forme du spectre

P_S est la puisance de sortie du filtre de mise en forme du spectre

k_i est l'ième coefficient du filtre de mise en forme du spectre

Les temps de montée, de maintien et de descente de chaque trapèze de la figure 9/P.50 [a) à d)] doivent être mutuellement liés par les mêmes coefficients de proportionnalité (2 : 3 : 5) du diagramme de variation de la fréquence maximale présenté à la figure 8/P.50. Pour chaque élément unitaire, la puissance moyenne des sons non voisés (P_{uv}) doit être inférieure de 17,5 dB de la puissance moyenne des sons voisés (P_v).

5.5 *Filtre de mise en forme du spectre*

Le filtre de mise en forme du spectre a une structure en treillis du 12e ordre comme le montre la figure 10/P.50. Seize groupes de 12 coefficients de filtrage chacun, k_1 à k_{12} sont définis; treize groupes seront utilisés pour émettre la partie voisée, et trois groupes seront utilisés pour émettre la partie non voisée. Ces coefficients sont indiqués dans le tableau 2/P.50 à la fois pour les voix artificielles d'homme et de femme.

Les douze coefficients de filtre seront mis à jour toutes les 60 ms lors de l'émission du signal. Plus précisément, pendant chaque période de 60 ms, les coefficients de filtrage réels doivent être différés toutes les 2 ms, par interpolation linéaire entre les deux ensembles de valeurs adoptés pour les intervalles suivants de 60 ms. Dans la partie son voisé, chacun des treize groupes de coefficients sera choisi au hasard toutes les 780 ms (60 ms × 13), et dans la partie son non voisé, chacun des trois groupes de coefficients sera choisi au hasard toutes les 180 ms (60 ms × 3).

Remarque – La mise en œuvre décrite du filtre de mise en forme doit être considérée comme un exemple; elle ne fait pas partie intégrante de la présente Recommandation. On peut utiliser une toute autre application assurant la même fonction de transfert.

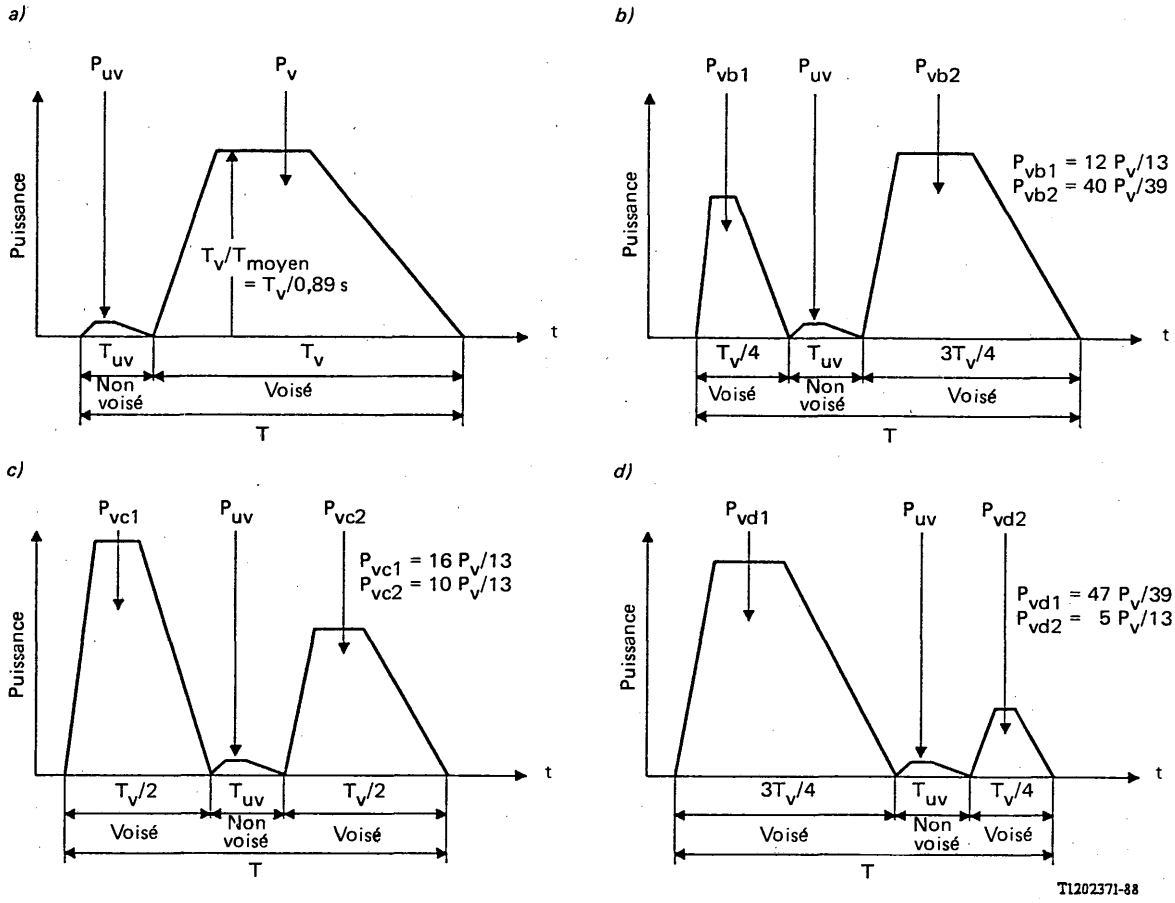
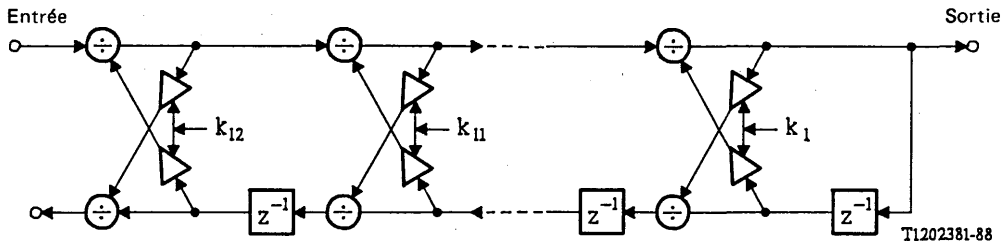


FIGURE 9/P.50

Diagrammes de variation de puissance à court terme des quatre éléments unitaires utilisés pour émettre la voix artificielle



z^{-1} : Temps de propagation unitaire

FIGURE 10/P.50

Filtre de mise en forme du spectre

TABLEAU 2/P.50

Coefficients k_i

a) k_i pour la voix artificielle d'homme

		k_1	k_2	k_3	k_4	k_5	k_6	k_7	k_8	k_9	k_{10}	k_{11}	k_{12}
Non voisé	1	-0,471	-0,108	0,024	-0,048	0,140	0,036	0,054	0,004	0,123	0,044	0,099	-0,003
	2	-0,284	-0,468	0,030	0,090	0,124	-0,020	0,087	0,067	0,131	0,011	0,076	-0,024
	3	-0,025	-0,496	-0,176	0,162	0,236	-0,012	0,068	0,001	0,096	0,029	0,086	-0,018
Voisé	1	0,974	0,219	0,025	-0,123	-0,132	-0,203	-0,103	-0,174	-0,079	-0,153	-0,010	-0,061
	2	0,629	-0,152	-0,138	-0,142	-0,118	-0,135	0,147	0,019	0,077	-0,040	0,029	-0,007
	3	0,599	-0,119	0,067	0,051	0,103	0,023	0,106	0,036	-0,006	-0,133	-0,052	-0,094
	4	0,164	-0,364	-0,248	-0,076	0,168	0,072	0,103	0,045	0,112	0,010	0,048	-0,034
	5	0,842	0,022	0,171	0,173	0,067	-0,057	0,089	-0,045	-0,039	-0,134	-0,034	-0,122
	6	0,933	-0,537	-0,137	-0,161	-0,216	-0,139	0,115	-0,042	0,027	-0,163	0,102	-0,107
	7	0,937	-0,413	0,132	-0,059	-0,103	-0,134	0,047	-0,115	-0,105	-0,097	0,039	-0,108
	8	0,965	-0,034	0,032	0,001	-0,107	-0,189	-0,057	-0,175	-0,109	-0,163	-0,003	-0,055
	9	0,870	-0,476	-0,016	-0,136	-0,125	-0,107	0,091	-0,008	0,021	-0,128	0,042	-0,069
	10	0,686	-0,030	0,178	0,197	0,155	-0,026	0,078	0,004	-0,001	-0,128	-0,004	-0,102
	11	0,963	-0,232	0,086	-0,018	-0,147	-0,192	-0,040	-0,179	-0,144	-0,133	0,042	-0,042
	12	0,930	-0,461	0,071	-0,144	-0,122	-0,096	0,034	-0,066	-0,021	-0,171	0,067	-0,091
	13	0,949	-0,334	0,143	-0,040	-0,112	-0,161	0,010	-0,156	-0,123	-0,119	0,049	-0,070

b) k_i pour la voix artificielle de femme

		k_1	k_2	k_3	k_4	k_5	k_6	k_7	k_8	k_9	k_{10}	k_{11}	k_{12}
Non voisé	1	-0,488	-0,388	0,145	0,053	0,122	0,027	0,135	0,035	0,080	0,017	0,068	-0,028
	2	-0,093	-0,444	-0,102	0,121	0,154	0,009	0,102	-0,031	0,084	0,019	0,101	-0,020
	3	-0,709	-0,179	0,134	0,007	0,142	0,027	0,099	0,000	0,115	0,007	0,075	-0,037
Voisé	1	0,355	-0,247	-0,092	-0,043	0,032	0,046	0,113	-0,023	0,071	-0,030	-0,000	-0,116
	2	0,976	0,150	-0,062	-0,187	-0,172	-0,200	-0,122	-0,207	-0,054	-0,127	0,012	-0,111
	3	0,737	-0,324	-0,175	-0,197	-0,153	0,023	0,110	-0,018	0,040	-0,062	0,034	-0,091
	4	0,598	0,234	0,126	0,011	-0,005	-0,026	0,131	0,032	0,073	-0,063	0,011	-0,088
	5	0,808	0,118	0,262	0,139	0,063	-0,024	0,001	-0,184	-0,056	-0,100	0,014	-0,115
	6	0,914	-0,500	-0,051	-0,115	-0,211	-0,012	-0,077	-0,179	0,064	-0,102	0,037	-0,092
	7	0,933	-0,359	0,089	-0,107	-0,178	-0,050	-0,137	-0,206	0,046	-0,088	-0,004	-0,074
	8	0,966	-0,023	0,044	-0,105	-0,178	-0,195	-0,150	-0,233	-0,045	-0,092	0,029	-0,097
	9	0,870	-0,469	-0,244	-0,107	-0,140	-0,037	0,084	-0,131	0,021	-0,066	-0,003	-0,091
	10	0,673	-0,292	0,392	0,158	0,143	0,160	0,019	-0,281	-0,105	-0,195	-0,156	-0,185
	11	0,962	-0,191	0,030	-0,089	-0,207	-0,133	-0,141	-0,263	0,007	-0,054	0,014	-0,074
	12	0,879	-0,340	0,046	-0,049	-0,071	-0,024	-0,039	-0,188	0,017	-0,078	-0,014	-0,117
	13	0,941	-0,258	0,122	-0,073	-0,163	-0,089	-0,151	-0,250	0,025	-0,062	-0,006	-0,093

ANNEXE A

(à la Recommandation P.50)

Caractéristiques du spectre à court terme de la voix artificielle

On émet la voix artificielle en sélectionnant de façon aléatoire chacun des seize diagrammes du spectre à court terme toutes les 960 ms (60 ms × 16 diagrammes). On obtient la densité du spectre de chaque diagramme à l'aide de la formule (A-1) et du tableau A-1/P.50, le spectre à court terme du signal pendant l'intervalle de 60 ms qui existe entre deux sélections de diagrammes successives varie légèrement d'un diagramme à l'autre.

Remarque – Les diagrammes du spectre dans la formule (A-1) et le tableau A-1/P.50 sont exprimés sous une forme de puissance normalisée.

$$\text{Densité du spectre } S_i(f) = \frac{1}{A_{io} + 2 \sum_{j=1}^{12} A_{ij} [\cos(2\pi j f)]}, \; i = 1, 2, \ldots 16 \qquad \text{(A-1)}$$

TABLEAU A-1/P.50

Coefficients A_{ij}

a) A_{ij} pour la voix artificielle d'homme

i \ j	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	2,09230	−1,33222	1,32175	−1,14200	0,99352	−0,94634	0,72684	−0,63263	0,41196	−0,42858	0,22070	−0,19746	0,10900
2	9,34810	−8,55934	7,35732	−6,35320	5,33999	−4,47238	3,62417	−2,85246	2,12260	−1,49424	0,93988	−0,44998	0,12400
3	11,69068	−10,91138	9,46588	−8,11729	6,94160	−5,90977	4,95137	−3,89587	2,88750	−1,97671	1,14892	−0,50255	0,12100
4	12,56830	−11,81209	10,36030	−8,82879	7,37947	−6,01017	4,66740	−3,46913	2,42182	−1,60880	0,91652	−0,39648	0,12000
5	6,83438	−6,18275	5,59089	−4,71866	4,06004	−3,44767	2,65380	−2,12140	1,50334	−1,07904	0,64553	−0,31816	0,11500
6	12,37251	−11,52358	9,89962	−8,31774	6,99062	−5,86272	4,69809	−3,56806	2,53340	−1,70522	0,99232	−0,45403	0,13400
7	21,07637	−19,62125	16,56781	−13,67518	11,41379	−9,61940	7,93529	−6,32841	4,92443	−3,53539	2,09095	−0,86543	0,18100
8	30,77371	−29,17365	25,52254	−21,51978	17,80583	−14,30488	10,87190	−7,71572	5,14643	−3,20113	1,72149	−0,68054	0,14400
9	4,18618	−3,36611	3,36793	−2,92133	2,38452	−2,06047	1,57550	−1,34240	0,84994	−0,70462	0,38685	−0,21857	0,12100
10	14,12359	−13,14611	11,25804	−9,47510	7,97588	−6,70717	5,44803	−4,23843	3,10807	−2,12879	1,25096	−0,53230	0,12600
11	26,36971	−24,95984	21,80496	−18,41045	15,30642	−12,49415	9,84879	−7,40287	5,29262	−3,43906	1,84980	−0,71546	0,14800
12	11,50808	−10,74609	9,34328	−7,91953	6,66959	−5,54500	4,34328	−3,27036	2,33714	−1,61333	0,96597	−0,44666	0,13500
13	5,32020	−4,61998	4,29145	−3,62118	3,01310	−2,67071	2,13992	−1,72147	1,22163	−0,93163	0,53317	−0,28989	0,11900
14	20,61945	−19,39682	16,80034	−14,14817	11,84307	−9,78712	7,73534	−5,77921	4,06200	−2,66324	1,49831	−0,59887	0,12600
15	30,02641	−28,42244	24,75314	−20,70178	16,98199	−13,72247	10,81050	−8,20966	5,94148	−3,90501	2,11507	−0,81306	0,16400
16	27,62370	−26,17896	22,93678	−19,42253	16,18997	−13,17171	10,19859	−7,42299	5,07437	−3,21481	1,73980	−0,67818	0,14000

b) A_{ij} pour la voix artificielle de femme

i \ j	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	8,92953	−8,28905	7,23150	−6,06571	5,06663	−4,16883	3,34820	−2,64174	1,91152	−1,27122	0,74358	−0,35347	0,13100
2	9,11050	−8,29868	7,05018	−6,03862	5,02156	−4,15784	3,37442	−2,70084	2,04257	−1,41928	0,90339	−0,47240	0,14100
3	13,69058	−12,75539	10,87390	−8,98976	7,28838	−5,87662	4,78110	−3,72852	2,71831	−1,81828	1,06757	−0,48907	0,12900
4	6,95118	−6,29134	5,35757	−4,64910	3,87250	−3,23132	2,69856	−2,12367	1,58326	−1,13885	0,70609	−0,37778	0,12800
5	2,73454	−1,80664	1,95283	−1,79464	1,43897	−1,31656	0,93268	−0,87398	0,53694	−0,47562	0,24159	−0,15438	0,11800
6	10,82358	−10,07808	8,78565	−7,43643	6,14765	−5,10041	4,10027	−3,23241	2,34220	−1,54676	0,91918	−0,45059	0,14200
7	21,58481	−19,92676	16,21532	−12,43566	9,61057	−7,93982	6,97363	−6,00866	4,68271	−3,12797	1,70804	−0,67499	0,14200
8	23,73912	−22,20897	18,74416	−15,03715	11,99248	−9,85513	8,27112	−6,72826	4,94335	−3,10450	1,60004	−0,61090	0,12900
9	4,97162	−4,27705	4,01380	−3,38500	2,78457	−2,45010	1,98057	−1,63020	1,18104	−0,80108	0,51528	−0,29138	0,12500
10	13,37598	−12,45509	10,72295	−8,97928	7,35893	−6,05438	4,88819	−3,86108	2,85164	−1,88876	1,11490	−0,52260	0,13800
11	16,48817	−15,22287	12,62125	−10,23900	8,46966	−7,23692	6,24648	−5,09752	3,77465	−2,46950	1,37404	−0,57453	0,13200
12	18,22041	−17,17540	15,09489	−12,55171	10,24976	−8,45903	6,71874	−5,19063	3,52021	−2,10167	1,08066	−0,41880	0,14300
13	1,32602	−0,31718	0,44277	−0,47070	0,32935	−0,41555	0,25775	−0,32079	0,13791	−0,23640	0,10103	−0,10136	0,11500
14	16,90640	−15,73723	13,30151	−10,82887	8,78690	−7,34521	6,21516	−5,11100	3,80281	−2,43990	1,33506	−0,55971	0,12900
15	21,73895	−20,42432	17,51117	14,44152	11,79131	−9,66735	7,90433	−6,19508	4,41275	−2,75545	1,46525	−0,59916	0,14000
16	21,04832	−19,72714	16,81197	−13,70183	11,07189	−9,12707	7,57941	−6,08064	4,40471	−2,74320	1,43897	−0,58079	0,13300

Références

[1] CCITT – Contribution COM XII-n° 76, période d'études 1981-1984.

[2] CCITT – Contribution COM XII-n° 108, période d'études 1981-1984.

[3] CCITT – Contribution COM XII-n° 11, période d'études 1981-1984.

[4] CCITT – Contribution COM XII-n° 150, période d'études 1981-1984.

[5] CCITT – Contribution COM XII-n° 132, période d'études 1981-1984.

Recommandation P.51

OREILLES ET BOUCHE ARTIFICIELLES

(modifiée à Mar del Plata, 1968, à Genève, 1972, 1976, 1980, à Malaga-Torremolinos, 1984 et Melbourne, 1988)

Le CCITT,

considérant

(a) qu'il est éminemment souhaitable de rechercher pour les mesures téléphonométriques un appareil conçu de telle manière qu'à l'avenir toutes ces mesures puissent être effectuées par cet appareil sans recourir à la bouche et à l'oreille humaines;

(b) que la normalisation de l'oreille et de la bouche artificielles qui entreront dans la construction d'un tel appareil représente un sujet d'étude général pour le CCITT,

recommande

(1) l'emploi des oreilles artificielles décrites au § 1 de la présente Recommandation;

(2) l'emploi de la bouche artificielle décrite au § 2 de la présente Recommandation.

Remarque – Les Administrations peuvent éventuellement utiliser, si elles le désirent, les dispositifs qu'elles ont pu réaliser pour procéder aux essais en grande série des appareils téléphoniques livrés par les constructeurs, à condition que les résultats obtenus avec ces dispositifs concordent d'une manière satisfaisante avec les résultats obtenus en appliquant la méthode de mesure avec la bouche el l'oreille humaines.

1 Oreilles artificielles

Trois types d'oreille artificielle sont définis:

1) un type à large bande pour des mesures audiométriques et téléphonométriques,
2) un type spécial pour la mesure des écouteurs à embout,
3) un type reproduisant fidèlement les caractéristiques de l'oreille humaine moyenne pour des usages en laboratoire.

Le premier type fait l'objet de la Recommandation 318 de la CEI [1], le deuxième type de la Recommandation 711 de la CEI [2], et le troisième type d'un complément d'étude de la part de la CEI.

Il est recommandé qu'une oreille artificielle conforme au modèle CEI-318 [1] soit utilisée pour les mesures des écouteurs extérieurs normaux, par exemple, le combiné téléphonique et qu'un simulateur d'oreille conforme au modèle CEI-711 [2] soit utilisé pour les mesures des écouteurs couplés aux oreilles par des embouts, par exemple, certains casques.

Remarque 1 – Pour étalonner des écouteurs du NOSFER avec des pavillons en caoutchouc (types 4026A et DR 701), il y a lieu d'employer la méthode décrite dans l'annexe B à la Recommandation P.42.

Remarque 2 – La pression acoustique mesurée par le modèle CEI-711 (oreille artificielle) est rapportée au tympan. La fonction de correction indiquée au tableau 1/P.51 doit être utilisée pour rapporter les données au point référence-oreille (PRO), sur lequel sont fondés les algorithmes de calcul des équivalents pour la sonie de la Recommandation P.79. La correction s'applique à des oreilles découvertes en champ libre ainsi qu'à des oreilles partiellement ou entièrement occluses.

TABLEAU 1/P.51

Fréquence (Hz)	S_{DE} (dB)
100	0,0
125	0,0
160	0,0
200	0,0
250	0,0
315	−0,2
400	−0,5
500	−1,1
630	−1,0
800	−1,8
1000	−2,0
1250	−2,5
1600	−4,1
2000	−7,2
2500	−10,6
3150	−10,4
4000	−6,0
5000	−2,1

S_{DE} est la fonction de transfert du tympan au PRO:

$S_{DE} = 20 \log \frac{P_E}{P_D}$ (dB), où

P_E est la pression acoustique au PRO

P_D est la pression acoustique au tympan.

2 Bouche artificielle

2.1 *Introduction*

La bouche artificielle est un dispositif qui reproduit fidèlement le champ acoustique produit par la bouche humaine dans le champ proche. On l'emploie pour mesurer objectivement les caractéristiques d'émission des postes téléphoniques à combiné spécifiés dans la Recommandation P.64. On peut aussi l'employer pour mesurer les caractéristiques d'émission des postes téléphoniques à haut-parleur à des distances inférieures ou égales à 0,5 m du plan des lèvres, la fidélité de reproduction du champ acoustique de la bouche humaine par la bouche artificielle étant toutefois alors légèrement moindre.

2.2 *Définitions*

2.2.1 **anneau de garde**

Anneau circulaire constitué d'un mince fil rigide, de 25 mm de diamètre et de moins de 2 mm d'épaisseur. Il doit être fabriqué dans un matériau non magnétique et être solidement fixé au boîtier de la bouche artificielle. L'anneau de garde définit à la fois l'axe de référence de la bouche et le point de référence-bouche.

Remarque – On n'a pas impérativement besoin de l'anneau de garde pour déterminer le plan des lèvres et l'axe de référence. Toutefois, en l'absence de l'anneau de garde on devra disposer à la place de repères adéquats ou d'autres références géométriques appropriées.

2.2.2 **plan des lèvres**

Plan externe de l'anneau de garde.

2.2.3 **axe de référence**

Ligne perpendiculaire au plan des lèvres, passant par le centre de l'anneau de garde.

2.2.4 **plan vertical**

Plan contenant l'axe de référence, divisant la bouche en deux moitiés symétriques. Son orientation verticale est nécessaire pour reproduire le champ acoustique produit par une personne en position debout.

2.2.5 **plan horizontal**

Plan contenant l'axe de référence, perpendiculaire au plan vertical. Son orientation horizontale est nécessaire pour reproduire le champ acoustique produit par une personne en position debout.

2.2.6 **point de référence-bouche (PRB)**

Point situé sur l'axe de référence, à 25 mm du plan des lèvres.

2.2.7 **réponse normalisée en champ libre (en un point donné)**

Différence entre le niveau spectral au tiers d'octave du signal produit par la bouche artificielle en un point donné dans le champ libre et le niveau spectral au tiers d'octave produit simultanément au PRB. On mesure la caractéristique en introduisant dans la bouche artificielle un signal complexe analogue à la voix artificielle (voir la Recommandation P.50), un bruit vocal aléatoire modelé ou un bruit rose.

2.2.8 **obstacle de référence**

Disque fabriqué dans un matériau dur, stable et non magnétique (cuivre, par exemple), de 63 mm de diamètre et 5 mm d'épaisseur. Pour mesurer la diffraction normalisée occasionnée par cet obstacle, on fixe en son centre un microphone à pression de 1/4 de pouce de telle sorte que le diaphragme de ce microphone arrive au même niveau que la surface du disque.

2.2.9 **diffraction normalisée occasionnée par l'obstacle de référence**

Différence entre le niveau spectral au tiers d'octave de la pression acoustique produite par la bouche artificielle à la surface de l'obstacle de référence et le niveau spectral au tiers d'octave de la pression produite simultanément en un point de l'axe de référence situé à 500 mm en avant du plan des lèvres. On définit cette caractéristique pour les positions de l'obstacle de référence devant la bouche artificielle dans lesquelles l'axe du disque coïncide avec l'axe de référence; on la mesure en introduisant dans la bouche artificielle un signal complexe analogue à la voix artificielle, un bruit vocal aléatoire modelé ou un bruit rose.

2.3 *Caractéristiques acoustiques de la bouche artificielle*

2.3.1 *Réponse normalisée en champ libre*

La réponse normalisée en champ libre est spécifiée en dix-sept points: dix dans le champ proche et sept dans le champ lointain. Les points du champ proche sont indiqués dans le tableau 2/P.51; ceux du champ lointain sont indiqués dans le tableau 3/P.51.

Le tableau 4/P.51 indique la réponse normalisée en champ libre de la bouche artificielle, ainsi que les tolérances, pour la largeur de bande entre 100 Hz et 8 kHz. Les valeurs requises en chaque point non situé dans le plan vertical doivent aussi être trouvées pour le point correspondant dans le demi-espace symétrique.

On doit vérifier la caractéristique en utilisant des microphones appropriés semblables à ceux qui sont spécifiés dans le tableau 5/P.51. Les microphones à pression doivent être orientés de telle sorte que leur axe soit perpendiculaire à la direction du son; les microphones à champ libre doivent être orientés de façon que leur axe soit parallèle à la direction du son.

Remarque – Si la bouche artificielle est utilisée avec un microphone à compression, on doit laisser celui-ci en place (ou une maquette en tenant lieu) pendant que l'on vérifie la réponse normalisée en champ libre.

TABLEAU 2/P.51

Coordonnées des points situés dans le champ proche

Point de mesure	Déplacement dans l'axe par rapport au plan des lèvres (mm)	Déplacement perpendiculaire à l'axe (mm)
1	12,5	0
2	50	0
3	100	0
4	140	0
5	0	20 horizontal
6	0	40 horizontal
7	25	20 horizontal
8	25	40 horizontal
9	25	20 vertical (vers le bas)
10	25	40 vertical

TABLEAU 3/P.51

Coordonnées des points situés dans le champ lointain

Point de mesure	Distance au plan des lèvres (mm)	Angle d'azimut (horizontal) (degré)	Angle de site (vertical) (degré)
11	500	0	0
12	500	0	+15
13	500	0	+30
14	500	0	−15
15	500	0	−30
16	500	15	0
17	500	30	0

TABLEAU 4a/P.51

Réponse normalisée en champ libre aux points situés dans l'axe dans le champ proche

Fréquence	Point de mesure				
	1	2	3	4	Tolérance
(Hz)	(dB)	(dB)	(dB)	(dB)	(dB)
100	4,2	−5,0	−11,0	−13,6	±1,5
125	4,2	−5,0	−10,9	−13,6	±1,5
160	4,2	−5,0	−10,7	−13,6	±1,5
200	4,0	−5,0	−10,7	−13,3	±1,5
250	4,0	−5,0	−10,6	−13,2	±1,5
315	4,0	−5,0	−10,6	−13,2	±1,0
400	4,0	−5,0	−10,6	−13,2	±1,0
500	4,1	−5,0	−10,6	−13,2	±1,0
630	4,2	−4,9	−10,5	−13,4	±1,0
800	4,2	−4,8	−10,5	−13,4	±1,0
1000	4,1	−4,8	−10,4	−12,9	±1,0
1250	3,9	−4,8	−10,2	−12,7	±1,0
1600	3,8	−4,8	−10,0	−12,7	±1,0
2000	3,6	−4,7	−10,0	−12,7	±1,0
2500	3,5	−4,6	−9,4	−12,3	±1,0
3150	3,6	−4,6	−9,4	−12,0	±1,0
4000	3,7	−4,6	−9,7	−12,3	±1,5
5000	3,7	−4,5	−9,7	−12,6	±1,5
6300	3,8	−4,5	−9,7	−12,6	±1,5
8000	3,8	−4,9	−10,0	−12,7	±1,5

TABLEAU 4b/P.51

Réponse normalisée en champ libre aux points situés en dehors de l'axe dans le champ proche

Fréquence	Point de mesure						
	5 [a]	6	7	8	9	10	Tolérance
(Hz)	(dB)	(dB)	(dB)	(dB)	(dB)	(dB)	(dB)
100	5,2	−1,7	−1,4	−4,0	−1,6	−4,2	±1,5
125	5,2	−1,7	−1,3	−3,8	−1,5	−4,2	±1,5
160	5,2	−1,7	−1,2	−3,8	−1,5	−4,2	±1,5
200	5,2	−1,7	−1,2	−3,8	−1,5	−4,2	±1,5
250	5,2	−1,8	−1,3	−3,8	−1,4	−4,2	±1,5
315	5,1	−1,8	−1,3	−3,8	−1,3	−4,2	±1,0
400	5,1	−1,8	−1,3	−3,8	−1,3	−4,0	±1,0
500	5,0	−1,6	−1,3	−3,8	−1,3	−3,9	±1,0
630	5,0	−1,6	−1,3	−3,8	−1,3	−3,9	±1,0
800	5,0	−1,6	−1,3	−3,8	−1,3	−4,0	±1,0
1000	4,8	−1,7	−1,3	−3,9	−1,3	−4,1	±1,0
1250	4,8	−1,8	−1,4	−4,0	−1,3	−4,3	±1,0
1600	4,7	−1,8	−1,4	−3,8	−1,3	−4,0	±1,0
2000	4,7	−1,8	−1,2	−3,7	−1,3	−3,6	±1,0
2500	4,7	−1,9	−1,0	−3,6	−1,1	−3,5	±1,0
3150	4,7	−2,1	−1,1	−3,5	−1,2	−3,4	±1,0
4000	4,5	−2,9	−1,5	−4,1	−1,3	−3,0	±1,5
5000	3,8	−3,6	−1,5	−4,8	−1,3	−3,7	±1,5
6300	3,2	−4,8	−1,8	−5,2	−1,7	−3,7	±1,5
8000	2,5	−5,2	−2,0	−6,1	−2,2	−4,2	±1,5

[a] Les mesures effectuées sur la bouche humaine au point 5 l'ont été de manière relativement éparse, aussi la réponse en ce point est donnée uniquement à titre indicatif et les tolérances ne sont pas spécifiées.

TABLEAU 4c/P.51

Réponse normalisée en champ libre dans le champ proche

Point de mesure	Gamme de fréquences 100 Hz à 8 kHz	
	Réponse (dB)	Tolérance (dB)
11	−24,0	± 3,0
12	−24,0	± 3,0
13	−24,0	± 3,0
14	−24,0	± 3,0
15	−24,0	± 3,0
16	−24,0	± 3,0
17	−24,0	± 3,0

TABLEAU 5/P.51

Types de microphones recommandés pour les mesures en champ libre

Point de mesure	Taille (maximale) du microphone	Egalisation du microphone
1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10	1/4 de pouce	Pression
3, 4	1/2 pouce	Pression
11, 12, 13, 14, 15, 16, 17	1 pouce	Champ libre
PRB	1/4 de pouce	Pression

2.3.2 *Diffraction normalisée occasionnée par l'obstacle de référence*

La diffraction normalisée de la bouche artificielle occasionnée par l'obstacle de référence est définie en trois points de l'axe de référence, comme indiqué dans le tableau 6/P.51.

Remarque – Si la bouche artificielle est utilisée avec un microphone à compression, on doit laisser en place celui-ci (ou une maquette en tenant lieu) pendant que l'on vérifie la diffraction normalisée occasionnée par l'obstacle de référence.

2.3.3 *Niveau de pression acoustique maximal pouvant être produit*

La bouche artificielle doit pouvoir produire en permanence la voix artificielle à des niveaux de pression acoustique maximaux d'au moins +6 dBPa au PRB.

2.3.4 *Distorsion harmonique*

En cas de production de signaux audiofréquence sinusoïdaux, avec des amplitudes maximales de +6 dBPa au PRB, la distorsion harmonique du signal acoustique ne doit pas dépasser les limites spécifiées au tableau 7/P.51.

TABLEAU 6/P.51

Diffraction normalisée occasionnée par l'obstacle de référence

Fréquence (Hz)	Point de mesure			
	18 (dB)	19 (dB)	20 (dB)	Tolérance (dB)
100	32,2	27,0	21,7	±2,0
125	32,0	27,0	21,4	±2,0
160	32,0	27,3	21,4	±2,0
200	31,2	26,5	20,6	±2,0
250	31,2	26,5	20,5	±2,0
315	31,9	27,0	21,0	±1,5
400	31,8	27,0	20,9	±1,5
500	31,3	26,4	20,4	±1,5
630	31,0	26,0	20,0	±1,5
800	30,1	25,1	19,4	±1,5
1000	29,3	24,4	18,8	±1,5
1250	29,0	24,3	18,8	±1,5
1600	28,9	24,5	19,6	±1,5
2000	28,6	25,2	20,5	±1,5
2500	29,0	26,3	23,2	±1,5
3150	29,0	26,5	21,8	±1,5
4000	29,6	27,3	22,8	±2,0
5000	31,2	26,9	22,4	±2,0
6300	31,7	26,0	22,5	±2,0
8000	30,0	23,0	18,0	±2,0

TABLEAU 7/P.51

Distorsion harmonique maximale de la bouche artificielle

	Distorsion harmonique	
	2e harmonique	3e harmonique
100 Hz à 125 Hz	< 10%	< 10%
125 Hz à 200 Hz	< 4%	< 4%
200 Hz à 8 Hz	< 1%	< 1%

2.3.5 *Linéarité*

Une variation de 6 dB, positive ou négative, du signal électrique d'alimentation doit produire une variation correspondante de 6 dB ± 0,5 dB au PRB pour des valeurs de sortie s'échelonnant de −14 dBPa à +6 dBPa. Cette règle doit être observée pour des excitations complexes, telles que la voix artificielle, et pour les signaux audiofréquence sinusoïdaux s'échelonnant de 100 Hz à 8 kHz.

2.4 *Divers*

2.4.1 *Conditions de livraison*

La bouche artificielle doit être livrée par le fabricant, accompagnée des fixations mécaniques nécessaires pour placer le microphone étalonné à 1/2 pouce au PRB, comme indiqué dans la Recommandation P.64. Des repères appropriés doivent être gravés dans le boîtier du dispositif pour identifier la position du plan vertical.

La bouche artificielle doit être livrée avec un tableau d'étalonnage spécifiant les caractéristiques du rayonnement en champ libre et de la diffraction occasionnée par l'obstacle de référence, comme indiqué dans la présente Recommandation.

2.4.2 *Stabilité*

Le dispositif doit être stable et reproductible.

2.4.3 *Champ magnétique parasite*

Les champs magnétiques parasites produits par la bouche artificielle, qu'ils soient à courant continu ou à courant alternatif, ne doivent modifier en rien le signal transmis par les microphones soumis aux essais.

Il est recommandé que le champ parasite à courant alternatif produit au PRB demeure en dessous de la courbe formée par les coordonnées suivantes:

Fréquence (Hz)	*Sortie magnétique* (dB A/m/Pa)
200	−10
1 000	−40
10 000	−40

Il est recommandé également que le champ parasite à courant continu au PRB soit inférieur à 400 A/m.

Remarque – La limite de 400 A/m recommandée pour le champ parasite à courant continu s'applique expressément aux bouches conçues pour la mesure de microphones électromagnétiques. Pour la mesure d'autres types de microphones, une limite plus élevée (1200 A/m) est acceptable.

2.4.4 *Choix d'un modèle*

Les résultats des mesures effectuées sur la bouche artificielle BK 4219 (qui n'est plus fabriquée) et sur la bouche artificielle BK 4227 de conception plus récente, dont l'embouchure a été remplacée par l'adaptateur conique UA 0899, montrent que les deux modèles sont compatibles entre eux et qu'ils sont conformes aux spécifications de la présente Recommandation. Les modèles effectivement utilisés lors d'essais doivent toujours être indiqués en même temps que les résultats des mesures.

Remarque – A noter que la bouche artificielle BK 4227 produit au PRB un champ magnétique parasite à courant continu dépassant 400 A/m. Cette bouche ne convient donc pas pour la mesure des microphones électromagnétiques.

Références

[1] Recommandation de la Commission électrotechnique internationale *Oreille artificielle à large bande pour l'étalonnage des écouteurs utilisés en audiométrie*, publication 318 de la CEI, Genève, 1970.

[2] Recommandation de la Commission électrotechnique internationale *Simulateur d'oreille occluse pour la mesure des écouteurs couplés à l'oreille par des embouts*, publication 711 de la CEI, Genève 1981.

Recommandation P.52

VOLUMÈTRES

Le CCITT estime qu'afin d'assurer la continuité avec la pratique antérieure il n'est pas désirable de modifier la spécification du volumètre de l'ARAEN employé au laboratoire du CCITT.

Le tableau 1/P.52 donne les caractéristiques principales de divers appareils de mesure utilisés pour la surveillance du volume ou des crêtes au cours de conversations téléphoniques ou de transmissions radiophoniques.

La mesure du niveau de parole active est décrite dans la Recommandation P.56. Dans le Supplément n° 18, on compare les valeurs obtenues à l'aide de l'appareil de mesure du niveau de parole active à celles qui sont obtenues avec les appareils décrits dans la présente Recommandation.

Remarque – On trouvera dans des suppléments au tome V du *Livre blanc* les descriptions des appareils suivants:

- volumètre de l'ARAEN ou «voltmètre vocal» (*speech voltmeter*) [1];
- volumètre normalisé aux Etats-Unis d'Amérique, appelé «VU-mètre» [2];
- indicateur de crête utilisé par la British Broadcasting Corporation [3];
- indicateurs d'amplitude maximale des types U 21 et U 71 utilisés dans la République fédérale d'Allemagne [4].

L'indicateur de volume du SFERT (*volume indicator*), qui était autrefois utilisé au laboratoire du CCITT, est décrit en [5].

Essais comparatifs de divers types de volumètres

Une note qui figure en [6] donne quelques indications sur les résultats d'essais préliminaires effectués au laboratoire du SFERT pour comparer le *volume indicator* à différents indicateurs d'impulsions.

Les résultats d'essais comparatifs effectués en 1952 par le Post Office du Royaume-Uni figurent en [7]. D'autres résultats sont exposés dans le Supplément n° 18.

TABLEAU 1/P.52

Caractéristiques principales de divers appareils de mesure utilisés pour la surveillance du volume ou des crêtes au cours de conversations téléphoniques ou de transmissions radiophoniques

Type de l'appareil	Caractéristique de redresseur (voir la remarque 3)	Durée d'établissement pour 99% de la déviation finale (millisecondes)	Durée d'intégration (millisecondes) (voir la remarque 4)	Durée de retour au zéro (valeur et définition)
(1) «Voltmètre vocal» du Post Office du Royaume-Uni du type 3 (SV3) identique au volumètre de l'ARAEN	2	230	100 (approx.)	égale à la durée d'intégration
(2) VU-mètre (Etats-Unis d'Amérique) (voir la remarque 1)	1,0 à 1,4	300	165 (approx.)	égale à la durée d'intégration
(3) Volumètre du type «Volume indicator» du SFERT	2	environ 400 à 650	200	égale à la durée d'intégration
(4) Indicateur de crête pour transmissions radiophoniques utilisé par la British Broadcasting Corporation (BBC Peak Programme Meter) (voir la remarque 2)	1		10 (voir la remarque 5)	3 secondes pour que l'indication diminue de 26 dB
(5) Indicateur d'amplitude maximale utilisé dans la République fédérale d'Allemagne (type U 21)	1	environ 80	5 (approx.)	1 ou 2 secondes de 100% à 10% de la déviation en régime permanent
(6) OIRT – Mesureur de niveau de transmission:		pour les deux types:		pour les deux types:
mesureur de niveau du type A		moins de 300 ms pour les appareils à aiguille	10 ± 5	de 1,5 à 2 secondes à partir du point «0 dB» placé à 30% de la partie utile de l'échelle
mesureur de niveau du type B		et moins de 150 ms pour les appareils à indication lumineuse	60 ± 10	

Remarque 1 – La France a normalisé un système analogue à celui qui est défini à la ligne (2) du tableau.

Remarque 2 – Les Pays-Bas ont normalisé un système (NRU-ON301) analogue à celui qui est défini à la ligne (4) du tableau.

Remarque 3 – Le nombre qui figure dans cette colonne est l'exposant n dans la formule $[V_{(\text{sortie})} = V_{(\text{entrée})}{}^{n}]$ applicable pour chaque demi-alternance.

Remarque 4 – La «durée d'intégration» a été définie par le CCIF comme «la période minimale pendant laquelle une tension alternative sinusoïdale doit être appliquée aux bornes de l'appareil pour que l'aiguille de l'instrument de mesure atteigne, à 0,2 néper ou 2 dB près, la déviation que l'on aurait dans le cas où la même tension serait appliquée indéfiniment». Un écart logarithmique de 2 dB correspond d'ailleurs à un pourcentage de 79,5% et un écart de 0,2 néper à un pourcentage de 82%.

Remarque 5 – La valeur de 4 millisecondes, qui figurait dans les éditions précédentes, était en fait la durée nécessaire pour atteindre 80% de la déviation finale quand un échelon de courant continu était appliqué au circuit redresseur-intégrateur. Dans un type de construction nouveau, et quelque peu différent, de cet indicateur, comportant des transistors, le fonctionnement pendant la transmission d'un programme reste sensiblement le même que celui des types antérieurs et il en est de même de la réponse à un signal de mesure arbitraire, voisin d'un signal en courant continu, mais la durée d'intégration, telle qu'elle est définie dans la remarque 4, est supérieure d'environ 20% pour les plus grandes déviations de l'aiguille.

Remarque 6 – En Italie, on utilise un mesureur de niveau de transmission ayant les caractéristiques suivantes:

Caractéristique du redresseur: 1 (voir la remarque 3).
Durée d'établissement pour 99% de la déviation en régime permanent: 20 ms environ.
Durée d'intégration: 1,5 ms environ.
Durée de retour: 1,5 s environ de 100% à 10% de la déviation en régime permanent.

Références

[1] *Volumètre de l'ARAEN ou voltmètre vocal (speech voltmeter)*, Livre blanc, tome V, Supplément n° 10, UIT, Genève, 1969.

[2] *Volumètre normalisé aux Etats-Unis d'Amérique, appelé VU-mètre*, Livre blanc, tome V, Supplément n° 11, UIT, Genève, 1969.

[3] *Indicateur de crête utilisé par la British Broadcasting Corporation*, Livre blanc, tome V, Supplément n° 12, UIT, Genève, 1969.

[4] *Indicateurs d'amplitude maximum des types U 21 et U 71 utilisés dans la République fédérale d'Allemagne*, Livre blanc, tome V, Supplément n° 13, UIT, Genève, 1969.

[5] *Indicateur de volume du SFERT*, Livre rouge, tome V, annexe 18, 2e partie, UIT, Genève, 1962.

[6] CCIF – *Livre blanc*, tome IV, pp. 270 à 293, UIT, Berne, 1934.

[7] *Comparaison des lectures faites avec des volumètres de types différents, au cours de conversations*, Livre blanc, tome V, Supplément n° 14, UIT, Genève, 1969.

Recommandation P.53

PSOPHOMÈTRES (APPAREILS POUR LA MESURE OBJECTIVE DES BRUITS DE CIRCUITS)

Se reporter à la Recommandation O.41 du Livre bleu du CCITT, tome IV, fascicule IV.4.

Recommandation P.54

SONOMÈTRES (APPAREILS POUR LA MESURE OBJECTIVE DES BRUITS DE SALLE)

(modifiée à Mar del Plata, 1968 et à Genève, 1972)

Le CCITT recommande d'adopter le sonomètre spécifié en [1]; cet appareil est à utiliser, dans la plupart des cas, avec les filtres d'octave, de demi-octave et de tiers d'octave spécifiés en [2].

Références

[1] Norme de la Commission Electrotechnique Internationale *Sonomètres*, publication de la CEI 651(179), Genève, 1979.

[2] Recommandation de la Commission Electrotechnique Internationale *Filtres de bandes d'octave, de demi-octave et de tiers d'octave destinés à l'analyse des bruits et des vibrations*, publication de la CEI 225, Genève, 1966.

Recommandation P.55

APPAREILS POUR LA MESURE DES BRUITS IMPULSIFS

(Mar del Plata, 1968)

L'expérience a montré que les clics, ou autres bruits impulsifs, qui apparaissent dans les conversations téléphoniques proviennent de diverses sources, par exemple, construction défectueuse des installations de commutation, défauts dans les prises de terre des centraux, couplages électromagnétiques dans les centraux ou en ligne.

On ne peut pratiquement pas apprécier l'effet perturbateur sur les conversations téléphoniques d'impulsions isolées. Les séries d'impulsions brèves rapprochées l'une de l'autre sont surtout gênantes au début d'une conversation. Il est probable que ces séries d'impulsions brèves affectent la transmission de données plus que la conversation téléphonique, et que les communications capables de transmettre des données, d'après les critères de bruit en cours d'étude, seront aussi satisfaisantes pour la transmission de la parole.

Compte tenu de ces considérations, le CCITT recommande aux Administrations d'utiliser, pour mesurer le nombre de fois où apparaissent des séries d'impulsions, sur les circuits téléphoniques aussi bien que sur les circuits pour transmissions de données, le compteur d'impulsions qui est défini dans la Recommandation O.71 [1].

Remarque – Les Administrations pourront continuer à étudier sur le plan national si l'emploi de ces compteurs d'impulsions suffit à assurer que les conditions nécessaires pour obtenir une bonne qualité dans les communications téléphoniques sont satisfaites. Pour de telles études, les Administrations peuvent utiliser les appareils de mesure qu'elles jugent les plus appropriés, par exemple, un psophomètre dont le facteur de surcharge a été augmenté, mais le CCITT n'envisage pas de recommander l'emploi d'un tel appareil.

Référence

[1] Recommandation du CCITT *Spécification pour un appareil de mesure du bruit impulsif sur les circuits de type téléphonique*, tome IV, Rec. O.71.

Recommandation P.56

MESURE OBJECTIVE DE LA PAROLE

(Melbourne, 1988)

1 Introduction

Le CCITT estime qu'il est important de disposer d'une méthode normalisée pour la mesure objective du niveau de la parole, afin qu'il soit possible de comparer directement des mesures effectuées par des Administrations différentes. Cela exige l'emploi d'un appareil de mesure capable de mesurer le niveau vocal actif et dont les résultats soient indépendants de l'interprétation de l'opérateur.

Dans la présente Recommandation, un appareil de mesure est une unité complète comprenant les circuits d'entrée, le filtre (si nécessaire), le processeur et le dispositif de visualisation. Le processeur contient l'algorithme de la méthode de détection.

Sous sa forme actuelle, l'appareil de mesure présenté ici peut être utilisé en toute sécurité pour des expériences de laboratoire ou, avec précaution, sur des circuits opérationnels. Des études se poursuivent sur:

a) la manière selon laquelle l'appareil de mesure peut être utilisé sur des circuits à deux fils et à quatre fils pour déterminer qui parle ou s'il s'agit d'un écho et

b) la manière selon laquelle un tel appareil peut, par exemple, établir une distinction entre parole et signalisation.

La méthode décrite ici assure les meilleures conditions de comparaison et de continuité avec les études antérieures, pour autant qu'une surveillance appropriée soit prévue, par exemple si cette fonction de surveillance est confiée à un opérateur. En particulier, la nouvelle méthode fournit des données et conduit à des conclusions compatibles avec celles qui ont permis d'établir la valeur conventionnelle (22 microwatts) de la puissance des signaux de parole aux bornes d'entrée à 4 fils du circuit international, spécifiée dans la Recommandation G.223. Une méthode fondée sur la surveillance par opérateur est décrite dans l'annexe A.

La présente Recommandation décrit une méthode qui peut être aisément mise en œuvre grâce à la technologie actuelle. De plus, elle joue le rôle de référence par rapport à laquelle d'autres méthodes peuvent être comparées. L'objet de cette Recommandation n'est pas d'exclure toute autre méthode mais de faire en sorte que les résultats obtenus avec différentes méthodes soient les mêmes.

Le niveau vocal actif doit être mesuré et exprimé en décibels par rapport à une référence spécifiée, par les méthodes indiquées ci-après:

– *Méthode A* – mesure d'une grandeur appelée «volume vocal» et utilisée pour la régulation en temps réel du niveau de la parole (voir le § 4).

– *Méthode B* – mesure d'une grandeur appelée «niveau vocal actif» et utilisée à d'autres fins (voir le § 5).

Une comparaison des mesures obtenues avec les méthodes A et B est présentée dans le Supplément n° 18.

Remarque – Cet appareil de mesure ne peut pas être utilisé pour déterminer les niveaux de crête, mais suffisamment de renseignements [1] en donnant le rapport valeur instantanée de crête/valeur efficace, à condition que le signal n'ait pas été limité ni modifié, par exemple: écrêtage des pointes.

2 Terminologie

Il est recommandé d'adopter la terminologie suivante:

volume vocal: ce terme, utilisé jusqu'ici comme synonyme de *niveau vocal*, devrait dorénavant être employé exclusivement pour désigner une valeur fournie par la méthode A;

niveau vocal actif: devrait être employé exclusivement pour désigner une valeur fournie par la méthode B;

niveau vocal: terme général désignant une valeur fournie par toute méthode qui donne une valeur exprimée en décibels par rapport à une référence spécifiée.

Les définitions de ces termes [2], et d'autres termes connexes comme ceux relatifs aux appareils de mesure eux-mêmes [3], devraient être remaniées comme il convient.

3 Considérations générales

3.1 *Niveau électrique, niveau acoustique et autres niveaux*

La présente Recommandation traite essentiellement des mesures électriques donnant des résultats exprimés en unités électriques, généralement des décibels par rapport à une valeur de référence appropriée telle qu'un volt. Cependant, si on a la garantie de l'étalonnage et de la linéarité du système de transmission dans lequel se fait la mesure, il est possible de rapporter le résultat à un autre point, en amont ou en aval du point de mesure; en cet autre point, le signal peut exister sous une forme non électrique, acoustique par exemple. La puissance est proportionnelle au carré de la tension dans le domaine électrique, au carré de la pression acoustique dans le domaine acoustique; elle est l'équivalent numérique de l'une ou de l'autre dans le domaine numérique et la valeur de référence doit être du genre approprié (1 volt, 1 pascal, pression acoustique de référence égale à 20 micropascals, ou toute autre unité spécifiée, selon le cas).

3.2 *Conditions universelles*

Pour toutes les catégories de mesures du niveau vocal, l'information fournie devrait comprendre: la désignation du système de mesure, la méthode employée (A, B ou B-équivalente comme expliqué dans le § 4, ou toute autre méthode spécifiée), la grandeur observée, les unités et d'autres renseignements pertinents tels que la valeur de la marge (voir explication plus loin) s'il y a lieu.

Il convient aussi d'indiquer toutes les condition pertinentes de la mesure, par exemple: largeur de bande, position de l'appareil de mesure dans le circuit de communication, présence ou absence d'une impédance terminale. Hormis la limitation de bande dont l'objet est d'éliminer les signaux parasites, aucune pondération de fréquence ne doit être introduite dans le trajet de mesure (qui n'est pas le même que le trajet de transmission).

3.3 *Formation de moyennes*

Si le compte rendu de mesure donne la moyenne de plusieurs lectures de l'appareil, il y a lieu d'expliquer la méthode appliquée pour former les moyennes. Il faut faire une distinction entre le *niveau moyen* (volume vocal moyen ou niveau vocal actif moyen), pour lequel on prend la moyenne de plusieurs valeurs exprimées en décibels, et la *puissance moyenne* qui est formée de la manière suivante: conversion en unités de puissance, de plusieurs valeurs exprimées en décibels; calcul de la moyenne des valeurs de puissance puis, facultativement, retour aux décibels.

On mentionnera toute correction qui aurait pu être appliquée, ainsi que les faits ou les hypothèses sur lesquels reposent les corrections. Par exemple, dans les calculs de charges, lorsqu'il y a de grandes différences entre les durées ou les niveaux actifs des différentes parties de la parole mesurées individuellement, on ajoute généralement 0,115 σ^2 au niveau médian ou moyen pour estimer la puissance moyenne; la raison en est que la distribution des niveaux vocaux actifs moyens (dB) est approximativement gaussienne.

4 Méthode A: Indication immédiate du volume vocal pour des applications en temps réel

Pour mesurer le volume vocal aux fins de régulation ou d'ajustement rapide du niveau par un opérateur humain, il y a lieu de procéder de la manière traditionnelle, en utilisant un des dispositifs indiqués dans la Recommandation P.52.

Le choix de l'appareil de mesure et la méthode d'interprétation des déviations de l'aiguille dépendent de l'application, comme décrit dans le tableau 1/P.56.

Les valeurs fournies par la méthode A seront consignées sous la forme d'un *volume vocal*, on précisera l'appareil employé, la grandeur observée et les unités dans lesquelles le résultat est exprimé.

TABLEAU 1/P.56

Application	Appareil de mesure	Grandeur observée
Régulation du niveau vocal dans l'équilibrage des sonies (en direct)	Volumètre de l'ARAEN (SV3)	Niveau dépassé une seule fois en 3 secondes
Suppression de la limitation des crêtes	Indicateur de crête pour transmissions radiophoniques	Valeur maximale lue sur l'appareil
Maintien du niveau optimal dans les enregistrements sur bande magnétique	VU-mètre	Moyenne des crêtes (à l'exclusion des crêtes extrêmes)

5 Méthode B: Niveau vocal actif pour d'autres applications que celles mentionnées dans la méthode A

5.1 *Principe de la mesure*

Pour mesurer le niveau vocal actif, on intègre une grandeur proportionnelle à la puissance instantanée sur l'intervalle de temps total pendant lequel la parole est présente (temps d'activité); on exprime ensuite le quotient, proportionnel à l'énergie totale divisée par le temps d'activité, en décibels par rapport à la référence convenable.

La puissance moyenne d'un signal vocal que l'on sait être présent peut s'exprimer avec une grande précision d'après des échantillons prélevés à une cadence très inférieure à la cadence de Nyquist. Cependant, la question la plus importante est de savoir quel critère utiliser pour déterminer la présence de la parole.

L'idéal serait que le critère indique la présence de la parole pendant le même pourcentage de temps où cette présence est perçue par une personne qui écoute, non compris le bruit qui ne fait pas partie de la parole (par exemple, impulsions, échos et bruit stable pendant les périodes de silence), mais y compris les courtes périodes pendant lesquelles la puissance est faible ou nulle et qui ne sont pas perçues comme des interruptions dans l'écoulement de la parole [4]. Il n'est pas indispensable que le détecteur fonctionne en synchronisme rigoureux avec les débuts et les fins des émissions de parole perçues: il peut y avoir un délai dans le déclenchement et le retour au repos, pourvu que le temps d'activité total soit mesuré correctement. Pour cette raison, les détecteurs complexes d'activité vocale, fonctionnant en temps réel et appliquant un échantillonnage à la cadence de Nyquist, par exemple ceux qui ont été utilisés avec succès dans la concentration numérique de la parole, ne sont pas nécessairement les plus efficaces pour cette application. Ces détecteurs ont pour fonction d'indiquer à quel moment une voie est disponible pour la transmission d'une information: cet état ne coïncide pas toujours avec l'absence de parole; d'un côté, il peut apparaître pendant de courts intervalles qui devraient être considérés comme faisant partie de la parole, d'un autre côté, il peut être retardé longtemps après une émission de parole (pour des raisons de commodité dans l'attribution des voies, par exemple).

La présente Recommandation décrit la méthode de détection qui remplit les conditions requises. La méthode suppose l'application d'un seuil qui dépend du signal et qui ne peut être spécifié à l'avance, de sorte qu'il n'est pas possible de garantir l'exactitude des résultats pendant l'exécution de la mesure; malgré cela, en accumulant suffisamment d'informations pendant l'opération, il est possible d'appliquer le seuil correct *a posteriori* et obtenir par conséquent un résultat correct très peu de temps après la fin de la mesure. Dans les cas simples, il semble que l'on puisse obtenir des résultats similaires en procédant par adaptation continue du niveau de seuil, en temps réel; toutefois, il faut poursuivre l'étude pour voir jusqu'à quel point cette conclusion peut être généralisée.

5.2 *Détails de réalisation*

L'algorithme de la méthode B est le suivant.

Supposons que le signal vocal est échantillonné à une cadence correspondant à f échantillons par seconde au minimum et qu'il est quantifié uniformément dans un domaine comprenant au moins 2^{12} intervalles de quantification (avec utilisation de 12 bits par échantillon, y compris le signe).

Remarque – Avec cette condition, on est sûr que la gamme dynamique de la tension instantanée est d'au moins 66 dB, mais deux facteurs conjuguent leurs effets pour réduire d'environ 30 dB la gamme des niveaux vocaux actifs mesurables:

1) il faut prévoir une marge pour le rapport puissance vocale de crête/puissance vocale moyenne, à savoir environ 18 dB quand la probabilité de dépassement de cette valeur est de 0,001 [1];
2) il faut calculer des valeurs d'enveloppe jusqu'à 16 dB au moins par rapport au niveau actif moyen: ces valeurs peuvent être fractionnaires, mais leur précision sera insuffisante si elles sont calculées à partir d'un intervalle de quantification très supérieur au double de la valeur d'échantillonnage; cela signifie qu'il ne faut pas s'attendre à pouvoir mesurer un niveau vocal actif qui dépasserait l'intervalle de quantification de moins de 10 dB environ.

Désignons par x_i les valeurs des échantillons successifs, avec $i = 1, 2, 3, \ldots$, et $t = 1/f$ secondes l'intervalle de temps entre des échantillons consécutifs.

Les autres constantes nécessaires sont les suivantes:

v	est le facteur d'échelle du convertisseur analogique-numérique (volts/unité),
T	est la constante de temps du lissage, en secondes,
$g = \exp(-t/T)$	est le coefficient de lissage,
H	est le temps de maintien, en secondes,
$I = H/t$	est l'arrondi au nombre entier le plus proche,
M	est la marge en dB, différence entre le niveau de seuil et le niveau vocal actif.

Supposons que les échantillons d'entrée sont soumis à deux processus distincts, 1 et 2.

Processus n° 1

Cumul du nombre d'échantillons n, de la somme s et de la somme des carrés, sq:

$$n_i = n_{i-1} + 1$$
$$s_i = s_{i-1} + x_i$$
$$sq_i = sq_{i-1} + x_i^2$$

où s_0, sq_0 et n_0 (valeurs initiales) sont nuls.

Processus n° 2

Formation exponentielle de moyennes, en deux temps, sur les valeurs rectifiées des signaux:

$$p_i = g \cdot p_{i-1} + (1 - g) \cdot |x_i|$$
$$q_i = g \cdot q_{i-1} + (1 - g) \cdot |p_i|$$

où p_0 et q_0 (valeurs initiales) sont nuls.

La suite des q_i est appelée l'enveloppe; les p_i désignent des grandeurs intermédiaires.

Appliquons à l'enveloppe une série de tensions de seuil fixes, c_j. Ces tensions doivent être en progression géométrique, avec une raison au plus égale à 2 : 1 (6,02 dB), à partir d'une valeur correspondant à environ la moitié du code maximal et s'abaissant jusqu'à une valeur égale à un intervalle de quantification, ou moins. Construisons d'autre part une série correspondante de comptages d'activité, a_j, et une série correspondante de comptages de maintien:

pour chaque valeur successive de j:

si $q_i > c_j$ ou $q_i = c_j$, ajouter 1 à a_j et poser $h_j = 0$;

si $q_i < c_j$ et $h_j < I$, ajouter 1 à a_j et ajouter 1 à h_j;

si $q_i < c_j$ et $h_j = I$, ne rien changer.

Dans le premier cas, l'enveloppe est au même niveau que le seuil de rang j, ou au-dessus de ce seuil, ce qui signifie que la parole est active à en juger par ce niveau de seuil. Dans le deuxième cas, l'enveloppe se trouve au-dessous du seuil, mais on considère que la parole est encore active parce que le maintien correspondant n'est pas encore terminé. Dans le troisième cas, la parole est inactive selon le critère du niveau de seuil correspondant.

Initialement, tous les a_j sont nuls et tous les h_j sont égaux à I.

Il faut noter que dans tous les cas ci-dessus la présence de l'indice i est nécessaire seulement pour faire la distinction entre les valeurs actuelles et les valeurs précédentes des grandeurs cumulées: par exemple, il est inutile de conserver plus d'une valeur de sq, mais cette valeur est continuellement actualisée. A la fin de la mesure, on peut donc supprimer les indices de s, sq, n, p et q.

On laisse tous les processus se dérouler jusqu'à ce que la fin de la mesure soit signalée, après quoi on évalue les grandeurs suivantes:

$$\text{Temps total} = n \cdot t$$

$$\text{Puissance à long terme} = sq \cdot v^2/n$$

Remarque – Si l'on soupçonne qu'il peut y avoir un décalage important en continu, on peut estimer ce décalage en calculant $s \cdot v/n$, et s'en servir pour déterminer une valeur plus précise de la puissance à long terme (alternative), de la forme $v^2\,[sq/n - (s/n)^2]$. Cependant, il faut aussi dans ce cas tenir compte de l'influence du décalage sur l'enveloppe et effectuer les corrections voulues.

Pour chaque valeur de j, l'estimation de la puissance active est égale à $sq \cdot v^2/a_j$.

A ce stade, les puissances sont exprimées par le carré de la tension (volts) par unité de temps. On exprime maintenant les estimations de la puissance à long terme et de la puissance active en décibels par rapport à la tension de référence choisie, r:

Niveau à long terme	$L = 10 \log (sq \cdot v^2/n) - 20 \log r$
Estimation du niveau actif	$A_j = 10 \log (sq \cdot v^2/a_j) - 20 \log r$
Seuil	$C_j = 20 \log (c_j \cdot v) - 20 \log r$

Pour chaque valeur de j, on compare la différence $A_j - C_j$ avec la marge M et on détermine (si nécessaire, par interpolation dans une échelle en décibels entre deux valeurs consécutives de A_j et de C_j) le niveau actif vrai, A, et le seuil correspondant, C, pour lesquels on a: $A - C = M$. Si l'un des couples de valeur A_j et C_j satisfait exactement à cette condition, le facteur d'activité vrai est a_j/n mais, dans tous les cas, il peut être évalué à partir de l'expression $10^{(L-A)/10}$.

Pour plus de simplicité, l'algorithme a été défini sur la base d'un processus numérique. Cependant, on doit aussi envisager tout processus équivalent (par exemple, un processus mis en œuvre sur un ordinateur analogique programmable) pour fournir la définition.

5.3 *Valeurs des paramètres*

Il convient d'utiliser pour les paramètres les valeurs données dans le tableau 2/P.56. Elles se sont révélées adaptées à l'objectif poursuivi et ont fait leur preuve pendant de nombreuses années d'application par plusieurs organisations [4].

TABLEAU 2/P.56

Paramètre	Valeur	Tolérance
f	694 échantillons/seconde	600 au moins
T	0,03 seconde	± 5%
H	0,2 seconde	± 5%
M	15,9 dB	± 0,5

Remarque – Il pourrait sembler que la référence [4] préconise la valeur $M = 15$ dB; toutefois, le niveau de seuil spécifié dans cette référence est égal à la *tension absolue moyenne* d'une onde sinusoïdale dont la *puissance moyenne* est inférieure de 15 dB à la référence. La différence de 0,9 dB correspond à 20 log (tension efficace/tension absolue moyenne) pour une onde sinusoïdale.

Le résultat d'une mesure faite au moyen de l'algorithme ci-dessus avec des paramètres dont les valeurs respectent les restrictions ci-dessus, doit être appelé *niveau vocal actif*, et il faut spécifier que le système utilise la méthode B de la présente Recommandation.

Remarque – En présence de niveaux de bruit très élevés, comme par exemple dans certains véhicules ou certains systèmes radioélectriques, il y a souvent intérêt à placer le seuil plus haut (c'est-à-dire utiliser une marge plus petite) afin d'exclure le bruit: on a le droit de procéder ainsi, à condition d'indiquer aussi la valeur de la marge. Le résultat d'une telle mesure doit être appelé *niveau vocal actif* avec une *marge M* et il faut spécifier que le système *utilise la méthode B avec une marge M.*

Le facteur d'activité doit de préférence être exprimé par un pourcentage, avec indication de la valeur de la marge si celle-ci sort de l'intervalle normal.

6 Equivalents approchés de la méthode B

D'autres méthodes sont à l'étude. Leur principe de mesure est sensiblement le même, mais elles s'écartent sur certains points de détail de l'algorithme décrit plus haut.

Il n'est pas question d'exclure complètement l'une quelconque de ces méthodes, à condition que les données expérimentales montrent de façon convaincante qu'elles donnent des résultats en accord avec ceux de la méthode B dans une gamme suffisamment large de conditions. Pour cette raison, on a homologué une catégorie de méthodes appelées *méthodes B-équivalentes.*

Une méthode B-équivalente pour la mesure du niveau vocal est définie comme une méthode qui satisfait au test suivant à tous les points de vue.

Les mesures sont effectuées simultanément par la méthode en question et par la méthode B sur deux ou plusieurs échantillons de parole et avec toutes les combinaisons des variables suivantes:

Voix	une voix d'homme et une voix de femme.
Contenu de la parole	une liste de phrases indépendantes, un passage de paroles continues, et une voie de conversation, chacun durant au moins 20 secondes (temps d'activité).
Largeur de bande	300 à 3400 Hz et 100 à 8000 Hz.
Bruit ajouté	bruit uniforme dans la bande de mesure à des niveaux situés à $(M + 5)$ dB et $(M + 25)$ dB au-dessous du niveau vocal actif où la marge M est normalement de 15,9 dB, mais plus petite dans les applications à niveau de bruit élevé.
Niveaux	à des intervalles de 10 dB, sur la gamme spécifiée pour le système considéré.

Sur la base des résultats obtenus, on calcule, pour chacune de ces 24 combinaisons, les limites de confiance à 95% pour la différence entre le niveau fourni par la méthode en question et le niveau vocal actif fourni par la méthode B.

Si, pour chaque combinaison, la limite de confiance supérieure de cette différence ne dépasse pas +1 dB et la limite de confiance inférieure n'est pas en dessous de −1 dB, on considère que la méthode est une méthode B-équivalente.

Cette procédure de vérification reste valable tant que l'on n'a pas recommandé de signal approprié assimilable à un signal vocal et susceptible d'être utilisé pour cette fonction (voir les Questions 12/XII et 13/XII).

D'autre part, une méthode est considérée comme B-équivalente si elle donne des résultats qui tombent à l'intérieur des limites spécifiées lorsqu'ils sont corrigés par addition d'une constante fixe, connue avant la mesure et indépendante de toutes les caractéristiques du signal vocal (à l'exception éventuellement de la largeur de bande si celle-ci est connue indépendamment).

Les résultats de mesure fournis par une telle méthode doivent être appelés *niveau vocal actif B-équivalent*, et le *facteur d'activité B-équivalent.*

Il existe des systèmes qui fonctionnent avec des seuils fixes, au lieu du seuil choisi *a posteriori* comme expliqué au § 5.3. De tels systèmes donnent eux aussi le niveau vocal actif conforme à la définition dans les cas où la marge se trouve être à l'intérieur des limites spécifiées.

7 Spécifications

Un voltmètre vocal comprend normalement trois parties, à savoir:

i) les circuits d'entrée,

ii) le filtre,

iii) le processus et l'écran.

La figure 1/P.56 représente une configuration type pour un tel appareil de mesure.

Selon l'endroit où l'appareil sera utilisé, on emploiera la totalité ou une partie seulement des éléments indiqués en i) et ii). Toutefois, pour un appareil de mesure à usage général, la conformité aux présentes spécifications est recommandée.

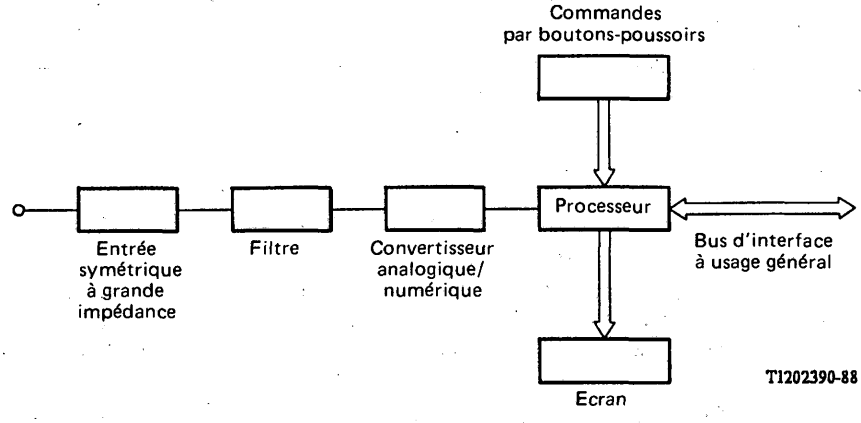


FIGURE 1/P.56

Schéma fonctionnel d'un appareil de mesure type

7.1 *Entrée du signal*

7.1.1 *Impédance d'entrée*

L'appareil de mesure est normalement destiné à être monté en dérivation et, lorsqu'il est utilisé de cette manière, son impédance doit être élevée pour ne pas influer sur les résultats. Une impédance de 100 kohms est recommandée.

7.1.2 *Protection des circuits*

Il est recommandé que l'appareil de mesure puisse supporter des tensions bien supérieures à celles de la gamme de mesure, des accidents d'utilisation pouvant se produire et le circuit mesuré pouvant être soumis à des tensions plus élevées que prévu. Exemples: tension de secteur 110/240 V; tension de central 50 V.

7.1.3 *Connexion*

Il est recommandé que la connexion soit indépendante de la polarité. L'appareil de mesure doit pouvoir être branché aussi bien en mode symétrique qu'en mode dissymétrique.

7.2 *Filtre*

Lors de la mesure des niveaux vocaux de circuits dans la largeur de bande téléphonique conventionnelle (300 à 3400 Hz), il est souvent commode d'utiliser un filtre qui rejettera le ronflement parasite, atténuera le bruit de bande magnétique, etc., tout en laissant passer les fréquences les plus intéressantes sans affecter la mesure du niveau vocal. L'ensemble suivant de coordonnées décrites dans le tableau 3/P.56 répond à ces caractéristiques. La figure 2/P.56 donne l'exemple d'un tel filtre.

Le filtre devra également avoir les caractéristiques suivantes:

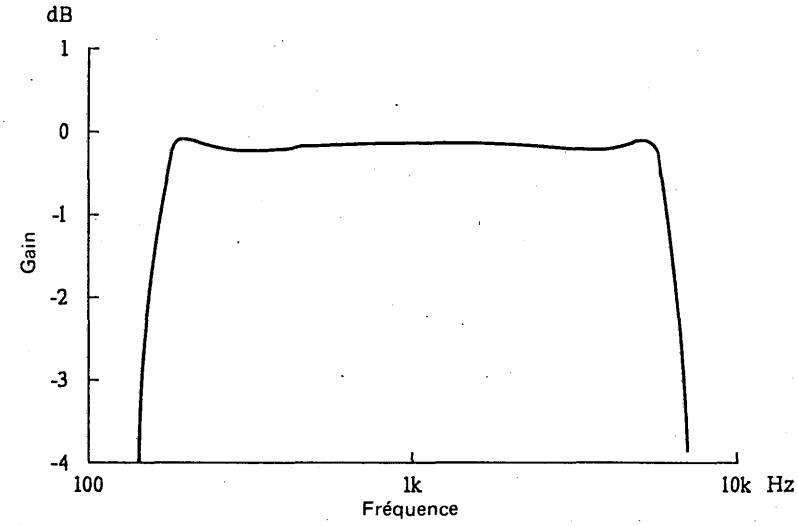
Niveau de sortie:

du bruit à large spectre (20 à 20 000 Hz) < -75 dBm

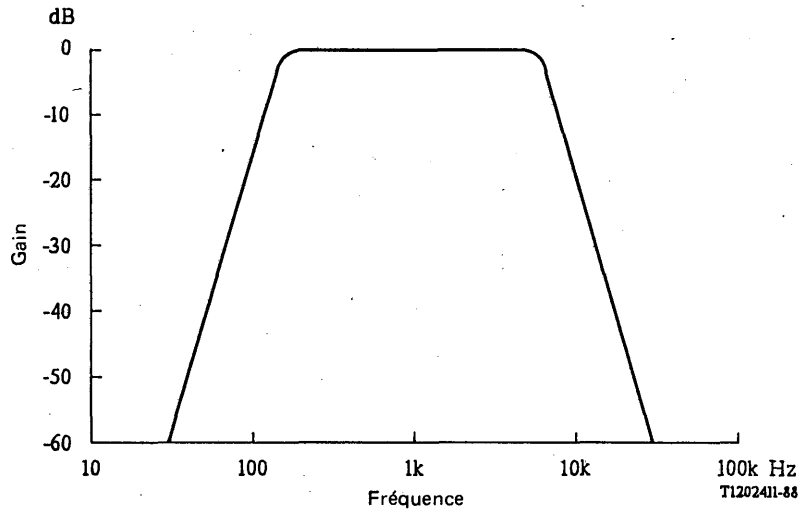
du bruit pondéré (téléphonie) < -90 dBmp.

TABLEAU 3/P.56

Fréquence (Hz)	(dB)
	Réponse à la limite supérieure relative à 1 kHz
16	−49,75
160	+0,25
7 000	+0,25
70 000	−49,75
	Réponse à la limite inférieure relative à 1 kHz
< 200	−∞
200	−0,25
5 500	−0,25
> 5 500	−∞



a) Réponse à la limite inférieure



b) Réponse à la limite supérieure

FIGURE 2/P.56

Réponses dans la bande passante du filtre

7.3 *Mesures du niveau vocal*

7.3.1 *Plage de fonctionnement pour les signaux vocaux*

La plage de fonctionnement recommandée pour les signaux vocaux est liée au niveau actif et devrait au moins aller de 0 à −30 dBV.

Remarque 1 – La portée dynamique de l'appareil de mesure dépendra du convertisseur analogique/numérique. Si ce convertisseur est réglé à un niveau d'entrée au maximum de 10 volts (ce qui correspond au code «tout en 1») et si on utilise l'arithmétique à 12 bits fondée sur les bits de plus fort poids provenant du convertisseur, un bit de signe + 11 bits d'amplitude permettront d'avoir une gamme de 66 dB. La gamme mesurable sera d'environ 35 dB moindre lorsque sera pris en compte, d'une part, le rapport valeur de crête/valeur moyenne de 18 dB (les pointes de puissance vocale ne dépasseront le niveau d'entrée maximal que pendant moins de 0,1% du temps [1]) et, d'autre part, la marge *M* de 15,9 dB; le signal vocal le plus puissant est donc d'environ +2 dBV, le plus faible étant de −30 dBV. Toutefois, on a constaté que la plage de fonctionnement pratique allait de +5 dBV à −35 dBV.

Remarque 2 – Pour pouvoir admettre une gamme plus étendue de niveaux vocaux, on peut insérer un atténuateur ou un amplificateur à faible bruit dans le circuit d'entrée. Il faut toutefois veiller à satisfaire aux caractéristiques d'entrée spécifiées dans le § 7.1.1.

7.3.2 *Linéarité*

La linéarité de l'appareil de mesure est spécifiée pour les mesures de la valeur efficace des ondes sinusoïdales car, pour les signaux vocaux, l'algorithme (spécifié au § 7.3.4) est par définition correct, seules la précision ou la reproduction des mesures devant être prises en considération.

En supposant que:

a) la mesure d'une durée minimale est de 5 secondes,

b) l'onde sinusoïdale est présente pendant toute la durée de la mesure, la linéarité spécifiée doit être:

Fréquence (Hz)	*Gamme d'entrée* (dBV)	*Précision* (dB)
100 à 4000	+16 à −45	± 0,1
4000 à 8000	+13 à −45	± 0,3

Remarque – Le niveau d'entrée maximal pour la gamme de fréquences 4000 à 8000 Hz devrait idéalement être le même que pour la gamme 100 à 4000 Hz; cependant, les convertisseurs analogique/numérique du commerce étant limités dans la pratique (en raison du «taux de balayage» des circuits d'entrée), cela n'est pas possible. Toutefois, la puissance dans la bande des 8000 Hz pour les signaux vocaux étant inférieure de 30 dB au niveau à 500 Hz, il est probable que l'erreur éventuelle sera extrêmement faible.

7.3.3 *Réponse en fréquence*

La réponse en fréquence de l'appareil de mesure sans filtre mesurée dans la gamme de fréquences 100 à 8000 Hz, est uniforme avec les tolérances spécifiées:

Fréquence (Hz)	*Gamme d'entrée* (dBV)	*Tolérance* (dB)
100 à 4000	+16 à −45	± 0,2
4000 à 8000	+13 à −45	± 0,4

Remarque 1 – Les tolérances sont rapportées à 1000 Hz.

Remarque 2 – La remarque du § 7.3.2 est applicable.

7.3.4 *Reproductibilité*

Quand un signal vocal donné, ayant un niveau actif compris dans la plage de fonctionnement recommandée et une durée active de 5 secondes au moins, est mesuré d'une façon répétée sur le même appareil de mesure, les lecteures du niveau actif doivent avoir un écart type inférieur à 0,1 dB.

8 Etalonnage périodique de l'appareil de mesure utilisé pour la méthode B

Les procédures d'étalonnage périodique suivantes, qui utilisent des signaux non assimilables à des signaux vocaux, garantiront le bon fonctionnement de l'appareil de mesure. L'étalonnage vrai ne peut être effectué qu'au moyen de signaux vocaux.

La figure 3/P.56 représente un montage de circuits satisfaisant. Chaque fois que possible, les mesures doivent être faites avec deux réglages de l'affaiblisseur, 0 et 20 dB. Tous les signaux émis proviennent d'une source d'impédance interne de 600 ohms, l'appareil de mesure étant bouclé sur 600 ohms.

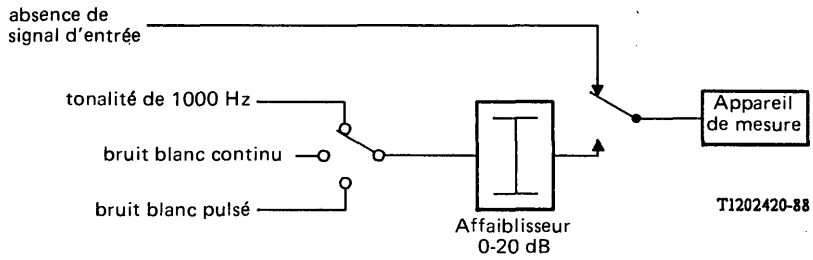


FIGURE 3/P.56

Montage de commutation

8.1 *Absence de signal d'entrée*

En l'absence de signal d'entrée, l'appareil de mesure doit afficher les résultats suivants:

Facteur d'activité	0 + 0,5%
Niveau actif	< −60 dBV
Niveau à long terme	< −60 dBV

8.2 *Tonalité continue*

En présence d'une onde sinusoïdale de 1000 Hz étalonnée à 0 dBV, l'appareil de mesure, pour les deux réglages de l'affaiblisseur appliqués pendant 12 + 0,2 secondes, doit afficher les résultats suivants:

	Affaiblisseur à 0 dB	*Affaiblisseur à 20 dB*
Facteur d'activité	100 à 0,5% près	100 à 0,5% près
Niveau actif	0 ± 0,1 dBV	−20 ± 0,1 dBV
Niveau à long terme	0 ± 0,1 dBV	−20 ± 0,1 dBV

8.3 *Bruit blanc*

8.3.1 *Sans filtre*

En l'absence de filtre sur le circuit et pour une source de bruit blanc étalonnée à 0 dBV, l'appareil de mesure, pour les deux réglages de l'affaiblisseur appliqués pendant 12 + 0,2 secondes, doit afficher les résultats suivants:

	Affaiblisseur à 0 dB	*Affaiblisseur à 20 dB*
Facteur d'activité	100 à 0,5% près	100 à 0,5% près
Niveau actif	0 ± 0,5 dBV	−20 ± 0,5 dBV
Niveau à long terme	0 ± 0,5 dBV	−20 ± 0,5 dBV

8.3.2 *Avec filtre*

En présence d'un filtre sur le circuit et pour une source de bruit blanc étalonnée à 0 dBV, l'appareil de mesure, pour les deux réglages de l'affaiblisseur appliqués pendant 12 + 0,2 secondes, doit afficher les résultats suivants:

	Affaiblisseur à 0 dB	*Affaiblisseur à 20 dB*
Facteur d'activité	100 à 0,5% près	100 à 0,5% près
Niveau actif	−6,9 ± 0,5 dBV	−26,9 ± 0,5 dBV
Niveau à long terme	−6,9 ± 0,5 dBV	−26,9 ± 0,5 dBV

8.3.3 *Bruit pulsé*

En l'absence de filtre sur le circuit et pour une source de bruit blanc émettant alternativement trois secondes en position «FERMÉ» et trois secondes en position «OUVERT» et étalonnée à 0 dBV en position «FERMÉ», l'appareil de mesure, pour les deux réglages de l'affaiblisseur appliqués pendant 12 + 0,2 secondes, doit afficher les résultats suivants:

	Affaiblisseur à 0 dB	*Affaiblisseur à 20 dB*
Facteur d'activité	55 ± 1,5%	55 ± 1,5%
Niveau actif	0 ± 1 dBV	−20 ± 1 dBV
Niveau à long terme	−2,7 ± 1 dBV	−22,7 ± 1 dBV

Remarque – Le présent paragraphe pourrait être révisé en vue de l'étalonnage des appareils de mesure pour la méthode B et la méthode B-équivalente, lorsqu'un signal assimilable à un signal vocal aura été jugé susceptible d'être employé pour cette fonction.

ANNEXE A

(à la Recommandation P.56)

Méthode utilisant un voltmètre de parole conforme à la méthode B dans la configuration du réseau

Un voltmètre de parole conforme à la méthode B ne convient pas, sous sa forme actuelle, pour mesurer les signaux vocaux (voir notamment la Recommandation G.223) dans le cas de communications réelles, car l'appareil de mesure est incapable de faire la différence entre les signaux vocaux provenant de l'une ou de l'autre extrémité d'une connexion.

Toutefois, lorsque l'appareil de mesure est connecté à un point à 4 fils, dans une connexion de type 2-4-2 fils, les mesures peuvent être faites par un opérateur qui surveille le début et la fin de la conversation. L'opérateur peut le faire en utilisant des écouteurs (sous réserve d'avoir obtenu l'autorisation de l'abonné) ou un appareil de mesure auxiliaire (par exemple conforme à la Recommandation P.52). Le montage du circuit est indiqué à la figure A-1/P.56.

L'opérateur surveille la conversation à l'aide de l'appareil de mesure auxiliaire ou d'écouteurs puis détermine à l'aide d'un bouton départ/arrêt le début et la fin de la conversation en question.

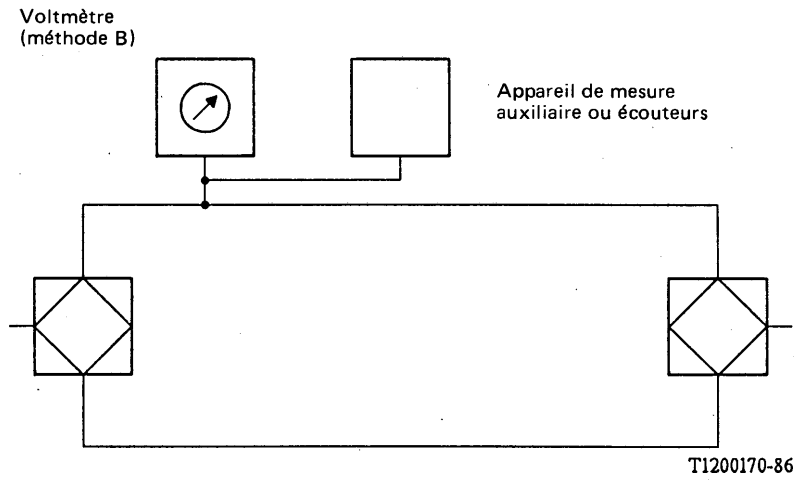


FIGURE A-1/P.56

Références

[1] RICHARDS (D. L.): Telecommunication by Speech, section 2.1.3.2, pp. 56 à 69, Butterworths, Londres, 1973.

[2] UIT: Répertoire des définitions des termes essentiels utilisés dans le domaine des télécommunications, Définition 14.16, 2e impression, Genève, 1961.

[3] UIT: Répertoire des définitions des termes essentiels utilisés dans le domaine des télécommunications, Définitions 12.34, 12.35, 12.36, 2e impression, Genève, 1961.

[4] BERRY (R. W.): Speech-volume measurements on telephone circuits, *Proc. IEE*, vol. 118, n° 2, pp. 335 à 338, février 1971.

Bibliographie

BRADY (P. T.): Equivalent Peak Level: a threshold-independent speech level measure, *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 44, pp. 695 à 699, 1968.

CARSON (R.): A Digital Speech Voltmeter – the SV6, *British Telecommunications Engineering*, vol. 3, partie 1, pp. 23 à 30, avril 1984.

CCITT – Contribution COM XII-N° 43 *Méthode pour mesurer le niveau de la puissance vocale au moyen du système d'interface de la CEI et d'une calculatrice* – (Norvège), période d'études 1981-1984, Genève, 1982.

PAGE INTENTIONALLY LEFT BLANK

PAGE LAISSEE EN BLANC INTENTIONNELLEMENT

SECTION 5

MESURES ÉLECTROACOUSTIQUES OBJECTIVES

Recommandation P.61

MÉTHODES D'ÉTALONNAGE DES MICROPHONES À CONDENSATEUR

(modifiée à Malaga-Torremolinos, 1984)

Les étalonnages primaire et secondaire des microphones à condensateur peuvent s'effectuer à l'aide des méthodes décrites ci-après:

1 Etalonnage primaire par la méthode de réciprocité

La méthode recommandée pour l'étalonnage primaire des microphones à condensateur est la technique d'étalonnage par réciprocité. La référence [1] décrit une méthode de précision pour l'étalonnage des pressions par réciprocité. La référence [2] indique une méthode simplifiée qui convient à l'étalonnage dans la gamme de fréquences considérée pour les mesures téléphonométriques. Ces méthodes sont conçues spécialement pour les microphones d'un pouce, mais des méthodes similaires sont applicables aux microphones d'un demi-pouce. La CEI étudie actuellement des méthodes adaptées à ces derniers microphones.

La référence [3] décrit une méthode d'étalonnage par réciprocité en champ libre. A titre de variante, les courbes de correction en champ libre données dans la référence [4] peuvent être appliquées aux microphones à condensateur d'un pouce pour déterminer leur réponse en champ libre. En principe, la méthode de réciprocité en champ libre peut être étendue aux microphones d'un demi-pouce. On n'a pas normalisé de courbes de correction en champ libre pour les microphones d'un demi-pouce.

2 Etalonnage secondaire par la méthode de comparaison

On peut réaliser l'étalonnage secondaire d'un microphone à condensateur par comparaison directe avec un microphone physiquement identique dont l'étalonnage est connu. Cette méthode est une variante de la méthode avec «deux microphones et source sonore auxiliaire» décrite dans les références [1] à [3]. On détermine tout d'abord le niveau de sortie du microphone étalonné pour une valeur donnée du niveau d'excitation appliqué à la source sonore auxiliaire. On remplace ensuite le microphone étalonné par le microphone à étalonner, dont on détermine le niveau de sortie pour le même niveau d'excitation. La différence (dB) entre les niveaux de sortie des deux microphones est alors appliquée à l'étalonnage connu du premier microphone, pour déterminer l'étalonnage du second. La méthode est répétée pour chaque fréquence devant être prise en considération.

3 Etalonnage secondaire à l'aide de microphones à piston et d'autres systèmes d'étalonnage du niveau sonore

Les étalonnages secondaires sont possibles également avec des microphones à piston et d'autres systèmes d'étalonnage du niveau sonore qui donnent un niveau connu. Ces dispositifs sont souvent employés pour vérifier l'étalonnage d'un microphone sur une seule fréquence[1]. Il faut veiller à bien suivre les instructions du constructeur quand on se sert de ces appareils; en particulier, il peut être nécessaire d'appliquer des corrections pour tenir compte de la pression barométrique, du volume du coupleur, du type de microphone, etc. La CEI étudie actuellement la normalisation de ces systèmes d'étalonnage.

---

[1] Il est possible de réaliser des étalonnages avec une précision de ± 0,3 dB.

Références

[1] Commission Electrotechnique Internationale *Méthode de précision pour l'étalonnage en pression des microphones étalons à condensateur d'un pouce par la technique de la réciprocité*, publication CEI-327, Genève, 1971.

[2] Commission Electrotechnique Internationale *Méthode simplifiée pour l'étalonnage en pression des microphones à condensateur d'un pouce par la technique de la réciprocité*, publication CEI-402, Genève, 1972.

[3] Commission Electrotechnique Internationale *Méthode de précision pour l'étalonnage en champ libre des microphones étalons à condensateur d'un pouce par la technique de la réciprocité*, publication CEI-486, Genève, 1974.

[4] Commission Electrotechnique Internationale *Valeurs des différences entre les niveaux d'efficacité en champ libre et en pression des microphones étalons à condensateur d'un pouce*, publication CEI-655, Genève, 1979.

Recommandation P.62

MESURES EFFECTUÉES SUR LES APPAREILS TÉLÉPHONIQUES D'ABONNÉ

(modifiée à Malaga-Torremolinos, 1984 et à Melbourne, 1988)

1 Mesure de la distorsion d'affaiblissement d'un appareil téléphonique

La courbe des variations de l'efficacité absolue d'un appareil téléphonique (système émetteur ou système récepteur) en fonction de la fréquence ne renseigne pas complètement sur la manière dont cet appareil reproduit la voix humaine ou la musique, bien qu'une telle courbe soit souvent appelée «caractéristique de fonctionnement aux diverses fréquences».

Cependant, la courbe des variations de l'efficacité absolue d'un appareil téléphonique en fonction de la fréquence donne des indications utiles au point de vue de la transmission de la parole humaine. D'autre part, pour les transmissions de morceaux de musique, en l'absence d'un critérium précis de la qualité de la transmission (jouant le rôle que joue la netteté ou le taux de répétition dans le cas des conversations téléphoniques commerciales), on doit se contenter de telles courbes pour apprécier la qualité des appareils terminaux (systèmes microphoniques ou haut-parleurs) que l'on utilise.

Pour tracer les caractéristiques d'efficacité en fonction de la fréquence, on peut suivre les méthodes décrites dans la Recommandation P.64 et l'annexe B qui lui est associée.

2 Mesures de la distorsion de non-linéarité d'un appareil téléphonique et du bruit des microphones

Tandis que les distorsions de non-linéarité des récepteurs téléphoniques sont en général négligeables, les microphones (et surtout les microphones à charbon du type généralement utilisé dans les appareils téléphoniques commerciaux) présentent une non-linéarité considérable: la relation entre la variation de la résistance du microphone et la pression acoustique s'exerçant sur le diaphragme n'est pas linéaire. Cette non-linéarité est d'autant plus importante que la variation de résistance est plus grande par rapport à la résistance totale du microphone, c'est-à-dire que le microphone est plus sensible. En outre, il peut y avoir deux effets supplémentaires:

1) Le microphone est moins sensible aux pressions acoustiques inférieures à une certaine valeur (seuil d'excitation).

2) L'inertie mécanique des grains de charbon (retard à l'établissement des contacts électriques entre ces grains) est cause que les divers régimes d'agitation du charbon sous l'influence des ondes acoustiques ne sont pas les mêmes que toutes les fréquences de ces ondes (par exemple, les battements lents entre deux sons sont en général favorisés dans la reproduction des sons par un microphone à charbon).

Les renseignements disponibles au sujet de l'influence générale de la distorsion harmonique sur la qualité des sons vocaux en matière de téléphonie indiquent que l'effet de la distorsion du deuxième ordre est considérablement plus faible que celui de la distorsion du troisième ordre. Il est néanmoins difficile de comparer les seuils de détection absolus obtenus au cours des différents essais, compte tenu des définitions et des mesures différentes de la distorsion.

Remarque 1 – Les renseignements dont on dispose actuellement à ce sujet sont résumés en [1] et [2]. Les mesures faites avec des signaux sinusoïdaux ne peuvent évidemment prédire la qualité de transmission téléphonique des systèmes non linéaires que jusqu'à un certain point, notamment lorsque la valeur de crête du signal de mesure est très inférieure au signal téléphonique transmis. Un signal complexe ayant la même densité spectrale et la même fonction de densité d'amplitude que les sons vocaux réels (par exemple, voir la Recommandation P.50) serait certainement un signal d'essai plus utile.

Remarque 2 – L'application de signaux d'essai complexes ou de signaux vocaux réels pour mesurer la non-linéarité dans les circuits téléphoniques est à l'étude au titre de la Question 13/XII [3].

Certains types de microphones à charbon peuvent donner lieu à un bruit stationnaire audible qui dépend souvent du courant d'alimentation. La mesure de ce type de bruit et de ses effets sur la qualité de transmission s'effectue de la même façon que dans le cas d'autres types de bruits de circuits additifs.

3 Mesure objective de l'équivalent pour la sonie (ES)

Comme exemples de dispositifs capables de mesurer objectivement les équivalents pour la sonie conformément à la Recommandation P.65, on peut citer les suivants: «CERF» de l'Administration française [4], «AURAL» de la NTT [5], «TIGGER» de British Telecom [6] et «Loudness Rating Meter» de STL [7]. Le chapitre 5 du *Manuel sur les mesures téléphonométriques* du CCITT [8] contient des descriptions succinctes de ces dispositifs.

Références

[1] CCITT – Question 13/XII, annexe 1, contribution COM XII-N° 1 de la période d'études 1981-1984, Genève, 1981.

[2] CCITT – Question 13/XII, annexe, Livre vert, tome V, UIT, Genève, 1973.

[3] CCITT – Question 13/XII, contribution COM XII-N° 1 de la période d'études 1985-1988, Genève, 1985.

[4] CCITT – Contribution COM XII-N° 184 – *Appareil pour la mesure objective de l'équivalent R25 de l'effet local utilisé par l'Administration française*, France, période d'études 1981-1984.

[5] CCITT – Contribution COM XII-N° 79 – *Systèmes pour la mesure objective des indices de force de sons*, NTT, période d'études 1981-1984.

[6] WARD (H. F.) et CROSS (R. C.) – TIGGER – An automatic Test System for measuring the Transmission Performance of Telephones, *British Telecommunications Engineering*, Volume 2, juillet 1983.

[7] CCITT – Question 15/XII, annexe 6, contribution COM XII-N° 1 de la période d'études 1985-1988.

[8] CCITT – *Manuel sur les mesures téléphonométriques*, UIT, Genève 1987.

Recommandation P.63

MÉTHODES D'ÉVALUATION DE LA QUALITÉ DE TRANSMISSION FONDÉES SUR DES MESURES OBJECTIVES

Les méthodes de mesure sont étudiées par le CCITT au titre de la Question 7/XII [1]. Les annexes A et B à la Recommandation P.11 et les Suppléments n°s 2 et 3 publiés à la fin du présent fascicule décrivent des méthodes respectivement utilisées par le British Telecom et l'AT&T. Il faut en outre signaler les méthodes de calcul des équivalents pour la sonie exposées dans la Recommandation P.79.

Référence

[1] CCITT – Question 7/XII, contribution COM XII-N° 1 de la période d'études 1985-1988, Genève, 1985.

DÉTERMINATION DES CARACTÉRISTIQUES D'EFFICACITÉ EN FONCTION DE LA FRÉQUENCE DES SYSTÈMES TÉLÉPHONIQUES LOCAUX POUR PERMETTRE LE CALCUL DE LEURS ÉQUIVALENTS POUR LA SONIE

(Genève, 1976; modifiée à Malaga-Torremolinos, 1984 et à Melbourne, 1988)

Pour les principes généraux relatifs à la détermination des équivalents pour la sonie, voir la Recommandation P.76.

1 Introduction

La caractéristique d'efficacité en fonction de la fréquence, à l'émission, à la réception ou pour l'effet local d'un système téléphonique local (STL) peut généralement s'obtenir par mesure directe.

Remarque 1 – On peut aussi calculer cette caractéristique si l'on dispose des renseignements pertinents relatifs à la ligne téléphonique et au pont d'alimentation. Certains des renseignements nécessaires au calcul de l'effet local dépassent le cadre des Recommandations existantes.

Remarque 2 – Les mêmes principes s'appliquent à la mesure des microphones et des récepteurs.

Les mesures électroacoustiques du type considéré ici peuvent être nécessaires pour divers besoins, parmi lesquels il importe de distinguer les suivants:

a) fournir à celui qui a conçu un transducteur les renseignements sur le résultat qu'il a atteint en cherchant à obtenir une réponse donnée d'efficacité en fonction de la fréquence;

b) vérifier que le produit fabriqué satisfait aux conditions spécifiées;

c) fournir des caractéristiques d'efficacité en fonction de la fréquence appropriées, destinées à être utilisées pour calculer les équivalents pour la sonie et pour évaluer d'autres grandeurs déterminées de manière subjective.

Comme la présente Recommandation ne porte que sur le point c), elle doit être fondée sur des mesures effectuées dans des conditions réelles. Il faut utiliser des bouches artificielles et des oreilles artificielles en tenant compte de la nécessité d'obtenir une bonne concordance entre les résultats de mesure obtenus avec une bouche et une oreille artificielles et les résultats pour lesquels on a eu recours à une bouche et à une oreille humaines. Les mesures faites dans les conditions réelles sont compliquées, exigent beaucoup de temps et ne sont pas reproductibles avec une grande précision, en particulier quand on a affaire à des microphones à charbon.

La présente Recommandation décrit des méthodes de mesure fondées sur l'utilisation des types recommandés de bouches et d'oreilles artificielles (voir la Recommandation P.51).

La présente Recommandation s'applique essentiellement à des systèmes téléphoniques locaux équipés de postes téléphoniques à combiné. Toutefois, les principes s'appliquent également à d'autres types de postes téléphoniques. Des considérations particulières concernant les casques et les postes téléphoniques à haut-parleur sont données respectivement dans les Recommandations P.38 et P.34.

2 Efficacité à l'émission des STL

Pour les objectifs envisagés ici, l'efficacité à l'émission d'un système téléphonique local est définie en fonction de la pression acoustique en champ libre en un point de référence en face de la bouche[1)], et de la puissance électrique émise, selon le cas, par le système téléphonique local ou par le microphone. La pression acoustique à l'entrée ne peut être mesurée en même temps que la puissance électrique émise, de sorte que la mesure doit s'effectuer d'une manière indirecte. La pression acoustique au point de référence est mesurée en l'absence du combiné, puis, la source bouche artificielle restant inchangée, le combiné est placé dans la position définie, en face de la bouche, et on mesure la puissance de sortie. Quand on utilise une bouche et une voix humaines, on ne peut pas compter que la source conservera à l'émission une puissance constante entre la mesure de la pression acoustique en champ libre et la mesure de la puissance électrique émise par le microphone. Les bouches artificielles ont l'inconvénient de représenter imparfaitement l'impédance de la source et la distribution du champ propres aux bouches humaines.

---

1) Le point de référence-bouche utilisé dans la présente Recommandation est défini dans l'annexe A.

Outre la réalisation des conditions requises pour la source, il est nécessaire de faire en sorte que, pour chaque modèle de combiné, l'embouchure occupe la position qui serait utilisée dans la situation réelle. On y parvient en plaçant l'embouchure convenablement par rapport à un point de référence-oreille; de cette façon, les combinés longs sont mesurés avec une distance bouche-microphone plus grande que dans le cas de combinés courts. La qualité des résultats obtenus, dans la détermination des caractéristiques d'efficacité en fonction de la fréquence, avec une position de mesure donnée pour le combiné, ne peut s'apprécier, pour des combinés de différentes longueurs, que par des comparaisons entre les résultats de différentes sortes d'essais: essais en conversation réelle, essais avec bouche artificielle et essais avec bouche humaine dans des conditions de mesure convenablement déterminées. Aux fins de la présente Recommandation, le combiné téléphonique sera placé selon les indications données dans l'annexe A à la Recommandation P.76.

Des problèmes spéciaux apparaissent quand on fait des mesures avec des bouches humaines et des voix humaines, même dans le cas où les conditions d'émission vocale sont bien déterminées. Dans de telles circonstances, la pression acoustique ne peut pas être mesurée directement au point de référence-bouche requis; il faut donc la mesurer en quelque autre point et la rapporter indirectement au point de référence-bouche. Dans des déterminations antérieures, on a eu recours à un microphone de mesure placé à 1 mètre de la bouche, mais cela exige un milieu anéchoïde et il se manifeste un effet d'obstruction dû au combiné soumis à l'essai. D'autres méthodes ont aussi été essayées sans qu'aucune, semble-t-il, ait donné satisfaction jusqu'à présent.

Quand la pression acoustique appliquée à un microphone à charbon augmente, l'accroissement de tension qui lui correspond, à la sortie, ne présente pas une relation linéaire avec l'accroissement de pression acoustique. Cette non-linéarité est une fonction très compliquée de la pression acoustique appliquée, de la fréquence, du courant d'alimentation, du conditionnement et de l'orientation de la cavité contenant des granules. Avec une bouche artificielle, on n'obtient de résultats reproductibles que si l'on accorde à tous ces facteurs l'attention voulue.

3 Efficacités à la réception des STL

L'oreille artificielle modèle CEI-318 (voir la Recommandation P.51) permet des mesures précises portant sur l'efficacité à la réception des STL, mais les pressions acoustiques mesurées de cette manière ne sont pas toujours conformes à celles qui existent au point de référence-oreille dans une oreille humaine, dans les conditions présidant aux déterminations subjectives de l'équivalent pour la sonie. Cela peut s'expliquer en partie par l'existence d'une fuite acoustique (L_E) considérable entre le récepteur et l'oreille (ces fuites ne sont pas prises en considération dans les formes actuellement recommandées d'oreille artificielle) et en partie par une certaine augmentation du volume compris entre le récepteur et l'oreille humaine. En conséquence, pour utiliser les résultats des mesures effectuées conformément à la présente Recommandation, il est nécessaire de faire une correction (voir le § 7).

Il serait évidemment très souhaitable que l'oreille artificielle puisse être modifiée de façon à éviter l'obligation de la correction. On a fait, sur ce point, quelques études supplémentaires, mais on ne voit pas encore clairement si une seule modification apportée à l'oreille artificielle suffirait pour tous les types de récepteurs téléphoniques. Il faudra encore recueillir des données, de préférence auprès de plusieurs laboratoires, pour pouvoir examiner une gamme beaucoup plus étendue de types de récepteurs.

4 Bouche et voix artificielles

Elles doivent satisfaire aux conditions suivantes:

a) la pression acoustique doit être répartie autour de l'orifice, avec une bonne approximation, comme s'il s'agissait d'une bouche humaine;

b) l'impédance acoustique vue dans la direction de la bouche doit simuler celle d'une bouche humaine, de telle sorte que l'élévation de pression due à l'obstacle constitué par un microphone téléphonique ait une valeur typique;

c) au point de référence-bouche, on doit pouvoir obtenir des valeurs parfaitement définies de la pression acoustique en fonction de la fréquence. Pratiquement, il est avantageux que la pression acoustique en ce point, dans un intervalle de variation approprié, soit proportionnelle à la tension à l'entrée de la bouche artificielle, et qu'elle soit indépendante de la fréquence dans une bande s'étendant au moins de 200 à 4000 Hz, mais de préférence de 100 à 8000 Hz.

Pour les applications considérées ici, le point de référence-bouche (PRB) se trouve, par définition, sur l'axe de la bouche artificielle, à 25 mm devant la position équivalente des lèvres (voir l'annexe A).

La Recommandation P.51 définit les caractéristiques des bouches artificielles.

Remarque – Cependant, les équivalents pour la sonie à l'émission calculés à partir des efficacités à l'émission, mesurées sur une bouche artificielle, ne concordent pas toujours avec les équivalents pour la sonie déterminés subjectivement à l'aide d'une bouche réelle. Cet aspect est toujours à l'étude au titre des Questions 8/XII et 12/XII.

En principe, la voix artificielle définie dans la Recommandation P.50 doit être utilisée comme signal acoustique d'essai. Toutefois, l'utilisation de signaux sinusoïdaux à des fréquences définies s'est révélée satisfaisante dans le cas de postes stables. D'autres signaux à spectre continu – bruit rose ou bruit gaussien ayant le même spectre à long terme que la parole, par exemple – peuvent aussi être utilisés comme signal acoustique d'essai. L'emploi de signaux sinusoïdaux est également possible pour la mesure de certains types de microphones à charbon, pour autant que des techniques appropriées soient utilisées (voir l'annexe B).

5 Oreille artificielle

Elle doit satisfaire aux conditions suivantes:

a) l'impédance acoustique présentée à l'écouteur téléphonique doit simuler celle d'une oreille humaine dans les conditions pratiques d'utilisation d'un combiné téléphonique;

b) l'efficacité de l'oreille artificielle, est définie comme la sensibilité du microphone de mesure à la pression. Elle doit être constante avec une précision de ± 0,5 dB dans la gamme des fréquences de 100 à 8000 Hz.

Dans le cas d'une oreille humaine, le point de référence-oreille (PRO) est défini dans l'annexe A. Dans le cas d'une oreille artificielle, l'emplacement du point correspondant est généralement différent de celui où la pression acoustique est mesurée; c'est une des raisons pour lesquelles on doit alors apporter certaines corrections lorsque les résultats servent à calculer les équivalents pour la sonie (voir le § 3).

6 Définition de l'efficacité à l'émission d'un système téléphonique local (STL)

L'efficacité à l'émission d'un STL dépend de la position du combiné par rapport à la position équivalente des lèvres pour la bouche artificielle. On considérera ici la position de conversation, telle qu'elle est définie dans l'annexe A à la Recommandation P.76. Généralement, l'efficacité à l'émission est fonction de la fréquence.

L'efficacité à l'émission d'un système téléphonique local à une fréquence spécifiée ou dans une bande de fréquences étroite, a pour expression:

$$S_{mJ} = 20 \log_{10} \frac{V_J}{p_m} \text{ en dB par rapport à 1 V/Pa}$$

où V_J est la tension aux bornes d'une impédance terminale de 600 ohms, et p_m la pression acoustique au point de référence-bouche, qui doit être mesurée en l'absence du combiné étudié du système local soumis aux essais.

6.1 *Mesure des appareils téléphoniques complets munis de microphones à charbon*

L'intention est que la présente Recommandation s'applique aux systèmes de mesure avec microphones à charbon comme aux systèmes sans microphones à charbon. Lorsque le STL étudié comprend des éléments à caractéristique linéaire, la pression acoustique à laquelle on exécute la mesure n'a pas d'importance, à condition qu'on la connaisse; elle ne provoque pas de surcharge. En revanche, lorsque le circuit comprend un microphone à charbon, l'efficacité mesurée dépend de cette pression acoustique et des caractéristiques du signal acoustique. Dans ce dernier cas, pour calculer l'équivalent pour la sonie à l'émission, on doit réduire les valeurs d'efficacité à une seule valeur pour chaque fréquence, en tenant compte des caractéristiques de la voix humaine. A l'heure actuelle, aucune méthode ne peut être recommandée pour application universelle. Le problème est étudié au titre de la Question 8/XII [1]. Jusqu'au moment où l'on pourra définir une méthode appropriée, les Administrations peuvent prendre note des diverses méthodes qui ont été suggérées et qui sont actuellement en cours d'évaluation; elles sont indiquées dans l'annexe B.

7 Définition de l'efficacité à la réception d'un système téléphonique local (STL)

Généralement, l'efficacité à la réception est fonction de la fréquence. L'efficacité à la réception d'un système téléphonique local, à une fréquence spécifiée ou dans une bande de fréquences étroite, mesurée directement à l'aide d'une oreille artificielle conforme aux dispositions de la Recommandation P.51, a pour expression:

$$S_{Je} = 20 \log_{10} \frac{p_e}{\frac{1}{2} E_J} \text{ en dB par rapport à 1 Pa/V}$$

où p_e est la pression acoustique dans l'oreille artificielle et $\frac{1}{2} E_J$ la moitié de la f.é.m. du générateur (impédance interne 600 ohms).

Remarque – L'expression de l'efficacité à la réception à utiliser pour le calcul de l'équivalent pour la sonie est:

$$S_{JE} = S_{Je} - L_E$$

où L_E est une correction expliquée au § 3 ci-dessus et S_{JE} l'efficacité à la réception déterminée à l'aide d'un grand nombre d'oreilles réelles.

On trouvera d'autres précisions sur cette question dans la Recommandation P.79.

8 Définitions des efficacités pour l'effet local d'un système téléphonique local (STL), pour la personne qui parle et pour la personne qui écoute

L'efficacité pour l'effet local d'un STL, pour la personne qui parle, est fonction des efficacités à l'émission et à la réception de l'appareil téléphonique mais elle dépend également d'un certain nombre de facteurs, y compris les conditions locales de la ligne d'abonné, l'impédance de terminaison effective au central local et l'équilibrage de l'effet local à l'intérieur de l'appareil téléphonique.

L'efficacité pour l'effet local, mesurée depuis une bouche artificielle jusqu'à l'écouteur téléphonique, est exprimée par la formule:

$$S_{meST} = 20 \log_{10} \left(\frac{p_e}{p_m} \right) \quad \text{dB}$$

où p_m est défini au § 6 et p_e est la pression acoustique développée dans l'oreille artificielle dans le cas où le combiné est placé dans la position de l'anneau de garde pour l'évaluation de l'équivalent pour la sonie (PGES).

L'efficacité pour l'effet local pour la personne qui écoute, mesurée dans un champ de bruit de salle diffus, a pour expression:

$$S_{RNST} = 20 \log_{10} \left(\frac{p_e}{p_{RN}} \right) \quad \text{dB}$$

où p_e est la pression acoustique développée dans l'oreille artificielle dans le cas où le combiné est placé à la PGES devant une bouche artificielle hors tension, pour une pression acoustique de bruit de salle diffus p_{RN} mesurée au point de référence-bouche (PRB), mais en l'absence de tout obstacle (tête d'essai, combiné, etc.).

9 Méthodes pour déterminer S_{mJ}, S_{Je}, S_{meST}, S_{RNST} et Δ_{SM}

Quand on a besoin de connaître l'efficacité à l'émission, à la réception et pour l'effet local d'un système téléphonique local réel, on peut les mesurer d'après les définitions des § 6, 7 et 8 (voir les figures 1/P.64, 2/P.64, 3/P.64, 4/P.64 et 5/P.64). Ce sont ces méthodes que le laboratoire du CCITT et certains autres organismes ont appliquées avec succès.

En cas d'utilisation de techniques de transformation de Fourier rapide (TFR) pour la mesure des caractéristiques d'un STL non linéaire, on doit spécifier le principe de mesure du rapport des variables efficaces, ou de la méthode transspectrale (cohérente).

La section 3 du *Manuel sur les mesures téléphonométriques* [2] contient des renseignements plus détaillés à ce sujet.

La figure 1/P.64 représente la façon de monter la bouche artificielle de manière que la pression acoustique p_m au point de référence-bouche soit connue pour chaque fréquence de mesure ou chaque bande de fréquences. Il est recommandé de pourvoir à une égalisation de l'excitation de la bouche artificielle afin de maintenir constante, à $\pm$ 1 dB près, la pression acoustique en champ libre au point PRB dans la gamme de fréquences de 100 à 8000 Hz. L'écart ne doit jamais dépasser $\pm$ 2 dB dans la gamme de 200 à 4000 Hz, ni $+2/-5$ dB dans la gamme de 100 à 8000 Hz. Il est recommandé de tenir compte des écarts éventuels par rapport à la pression acoustique souhaitée quand on détermine l'effet à l'émission ou l'efficacité pour l'effet local d'un système téléphonique local – surtout si l'écart dépasse $\pm$ 1 dB.

Pour tout signal d'essai, une valeur de $-4{,}7$ dBPa est recommandée pour p_m. (Pour plus de précisions, voir la remarque 2 de l'annexe B.)

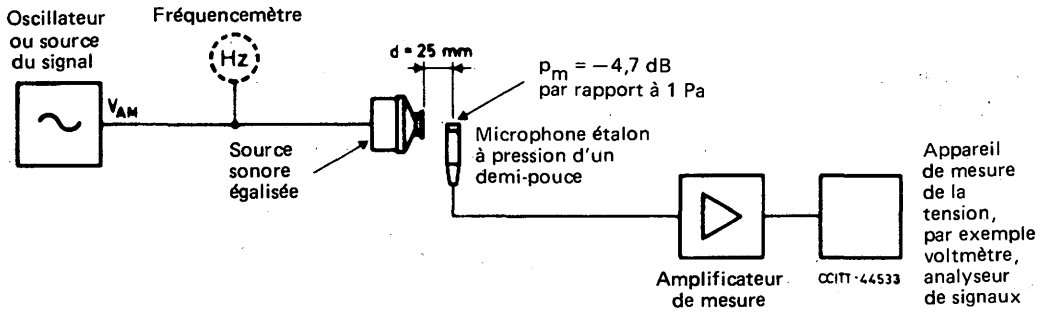


FIGURE 1/P.64

Mesure de la pression acoustique p_m au point de référence-bouche situé à 25 mm du plan des lèvres artificielles de la source sonore

La figure 2/P.64 représente la disposition employée pour mesurer la tension V_J à la sortie du système téléphonique local quand le combiné est monté dans sa position appropriée devant la bouche artificielle et que cette dernière est placée dans les mêmes conditions de fonctionnement que lorsqu'on a appliqué la pression acoustique p_m en l'absence du combiné soumis aux essais (voir la figure 1/P.64).

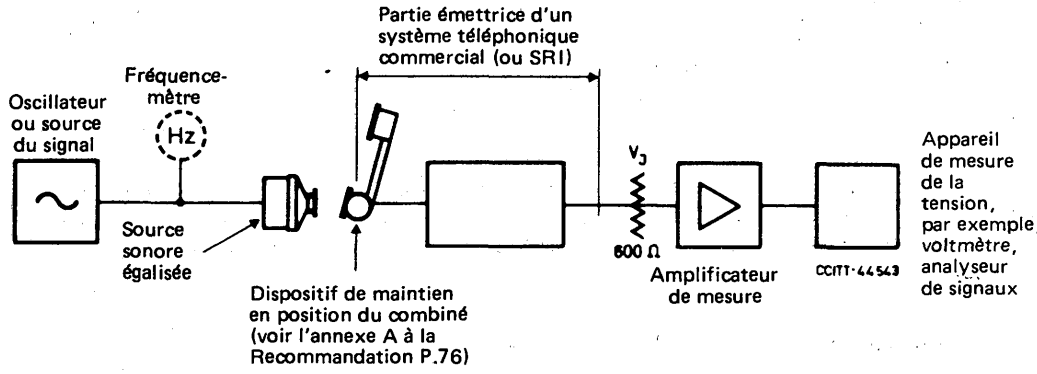


FIGURE 2/P.64

Mesure de la tension V_J aux bornes d'une résistance pure de 600 ohms branchée à la sortie d'un système émetteur soumis aux essais

La figure 3/P.64 représente la disposition employée pour mesurer la pression acoustique p_e régnant dans l'oreille artificielle quand le système téléphonique local est relié à un générateur ayant une impédance interne de 600 ohms et une f.é.m. E_J. Il convient de souligner que l'efficacité à l'émission, S_{Je}, est définie en fonction de ½ E_J et non pas de la différence de potentiel entre les bornes d'entrée du système téléphonique local; ces deux dernières grandeurs ne sont égales que si l'impédance d'entrée de ce système est de 600 ohms. Il faut veiller à ce qu'il n'y ait pas de perte de couplage (fuite acoustique) entre le pavillon du récepteur soumis à l'essai et l'oreille artificielle. Généralement, on recommande que $E_J = -12$ dBV.

Remarque – Certains systèmes de réception comprennent des circuits électroniques offrant des propriétés spéciales, par exemple, la compression pour limiter le niveau du signal sonore reçu. Des mesures de précaution particulières doivent être appliquées pendant la mesure de tels systèmes, de manière à garantir que l'efficacité qui en résulte est correcte et pertinente. Dans certains cas, il peut être nécessaire de déterminer l'efficacité à la réception pour une gamme de plusieurs niveaux d'entrée.

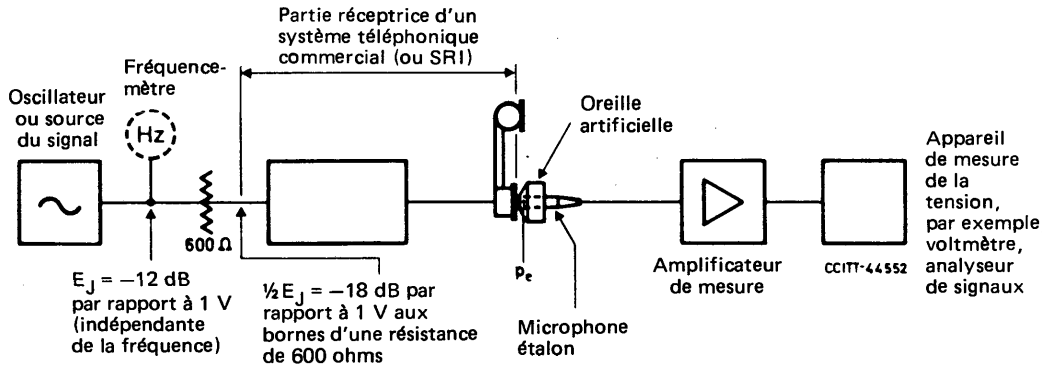


FIGURE 3/P.64

Mesure de la pression acoustique p_e développée dans l'oreille artificielle par le récepteur soumis aux essais

La figure 4/P.64 représente la mesure de l'efficacité pour l'effet local. La valeur de S_{meST} qui en résulte dépend fortement de l'impédance connectée aux bornes de l'appareil téléphonique, et par conséquent, dans des conditions de ligne courte, de la terminaison au central. Etant donné que cette impédance varie souvent considérablement par rapport à 600 ohms, en particulier lorsque la connexion est complète, cette valeur d'impédance n'est donnée qu'à titre d'exemple.

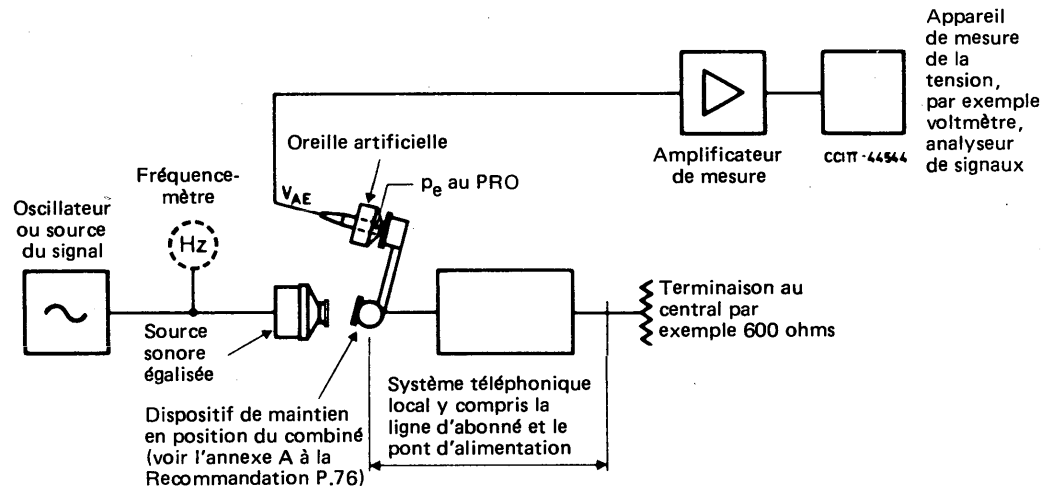
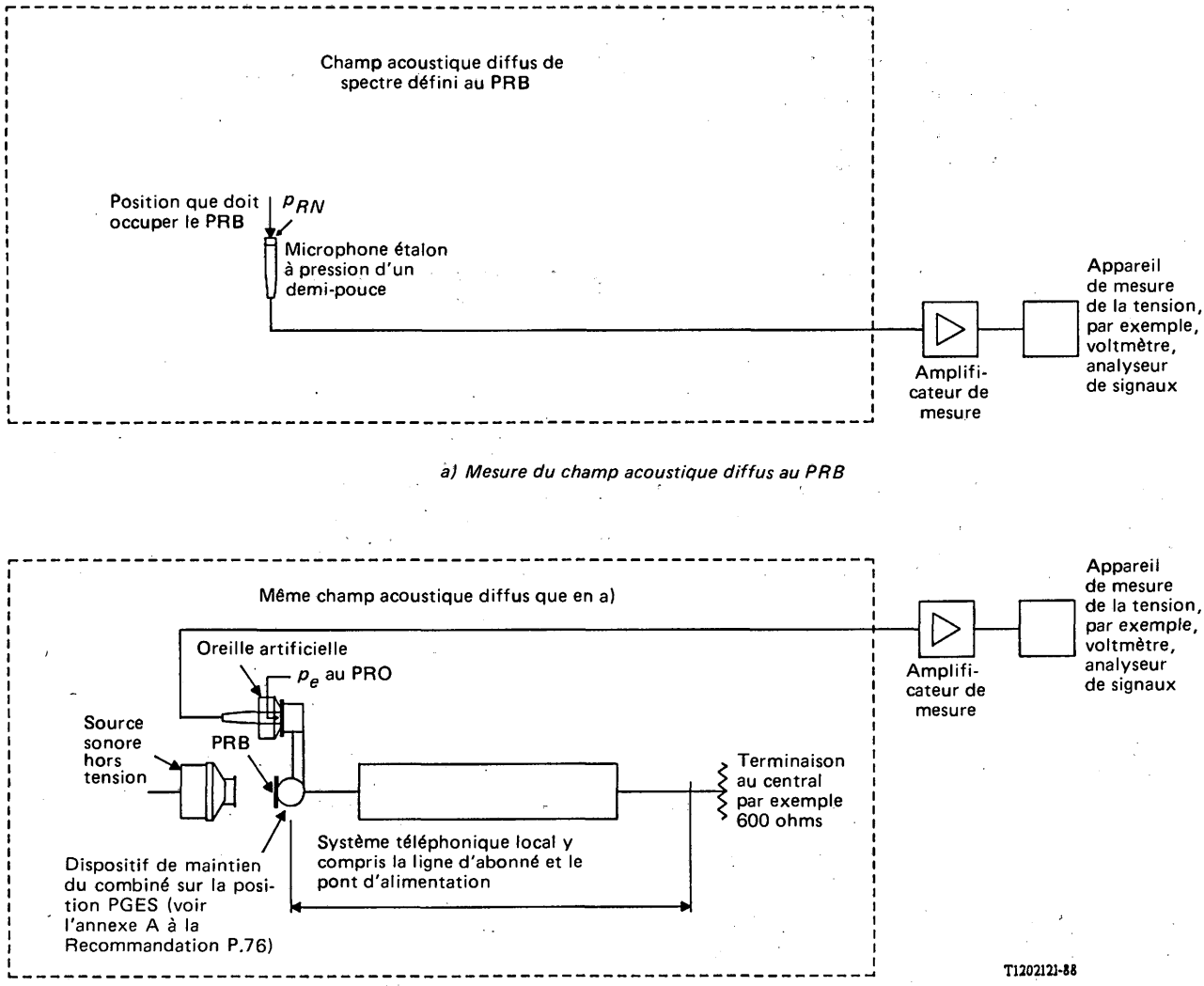


FIGURE 4/P.64

Mesure de l'efficacité pour l'effet local d'un système téléphonique commercial grâce à la détermination de la pression acoustique p_e développée dans une oreille artificielle pour un signal sonore donné au point PRB

La figure 5/P.64 montre comment on détermine l'efficacité pour l'effet local du bruit de salle, S_{RNST}. Avec ce type de mesure, les signaux sinusoïdaux sont inappropriés et il faut utiliser un son à spectre continu (par exemple, spectre de Hoth ou spectre de bruit rose) (voir le § B.3). On commence par déterminer l'amplitude du champ diffus p_{RN}, puis on mesure la pression acoustique dans l'oreille artificielle.



a) Mesure du champ acoustique diffus au PRB

b) Mesure de p_e dans l'oreille artificielle due au champ acoustique diffus, p_{RN}, perçu par l'intermédiaire du trajet d'effet local téléphonique

FIGURE 5/P.64

Lorsqu'on utilise la méthode ci-dessus, la pression acoustique développée dans l'oreille artificielle est généralement très faible. Une autre façon de déterminer S_{RNST} consiste à mesurer l'efficacité à l'émission, S_{mJ}, en utilisant une bouche artificielle et une des méthodes de l'annexe B, au moyen d'un signal spectral continu (comme indiqué aux § B.3 ou B.4, par exemple), puis à mesurer l'efficacité à l'émission du bruit de salle, $S_{mJ/RN}$, en déterminant le champ diffus suivant une méthode décrite ci-dessus pour la mesure de l'efficacité pour l'effet local du bruit de salle (cette méthode est décrite en détail dans le manuel sur les mesures téléphonométriques).

La définition de Δ_{SM} est la suivante:

$$\Delta_{SM} = S_{MJ/RN} - S_{MJ}$$

où S_{MJ} est l'efficacité de la voix réelle.

Toutefois, en pratique, dans tous les cas où une bouche artificielle est utilisée, on peut considérer que Δ_{SM} est égal à:

$$\Delta_{Sm} = S_{mJ/RN} - S_{mJ}$$

ce qui permet de déterminer S_{RNST} par l'approximation suivante:

$$S_{RNST} \simeq S_{meST} + \Delta_{Sm}$$

Remarque 1 – Pour une explication de la manière dont on peut utiliser Δ_{Sm} pour déterminer l'affaiblissement d'effet local pour la personne qui écoute (AELE) à partir de l'affaiblissement d'effet local par la méthode de masquage (AELM), voir les Recommandations P.76, P.79 et G.111.

Remarque 2 – Dans un grand nombre de cas, notamment s'agissant de microphones à charbon, Δ_{Sm}, et par conséquent S_{RNST}, est fonction du niveau de p_{RN}. Dans ces cas, il est recommandé que le niveau de p_{RN} soit mentionné en même temps que Δ_{Sm}. La valeur de p_{RN} doit normalement être comprise entre 40 et 65 dBA (voir le § 3.3 du Manuel sur les mesures téléphonométriques).

Remarque 3 – S_{mJ} et $S_{mJ/RN}$ doivent utiliser les mêmes techniques, des signaux à large bande mesurés dans des bandes à ⅓ d'octave, par exemple.

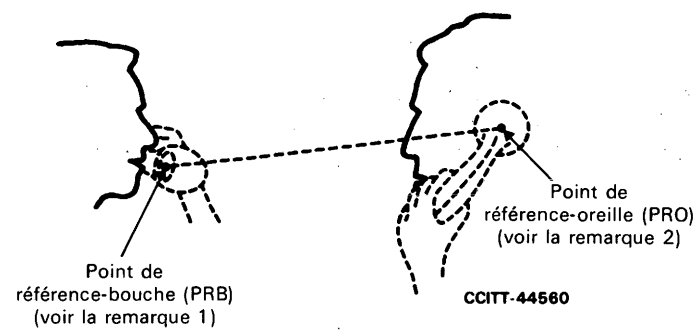
Remarque 4 – Les formules approximatives pour S_{RNST} peuvent être considérées comme étant également applicables aux systèmes linéaires.

ANNEXE A

(à la Recommandation P.64)

Définitions du point de référence-bouche et du point de référence-oreille

Les définitions du point de référence-bouche (PRB) et du point de référence-oreille (PRO) sont illustrées par la figure A-1/P.64.



Remarque 1 – Le point de référence-bouche se trouve à une distance de 25 mm devant les lèvres, sur l'axe horizontal passant par le centre de l'ouverture de la bouche. Par définition, il est exempt de tout obstacle.

Remarque 2 — Le point de référence-oreille se trouve à l'entrée du conduit auditif de l'oreille de la personne qui écoute. Par définition, il coïncide avec le centre du cercle de contact du plan avant tangent au pavillon, supposé concave et circulaire, d'un écouteur appliqué à l'oreille.

Remarque 3 — Le point PRO ne doit pas être confondu avec le point de référence-écouteur (PRE) qui est défini comme un point dans le plan de référence écouteur utilisé comme paramètre de référence du combiné (voir la Recommandation P.10).

FIGURE A-1/P.64

Définition des points de référence-bouche et oreille

ANNEXE B

(à la Recommandation P.64)

Mesure des systèmes téléphoniques locaux munis d'un microphone à charbon

Pour les mesures des systèmes téléphoniques locaux munis d'un microphone à charbon, plusieurs méthodes ont été proposées et essayées. La présente annexe donne quelques-unes de ces méthodes comme exemple. Ces mêmes méthodes peuvent aussi s'appliquer aux appareils à microphone linéaire.

Pendant les mesures, le microphone à charbon doit subir un traitement préalable à des intervalles de temps appropriés (voir la Recommandation P.75).

Pour un complément d'information, voir [3].

Remarque 1 – L'efficacité de la bouche artificielle utilisée n'est en général pas constante avec la fréquence. Pour la plupart des méthodes décrites ci-dessous, il faut donc insérer des réseaux de contre-distorsion appropriés entre le générateur du signal électrique et le haut-parleur de la bouche artificielle. C'est le signal acoustique en champ libre qui devra être conforme au signal complexe ou à la voix artificielle spécifiée.

Remarque 2 – On a constaté que pour des applications particulières on pouvait avoir avantage à utiliser des niveaux vocaux autres que celui de $-4{,}7$ dBPa qui est recommandé ci-après. Cela ne doit être fait qu'avec la plus grande prudence, en tenant dûment compte de l'application particulière. Ainsi, des études effectuées pendant la période d'études 1985-1988 ont montré que des résultats concordant mieux avec ceux des essais subjectifs sont obtenus avec des niveaux quelque peu inférieurs, s'échelonnant de $-4{,}7$ à -7 dBPa, par exemple.

B.1 La *méthode de l'enveloppe supérieure* a été appliquée par le laboratoire du CCITT, avec succès pour certains types de microphones à charbon, mais avec moins de succès pour d'autres types. La méthode de l'enveloppe supérieure consiste à:

a) déterminer la variation de l'efficacité en fonction de la fréquence au niveau de pression acoustique $-4{,}7$ dB par rapport à 1 Pa, qui est légèrement supérieure à la puissance moyenne émise par un opérateur pendant qu'il prononce effectivement des paroles au niveau vocal utilisées pour déterminer des équivalents pour la sonie, conformément à la méthode de mesure subjective décrite dans la Recommandation P.78;

b) répéter l'opération a), mais en élevant de 10 dB le niveau de la pression acoustique;

c) répéter l'opération a), mais en abaissant de 10 dB le niveau de la pression acoustique;

d) choisir parmi les valeurs mesurées dans les opérations a), b) et c) l'efficacité maximale correspondant à chaque fréquence.

B.2 *Méthode à balayage périodique*

Certains types d'appareils de mesure objective des équivalents pour la sonie balaient la plage 200, 4000, 200 Hz avec une périodicité d'une exploration par seconde; dans une bande de fréquences étroite, le niveau instantané varie en fonction de la fréquence, en suivant à peu près le spectre des fréquences vocales émises par la bouche humaine.

Cette méthode ne doit pas être utilisée pour déterminer Δ_{SM}.

B.3 *Méthode du bruit rose*

Le combiné muni du microphone à charbon est placé en face d'une bouche artificielle produisant au point PRB un bruit rose (densité du spectre de puissance diminuant de 3 dB/octave) dans la gamme des bandes d'un tiers d'octave centrées sur les fréquences préférées spécifiées dans la publication ISO 266 (1975), à des intervalles d'un tiers d'octave dans la gamme 100 à 8000 Hz avec les limites de bande conformes aux filtres décrits dans la publication CEI 225.

Le niveau total du signal, mesuré sur la même largeur de bande, doit être de $-4{,}7$ dBPa avec une tolérance de $\pm$ 1,0 dB.

Remarque – Cela peut ne pas être pratique avec la bouche artificielle actuellement utilisée et il faudra peut-être utiliser une largeur de bande plus étroite comprise entre 200 et 8000 Hz.

La caractéristique d'efficacité en fonction de la fréquence est obtenue en déterminant le rapport de la densité spectrale de puissance du signal émis par le système téléphonique à celle du signal obtenu en champ libre (après avoir enlevé le combiné téléphonique) par un petit microphone linéaire placé au point PRB.

B.4 *Méthode du bruit gaussien modelé*

Dans cette méthode, on utilise en PRB un bruit gaussien modelé dont la densité spectrale moyenne à long terme est indiquée dans le tableau 1/P.50. Le niveau total du signal doit être égal à $-4{,}7$ dBPa $\pm$ 1 dB.

La caractéristique efficacité en fonction de la fréquence s'obtient comme indiqué au § B.3.

B.5 *Méthode de l'étalonnage à la voix humaine*

On peut appliquer cette méthode en mesurant les spectres des courants vocaux émis alternativement ou simultanément par le microphone à charbon soumis aux essais et par un microphone linéaire étalonné. Un microphone linéaire de très petites dimensions peut être monté sur l'appareil téléphonique soumis aux essais. Bien entendu, les meilleurs résultats sont obtenus lorsque les deux interlocuteurs sont en conversation. Toutefois, il est alors difficile d'avoir une connaissance précise de la caractéristique d'efficacité en fonction de la fréquence du microphone linéaire. Il est parfois nécessaire d'avoir recours à une bouche artificielle appropriée pour parvenir à étalonner le microphone linéaire.

B.6 *Méthode du signal à large spectre*

Le signal à large bande est produit par une séquence binaire pseudo-aléatoire, après quoi il est égalisé pour donner une densité spectrale moyenne à long terme uniforme ou telle que définie dans la Recommandation P.50. Les signaux à la sortie du microphone à charbon sont alors traités par des techniques de transformation de Fourier rapide (TFR). Pour appliquer cette méthode, il faut, comme pour la précédente, procéder à l'étalonnage au moyen d'un microphone linéaire dont les caractéristiques d'efficacité en fonction de la fréquence sont connues en vue de déterminer la valeur de p_m. L'avantage de cette méthode tient au fait que cette caractéristique peut être obtenue au moyen d'un échantillon de très courte durée (par exemple, 50 ms) du signal d'essai.

B.7 *Méthode de la voix artificielle*

La méthode utilise la voix artificielle dont les caractéristiques de spectre et de temps sont semblables à celles de la parole.

La caractéristique efficacité en fonction de la fréquence s'obtient comme au § B.3, mais la bouche artificielle produisant la voix est définie dans la Recommandation P.50.

Références

[1] CCITT – Question 8/XII, contribution COM XII-N° 1, période d'études 1989-1992.

[2] CCITT – *Manuel sur les mesures téléphonométriques*, UIT, Genève, 1987.

[3] CCITT – Contribution COM XII-R27, § B.2, période d'études 1985-1988.

Recommandation P.65

APPAREILS DE MESURE OBJECTIVE POUR LA DÉTERMINATION DES ÉQUIVALENTS POUR LA SONIE

(Malaga-Torremolinos, 1984, modifiée à Melbourne, 1988)

1 Introduction

La présente Recommandation décrit les caractéristiques essentielles des appareils appropriés aux mesures objectives pour la détermination des équivalents pour la sonie. Ces caractéristiques sont tirées des Recommandations actuelles traitant de ces équivalents, dont les principes sont définis dans la Recommandation P.76.

Il est possible de réaliser ces appareils de mesure objective des équivalents pour la sonie de différentes façons; par exemple, en combinant plusieurs instruments séparés, dont chacun a une fonction précise, avec éventuellement un poste central de commande, ou bien au moyen d'un appareil spécialement conçu dans ce but. Toutefois, afin de garantir que les mesures d'équivalent pour la sonie effectuées dans différents laboratoires offrent un niveau de concordance acceptable, par exemple $\pm$ 1 dB, il est essentiel de se conformer aux Recommandations relatives à la mesure de la qualité électroacoustique des systèmes téléphoniques.

Les Recommandations pertinentes sont les suivantes:

P.48 Spécification d'un système de référence intermédiaire.

P.51 Oreilles et bouches artificielles.

P.64 Détermination des caractéristiques d'efficacité en fonction de la fréquence des systèmes téléphoniques locaux pour permettre le calcul de leurs équivalents pour la sonie.

P.75 Méthode normalisée de traitement préalable des microphones à charbon.

P.76 Détermination des équivalents pour la sonie; principes fondamentaux.

P.79 Calcul des équivalents pour la sonie. [1)]

2 Appareils

On trouvera ci-après la description des quatre éléments électroacoustiques qui doivent être nécessairement inclus dans l'équipement destiné à être utilisé pour la détermination de l'équivalent pour la sonie. Dans chaque cas, il faut employer l'étalonnage approprié en fonction de la fréquence et les valeurs d'étalonnage sont enregistrées dans le cinquième élément où se calcule l'équivalent pour la sonie et se détermine la caractéristique particulière d'efficacité en fonction de la fréquence. Si les appareils doivent mesurer en outre l'affaiblissement d'effet local pour la personne qui écoute (AELE), il faut prévoir un sixième élément, à savoir une source de bruit de salle diffus ainsi que des installations appropriées d'étalonnage, de mesure et d'analyse dans des bandes à un tiers d'octave.

Il est nécessaire de prévoir certains appareils auxiliaires, tels que des circuits d'alimentation, des terminaisons artificielles de câble d'abonné et de central, comme cela est prescrit dans la ou les Recommandations particulières que l'on suit pour telle ou telle mesure donnée.

2.1 *L'oreille artificielle*

Voir *a)* de la figure 1/P.65.

L'oreille artificielle de ce système doit être conforme à la Recommandation P.51 et comporter un amplificateur de mesure, de façon que la pression p_e présente dans la cavité de l'oreille artificielle puisse être mesurée en fonction de la fréquence ou dans les bandes de fréquences couvertes par le système d'enregistrement et de mesure *e)* de la figure 1/P.65. Il faut également pouvoir disposer de moyens permettant d'étalonner le microphone normalisé utilisé dans l'oreille artificielle en employant, par exemple, un étalonneur acoustique ou microphone-piston.

2.2 *La voix artificielle*

Voir *b)* de la figure 1/P.65.

Une bouche artificielle conforme à la Recommandation P.51 doit faire partie du système et être en mesure de produire un champ acoustique prescrit au PRB, à 25 mm devant le plan des lèvres. Une source de signaux fait partie de la voix artificielle et cette source peut être soit des ondes sinusoïdales (fréquences balayées ou discrètes), soit un signal à large spectre (par exemple, la voix artificielle définie dans la Recommandation P.50 ou un bruit à spectre gaussien modelé tel que défini au § B.4 de la Recommandation P.64). L'égalisation et la régulation de gain doivent être incluses dans le système d'excitation de la bouche artificielle. De cette façon, la pression acoustique en PRB peut être régulée conformément aux dispositions des § B.1 et B.4 de la Recommandation P.64 ou de manière appropriée.

L'étalonnage de la pression acoustique et/ou du spectre au PRB peut s'effectuer en utilisant le microphone normalisé utilisé dans l'oreille artificielle du § 2.1 en employant le système d'enregistrement et de mesure du § 2.5 afin de déterminer p_m en fonction de la fréquence, ou dans des bandes de fréquences.

Il faut prévoir des moyens mécaniques pour tenir le combiné d'essai dans la position de l'anneau de garde pour l'évaluation de l'équivalent pour la sonie (PGES), selon les prescriptions de l'annexe A de la Recommandation P.76. Si l'essai porte sur des combinés avec microphone à charbon, il faut appliquer le traitement prévu dans la Recommandation P.75.

2.3 *Terminaison électrique*

Voir *c)* de la figure 1/P.65.

Le système doit comporter une impédance de terminaison symétrique de 600 ohms avec des dispositifs pour mesurer la tension terminale, V_J (voir les § 6 et 9 de la Recommandation P.64), en fonction de la fréquence ou dans des bandes de fréquences, en employant le système d'enregistrement et de mesure du § 2.5. L'étalonnage de cet élément peut s'effectuer à l'aide d'une source de tension étalonnée.

[1)] La Commission d'études XII étudie actuellement d'autres algorithmes au titre de la Question 15/XII.

2.4 *Source de signaux électriques*

Voir *d)* de la figure 1/P.65.

Il est nécessaire de prévoir une source de signaux électriques ayant une impédance symétrique de 600 ohms. La source électrique ne doit pas nécessairement être la même que celle utilisée pour la voix artificielle; il doit s'agir soit d'ondes sinusoïdales, soit d'un signal à large spectre. Il doit y avoir un dispositif d'étalonnage et de réglage de la tension du générateur, E_J, suivant les dispositions des § 7 et 9 de la Recommandation P.64 sur la gamme de fréquences de 100 à 8000 Hz. Cela peut se faire en utilisant l'étalonnage de la terminaison électrique du § 2.3.

2.5 *Système d'enregistrement et de mesure*

Voir *e)* de la figure 1/P.65.

Afin de déterminer la pression acoustique p_e dans l'oreille artificielle ou la tension V_J à la terminaison électrique, il est nécessaire de prévoir un système d'enregistrement et de mesure. Ce système de mesure peut, en utilisant le matériel ou le logiciel, comporter des filtres permettant une amélioration du rapport signal/bruit ou destinés à l'analyse du signal de sortie du poste téléphonique dans des bandes de fréquences de 1/3 octave. Si l'on utilise un banc de filtres de 1/3 d'octave, ceux-ci doivent être centrés sur les fréquences préférées spécifiées par la norme ISO 266 et posséder les caractéristiques correspondant à la publication 225 de la CEI.

A l'intérieur de cette partie du système, il doit y avoir des moyens d'enregistrement ou de stockage, de manière que les données d'étalonnage et de mesure puissent être utilisées pour déterminer les caractéristiques nécessaires d'efficacité en fonction de la fréquence conformément à la Recommandation P.64. Les divers équivalents pour la sonie sont alors calculés conformément à la Recommandation P.79, à partir des caractéristiques d'efficacité en fonction de la fréquence, en tenant compte de tout réglage reconnu, par exemple L_E ou L_M. Des valeurs de L_E et L_M peuvent être introduites dans le calcul en utilisant des valeurs par défaut (par exemple, les valeurs de L_E dans le tableau 4/P.79), ou à partir d'autres sources de données plus appropriées lorsque celles-ci sont disponibles.

2.6 *Source de bruit de salle diffus*

Voir *f)* de la figure 1/P.65.

Pour la mesure d'AELE, il faut disposer d'une source de bruit de salle diffus, étalonnée de manière à fournir un champ acoustique prescrit à l'emplacement où doit se trouver le point de référence-bouche (PRB) en l'absence de la tête d'essai et de tout autre obstacle, comme indiqué au § 9 de la Recommandation P.64. L'étalonnage de la pression acoustique diffuse, p_{RN}, peut s'effectuer au moyen du microphone normalisé utilisé dans l'oreille artificielle du § 2.1 et avec le système d'enregistrement et de mesure du § 2.5 afin de déterminer p_{RN} en fonction de la fréquence dans des bandes de fréquences.

En raison de la nature de l'effet local du bruit de salle, il y a normalement lieu d'appliquer une pression acoustique diffuse, p_{RN}, de valeur nettement inférieure à celle de $-4{,}7$ dBPa retenue pour p_m pour déterminer l'AELM et l'ESE. p_{RN}, dont les valeurs types s'échelonneront de 40 à 65 dB NPA (niveau de pression acoustique) (-54 à -29 dBPa, pondération A), doit avoir un spectre de fréquences convenant à l'application décrite au § 2 du Supplément n° 13, par exemple. Le niveau effectif et le type de bruit doivent toujours être indiqués en même temps que les résultats des essais.

3 Mesures

Il convient de prévoir des moyens pour connecter les différents éléments des instruments de mesure afin de permettre la mesure des caractéristiques nécessaires d'efficacité en fonction de la fréquence et le calcul des équivalents pour la sonie.

On trouvera ci-après un résumé de ces interconnexions, ainsi que les caractéristiques d'efficacité en fonction de la fréquence (CEF) mesurées pour des déterminations particulières de l'équivalent pour la sonie:

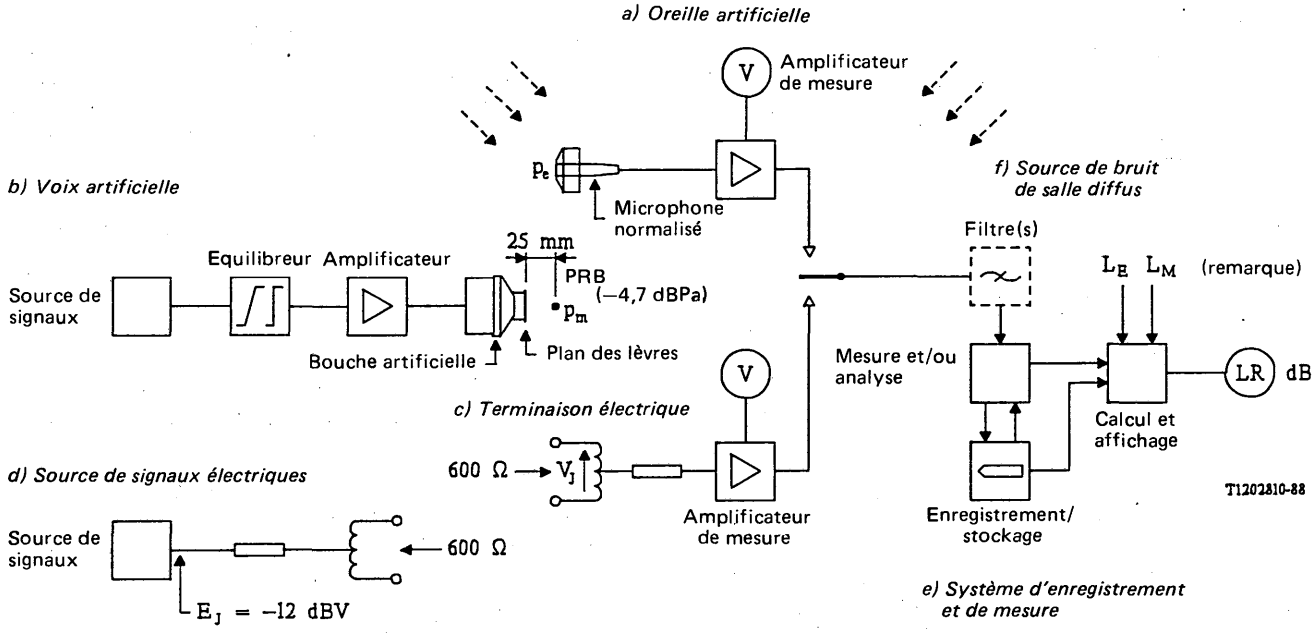
3.1 *Equivalent pour la sonie à l'émission (ESE)*

Source: *b)* de la figure 1/P.65

Charge: *c)* de la figure 1/P.65

La CEF à l'émission est donnée par:

$$S_{mJ} = 20 \log_{10} \frac{V_J}{p_m} \text{ dB}$$



Remarque – On admet que les corrections bouche artificielle-bouche humaine L_M sont nulles, mais ce point est encore à l'étude au titre de la Question 8/XII.

FIGURE 1/P.65

Caractéristiques essentielles des instruments employés pour la détermination des équivalents pour la sonie

3.2 *Equivalent pour la sonie à la réception (ESR)*

Source: *d)* de la figure 1/P.65

Charge: *a)* de la figure 1/P.65

La CEF à la réception est donnée par:

$$S_{Je} = 20 \log_{10} \frac{p_e}{\frac{1}{2} E_J} \text{ dB}$$

3.3 *Affaiblissement d'effet local par la méthode de masquage (AELM) (Effet local pour la personne qui parle)*

Source: *b)* de la figure 1/P.65

Charge: *a)* de la figure 1/P.65

La CEF de l'effet local est donnée par:

$$S_{meST} = 20 \log_{10} \frac{p_e}{p_m} \text{ dB}$$

Remarque – La grandeur L_{meST} utilisée dans le calcul de l'AELM est donnée par:

$$L_{meST} = -S_{meST} \text{ dB}$$

3.4 *Affaiblissement d'effet local pour la personne qui écoute (AELE)*

Source: *f)* de la figure 1/P.65

Charge: *a)* de la figure 1/P.65

La CEF de l'effet local du bruit de salle est donnée par:

$$S_{RNST} = 20 \log_{10} \frac{p_e}{p_{RN}} \text{ dB}$$

3.5 *Equivalent global pour la sonie (EGS) [valeur globale émission + réception (GER)]*

Source: *b)* de la figure 1/P.65

Charge: *a)* de la figure 1/P.65

La CEF globale est donnée par:

$$S_{me} = 20 \log_{10} \frac{p_e}{p_m} \text{ dB}$$

3.6 *Equivalent pour la sonie de la ligne de jonction (ESJ)*

Source: *d)* de la figure 1/P.65

Charge: *c)* de la figure 1/P.65

Les caractéristiques d'affaiblissement en fonction de la fréquence pour la ligne de jonction sont données par:

$$X_{JJ} = 20 \log_{10} \frac{½ E_J}{V_J} \text{ dB}$$

Remarque – On admet par hypothèse des impédances terminales de 600 ohms.

Recommandation P.66

MÉTHODES D'ÉVALUATION DE LA QUALITÉ DE TRANSMISSION DES POSTES TÉLÉPHONIQUES NUMÉRIQUES [1]

(Melbourne, 1988)

1 Introduction

Le CCITT recommande la méthode suivante pour évaluer la qualité de transmission vocale d'un poste téléphonique numérique en utilisant un codage conforme aux dispositions de la Recommandation G.711 (voir aussi la Recommandation P.31). Un poste téléphonique numérique contient des convertisseurs analogique à numérique (A/N) et numérique à analogique (N/A) intégrés, et la connexion au réseau se fait par un train binaire numérique. Cela pose un problème fondamental pour appliquer les techniques utilisées actuellement pour déterminer la qualité de fonctionnement et pour les mesures, telles que celles définies dans les Recommandations P.64, P.34 et P.38; en effet, ces techniques sont en général spécifiées sur la base d'une fonction de transfert entre des grandeurs d'entrée et de sortie analogiques, par exemple une réponse en fréquence. Les principes énoncés dans la présente Recommandation s'appliquent aux postes téléphoniques à combiné, à casques et mains libres; cependant, seules les procédures applicables aux postes à combiné ont été élaborées jusqu'à présent.

2 Méthodes pour les essais des postes téléphoniques numériques

Il existe deux méthodes permettant d'évaluer la qualité de transmission d'un poste téléphonique numérique: la méthode du codec et la méthode directe.

A court terme, il est conseillé d'utiliser la méthode du codec car de nombreuses Administrations ont déjà une certaine expérience de cette méthode (voir la Recommandation O.133).

[1] Les spécifications de la présente Recommandation doivent faire l'objet de futures améliorations et par conséquent doivent être considérées comme provisoires.

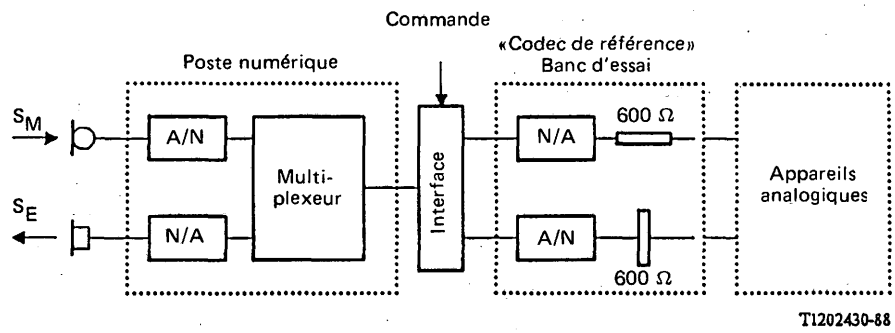


FIGURE 1/P.66

Disposition pour l'essai d'un poste téléphonique numérique (méthode du codec)

2.1 *Méthode du codec*

Dans cette méthode, illustrée par la figure 1/P.66, un codec sert à convertir le train binaire entrée/sortie numérique avec compression/extension du poste téléphonique en valeurs analogiques équivalentes, de sorte que les procédures et les équipements d'essai actuels peuvent être utilisés. Ce codec doit être un codec de haute qualité, avec des caractéristiques aussi proches que possible du codec de l'idéal (voir le § 5).

2.2 *Méthode de traitement numérique directe*

Dans cette méthode, illustrée par la figure 2/P.66, on agit directement sur le train binaire entrée/sortie numérique avec compression/extension du poste téléphonique.

Remarque – Cette méthode est encore à l'étude dans le cadre de la Question 38/XII.

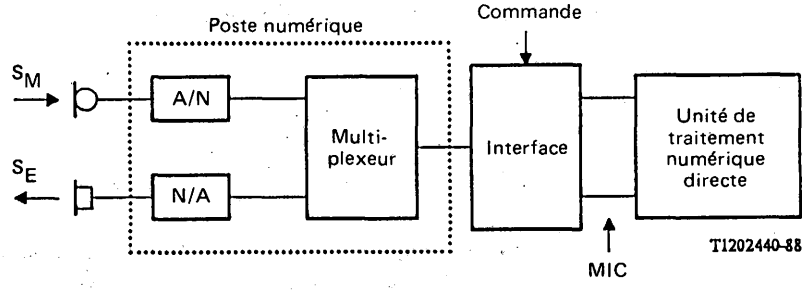


FIGURE 2/P.66

Disposition pour l'essai d'un poste téléphonique numérique (méthode de traitement numérique directe)

3 Définition du point de référence 0 dB

Afin de maintenir la compatibilité avec les codecs existants déjà utilisés dans les commutateurs numériques locaux et définis comme un point 0 dBr, le codec (loi A ou μ) doit être défini comme suit:

- convertisseur numérique à analogique (N/A): une séquence d'essai numérique représentant l'équivalent MIC d'un signal sinusoïdal analogique dont la valeur quadratique moyenne se situe à 3,14 dB (loi A) ou à 3,17 dB (loi μ) en dessous de la capacité de charge maximale du codec générera 0 dBm aux bornes d'une charge de 600 ohms;
- convertisseur analogique à numérique (A/N): un signal de 0 dBm produit par une source de résistance interne 600 ohms donnera la séquence d'essai numérique représentant l'équivalent MIC d'un signal sinusoïdal analogique dont la valeur quadratique moyenne se situe à 3,14 dB (loi A) ou à 3,17 dB (loi μ) en dessous de la capacité maximale de charge du codec.

  La séquence d'essai numérique est définie comme une séquence périodique de mots numériques définis dans les tableaux 5/G.711 et 6/G.711.

4 Définition des interfaces

L'équipement d'essai du poste téléphonique numérique est en général relié au poste téléphonique soumis aux essais au moyen d'une interface.

Cette interface doit être capable de fournir toutes les séquences de signalisation et de surveillance nécessaires pour que le poste fonctionne dans tous les modes d'essai. L'interface doit être capable de convertir le train d'éléments numériques émis par le poste soumis aux essais (qui peuvent se présenter sous divers formats, selon le type du poste téléphonique par exemple, conformément à la Recommandation I.412 pour les postes RNIS) en une forme compatible avec l'équipement d'essai. Les interfaces peuvent être appliquées séparément pour l'émission et la réception, les postes téléphoniques étant reliés à divers types de centraux.

5 Spécification du codec

5.1 *Codec idéal*

Le codec idéal comprend un codeur et un décodeur indépendants dont les caractéristiques sont fictives et satisfont aux dispositions de la Recommandation G.711. Le codeur idéal est un convertisseur analogique à numérique parfait précédé d'un filtre passe-bas idéal (supposé ne pas avoir de distorsion d'affaiblissement en fonction de la fréquence et pas de distorsion de temps de propagation de groupe); il peut être simulé par un processeur numérique.[2)] Le décodeur idéal est un convertisseur numérique à analogique parfait suivi d'un filtre passe-bas idéal (supposé ne pas avoir de distorsion d'affaiblissement en fonction de la fréquence et pas de distorsion de temps de propagation de groupe); il peut être simulé par un processeur numérique.[2)]

Pour mesurer le côté émission d'un appareil téléphonique, le décodeur convertit le signal numérique de sortie en un signal analogique. Les caractéristiques électriques de ce signal de sortie sont mesurées à l'aide d'instruments analogiques classiques. Pour mesurer le côté réception d'un appareil téléphonique, le codeur idéal convertit la sortie analogique d'une source de signal en un signal numérique et l'introduit dans l'entrée réception de l'appareil numérique.

5.2 Codec de référence

La mise en œuvre pratique d'un codec idéal peut être appelée un codec de référence (voir le § 4 de la Recommandation O.133).

En ce qui concerne le codec de référence, des caractéristiques telles que la distorsion d'affaiblissement en fonction de la fréquence, le bruit de la voie au repos, la distorsion de quantification, etc., doivent être meilleures que les spécifications de la Recommandation G.714, afin de ne pas masquer les paramètres correspondants du poste téléphonique soumis aux essais. On peut obtenir un codec de référence approprié en utilisant:

1) des convertisseurs analogique à numérique et numérique à analogique de haute qualité linéaires à 14 bits au minimum, et transcodant le signal de sortie en format MIC de loi A ou de loi μ;
2) une réponse de filtre satisfaisant aux conditions de la figure 3/P.66.

5.2.1 *Interface analogique*

L'affaiblissement d'adaptation des impédances d'entrée et de sortie et les affaiblissements de conversion longitudinale de l'interface analogique du codec de référence doivent être conformes aux dispositions du § 3.1.1 de la Recommandation O.133.

5.2.2 *Interface numérique*

Les caractéristiques fondamentales applicables à l'interface numérique du codec de référence sont indiquées dans les Recommandations appropriées (par exemple, les Recommandations de la série I.430 pour les appareils téléphoniques RNIS).

6 Mesure des caractéristiques de transmission d'un poste téléphonique numérique

L'utilisation de la méthode d'essai du codec signifie que les procédures d'essai applicables aux postes téléphoniques numériques en général sont conformes à celles relatives aux postes analogiques (voir la Recommandation P.64). Le codec de référence doit satisfaire aux spécifications du § 5. Toutefois, il y a une différence importante concernant les circuits d'essai proprement dits (voir les figures 4/P.66 à 10/P.66).

Le poste est relié à l'interface et placé à l'état d'appel actif.

Remarque – Pour les mesures des postes téléphoniques numériques, il est souhaitable d'éviter de faire des mesures à des sous-multiples de la fréquence d'échantillonnage. On peut utiliser une tolérance sur les fréquences de $\pm$ 2% pour éviter ce problème, sauf pour 4 kHz où l'on ne peut utiliser qu'une tolérance de -2%.

[2)] On obtient cette caractéristique, par exemple, en utilisant une technique de suréchantillonnage et des filtres numériques.

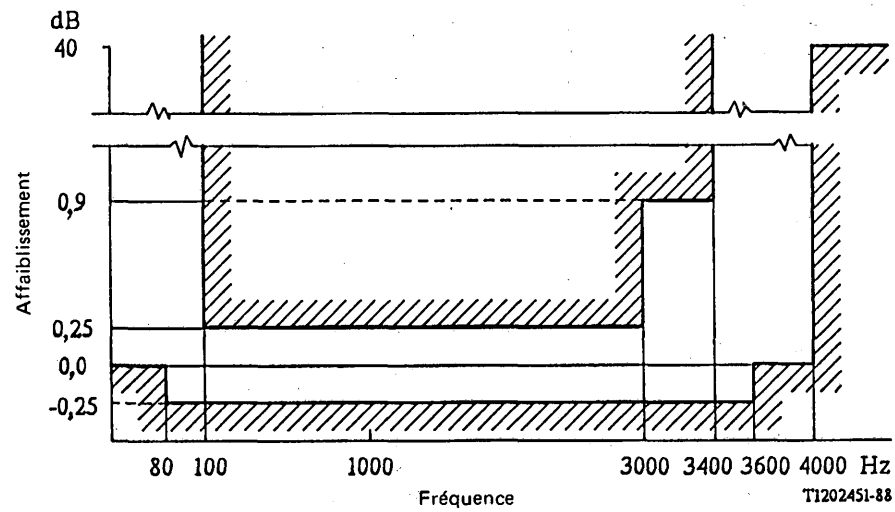


FIGURE 3/P.66

Distorsion d'affaiblissement en fonction de la fréquence des côtes émission ou réception du codec de référence

6.1 *Emission*

6.1.1 *Caractéristique de fréquence à l'émission*

La caractéristique de fréquence à l'émission est mesurée conformément à la Recommandation P.64 à l'aide de la mesure indiquée dans les figures 4/P.66 ou 5/P.66, selon le signal d'excitation utilisé.

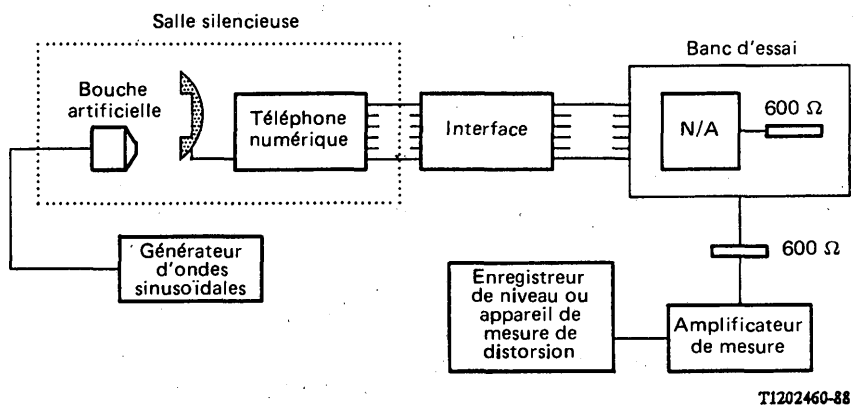


FIGURE 4/P.66

Mesures de la caractéristique de fréquence à l'émission – technique de balayage en ondes sinusoïdales

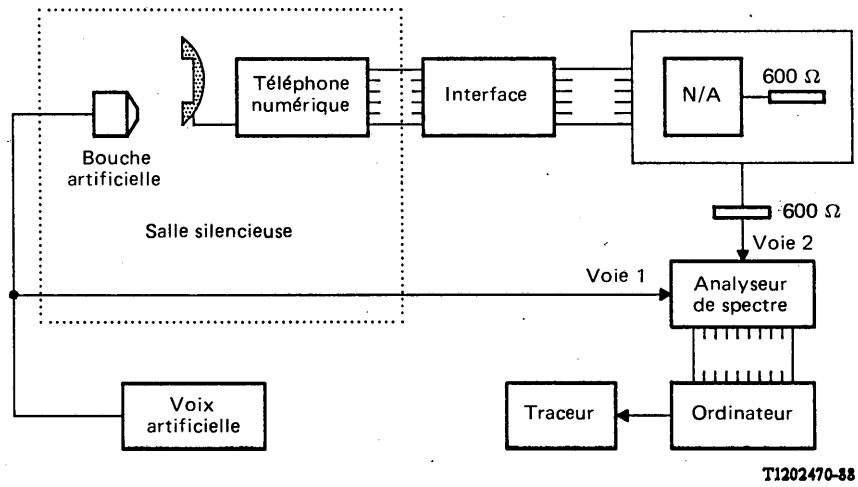


FIGURE 5/P.66

Mesure de la caractéristique de fréquence à l'émission – technique large bande

6.1.2 *Equivalent pour la sonie à l'émission*

Il convient de le calculer à partir de la caractéristique d'efficacité en fonction de la fréquence déterminée au § 6.1.1, à l'aide des dispositions de la Recommandation P.79.

Remarque – On trouvera dans le Supplément n° 19 d'autres méthodes de calcul des équivalents pour la sonie utilisées par certaines Administrations aux fins de leur propre planification interne.

6.1.3 *Distorsion*

Ce sujet est étudié dans le cadre de la Question 38/XII, mais on trouvera en [1] une méthode utilisée par plusieurs Administrations européennes.

6.1.4 *Bruit*

Ce sujet est étudié dans le cadre de la Question 38/XII, mais on trouvera en [1] une méthode utilisée par plusieurs Administrations européennes.

6.1.5 *Linéarité*

Ce sujet est étudié dans le cadre de la Question 38/XII, mais on trouvera en [1] une méthode utilisée par plusieurs Administrations européennes.

6.1.6 *Discrimination contre les signaux d'entrée hors bande*

Ce sujet est étudié dans le cadre de la Question 38/XII, mais on trouvera en [1] une méthode utilisée par plusieurs Administrations européennes.

6.2 *Réception*

6.2.1 *Caractéristique de fréquence à la réception*

La caractéristique de fréquence à la réception est mesurée conformément aux dispositions de la Recommandation P.64, à l'aide de la mesure présentée dans les figures 6/P.66 ou 7/P.66, selon le signal d'excitation utilisé.

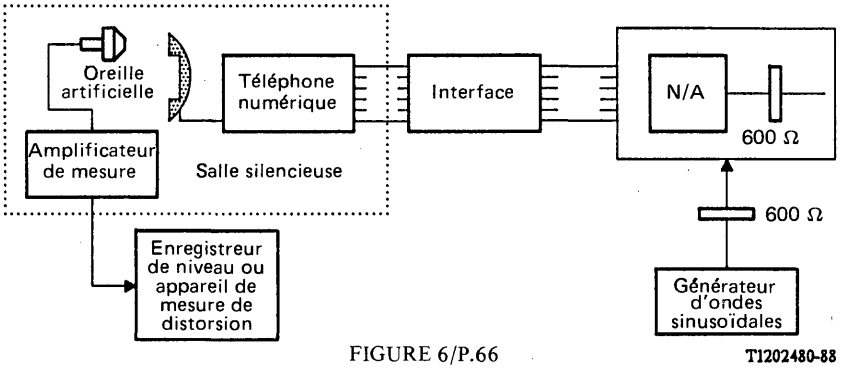


FIGURE 6/P.66

T1202480-88

Mesure de la caractéristique de fréquence à la réception – technique de balayage en ondes sinusoïdales

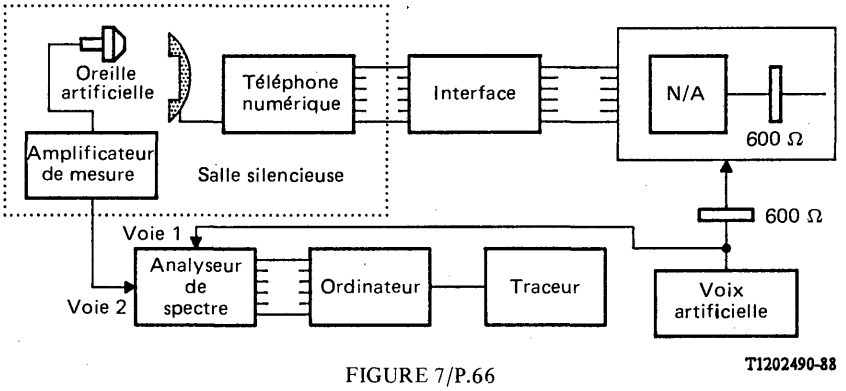


FIGURE 7/P.66

T1202490-88

Mesure de la caractéristique de fréquence à la réception – technique large bande

6.2.2 *Equivalent pour la sonie à la réception*

Il convient de le calculer à partir de la caractéristique d'efficacité en fonction de la fréquence déterminée au § 6.2.1, à l'aide des dispositions de la Recommandation P.79.

Remarque – On trouvera dans le Supplément n° 19 d'autres méthodes de calcul de l'équivalent pour la sonie utilisées par certaines Administrations aux fins de leur propre planification interne.

6.2.3 *Distorsion*

Ce sujet est étudié dans le cadre de la Question 38/XII, mais on trouvera en [1] une méthode utilisée par plusieurs Administrations européennes.

6.2.4 *Bruit*

Ce sujet est étudié dans le cadre de la Question 38/XII, mais on trouvera en [1] une méthode utilisée par plusieurs Administrations européennes.

6.2.5 *Linéarité*

Ce sujet est étudié dans le cadre de la Question 38/XII, mais on trouvera en [1] une méthode utilisée par plusieurs Administrations européennes.

6.2.6 *Signaux parasites hors bande*

Ce sujet est étudié dans le cadre de la Question 38/XII, mais on trouvera en [1] une méthode utilisée par plusieurs Administrations européennes.

6.3 *Effet local*

Il faut prévoir d'actionner le microphone du poste téléphonique faisant l'objet d'un essai, comme décrit au § 6.1 et de mesurer à la sortie du récepteur comme indiqué au § 6.2. Pour mesurer l'effet local, il est recommandé d'installer le microphone et le récepteur sur le même combiné téléphonique, et d'utiliser un appareil d'essai fixe dans lequel la bouche artificielle et l'oreille artificielle sont situées l'une par rapport à l'autre comme indiqué dans la Recommandation P.64.

Remarque – Il convient d'éviter le couplage mécanique entre la bouche artificielle et l'oreille artificielle.

6.3.1 *Caractéristique de fréquence d'effet local*

6.3.1.1 *Caractéristique de fréquence d'effet local pour le locuteur*

La caractéristique de fréquence d'effet local pour le locuteur est mesurée conformément aux dispositions de la Recommandation P.64, à l'aide des mesures présentées dans les figures 8/P.66 et 9/P.66, selon le signal d'excitation utilisé.

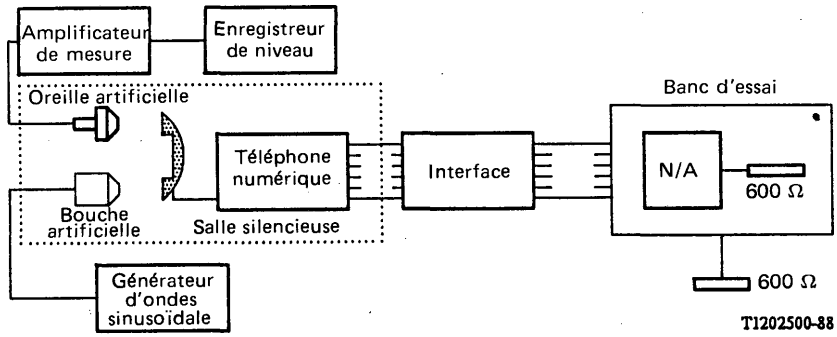


FIGURE 8/P.66

Mesure de la caractéristique de fréquence d'effet local pour le locuteur – technique de balayage en ondes sinusoïdales

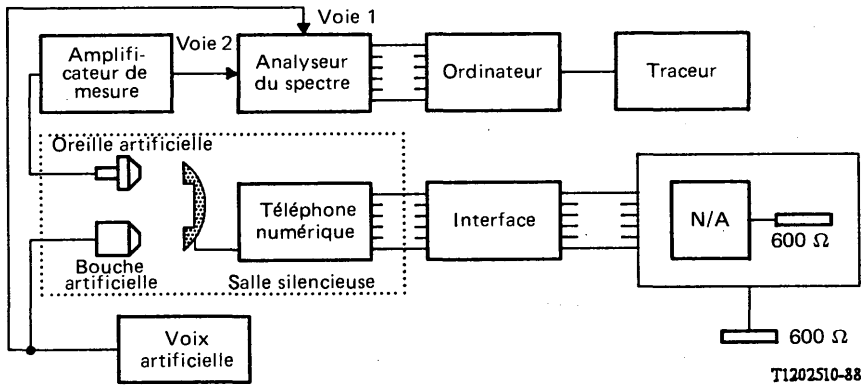


FIGURE 9/P.66

Mesure de la caractéristique de fréquence d'effet local pour le locuteur – technique large bande

6.3.1.2 *Caractéristique de fréquence d'effet local pour la personne qui écoute*

La caractéristique de fréquence d'effet local pour la personne qui écoute est mesurée conformément aux dispositions de la Recommandation P.64, à l'aide de la mesure présentée à la figures 10/P.66.

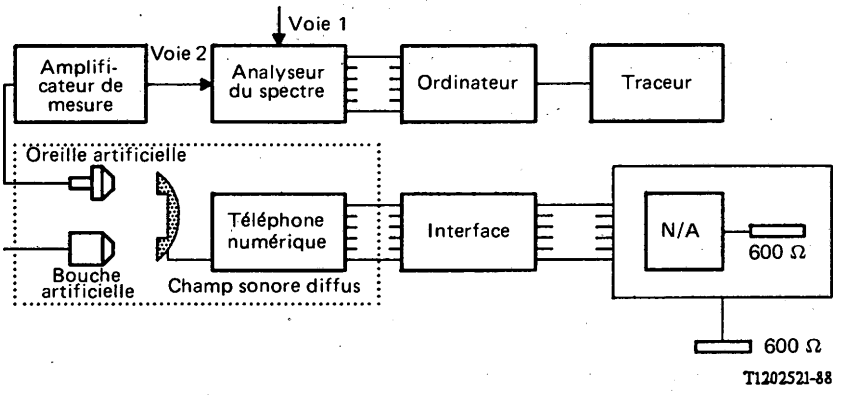


FIGURE 10/P.66

Mesure de la caractéristique de fréquence d'effet local pour la personne qui écoute

6.3.2 *Affaiblissement d'effet local par la méthode de masquage*

Il doit être calculé à partir de la caractéristique d'efficacité en fonction de la fréquence déterminée au § 6.3.1.2, à l'aide des dispositions de la Recommandation P.79.

6.3.3 *Affaiblissement d'effet local pour la personne qui écoute*

Il convient de le calculer à partir de la caractéristique d'efficacité en fonction de la fréquence déterminée au § 6.3.1.2, à l'aide des dispositions de la Recommandation P.79.

6.4 *Affaiblissement d'adaptation pour l'écho*

Ce sujet est étudié dans le cadre de la Question 38/XII, mais on trouvera en [1] une méthode utilisée par plusieurs Administrations européennes.

6.5 *Temps de propagation*

Ce sujet est étudié dans le cadre de la Question 38/XII, mais on trouvera en [1] une méthode utilisée par plusieurs Administrations européennes.

Référence

[1] CCITT – Contribution COM XII-N° 179, (Aspects transmission pour la téléphonie numérique, Norvège), période d'études 1985-1988.

SECTION 6

MESURES RELATIVES À LA SONIE VOCALE

Recommandation P.75

MÉTHODE NORMALISÉE DE TRAITEMENT PRÉALABLE DES MICROPHONES À CHARBON

(Genève, 1972; modifiée à Malaga-Torremolinos, 1984, Melbourne, 1988)

1 Les caractéristiques des microphones à charbon étant étroitement liées aux techniques de traitement préalable appliquées, on doit employer une méthode uniforme de traitement avant de mesurer les caractéristiques d'efficacité en fonction de la fréquence, afin d'obtenir des résultats reproductibles. Pour assurer la meilleure reproductibilité possible, le CCITT recommande d'utiler des techniques mécaniques automatiques de traitement préalable. La *méthode normalisée de traitement* préalable ainsi définie comprend les étapes suivantes:

a) placer le combiné dans un dispositif de fixation en le verrouillant dans une position correspondant à celle dans laquelle le microphone sera mesuré (par exemple, position de l'anneau de garde pour l'équivalent pour la sonie conformément à l'annexe A de la Recommandation P.76;

b) relier les bornes du microphone ou du poste téléphonique au circuit d'alimentation en courant continu et à l'impédance de charge terminale appropriée;

c) brancher l'alimentation en courant continu. Après un délai de 5 secondes, appliquer au microphone un traitement préalable en le faisant pivoter lentement et régulièrement. La rotation se fait de telle manière que le plan de la base en grenaille se déplace sur un arc d'au moins 180°. Ce processus est répété 2 fois, le combiné venant finalement se placer dans la position d'essai. La durée de chaque cycle de rotation doit être comprise entre 2 et 12 secondes.

2 Lorsqu'on effectue des essais subjectifs avec un poste téléphonique équipé d'un microphone à charbon, le traitement du combiné doit être fait par la personne qui parle. Ce traitement doit être conforme à celui qui est opéré pour les mesures objectives, comme indiqué dans le § 1 ci-dessus, dans toute la mesure du possible.

DÉTERMINATION DES ÉQUIVALENTS POUR LA SONIE; PRINCIPES FONDAMENTAUX

(Genève, 1976; modifiée à Genève, 1980, Malaga-Torremolinos, 1984, Melbourne, 1988)

Avant-propos

La présente Recommandation fait partie d'un ensemble de Recommandations étroitement apparentées, qui traitent de la détermination des équivalents pour la sonie. Elle a pour sujet les principes fondamentaux de cette détermination; les autres Recommandations, qui sont énumérées ci-dessous, concernent certains moyens d'application [1]:

Recommandation P.48	Spécification d'un système de référence intermédiaire
Recommandation P.78	Méthode subjective de détermination des équivalents pour la sonie, conforme à la Recommandation P.76
Recommandation P.64	Détermination des caractéristiques d'efficacité en fonction de la fréquence des systèmes téléphoniques locaux pour permettre le calcul de leurs équivalents pour la sonie
Recommandation P.79	Calcul des équivalents pour la sonie
Recommandation P.65	Appareils de mesure objective pour la détermination des équivalents pour la sonie

1 Introduction

Un trajet de conversation est, pour l'essentiel, le trajet qui va de la bouche de la personne qui parle à l'oreille de la personne qui écoute ou, pour l'effet local, de la bouche de la personne qui parle à l'oreille de cette même personne. Dans le cas typique d'une conversation entre deux personnes se faisant face, les sons vocaux sont transmis sur le trajet d'air qui relie la bouche de l'une à l'oreille de l'autre. Suivant les conditions ambiantes, cette transmission peut être:

a) plus ou moins directe, quand la conversation a lieu en plein air, dans un endroit sans obstacles, par exemple un terrain de golf;

b) principalement indirecte, quand la conversation a lieu dans une petite pièce, dont les surfaces sont à revêtement dur, puisqu'une grande proportion de l'énergie atteint l'oreille de la personne qui écoute après réflexion sur les murs, le plafond et le plancher de la pièce; ou

c) d'un mode intermédiaire entre ces deux extrêmes.

S'il s'agit d'une transmission téléphonique, le trajet des signaux vocaux est composite; il comprend:

a) un trajet d'air, de la bouche de la personne qui parle à son microphone;

b) un trajet d'air, de l'écouteur de la personne qui écoute à son oreille;

c) une communication téléphonique se composant du microphone, de l'écouteur et des circuits qui les relient. Dans les deux sens de transmission, les trajets sont de composition similaire. Quant aux deux façons de converser – les deux interlocuteurs étant en présence l'un de l'autre ou communiquant par l'intermédiaire du téléphone – si elles diffèrent sensiblement par les moyens particuliers qu'elles mettent en œuvre, elles se ressemblent par leur objet commun: la communication réciproque entre deux personnes par la parole.

La téléphonie a pour but d'assurer des communications qui, sans être identiques à celles que peuvent avoir deux personnes en présence l'une de l'autre, constituent un moyen d'efficacité comparable pour l'échange d'informations par la parole; les communications téléphoniques utilisées à cette fin doivent satisfaire les usagers aussi complètement que le permettent les possibilités techniques et économiques.

---

[1] La présente Recommandation ainsi que les Recommandations P.48, P.78 et P.79 donnent la définition complète de l'équivalent global pour la sonie, des équivalents pour la sonie à l'émission et à la réception, ainsi que de l'équivalent pour la sonie du circuit de jonction. Les Administrations sont invitées à les utiliser pour poursuivre l'étude de la Question 19/XII [1].

Pour établir les plans d'un réseau téléphonique, le réaliser et évaluer la qualité de son fonctionnement, l'ingénieur de transmission recourt à divers outils. Le plus important d'entre eux a été l'équivalent de référence déduit de la force des sons vocaux émis par la personne qui parle et perçus par la personne qui écoute; cet équivalent constitue une mesure de l'affaiblissement de la parole sur un trajet de conversation, entre la bouche d'un interlocuteur et l'oreille de l'autre.

La méthode appliquée pour déterminer un *équivalent de référence* est définie dans les Recommandations P.42 et P.72 du *Livre rouge* et les principes sur lesquels elle est fondée sont brièvement exposés en [2]. C'est sur des principes similaires que repose la méthode permettant de déterminer l'*équivalent pour la sonie* pour les systèmes téléphoniques locaux (STL); toutefois, cette dernière comporte des modifications qui en rendent l'application bien plus souple et devraient grandement simplifier la planification de la transmission.

Le désir de délaisser l'emploi des équivalents de référence, tels qu'ils sont définis dans la Recommandation P.72 du *Livre rouge*, découle des raisons suivantes:

1) les équivalents de référence ne peuvent être additionnés algébriquement; on trouve des écarts d'au moins ± 3 dB;
2) on n'obtient pas, par répétition, une bonne précision dans les équivalents de référence; des changements d'équipe peuvent entraîner des modifications atteignant 5 dB;
3) des accroissements (sans distorsion) de l'affaiblissement réel ne se traduisent pas par des accroissements égaux de l'équivalent de référence; un accroissement de 10 dB de l'affaiblissement entraîne, pour l'équivalent de référence, un accroissement qui est seulement d'environ 8 dB.

L'emploi des équivalents pour la sonie définis conformément aux principes exposés ci-dessous permettrait de surmonter ces difficultés dans une large mesure.

Outre les avantages indiqués plus haut, la méthode devrait fournir les mêmes valeurs pour les équivalents pour la sonie, que la force des sons soit déterminée par des mesures subjectives, des calculs effectués à partir des caractéristiques d'efficacité en fonction de la fréquence, ou par des mesures objectives faites au moyen d'appareils appropriés. Les principes de la méthode, exposés ci-dessous, ne diffèrent de ceux qui sont appliqués pour déterminer les équivalents de référence qu'autant qu'il était nécessaire pour obtenir la souplesse d'utilisation souhaitable.

Selon sa définition théorique, l'équivalent pour la sonie (qui a la dimension et le signe d'un affaiblissement) est, en principe, comme l'équivalent de référence, la valeur de l'affaiblissement qu'il faut introduire dans un système de référence pour que les sons vocaux que l'on perçoit par son intermédiaire aient la même force que ceux qui sont reçus à l'extrémité du trajet mesuré. Dans la pratique, une communication téléphonique se compose de plusieurs parties interconnectées. Pour que l'ingénieur de transmission puisse considérer diverses combinaisons de ces parties, les équivalents pour la sonie doivent pouvoir être déterminés en vue de l'utilisation d'équivalents globaux: émission, réception et circuit de jonction.

D'une manière analogue, on peut aussi déterminer des équivalents pour la sonie pour l'«effet local». L'équivalent de référence pour l'effet local est défini dans la Recommandation P.73 du *Livre rouge*; les équivalents pour la sonie pour l'effet local sont définis dans le § 3.

2 Définition des équivalents pour la sonie pour les principaux trajets de conversation

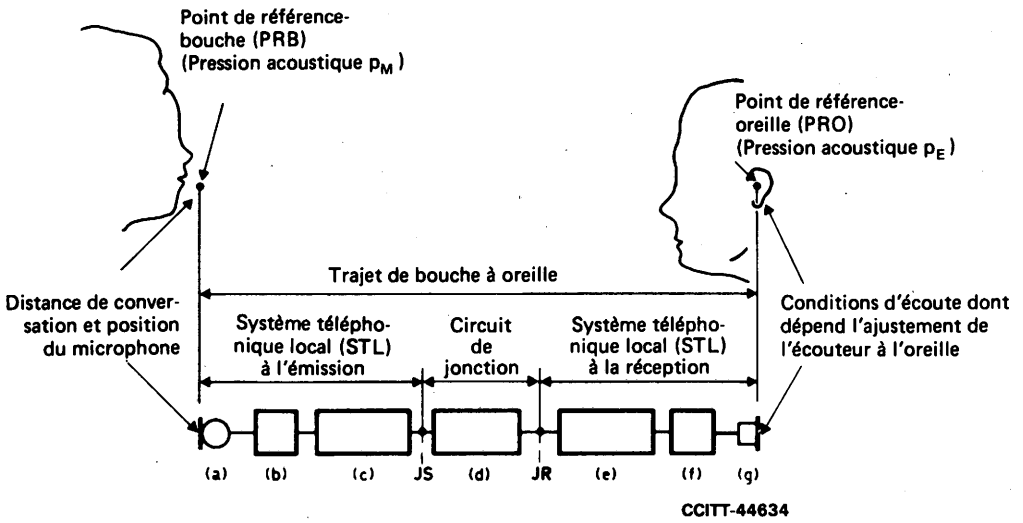
2.1 *Considérations générales*

Dans le présent § 2, on examine les principaux trajets de conversation, entre une personne qui parle, à l'une des extrémités d'une communication, et une personne qui écoute, à l'autre extrémité. Les trajets d'effet local sont considérés dans le § 3.

En général, au lieu d'utiliser directement la force effectivement perçue, pour exprimer les équivalents pour la sonie, on définit ceux-ci comme étant la valeur de l'affaiblissement, indépendant de la fréquence, que l'on doit introduire dans un trajet de conversation de référence *intermédiaire* et dans le trajet de conversation à l'étude pour que la force des sons vocaux reçus soit égale à celle qui est déterminée par un réglage fixe du NOSFER. L'insertion de cet affaiblissement implique qu'il existe sur le trajet à l'étude, ou qu'on peut réaliser par un moyen quelconque, une jonction apte à recevoir l'affaiblissement considéré. En pratique, ce trajet se compose d'un système téléphonique local (STL) à l'émission et d'un système téléphonique local à la réception, qui est relié au précédent par l'intermédiaire d'une chaîne de circuits[2]. La figure 1/P.76 représente cette subdivision du trajet de conversation principal d'une communication téléphonique. Les interfaces JS et JR séparent les trois parties de la communication auxquelles sont assignés des équivalents pour la sonie, à savoir: *équivalent pour la sonie à l'émission*, depuis le point de référence-bouche jusqu'à JS; *équivalent pour la sonie à la réception*, depuis JR jusqu'au point de référence-oreille; et *équivalent pour la sonie du circuit de jonction* depuis JS jusqu'à JR. L'*équivalent global pour la sonie* est assigné à l'ensemble du trajet de conversation, depuis le point de référence-bouche jusqu'au point de référence-oreille.

---

[2] L'explication de certains termes est donnée dans l'annexe B.



Remarque – (a) représente le microphone du système téléphonique local (STL) à l'émission;

(b) représente le circuit électrique du poste téléphonique du système téléphonique local à l'émission;

(c) représente la ligne d'abonné et le pont d'alimentation-transmission du système téléphonique local à l'émission;

(d) représente la chaîne de circuits reliant les deux systèmes téléphoniques locaux;

(e) représente la ligne d'abonné et le pont d'alimentation-transmission du système téléphonique local à la réception;

(f) représente le circuit électrique du poste téléphonique du système téléphonique local à la réception;

(g) représente le récepteur du système téléphonique local à la réception.

FIGURE 1/P.76

Constitution d'une communication téléphonique

Il faut remarquer que, dans les communications téléphoniques réelles:

a) l'affaiblissement du circuit de jonction peut dépendre de la fréquence;

b) les impédances images du circuit de jonction peuvent varier avec la fréquence et peuvent ne pas être résistives;

c) les impédances des systèmes téléphoniques locaux présentées au circuit de jonction en JS et JR peuvent varier avec la fréquence et peuvent ne pas être résistives;

d) des défauts d'adaptation d'impédance peuvent exister en JS ou JR, ou en ces deux points.

Les équivalents globaux pour la sonie (EGS), équivalent pour la sonie à l'émission (ESE), équivalent pour la sonie à la réception (ESR) et équivalent pour la sonie du circuit de jonction (ESJ) sont définis de façon que l'égalité suivante soit vérifiée avec une précision suffisante pour les communications téléphoniques pratiques:

$$EGS = ESE + ESR + ESJ$$

2.2 *Définition des équivalents globaux pour la sonie, à l'émission, à la réception et du circuit de jonction*

La figure 2/P.76 indique les principes utilisés pour définir les équivalents globaux pour la sonie, à l'émission, à la réception et du circuit de jonction.

2.2.1 *Equivalent global pour la sonie*

Le trajet 1 de la figure 2/P.76 représente le trajet de conversation étudié complet, subdivisé en systèmes téléphoniques locaux (STL) et circuit de jonction. Dans cet exemple, le circuit de jonction comprend une chaîne de circuits représentée par des jonctions interurbaines (JS-NS et NR-JR) et des circuits interurbains (NS-IS, IS-IR et IR-NR). Une disposition permettant d'introduire un affaiblissement indépendant de la fréquence doit être réalisée en un certain point, par exemple sur IS-IR.

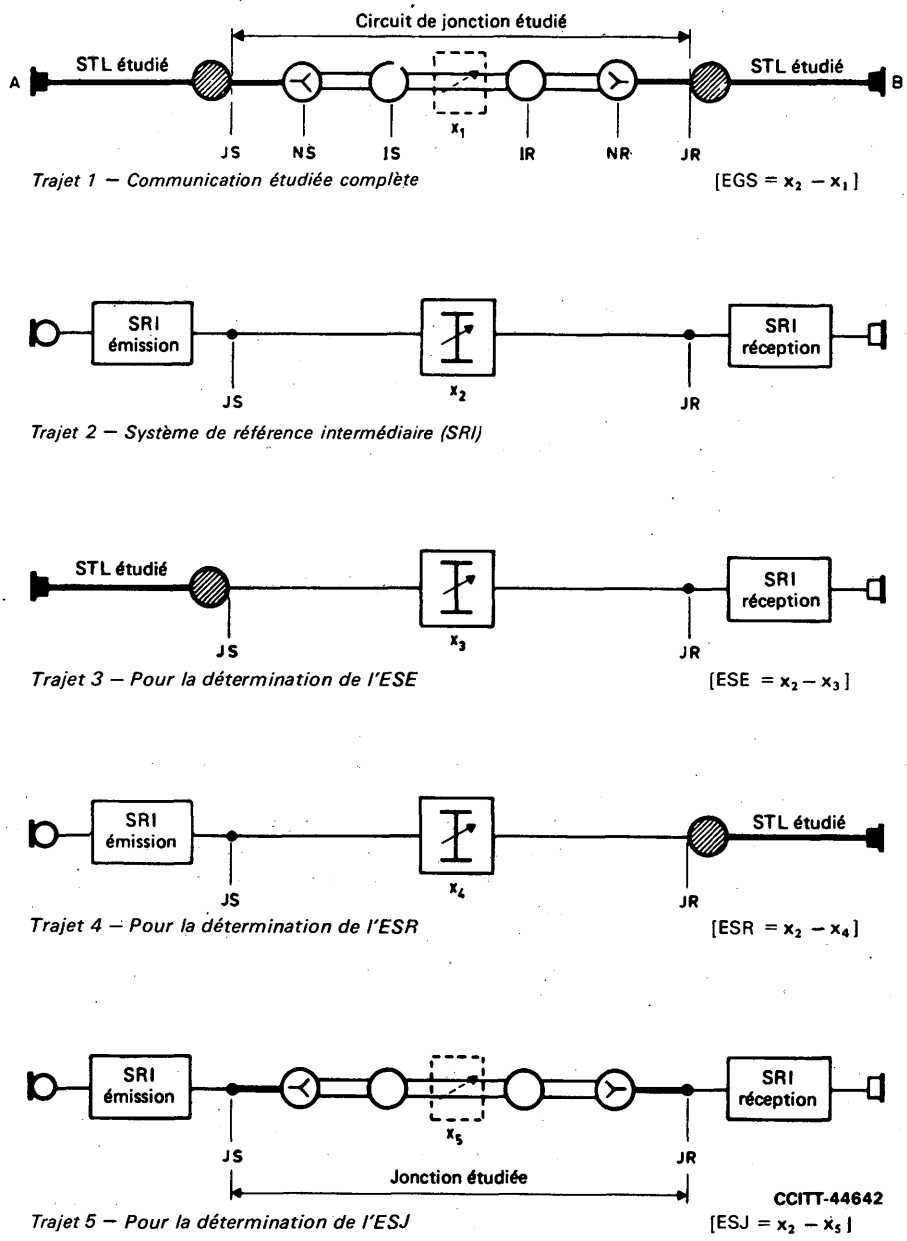


FIGURE 2/P.76

Principes appliqués pour la définition des équivalents pour la sonie EGS, ESE, ESR et ESJ

Le trajet 2 représente le système de référence intermédiaire (SRI) complet, avec son circuit de liaison réglable de 600 ohms à résistance pure, entre JS et JR.

Le niveau des sons vocaux reçus, niveau pour lequel on règle l'affaiblissement complémentaire x_1 du trajet 1 et la valeur x_2 de la ligne d'affaiblissement du circuit de jonction du trajet 2, se définit à l'aide du système de référence fondamental NOSFER, dont la ligne d'affaiblissement est réglée à 25 dB. Une fois ces réglages effectués, l'équivalent global pour la sonie (EGS) de la communication étudiée complète est donné par $(x_2 - x_1)$ dB.

2.2.2 *Equivalent pour la sonie à l'émission*

Le trajet 3 de la figure 2/P.76 montre le système de référence intermédiaire (SRI) dont la partie émission est remplacée par le système téléphonique local à l'étude. On règle le circuit de jonction de façon à obtenir, pour les sons vocaux reçus, après parcours du trajet 3, la même force que lorsque la ligne d'affaiblissement du NOSFER est réglée à 25 dB. Si x_3 est le réglage qu'il faut réaliser sur le trajet 3, l'équivalent pour la sonie à l'émission est donné par $(x_2 - x_3)$ dB.

2.2.3 *Equivalent pour la sonie à la réception*

Le trajet 4 de la figure 2/P.76 montre le système de référence intermédiaire (SRI) dont la partie réception est remplacée par le système téléphonique local (STL) étudié.

On effectue le réglage du circuit de jonction de façon à obtenir, pour les sons vocaux reçus, la même force que lorsque la ligne d'affaiblissement du NOSFER est réglée à 25 dB. Soit x_4 le réglage qui a été nécessaire sur le trajet 4; l'équivalent pour la sonie à la réception (ESR) a pour expression $(x_2 - x_4)$ dB.

2.2.4 *Equivalent pour la sonie du circuit de jonction*

Le trajet 5 de la figure 2/P.76 montre le système de référence intermédiaire (SRI) dont le circuit de jonction est remplacé par la chaîne étudiée des circuits situés sur le trajet 1 de la figure 2/P.76, entre JS et JR. La disposition permettant d'introduire un affaiblissement indépendant de la fréquence doit être réalisée comme on l'a déjà indiqué pour le trajet 1. On règle cet affaiblissement complémentaire de façon que les sons vocaux reçus par l'intermédiaire du trajet 5 aient le même niveau de puissance que celui qui a été défini par la ligne d'affaiblissement NOSFER réglée à 25 dB: *soit* x_5 le réglage qui a été nécessaire; l'équivalent pour la sonie du circuit de jonction a pour expression $(x_2 - x_5)$ dB.

2.3 *Conditions dans lesquelles les équivalents pour la sonie sont déterminés*

2.3.1 *Considérations générales*

La force des sons vocaux reçus dépend de certains facteurs qui ne sont pas bien définis dans les conditions pratiques d'utilisation, mais que l'on doit définir de façon aussi précise que possible pour obtenir des équivalents exactement reproductibles. Il est clair, comme le montre la figure 1/P.76, que l'équivalent pour la sonie dépend beaucoup du trajet bouche-oreille. On peut rendre ce trajet précis en définissant un *point de référence-bouche,* pris comme point de mesure ou point de référence pour la pression acoustique p_M des paroles émises par la personne qui parle, et un point de référence-oreille, pris comme point de mesure ou point de référence pour la pression acoustique p_E des paroles reproduites par l'écouteur. On peut choisir ces points de façon assez arbitraire, ce qui peut avoir des conséquences importantes quand il s'agit de déterminer des équivalents pour la sonie par des procédés objectifs; des définitions adaptées à ce genre de déterminations sont données dans la Recommandation P.64, qui traite de la détermination des caractéristiques d'efficacité en fonction de la fréquence à l'émission et à la réception.

Il importe, cependant, de définir le niveau de puissance vocale, la distance de conversation, la position du microphone et les conditions d'écoute, qui déterminent la façon dont l'écouteur s'adapte à l'oreille. Ces points sont indiqués dans la figure 1/P.76. Le tableau 1/P.76 signale les caractéristiques essentielles qui définissent les conditions dans lesquelles sont déterminés les équivalents pour la sonie.

A la suite du tableau 1/P.76, on trouvera quelques remarques sur les caractéristiques en question.

2.3.2 *Système de référence intermédiaire*

Le système de référence intermédiaire (SRI) est défini dans la Recommandation P.48. Il a été choisi compte tenu des considérations suivantes:

a) L'allure des caractéristiques d'efficacité en fonction de la fréquence de ce système, à l'émission et à la réception, doit correspondre approximativement à celle des caractéristiques des systèmes émetteurs et récepteurs nationaux qui sont actuellement utilisés et le seront vraisemblablement encore dans le proche avenir. Pour cette raison, la largeur de la bande de fréquences des parties émettrice et réceptrice est limitée à la gamme nominale de 300 à 3400 Hz[3)].

b) On a choisi l'efficacité absolue de façon à réduire autant que possible les changements de valeurs lorsqu'on passe des équivalents de référence aux équivalents pour la sonie.

c) Quant aux combinés du système de référence intermédiaire, ils ont une forme extérieure semblable à celle des combinés ordinaires utilisés dans les communications téléphoniques réelles.

[3)] Le SRI est spécifié pour la gamme de 100 à 5000 Hz (voir la Recommandation P.48). Si l'on a spécifié ici une gamme nominale de 300 à 3400 Hz, c'est pour qu'elle soit compatible avec l'espacement nominal 4 kHz des systèmes à multiplexage par répartition en fréquence (MRF); il ne faut pas en déduire qu'on restreint ainsi les améliorations pouvant être apportées à la qualité de transmission par un élargissement de la bande des fréquences transmises.

TABLEAU 1/P.76

Conditions dans lesquelles on détermine les équivalents pour la sonie

N°	Caractéristique spécifiée	Spécification
1	Système de référence intermédiaire (SRI)	Rec. P.48
2	Niveau de puissance vocale de la personne qui parle	Selon la Rec. P.72 du Livre Rouge
3	Niveau des sons vocaux reçus pour lequel la force de ces sons est jugée constante	NOSFER réglé à 25 dB
4	Position du combiné par rapport à la bouche de la personne qui parle	Voir l'annexe A
5	Direction de conversation	Tête droite
6	Position du combiné pour l'écoute	Voir le § 2.3.7
7	Traitement préalable des microphones à charbon	Selon la Rec. P.75

2.3.3 *Niveau de puissance vocale de la personne qui parle*

Le niveau de puissance vocale, auquel les paroles sont émises de la bouche de la personne qui parle, est celui qu'on utilise pour déterminer les équivalents de référence; il est défini dans la Recommandation P.72 du *Livre rouge.* Il se rapproche du niveau effectivement utilisé par les usagers quand les conditions de transmission sont satisfaisantes. On le définit en fonction du niveau de puissance vocale à la sortie du système émetteur du NOSFER.

2.3.4 *Niveau à l'écoute*

Le niveau des sons vocaux reçus pour lequel la force est jugée constante est défini par le niveau de puissance vocale (voir le § 2.3.3) et le réglage (25 dB) du NOSFER par rapport auquel tous les trajets de conversation représentés dans la figure 2/P.76 ont été étalonnés. Cette situation correspond à un niveau d'écoute assez agréable, comparable à celui dont les usagers du téléphone disposent habituellement.

2.3.5 *Position du combiné*

La position du combiné téléphonique par rapport à la bouche de la personne qui parle est définie dans l'annexe A à la présente Recommandation. Elle est conçue de façon à reproduire assez exactement celle qui est adoptée par les usagers au cours des communications téléphoniques réelles. Cette définition englobe non seulement la distance entre les lèvres et l'embouchure mais aussi l'orientation du microphone par rapport à l'axe horizontal passant par le centre des lèvres. Elle est telle que la distance entre les lèvres et l'embouchure augmente à mesure que la longueur du combiné croît.

2.3.6 *Direction de conversation*

La personne qui parle doit tenir la tête droite et l'on supposera que le flux de sa voix sort horizontalement de sa bouche.

2.3.7 *Position du combiné pour l'écoute*

La personne qui écoute doit tenir le combiné dans la main de façon que le récepteur soit placé commodément contre l'oreille.

2.3.8 *Traitement préalable des microphones à charbon*

Il est, en général, nécessaire de soumettre à un traitement préalable les combinés téléphoniques munis d'un microphone à charbon. Cette opération doit s'effectuer conformément à la Recommandation P.75.

3 Affaiblissement pour la sonie de l'effet local

Il faut examiner les incidences qu'a l'effet local sur l'abonné, dans le cas où ce dernier est considéré à la fois comme personne qui parle et comme personne qui écoute. Dans chaque cas, des études ont montré l'importance d'une régulation des fréquences élevées (supérieures à 1000 Hz) sur le trajet de l'effet local téléphonique pour que les conditions de conversation restent satisfaisantes en présence d'un bruit de salle de niveau élevé et (ou) sur des liaisons de grande longueur. Il est donc nécessaire de mettre au point, pour le calcul des équivalents pour la sonie de l'effet local, des méthodes qui accordent plus de poids à ces fréquences élevées; des méthodes appropriées sont décrites ci-après.

3.1 *Effet local pour la personne qui parle*

3.1.1 *Définition de l'affaiblissement d'effet local par la méthode de masquage (AELM)*

Lorsqu'un abonné parle au téléphone, sa propre voix parvient à son oreille suivant plusieurs trajets, notamment (voir la figure 3/P.76):

a) en passant par l'appareil téléphonique, du microphone à l'écouteur, à cause du défaut d'adaptation entre l'impédance d'équilibrage comprise dans l'impédance de l'appareil et la ligne;

b) en suivant le trajet purement mécanique à l'intérieur de la tête humaine;

c) en suivant le trajet acoustique jusqu'à l'oreille, alors qu'entre en jeu une fuite entre l'écouteur et l'oreille humaine;

d) en suivant le trajet mécanique le long du combiné [bien que cela puisse en fait être mesuré comme une contribution au point a) ci-dessus].

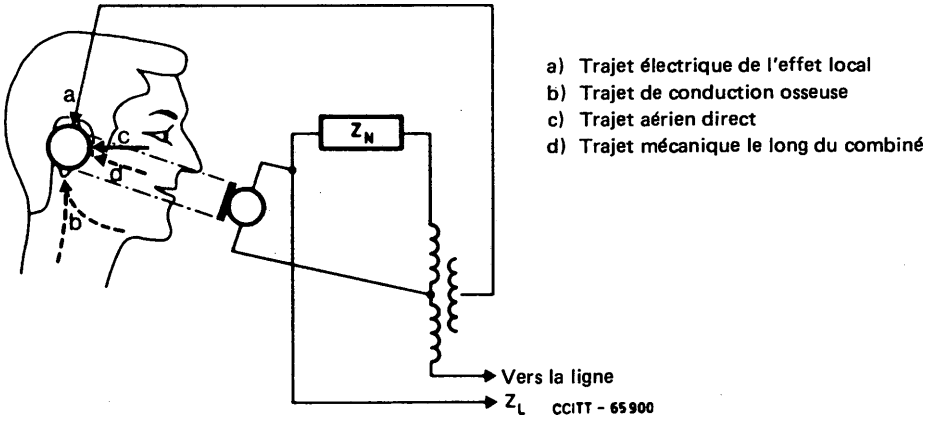


FIGURE 3/P.76

Trajet des effets locaux suivant lesquels un abonné peut entendre sa propre voix

La détermination de ces trajets d'effet local s'obtient généralement avec deux principales mesures a) + d) et b) + c) dont chacune est rapportée au signal vocal au point de référence bouche (PRB), la mesure étant effectuée au point de référence oreille (PRO).

Ainsi, L_{MEST}, représente l'affaiblissement entre la bouche et l'oreille (de PRB à PRO) sur le trajet de l'effet local téléphonique, tandis que L_{MEHS} représente l'affaiblissement entre la bouche et l'oreille (de PRB à PRO) sur le trajet de l'effet local humain.

Remarque – Le § 8 de la Recommandation P.64 décrit une méthode de mesure de S_{meST} caractéristique d'efficacité en fonction de la fréquence pour l'effet local d'un appareil téléphonique utilisant la bouche et l'oreille artificielles, ce qui permet d'obtenir une estimation de S_{MEST} pour la bouche et l'oreille humaines moyennant l'adjonction des corrections L_M et L_E expliquées dans le texte. Ainsi,

$$L_{MEST} = -S_{MEST} \text{ en dB}$$

Chaque L_{MEST} et L_{MEHS} est généralement mesuré à un certain nombre de fréquences de la gamme ISO (⅓ d'octave), habituellement de 200 à 4000 Hz. Lorsque des signaux complexes sont utilisés (par exemple, pendant la mesure de L_{MEHS}, on a utilisé les signaux vocaux des sujets participant à l'essai), il convient d'effectuer des mesures de la densité spectrale.

Les études effectuées jusqu'à présent indiquent que, tout au moins en ce qui concerne l'effet local pour la personne qui parle, la méthode de mesure qui donne la meilleure corrélation avec les effets subjectifs de l'effet local est une méthode qui considère l'effet local exercé par le signal sur la personne comme un seuil de l'effet de masque, à savoir un affaiblissement d'effet local par la méthode de masquage (AELM).

3.2 *Effet local pour la personne qui écoute*

3.2.1 *Définition de l'affaiblissement de l'effet local pour la personne qui écoute (AELE)*

Lorsque l'abonné écoute, tout bruit de salle peut atteindre le PRO en empruntant les trajets a) et c) de la figure 3/P.76. Ce sont les hautes fréquences du bruit de salle qui sont le plus susceptibles de se traduire par un effet de masque pour les consonnes de bas niveau d'un signal reçu. La méthode de l'AELM décrite au § 3.1 permet d'assurer d'une manière plus efficace la régulation de L_{meST} aux fréquences supérieures à 1000 Hz. La régulation de ces fréquences est également importante pour l'effet local dû au bruit de salle. Cela vient du fait que les basses fréquences d'un signal reçu dans l'écouteur seront masquées par le bruit de salle basse fréquence (s'infiltrant entre le pavillon de l'écouteur et l'oreille), à peu près comme le signal vocal de la personne qui parle, perçu par l'intermédiaire du trajet de l'effet local téléphonique (L_{meST}), est masqué par le signal perçu par l'intermédiaire de l'effet local humain (L_{MEHS}).

Des études ont montré que si le trajet de l'effet local dû au bruit de salle (L_{RNST}) est calculé par la méthode décrite dans la Recommandation P.64 et utilisé dans la méthode d'évaluation de l'AELM, les équivalents obtenus concordent bien avec les effets subjectifs du bruit de salle perçu sur le trajet de l'effet local téléphonique. En effet, le signal de bruit de salle composite qui parvient à l'oreille de la personne qui écoute et qui a pour effet de masquer les signaux vocaux reçus est considéré comme ayant une caractéristique très voisine de celle de L_{MEHS}.

L'AELE se définit donc comme l'affaiblissement qu'il faut insérer dans le SRI (Recommandation P.48) pour obtenir une sonie équivalente à L_{RNST}, lorsque le même L_{MEHS} est pris en compte comme seuil de masquage (Recommandation P.79).

3.2.2 *Détermination de l'affaiblissement de l'effet local pour la personne qui écoute (AELE)*

Pour calculer l'AELE, il est nécessaire de déterminer l'efficacité S_{RNST} (où $S_{RNST} = -L_{RNST}$) par une méthode analogue à celle qui est décrite dans la Recommandation P.64, ou dans la section 3 du *Manuel sur les mesures téléphonométriques*, et par la méthode de calcul indiquée dans la Recommandation P.79.

L'efficacité de l'effet local dû au bruit de salle, S_{RNST}, n'aura généralement pas la même valeur que l'efficacité de l'effet local pour la personne qui parle, S_{meST}. Cela tient au fait que l'efficacité du microphone d'un combiné peut varier selon qu'il s'agit de signaux à incidence aléatoire ou d'une source ponctuelle située à proximité du diaphragme (moins de 5 cm). En règle générale, le bruit de salle parvient au microphone à des niveaux inférieurs à celui de la parole et cela peut donner lieu à des valeurs d'efficacité différentes, notamment lorsque des microphones à charbon sont utilisés.

La différence entre S_{RNST} et S_{meST}, pour un poste téléphonique donné, sera généralement constante pour différents états de la ligne, à condition que ce poste fonctionne dans une partie linéaire de sa caractéristique et (ou) que le niveau de bruit de salle soit constant. Cette différence équivaut à Δ_{Sm} (ou DELSm); elle est expliquée dans la Recommandation P.10 et au § 9 de la Recommandation P.64. Il peut être commode, lorsqu'on connaît les valeurs de S_{meST}, d'utiliser Δ_{Sm} pour déterminer S_{RNST} et de calculer l'AELE. D'où:

$$S_{RNST} = S_{meST} + \Delta_{Sm}.$$

Normalement, la valeur de Δ_{Sm} est négative. Par conséquent, les postes téléphoniques qui ont une valeur négative plus importante pour Δ_{Sm} auront une valeur S_{RNST} plus faible et fonctionneront mieux en présence de bruit de salle du point de vue de l'effet local.

S'agissant de postes téléphoniques munis de microphones linéaires, Δ_{Sm} peut varier de plusieurs décibels, se situant généralement dans une fourchette de $-1{,}5$ à -4 dB. Avec des microphones à charbon, des valeurs pouvant descendre jusqu'à -15 dB ont été mesurées à certaines fréquences, les valeurs moyennes normales se situant toutefois probablement autour de -8 dB pour un bruit de salle de 60 dBA. Dans certains postes à microphone linéaire, le gain varie en fonction de leurs caractéristiques d'entrée/de sortie, afin d'améliorer la qualité de fonctionnement dans une ambiance bruyante (voir aussi l'annexe A à la Recommandation G.111 à propos de Δ_{Sm}).

Remarque – Le Supplément n° 11 décrit quelques influences de l'effet local sur la qualité de transmission quantifiée sur plusieurs périodes d'études.

ANNEXE A

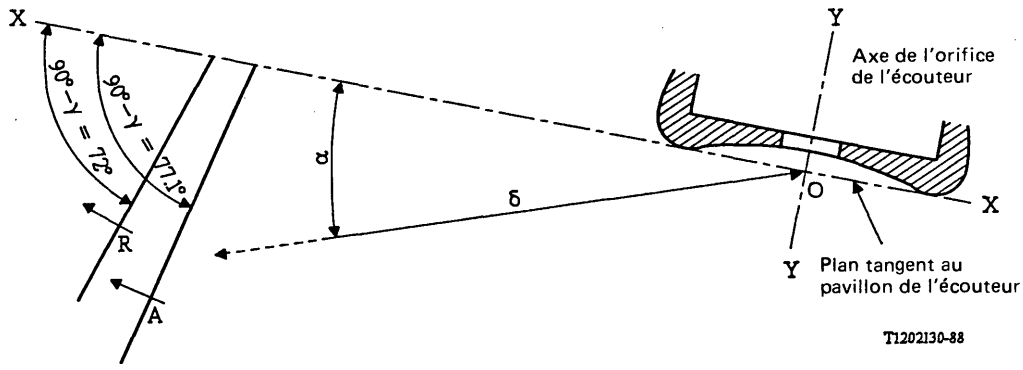
(à la Recommandation P.76)

Définition de la position de conversation pour la mesure d'équivalents pour la sonie de postes téléphoniques à combiné

La présente annexe décrit la position de conversation à utiliser pour mesurer l'efficacité des postes téléphoniques commerciaux (en appliquant la méthode décrite dans la Recommandation P.64) en vue de déterminer les équivalents pour la sonie.

A.1 Pour définir une position de conversation, on décrit, d'une part, les positions relatives de l'ouverture de la bouche et de l'orifice du conduit auditif sur une tête humaine *moyenne* et, d'autre part, les angles qui définissent la position tridimensionnelle d'un combiné téléphonique appliqué à cette même tête. Pour un combiné donné, ces deux descriptions associées définissent la position relative particulière de l'embouchure du microphone et des lèvres de la personne qui parle, donc aussi la direction dans laquelle les ondes sonores de la parole arrivent à l'embouchure et la distance qu'elles ont parcourue à partir d'une *source ponctuelle virtuelle.*

Les positions relatives des lèvres et du conduit auditif peuvent s'exprimer au moyen d'une distance δ et d'un angle α, comme l'indique la figure A-1/P.76. Le point R représente le centre d'un anneau de garde placé dans la position de conversation correspondant à la détermination de l'équivalent de référence effectuée selon les dispositions de la Recommandation P.72 du *Livre rouge.* Le point A représente ce centre dans la détermination des AEN selon la méthode définie dans la Recommandation P.45 du *Livre orange.* Des études portant sur 4012 sujets en République populaire de Chine ont donné des positions moyennes groupées autour du point A (voir la Recommandation P.35).



Remarque 1 – Les points R et A sont définis par les cotes suivantes:
A) $\delta = 136$ mm, $\alpha = 22°$, $\gamma = 12{,}9°$
R) $\delta = 140$ mm, $\alpha = 15{,}5°$, $\gamma = 18°$.

Remarque 2 – Les droites en trait continu passant par A et R représentent chacune le plan tangent aux lèvres.

FIGURE A-1/P.76

Définition géométrique de la position des lèvres par rapport à l'orifice du conduit auditif

Un deuxième angle est nécessaire pour définir la direction du flux vocal de la bouche vers l'embouchure du microphone. Les anciennes Recommandations P.45 et P.72 font mention d'un angle β, mais comme celui-ci n'est pas situé dans le plan de symétrie du combiné, il est plus commode d'utiliser un angle γ qui fixe la position de la projection orthogonale sur ce plan de l'axe du flux vocal.

A.2 La position du centre des lèvres, définie par le point A sur la figure A-1/P.76, sert aussi à définir la nouvelle position de conversation, mais il faut alors définir deux autres angles; l'angle d'orientation Φ du combiné autour de l'axe du pavillon de son écouteur (axe YY dans la figure A-1/P.76) et l'angle d'inclinaison latérale du combiné Θ, c'est-à-dire l'angle par rapport à son axe longitudinal (axe XX de la figure A-1/P.76). Ces angles sont nuls quand le plan de symétrie du combiné est horizontal. Les sens positifs dont on convient sont, naturellement: pour l'angle d'orientation autour de l'axe du pavillon, celui qui correspond à l'abaissement du combiné et, pour l'angle d'inclinaison latérale, celui qui correspond à l'écartement de la partie supérieure de l'écouteur par rapport au plan de symétrie de la tête.

La nouvelle position de conversation est spécifiée par les valeurs suivantes de la distance et des angles définis plus haut:

$$\alpha = 22°, \quad \gamma = 12{,}9°, \quad \delta = 136 \text{ mm}, \quad \Phi = 39° \quad \text{et} \quad \Theta = 13°.$$

L'angle γ ne peut pas être déterminé avec précision et il n'est pas commode à utiliser quand on monte un combiné devant une bouche artificielle; on peut donc le remplacer par la distance semi-interaurale ε. Pour la nouvelle position de conversation, on a $\varepsilon = 77{,}8$ mm.

Pour n'importe quel montage d'essai, la tolérance de fabrication doit être comprise entre $\pm 0{,}5°$ pour les angles définis plus haut.

A.3 La définition ci-dessus de la position de conversation a fait apparaître les problèmes complexes que pose le réglage de la position relative du point de référence-oreille et du centre de l'anneau de garde, ainsi que l'orientation relative de l'axe du pavillon et de l'axe de l'anneau de garde. On a le plus souvent avantage, en particulier pour la construction et l'installation des supports de combinés, à exprimer la position du point de référence-oreille[4] et l'orientation de l'axe du pavillon par rapport à l'anneau de garde, d'autant plus que l'axe de l'anneau de garde est horizontal, comme le serait l'axe d'une bouche artificielle qu'on utiliserait.

A.4 La méthode de l'analyse vectorielle a été appliquée pour déterminer les coordonnées orthogonales de l'écouteur téléphonique par rapport à la position des lèvres lorsque le combiné est installé dans la position de l'anneau de garde pour l'équivalent pour la sonie. Il faut à cet effet définir un système d'axes cartésiens ayant son origine au centre des lèvres (ou au centre des lèvres virtuelles pour une voix artificielle):

axe des x: axe central de la bouche, sens positif vers l'intérieur de la bouche;

axe des y: axe normal à l'axe des x dans le plan horizontal, sens positif vers le côté de la bouche où le combiné est tenu;

axe des z: axe vertical, sens positif vers le haut.

Le point de référence-oreille est défini par le vecteur:

$$(86{,}5,\ 77{,}8,\ 70{,}5) \text{ mm}.$$

On monte le combiné de façon que le point référence-oreille soit à l'intersection de l'axe du pavillon de l'écouteur avec un plan de l'espace sur lequel on peut admettre que l'écouteur repose. Pour certaines formes de combiné, cette définition n'est pas adéquate, auquel cas il convient de bien préciser la position du point de référence-oreille par rapport au combiné.

L'orientation du combiné est définie par un vecteur normal au plan tangent au pavillon de l'écouteur et un vecteur normal au plan de symétrie du combiné.

Vecteurs unitaires normaux au plan de l'écouteur:

$$\pm\ (0{,}1441,\ -0{,}974,\ 0{,}1748)$$

Vecteurs unitaires normaux au plan de symétrie du combiné:

$$\pm\ (0{,}6519,\ -0{,}0394,\ -0{,}7572)$$

[4] On trouvera la définition du point de référence-oreille dans la Recommandation P.64.

Si l'on utilise une voix artificielle, il faut prendre comme origine du système d'axes de référence le centre des lèvres virtuelles; en général, le plan des lèvres virtuelles n'est pas confondu avec le plan tangent à l'orifice de la bouche artificielle.

Une autre solution qui peut être commode consiste à définir la position de conversation dans un système d'axes ayant pour origine le point de référence-oreille. Ces axes se définissent comme suit:

axe des x: axe du pavillon de l'écouteur, sens positif vers l'intérieur de l'oreille;

axe des y: droite d'intersection du plan de symétrie du combiné avec le plan tangent au pavillon de l'écouteur, sens positif vers le microphone;

axe des z: normale au plan de symétrie du combiné, sens positif en oblique vers le haut.

Le centre de l'anneau de garde est défini par le vecteur:

$$(50{,}95,\ 126{,}10,\ 0)\ \text{mm}$$

L'orientation de l'anneau de garde est définie par un vecteur unitaire de l'axe de l'anneau:

$$\pm\ (0{,}1441,\ -0{,}7444,\ -0{,}6250)$$

et l'orientation du combiné est définie en spécifiant la normale au moyen du vecteur unitaire:

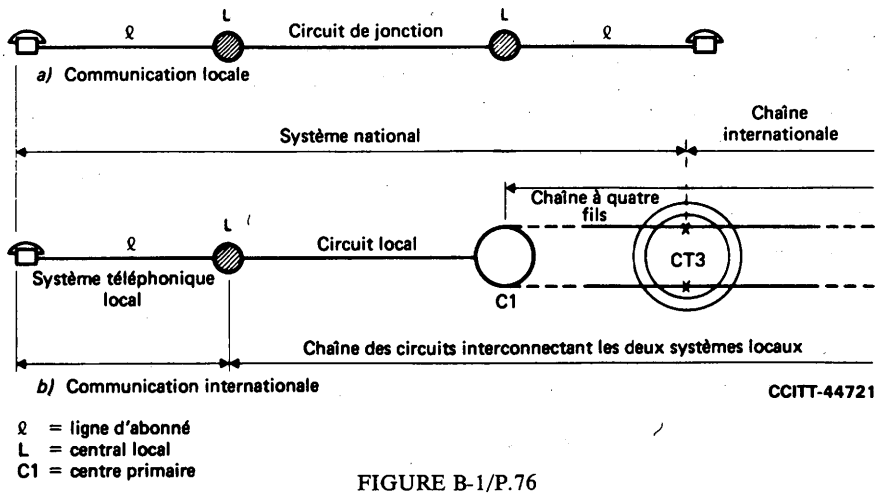
$$\pm\ (0{,}1748,\ -0{,}6293,\ +0{,}7572).$$

Remarque – La position de conversation définie ci-dessus diffère de la position de l'anneau de garde spécial par les valeurs de Φ (37°) et Θ (19°). On a constaté que lorsqu'on utilise la nouvelle position, au lieu de celle de l'anneau de garde spécial, pour déterminer les équivalents pour la sonie, les mesures d'efficacité ne sont pratiquement pas modifiées.

ANNEXE B

(à la Recommandation P.76)

Explications relatives à certains termes



ℓ = ligne d'abonné
L = central local
C1 = centre primaire

FIGURE B-1/P.76

La terminologie de la figure B-1/P.76 est applicable aux parties d'une communication téléphonique d'après les Recommandations G.101 [3], G.111 [4], G.121 [5] et les manuels du CCITT.

Remarque – Dans la présente Recommandation, l'expression «circuit de jonction» est utilisée dans une acception particulière pour désigner la «chaîne de circuits reliant les deux systèmes téléphoniques locaux». L'«affaiblissement de jonction» est utilisé dans les essais en laboratoire pour la détermination des équivalents pour la sonie.

Références

[1] CCITT – Question 19/XII, contribution COM XII-N° 1 de la période d'études 1985-1988, Genève, 1985.

[2] Manuel du CCITT *Planification de la transmission dans les réseaux téléphoniques à commutation*, chapitre I, annexe 1, UIT, Genève, 1976.

[3] Recommandation du CCITT *Le plan de transmission*, tome III, Rec. G.101.

[4] Recommandation du CCITT *Equivalents pour la sonie (ES) dans une communication internationale*, tome III, Rec. G.111.

[5] Recommandation du CCITT *Equivalents pour la sonie (ES) des systèmes nationaux*, tome III, Rec. G.121.

Recommandation P.78

MÉTHODE SUBJECTIVE DE DÉTERMINATION DES ÉQUIVALENTS POUR LA SONIE, CONFORME À LA RECOMMANDATION P.76

(modifiée à Malaga-Torremolinos, 1984, et à Melbourne, 1988)

Avant-propos

La présente Recommandation décrit une méthode subjective d'évaluation que le laboratoire du CCITT a considéré répondre à ses besoins. Elle peut être utilisée dans d'autres laboratoires. A condition que le système de référence intermédiaire (SRI) satisfasse aux clauses de la Recommandation P.48 et à d'autres clauses spécifiées dans la Recommandation P.76, les équivalents pour la sonie obtenus avec cette méthode peuvent être utilisés pour faire avancer l'étude de la Question 19/XII [1] (Valeurs recommandées pour les équivalents pour la sonie). La présente Recommandation servira, conjointement aux Recommandations P.76 et P.48, à définir les équivalents pour la sonie utilisables dans les travaux de planification.

Résumé

On trouvera dans la présente Recommandation les données essentielles pour définir la méthode de détermination des équivalents pour la sonie conformément à la Recommandation P.76, lorsqu'on a recours à des sujets qui font les mêmes équilibrages de la force des sons. Ce texte contient des renseignements sur la méthode d'équilibrage, le choix des sujets, le contenu des paroles prononcées, la conception de l'expérience, la méthode d'analyse et la présentation des résultats.

L'utilisation d'une méthode d'équilibrage direct est toujours à l'étude au titre de la Question 8/XII. Cette méthode est décrite dans le Supplément n° 17.

1 Introduction

Pour comparer les résultats du calcul des équivalents pour la sonie (Recommandation P.79), on a besoin d'une méthode bien définie pour déterminer subjectivement ces indices. On trouvera ci-après des indications sur tous les éléments d'un essai, depuis le choix des opérateurs jusqu'à la méthode d'analyse et enfin la présentation des résultats.

2 Considérations générales

Pour des essais subjectifs, on compare les trajets de conversation étudiés avec le système de référence fondamental (SRF) (avec toutefois la possibilité d'utiliser d'autres systèmes de référence), selon les dispositions suivantes:

a) *Trajet 0* – Constitué par le système de référence fondamental; c'est toujours par rapport à lui que l'on équilibre les autres trajets. On emploie pour cela le NOSFER réglé à 25 dB.

b) *Trajet 1* – Partie émettrice du système téléphonique local (STL) étudié, reliée par la «ligne» de jonction étudiée et par une ligne d'affaiblissement réglable à la partie réceptrice du même système étudié. La ligne d'affaiblissement réglable doit être insérée de telle sorte que les relations d'impédance entre les trois parties de la communication (partie émettrice, «ligne» de jonction et partie réceptrice) ne soient pas perturbées.

c) *Trajet 2* – Partie émettrice du système de référence intermédiaire (SRI), reliée par une ligne d'affaiblissement réglable à la partie émettrice de ce même SRI.

d) *Trajet 3* – Partie émettrice du système étudié (système téléphonique local), reliée par une ligne d'affaiblissement réglable à la partie réceptrice du SRI.

e) *Trajet 4* – Partie émettrice du SRI reliée par une ligne d'affaiblissement réglable à la partie réceptrice du même système étudié (système téléphonique local).

f) *Trajet 5* – Partie émettrice du SRI, reliée par la «ligne» de jonction étudiée et par une ligne d'affaiblissement réglable à la partie réceptrice du même SRI. La ligne d'affaiblissement réglable doit être insérée de telle sorte que les relations d'impédance entre les trois parties de la communication (partie émettrice, «ligne» de jonction et partie réceptrice) ne soient pas perturbées.

Pour ces comparaisons subjectives, on fixe à une certaine valeur l'affaiblissement de la «ligne» de jonction du système de référence fondamental, c'est-à-dire qu'on maintient constant le niveau de puissance des sons vocaux reçus à travers le système de référence fondamental; on équilibre les forces des sons entre les deux trajets à comparer en procédant par la méthode dite des marges, la ligne d'affaiblissement d'équilibrage étant insérée dans le trajet téléphonique soumis aux essais (ou dans le SRI).

Tant pour le SRI que pour les postes téléphoniques soumis aux essais, la position de conversation doit être celle qui a été définie à l'appendice A à la Recommandation P.76.

La figure 1/P.78 représente la constitution des trajets téléphoniques à comparer. L'équilibrage doit se faire au niveau de puissance vocale défini dans la Recommandation P.72.

Les équivalents pour la sonie, par rapport au système de référence intermédiaire, tel que défini dans la Recommandation P.76, sont exprimés par les formules:

$$\text{EGS} = x_2 - x_1$$

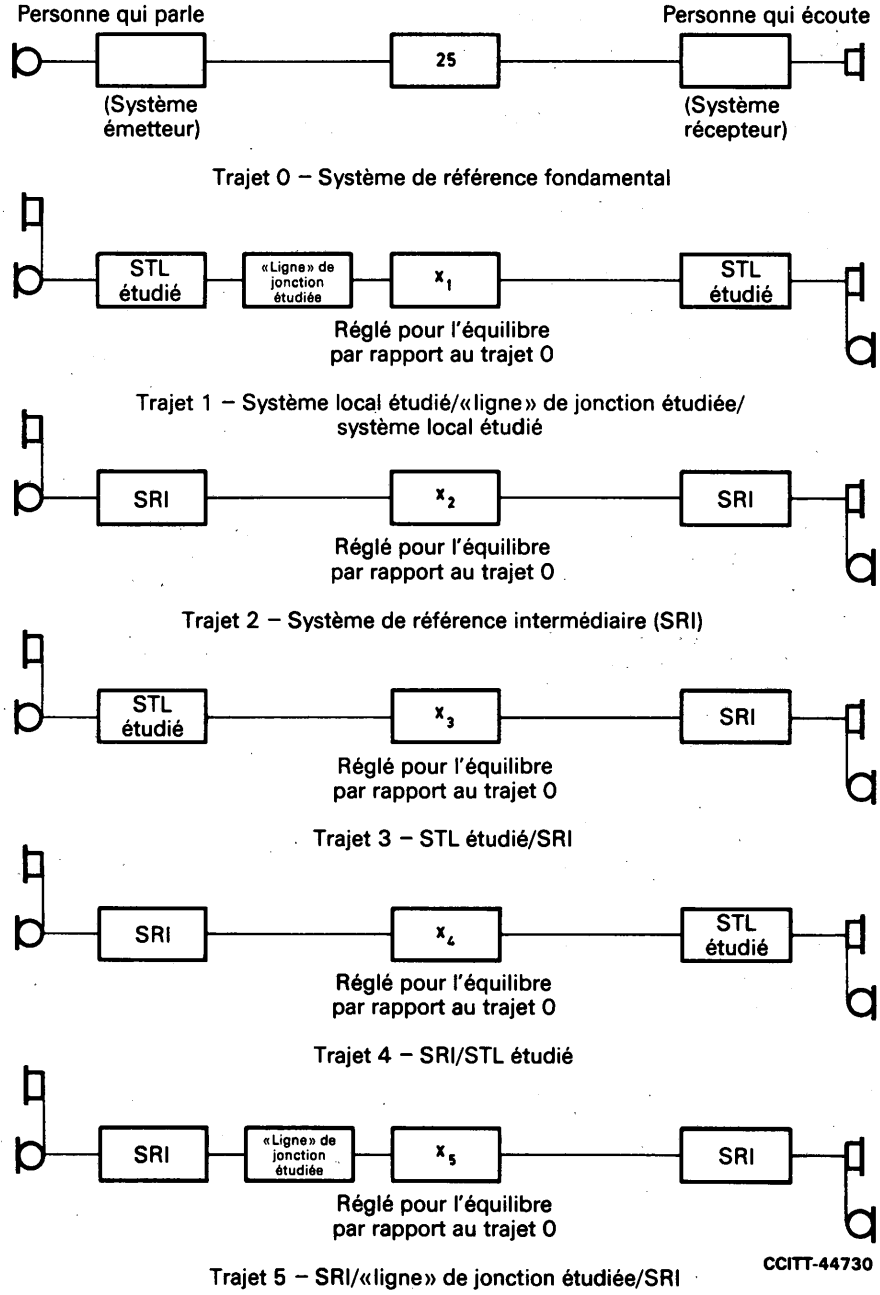
$$\text{ESE} = x_2 - x_3$$

$$\text{ESR} = x_2 - x_4$$

$$\text{ESJ} = x_2 - x_5$$

Une expérience ne doit pas nécessairement couvrir la totalité des trajets ci-dessus mentionnés. Les trajets 0 et 2 sont indispensables, mais il suffit de leur adjoindre les trajets 3 et 4 pour déterminer les équivalents pour la sonie pour la partie émettrice et la partie réceptrice d'un système téléphonique local; les trajets à adjoindre pour déterminer l'équivalent pour la sonie pour la «ligne» de jonction sont les trajets 0, 2 et 5. Le trajet 1 n'est généralement nécessaire que si l'on désire vérifier la loi d'addition des équivalents pour la sonie, selon laquelle:

$$\text{EGS} = \text{ESE} + \text{ESJ} + \text{ESR}$$



Remarque – L'équilibrage direct de la sonie du système étudié, par rapport au SRI, est également possible (voir le Supplément n° 17).

FIGURE 1/P.78

Constitution des systèmes pour méthode subjective de détermination des équivalents pour la sonie

3 Conception de l'expérience

Pour pouvoir se fier aux résultats, il faut appliquer des méthodes d'essai adéquates et concevoir l'expérience de façon appropriée. La procédure doit être préparée de manière à exclure toute ambiguïté.

Il faut tenir compte des points suivants dans la conception de l'expérience:

a) l'expérience doit être conçue de telle sorte que toutes les influences qui échappent à tout contrôle agissent de façon aléatoire; il s'agit par exemple des petites variations journalières de l'«équation personnelle» des sujets et/ou des appareils de mesure;

b) si on est obligé de faire des équilibrages en trop grand nombre pour que ceux-ci puissent être effectués commodément dans le courant d'une journée, l'expérience doit être conçue de manière que l'on puisse faire chaque jour le même nombre d'équilibrages sur chaque type de circuit;

c) les opérateurs qui commencent un essai doivent toujours être conservés pendant toute la durée de l'essai [2];

d) il est bon d'avoir un *minimum* de 12 combinaisons de deux opérateurs et un *maximum* de 20. On peut obtenir 12 combinaisons à partir de 2 équipes de 3 (voir le tableau 1a/P.78) ou d'une équipe de 4. Pour obtenir 18 combinaisons, on peut partir d'une équipe de 6 opérateurs (voir le tableau 1b/P.78) et, pour 20 combinaisons, une équipe de 5 (voir le tableau 2a/P.78);

Remarque – En règle générale, une équipe de 6 opérateurs, donnant 30 combinaisons de deux opérateurs (voir le tableau 2b/P.78), permet d'obtenir un essai plus complet, avec une précision très légèrement supérieure à celle qui est réalisable avec les effectifs d'équipe indiqués plus haut.

TABLEAU 1a/P.78

Douze combinaisons de deux opérateurs, pris dans deux équipes de trois (Méthode des 3/6)

Opérateur (personne qui parle)	Opérateur (personne qui écoute) A	B	C	D	E	F
A		X	X			
B	X		X			
C	X	X				
D					X	X
E	X					X
F	X	X				

TABLEAU 1b/P.78

Dix-huit combinaisons de deux opérateurs, pris dans une équipe de six (Méthode des 3/6')

Opérateur (personne qui parle)	Opérateur (personne qui écoute) A	B	C	D	E	F
A				X	X	X
B				X	X	X
C				X	X	X
D	X	X	X			
E	X	X	X			
F	X	X	X			

TABLEAU 2a/P.78

Vingt combinaisons de deux opérateurs, pris dans une équipe de cinq (Méthode des 5/5)

Opérateur (personne qui parle)	Opérateur (personne qui écoute) A	B	C	D	E
A		X	X	X	X
B	X		X	X	X
C	X	X		X	X
D	X	X	X		X
E	X	X	X	X	

TABLEAU 2b/P.78

Trente combinaisons de deux opérateurs, pris dans une équipe de six (Méthode des 6/6)

Opérateur (personne qui parle)	Opérateur (personne qui écoute) A	B	C	D	E	F
A		X	X	X	X	X
B	X		X	X	X	X
C	X	X		X	X	X
D	X	X	X		X	X
E	X	X	X	X		X
F	X	X	X	X	X	

e) lorsqu'on a recours à 2 équipes de 3 opérateurs, on peut «entrelacer» ces équipes, mais il est généralement plus commode de séparer les équipes et de faire l'essai avec l'équipe n° 1 avant l'équipe n° 2. Il faut éviter d'avoir les mêmes sujets dans les deux équipes, car il en résulte une distorsion des résultats et une plus grande complication dans l'analyse;

f) toutes les combinaisons de 2 opérateurs doivent être mises à l'essai par roulement, lorsque cela est commode; ainsi, chaque opérateur est utilisé comme personne qui parle, puis comme personne qui écoute, après quoi il a droit à une pause;

g) la conception de l'expérience doit éliminer toute influence pouvant être attribuée à l'ordre de présentation, ce qui revient à dire que tous les circuits doivent être établis dans un ordre aléatoire. Les deux exemples ci-dessous serviront à illustrer ce point:

Exemple 1

Si on a besoin de connaître un seul type d'équivalent pour la sonie, avec une combinaison donnée (appareil téléphonique et état du système), l'expérience doit être conçue de manière à pouvoir tenir compte de l'influence éventuelle de l'ordre de présentation pour chaque combinaison de 2 opérateurs. Le tableau 3/P.78 en donne un exemple.

Remarque – Cependant, si un laboratoire a établi de manière suffisamment probante que cette méthode de concevoir l'expérience n'est pas nécessaire, elle peut alors être simplifiée.

TABLEAU 3/P.78

Exemple illustrant la façon d'éliminer l'influence de l'ordre de présentation pour un seul type d'équivalent pour la sonie

Couples d'opérateurs	Personne qui parle Personne qui écoute	A B	B C	C A
Systèmes	α	3	1	2
	α′	2	3	4
	β	1	4	3
	β′	4	2	1

α = le trajet 0 est présenté avant le trajet 2

α′ = le trajet 2 est présenté avant le trajet 0

β = le trajet 0 est présenté avant le trajet 3

β′ = le trajet 3 est présenté avant le trajet 0

Remarque – Lorsqu'il est prouvé pour une équipe d'essai donnée et pour un ensemble de conditions d'essai donné, qu'il n'existe pas de différence de résultats, la distinction entre l'ordre de présentation des trajets doit être éliminée.

Exemple 2

Si on a besoin de connaître plusieurs équivalents pour la sonie ou si on utilise plus d'un appareil téléphonique, il suffit de faire un seul équilibrage du trajet 2 par rapport au trajet 0, et vice versa, pour chaque combinaison de deux opérateurs et pour n'importe quelle expérience, mais il faut donner à ce processus un caractère aléatoire à l'intérieur de l'expérience. Voir l'exemple du tableau 4/P.78.

TABLEAU 4/P.78

Exemple illustrant la façon d'éliminer l'influence de l'ordre de présentation pour deux types d'équivalent pour la sonie

Couples d'opérateurs	Personne qui parle Personne qui écoute	A B	B C	C A
Systèmes	α	3	1	2
	α'	5	4	6
	β_1	1	2	5
	β'_1	6	5	3
	β_2	2	6	4
	β'_2	4	3	1

β_1, β'_1 = 0 km de câble d'abonné, par exemple

β_2, β'_2 = 6 km de câble d'abonné, par exemple.

L'annexe A donne des exemples de la manière dont on peut concevoir l'expérience.

4 Choix des opérateurs et du contenu des paroles prononcées

Les conditions à respecter pour le choix des opérateurs, y compris pour le contrôle audiométrique des sujets, ainsi que les paroles prononcées par ces opérateurs pendant les essais subjectifs, figurent dans l'annexe B.

5 Etalonnage du SRI

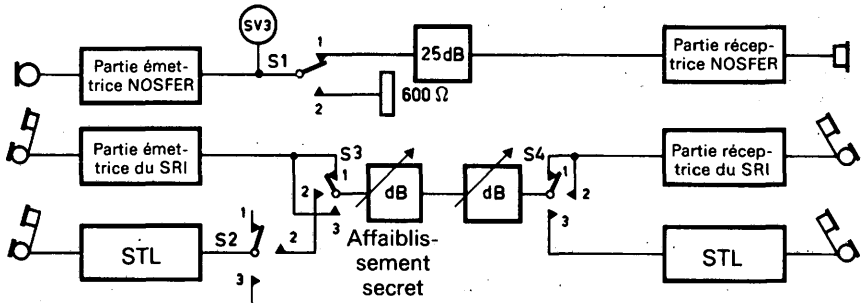
Il est de la plus haute importance que le SRI soit étalonné avant chaque essai, ce qui permettra de compenser, dans les résultats, les petites modifications de l'ESE et de l'ESR, ou de modifier l'efficacité avant l'essai. Du point de vue expérimental, il est bon de vérifier l'efficacité du SRI avant chaque essai. La Recommandation P.48 donne la spécification du SRI et la Recommandation P.64 contient une description de la méthode d'étalonnage. Les résultats de l'étalonnage permettent de déterminer les corrections à apporter aux résultats des équilibrages subjectifs (voir le § 9).

6 Constitution des circuits

La partie a) de la figure 2/P.78 représente le schéma typique d'un circuit pour la mesure d'ESE et de l'ESR. Les parties b) et c) de la figure 2/P.78 représentent des schémas pour la mesure de l'ESJ et de l'EGS, respectivement. Si l'expérimentateur le désire, il peut fort bien procéder au cours de la même expérience aux essais sur les quatre types d'équivalent pour la sonie, mais cela nécessite alors des systèmes de commutation extrêmement complexes.

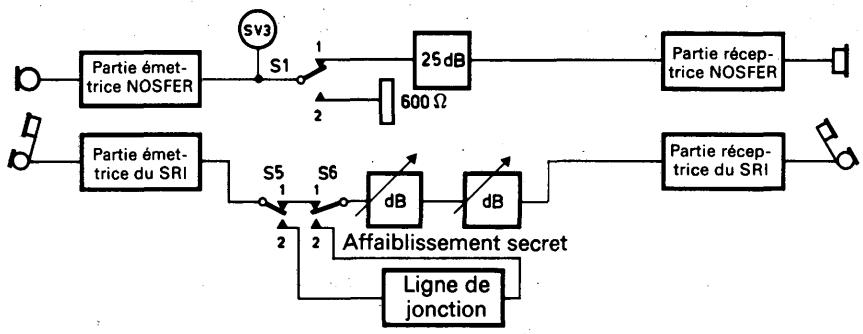
Dans la figure 2/P.78, la résistance de 600 ohms, sur la deuxième position du commutateur S1, permet de régler le niveau vocal à la valeur voulue lorsque le trajet 0 est présenté après le trajet 1/2/3/4/5 (voir figure 1/P.78). Ce commutateur doit être du type sans verrouillage et revenir dans sa position normale dès que la personne qui parle a atteint le niveau vocal voulu.

En vue de diminuer l'influence de l'effet local sur le niveau de puissance vocale de la personne qui parle pendant la détermination de l'ESE et de l'EGS, il convient de neutraliser le trajet acoustique de l'effet local des combinés des appareils téléphoniques. Cette opération peut être effectuée en plaçant l'écouteur dans un autre combiné semblable et en établissant les connexions électriques nécessaires avec les terminaux appropriés du circuit de transmission téléphonique. On peut ensuite fixer cet écouteur de façon hermétique sur une oreille artificielle CCITT/CEI afin d'obtenir la charge acoustique adéquate. Le Post Office australien emploie une méthode plus simple qui consiste à boucher l'écouteur au moyen d'une grosse bande adhésive. Bien que la charge acoustique puisse dans ce cas ne pas être satisfaisante, la pratique a démontré que l'effet de ce système est négligeable.



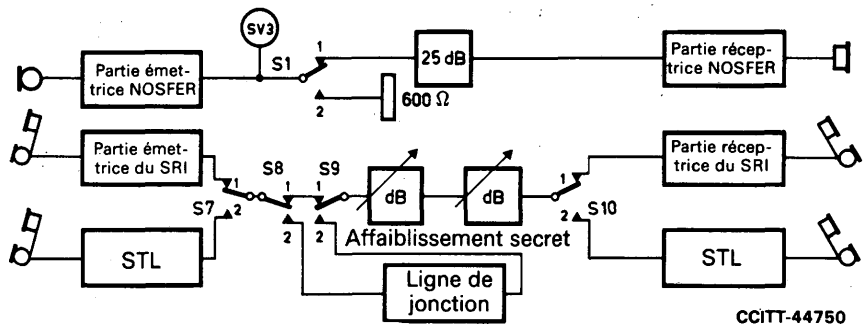
Remarque – S1 est un commutateur sans verrouillage, S2, S3 et S4 sont montés sur le même axe.

a) Schéma de commutation pour la mesure de l'ESE et de l'ESR



Remarque – S1 est un commutateur sans verrouillage, S5 et S6 sont montés sur le même axe.

b) Schéma de commutation pour la mesure de l'ESJ



Remarque – S1 est un commutateur sans verrouillage, S7, S8, S9 et S10 sont montés sur le même axe.

c) Schéma de commutation pour la mesure de l'EGS

FIGURE 2/P.78

Si le microphone est du type à grenaille de charbon, il faut alors utiliser avant chaque équilibrage la méthode de traitement préalable mentionnée dans la Recommandation P.75.

Les figures 1/P.78 et 2/P.78 montrent le système de référence fondamental NOSFER, mais on pourrait employer d'autres types de systèmes, par exemple le SETED et le METRE-AIR-PATH.

7 Enregistrement de l'information obtenue

Il est indispensable d'enregistrer le plus possible d'information pour chaque essai, sous une forme telle que cette information puisse être extraite ultérieurement à tout instant.

7.1 *Renseignements détaillés sur l'essai*

Pour chaque essai, il faut toujours fournir les renseignements suivants:

a) numéro de l'essai – ce numéro doit être unique, afin d'éviter toute confusion entre les essais;

b) date;

c) titre – brève description de l'essai;

d) état du système – description de chaque trajet;

e) schéma du système de commutation;

f) membres des équipes – donner le nom de chaque opérateur et attribuer un code, par exemple, comme dans le tableau 5/P.78. Cela étant, chaque combinaison de 2 opérateurs peut être désignée par un code, par exemple A-B.

TABLEAU 5/P.78

Membres de l'équipe	
Code	Opérateur
A B C D E F	

7.2 *Equilibrages individuels*

Ces équilibrages doivent toujours comprendre l'affaiblissement par affaiblissement secret, l'affaiblissement d'«équilibrage» et enfin le résultat de la comparaison, par exemple:

$$R = S + E$$

où

R est le résultat

S est l'affaiblissement secret

E est l'équilibrage.

8 Analyse

Pour toute expérience, quelle qu'elle soit, la plus grande partie de l'information peut être obtenue sur la base d'une analyse de variance. Toutefois, on peut obtenir une quantité suffisante d'informations utiles en considérant la moyenne et l'écart type. La méthode de calcul de ces paramètres est donné dans l'annexe C.

9 Présentation des résultats

Les résultats d'un essai doivent être présentés de telle manière que l'information importante puisse être reproduite sur un seul formulaire. Le tableau 6/P.78 donne un exemple d'un tel formulaire.

Remarque – Dans les tableaux 6/P.78 à 8/P.78, moyenne corrigée = moyenne + correction.

Les tableaux 7/P.78 et 8/P.78 montrent des exemples concrets de l'utilisation du formulaire reproduit dans le tableau 6/P.78. Ce formulaire a été modifié afin de permettre la détermination de l'ESE et de l'ESR dans un système téléphonique local comprenant deux longueurs de lignes. Les tableaux 7/P.78 et 8/P.78 montrent respectivement les résultats relatifs à l'ESE et de l'ESR.

TABLEAU 6/P.78

Présentation des résultats

Fréquence (Hz)	Efficacité du SRI à l'émission (dBV/Pa)	Efficacité du SRI à la réception [a] (dBPa/V)	Couple d'opérateurs	x_0 (dB)	x_2 (dB)	x'_2 (dB)	x_3 (dB)	x'_3 (dB)	x_2 (dB)	x'_2 (dB)	x_4 (dB)	x'_4 (dB)	ESE (dB)	ESE′ (dB)	ESR (dB)	ESR′ (dB)	$\frac{ESE + ESE'}{2}$ (dB)	$\frac{ESR + ESR'}{2}$ (dB)
100																		
125																		
160																		
200																		
250																		
315																		
400																		
500																		
630																		
800																		
1000																		
1250																		
1600																		
2000																		
2500																		
3150																		
4000																		
5000																		
6300																		
8000																		
ES du SRI calculé			Moyenne: dB															
			Ecart type: dB															
			Limites de confiance à 95%: dB															
				Moyenne corrigée: dB														

[a] Oreille artificielle conforme à la Recommandation P.51.

TABLEAU 7/P.78

Exemple destiné à illustrer l'utilisation du formulaire reproduit dans le tableau 6/P.78 pour la détermination de l'ESE

Fréquence (Hz)	Efficacité du SRI à l'émission (dBV/Pa)	Efficacité du SRI à la réception [a] (dBPa/V)	Couple d'opérateurs	x_0 (dB)	x_2 (dB)	x'_2 (dB)	x_3 (0) (dB)	x'_3 (0) (dB)	x_2 (dB)	x'_2 (dB)	x_3 (L) (dB)	x'_3 (L) (dB)	ESE (0) (dB)	ESE' (0) (dB)	ESE (L) (dB)	ESE' (L) (dB)	$\frac{ESE + ESE'}{2}$ (0) (dB)	$\frac{ESE + ESE'}{2}$ (L) (dB)
100			A-C	25	14	15	13	14			12	10	1	1	2	5	1,0	3,5
125			D-A	25	13	13	8	10			10	11	5	3	3	2	4,0	2,5
160			C-D	25	10	11	7	11			10	11	3	0	0	0	1,5	0,0
200	−19,7		D-C	25	12	14	11	10			10	11	1	4	2	3	2,5	2,5
250	−15,3		C-A	25	17	17	17	13			12	14	0	4	5	3	2,0	4,0
315	−12,2		A-D	25	10	12	8	10			10	8	2	2	0	4	2,0	2,0
400	− 9,6		F-E	25	11	11	7	7			5	4	4	4	6	7	4,0	6,5
500	− 8,0		B-F	25	10	11	6	8			5	7	4	3	5	4	3,5	4,5
630	− 6,7		E-B	25	13	12	8	13			8	9	5	−1	5	3	2,0	4,0
800	− 5,9		E-F	25	13	13	12	11			12	8	1	2	1	5	1,5	3,0
1000	− 5,6		F-B	25	12	13	9	5			5	6	3	8	7	7	5,5	7,0
1250	− 4,2		B-E	25	12	13	9	9			9	10	3	4	3	3	3,5	3,0
1600	− 1,2																	
2000	0																	
2500	+ 1,0																	
3150	+ 0,3																	
4000	−36,5																	
5000																		
6300																		
8000																		
ES du SRI calculé	1,09		Moyenne: dB	25	12,25	12,92	9,58	10,08			9,00	9,08	2,67	2,83	3,25	3,83	2,75	3,54
			Ecart type: dB	0	1,92	1,71	3,01	2,50			2,58	2,56	1,60	2,23	2,24	1,91	1,28	1,82
			Limites de confiance à 95%: dB	0	1,22	1,08	1,91	1,59			1,64	1,63	1,02	1,42	1,42	1,21	0,81	1,16
				Moyenne corrigée: dB									3,76	3,92	4,34	4,92	3,84	4,63

[a] Oreille artificielle conforme à la Recommandation P.51.

TABLEAU 8/P.78

Exemple destiné à illustrer l'utilisation du formulaire reproduit dans le tableau 6/P.78 pour la détermination de l'ESR

Fréquence (Hz)	Efficacité du SRI à l'émission (dBV/Pa)	Efficacité du SRI à la réception [a] (dBPa/V)	Couple d'opérateurs	x_0 (dB)	x_2 (dB)	x'_2 (dB)	x_4 (0) (dB)	x'_4 (0) (dB)	x_2 (dB)	x'_2 (dB)	x_4 (L) (dB)	x'_4 (L) (dB)	ESR (0) (dB)	ESR' (0) (dB)	ESR (L) (dB)	ESR' (L) (dB)	$\frac{ESR + ESR'}{2}$ (0) (dB)	$\frac{ESR + ESR'}{2}$ (L) (dB)
100			C-B	25	10	11	20	20			15	13	−10	− 9	−5	−2	− 9,5	−3,5
125			B-E	25	15	9	19	21			13	13	− 4	−12	2	−4	− 8,0	−1,0
160			B-C	25	14	17	23	23			17	14	− 9	− 6	−3	3	− 7,5	0,0
200		− 3,8	E-B	25	11	10	19	19			13	15	− 8	− 9	−2	−5	− 8,5	−3,5
250		2,0	C-E	25	8	11	16	18			14	15	− 8	− 7	−6	−4	− 7,5	−5,0
315		6,6	E-C	25	13	13	18	18			13	16	− 5	− 5	0	−3	− 5,0	−1,5
400		9,8	D-F	25	8	9	13	13			12	9	− 5	− 4	−4	0	− 4,5	−2,0
500		11,2	F-A	25	14	14	22	21			17	16	− 8	− 7	−3	−2	− 7,5	−2,5
630		12,1	D-A	25	12	10	18	18			13	13	− 6	− 8	−1	−3	− 7,0	−2,0
800		12,8	A-D	25	12	8	21	19			12	11	− 9	−11	0	−3	−10,0	−1,5
1000		13,4	A-F	25	10	9	15	18			9	9	− 5	− 9	1	0	− 7,0	0,5
1250		13,8	F-D	25	11	9	19	16			10	10	− 8	− 7	1	−1	− 7,5	0,0
1600		14,0																
2000		13,2																
2500		11,0																
3150		10,4																
4000		−15,8																
5000																		
6300																		
8000																		
ES du SRI calculé		− 0,16	Moyenne: dB	25	11,50	10,83	18,58	18,67			13,17	12,83	− 7,08	− 7,83	−1,67	−2,00	− 7,46	−1,83
			Ecart type: dB	0	2,18	2,51	2,75	2,46			2,30	2,44	1,89	2,23	2,46	2,12	1,51	1,56
			Limites de confiance à 95%: dB	0	1,38	1,59	1,75	1,56			1,46	1,55	1,20	1,42	1,56	1,35	0,96	0,99
				Moyenne corrigée: dB									− 7,24	− 7,99	−1,83	−2,16	− 7,62	−1,99

[a] Oreille artificielle conforme à la Recommandation P.51.

ANNEXE A

(à la Recommandation P.78)

Exemples de conception de l'expérience

Les tableaux A-2/P.78, A-3/P.78 et A-4/P.78 donnent les valeurs typiques de l'effectif des équipes des équilibrages:

Par exemple, si on applique le tableau A-2/P.78, on obtient la structure pour l'ordre des équilibrages indiqué dans le tableau A-1/P.78.

TABLEAU A-1/P.78

Equilibrages	Couple d'opérateurs	Système
1	BA	β_1
2	CB	α
3	DC	β_2
|		|
|		|
|		|
13	BA	β'_1
14	CB	β_1
15	DC	β'_2
|		|
|		|
|		|
25	BA	β_2
26	CB	β'_2
27	DC	α
|		|
|		|
|		|
71	AC	β_5
72	DA	α'

Les couples d'opérateurs effectuent tous les équilibrages par roulement, dans l'ordre numérique, en commençant par «1», jusqu'à «6».

On peut établir des tableaux analogues pour un essai portant sur un seul type d'indice de force des sons et dans lequel on a besoin seulement de 4 systèmes, par exemple α, α', β et β' pour un essai d'ESE; les numéros 1, 2, 3 et 4 étant assignés respectivement à ces systèmes dans la conception de l'expérience.

Pour un essai portant sur un plus grand nombre de systèmes, on peut appliquer les mêmes principes, en assignant autant de numéros qu'il y a de systèmes.

Il peut être nécessaire d'améliorer la validité des résultats; à cet effet, on peut appliquer les mêmes principes d'expérimentation en utilisant les mêmes couples d'opérateurs.

TABLEAU A-2/P.78

Arrangement pour une équipe de 4 opérateurs ou 2 équipes de 3 opérateurs

1 équipe de 4 couples d'opérateurs	Personne qui parle	B	C	D	A	C	B	A	B	C	D	A	D
	Personne qui écoute	A	B	C	D	A	D	B	C	D	B	C	A
2 équipes de 3	Personne qui parle	B	C	A	C	B	A	E	F	D	F	E	D
	Personne qui écoute	A	B	C	A	C	B	D	E	F	D	F	E
Systèmes	α	4	1	3	2	6	5	3	6	1	5	4	2
	α'	6	5	4	3	2	1	2	4	5	3	1	6
	β_1	1	2	5	6	3	4	5	3	2	1	6	4
	β'_1	2	4	6	5	1	3	4	2	3	6	5	1
	β_2	3	6	1	4	5	2	6	1	4	2	3	5
	β'_2	5	3	2	1	4	6	1	5	6	4	2	3

TABLEAU A-3/P.78

Arrangement pour une équipe de 6

Couples d'opérateurs	Personne qui parle	D	E	F	E	F	D	F	D	E	A	B	C	A	B	C	A	B	C
	Personne qui écoute	A	B	C	A	B	C	A	B	C	D	E	F	E	F	D	F	D	E
Systèmes	α	4	1	3	2	6	5	3	6	1	5	4	2	1	2	6	3	5	4
	α'	6	5	4	3	2	1	2	4	5	3	1	6	5	4	1	6	2	3
	β_1	1	2	5	6	3	4	5	3	2	1	6	4	4	6	2	1	3	5
	β'_1	2	4	6	5	1	3	4	2	3	6	5	1	3	1	4	5	6	2
	β_2	3	6	1	4	5	2	6	1	4	2	3	5	6	5	3	2	4	1
	β'_2	5	3	2	1	4	6	1	5	6	4	2	3	2	3	5	4	1	6

TABLEAU A-4/P.78

Arrangement pour une équipe de 5

Couples d'opérateurs	Personne qui parle	B	C	D	E	A	C	E	B	D	A	D	B	E	C	A	E	D	C	B	A
	Personne qui écoute	A	B	C	D	E	A	C	E	B	D	A	D	B	E	C	A	E	D	C	B
Systèmes	α	4	1	3	2	6	5	3	6	1	5	4	2	1	2	6	3	5	4	1	6
	α'	6	5	4	3	2	1	2	4	5	3	1	6	5	4	1	6	2	3	2	5
	β_1	1	2	5	6	3	4	5	3	2	1	6	4	4	6	2	1	3	5	3	4
	β'_1	2	4	6	5	1	3	4	2	3	6	5	1	3	1	4	5	6	2	4	3
	β_2	3	6	1	4	5	2	6	1	4	2	3	5	6	5	3	2	4	1	5	2
	β'_2	5	3	2	1	4	6	1	5	6	4	2	3	2	3	5	4	1	6	6	1

ANNEXE B

(à la Recommandation P.78)

Choix des opérateurs et des équipes, contrôle audiométrique des sujets et contenu des paroles prononcées

B.1 *Opérateurs*

Dans toute la mesure possible, une équipe doit comprendre des opérateurs masculins et féminins en nombre égal.

On trouvera ci-après quelques indications sur la manière de choisir les opérateurs:

a) bonne audition. Pour aucun opérateur, la perte d'audition ne doit dépasser 15 dB (sur toutes les fréquences allant jusqu'à 4 kHz, y compris 4 kHz) et elle ne doit pas dépasser 25 dB à 8 kHz; c'est ce que montre la figure B-1/P.78. S'il apparaît que des équilibrages contra-latéraux sont nécessaires, et si ces équilibrages font intervenir les deux oreilles, la différence entre les oreilles ne doit pas dépasser ± 10 dB pour toutes les fréquences. Un exemple de méthode de contrôle audiométrique des sujets est présenté ci-dessous au § B.2;

b) clarté d'élocution. Les opérateurs ne doivent avoir aucun défaut d'élocution flagrant;

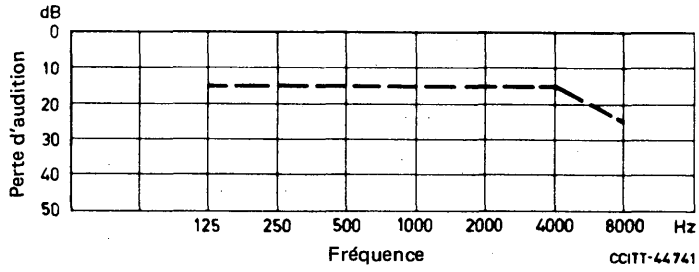
c) l'opérateur doit être capable de travailler en bonne entente avec d'autres personnes;

d) l'opérateur doit être capable de faire des calculs arithmétiques simples;

e) l'opérateur doit être capable de parler à un niveau vocal constant, avec l'aide d'un appareil de mesure, après un entraînement suffisant;

f) l'opérateur ne doit pas souffrir de claustrophobie; en effet, chaque opérateur doit, pendant l'essai, être enfermé pendant une courte période;

g) des contrôles doivent être effectués à intervalles réguliers pour déterminer les qualités de chaque opérateur en tant que personne qui parle et personne qui écoute, afin de relever tous les changements insolites. A cet égard, on trouvera une description complète en [3].



Remarque – L'audition nominale correspond à 0 dB.

FIGURE B-1/P.78

Gabarit de la perte d'audition maximale des opérateurs

B.2 *Contrôle audiométrique des sujets – Premier tri – Procédure* [4]

B.2.1 Examen visuel des oreilles pour rechercher le cérumen; demander au sujet s'il a un rhume, de la sinusite ou toute autre affection.

B.2.2 *Fréquence de l'essai*

125, 250, 500, 1000, 2000, 3000, 4000, 6000, 8000 Hz.

B.2.3 *Exemple de présentation*

1000, 2000, 3000, 4000, 6000, 8000, 125, 250, 500, 1000 Hz.

Remarque – En général, la deuxième lecture sur 1000 Hz donne une valeur plus petite que la première lecture.

Suivre cette séquence pour une oreille droite et répéter pour l'autre oreille.

B.2.4 *Exemple de recherche du seuil*

Commencer au-dessus du seuil estimé (par exemple, perte d'audition de 20 dB), procéder par échelons de 10 dB jusqu'à ce que le son devienne inaudible (pas de réponse). Revenir au dernier niveau audible et descendre par échelons de 5 dB. Se rapprocher ensuite de ce seuil par en dessous, avec des échelons de 5 dB. Durée du signal: 1 à 2 secondes.

Le seuil est la valeur pour laquelle on obtient deux réponses égales à partir de 4 excitations successives.

B.2.5 *Bruit de salle* [5]

Lorsqu'on utilise des casques du type supra-oral, les niveaux maximaux admissibles dans la salle d'essai sont donnés au tableau B-1/P.78.

Lorsqu'on utilise des casques du type circum-oral, on a généralement le droit de prévoir des niveaux de bruit plus élevés.

TABLEAU B-1/P.78

Bande d'octave	Niveau de pression acoustique (dB)
125	22,0
250	16,0
500	18,0
1000	26,0
2000	36,0
3000	39,5
4000	38,5
6000	40,0
8000	34,5

B.3 *Contenu des paroles prononcées*

La ou les phrases d'essai peuvent être des «non-sens» ou des phrases «significatives». Exemples:

a) «Joe took father's shoe bench out.»

b) Paris – Bordeaux – Le Mans – Saint-Leu – Léon – Loudun.

Les points suivants doivent être pris en considération:

i) Aptitude de chaque opérateur à prononcer la ou les phrases d'essai choisies d'une façon courante et à un niveau vocal constant. En conséquence, la structure phonétique de la langue maternelle de l'opérateur a une influence sur le choix de la ou des phrases d'essai.

ii) La ou les phrases d'essai doivent être choisies de telle manière que la méthode de mesure convenue pour contrôler le niveau vocal (déviation de l'aiguille d'un appareil de mesure) puisse donner une indication cohérente et facile à apprécier, du niveau vocal.

ANNEXE C

(à la Recommandation P.78)

Analyse statistique simplifiée

C.1 *Moyenne*

La moyenne s'obtient à l'aide de la formule suivante:

$$\overline{x} = \frac{\sum x}{n}$$

C.2 *Ecart type*

On n'a pas le droit d'admettre que les opérateurs constituent un échantillon pris au hasard dans une population et que les combinaisons de deux opérateurs sont indépendantes les unes des autres. Dans ces conditions, l'écart type doit être l'écart type de l'échantillon et non une estimation de la population.

La formule de l'écart type est la suivante:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x - \overline{x})^2}{n}}$$

C.3 On peut appliquer une analyse statistique plus détaillée pour calculer les intervalles de confiance (voir le § 1.3.4 du *Manuel sur les mesures téléphonométriques* [6]). L'intervalle de confiance dépend de la dispersion entre les membres de l'équipe, du nombre de ces membres et de la disposition adoptée pour l'expérience. Dans un essai bien conduit, les valeurs typiques sont ± 5 dB pour la disposition du tableau 1a/P.78, ± 4 dB pour le tableau 1b/P.78, ± 3 dB pour le tableau 2a/P.78 et ± 2 dB pour le tableau 2b/P.78.

Références

[1] CCITT – Question 19/XII, contribution COM XII-N° 1 de la période d'études 1985-1988, Genève 1985.

[2] *Plan et analyse de mesures d'efficacité pour la force des sons par la méthode de la réponse quantifiée*, Livre rouge, tome V, annexe 7, UIT, Genève, 1962.

[3] *Extrait d'une étude des différences constatées entre les résultats obtenus par les divers membres d'une équipe d'opérateurs dans les comparaisons de la force des sons*, Livre rouge, tome V, annexe 6, p. 214, UIT, Genève, 1962.

[4] BURNS (W.): Noise and man, *Murray*, pp. 70-80, 1968.

[5] *Ibid.*, pp. 298-300.

[6] CCITT – *Manuel sur les mesures téléphonométriques*, UIT, Genève, 1987.

CALCUL DES ÉQUIVALENTS POUR LA SONIE

(Genève, 1980; modifiée à Malaga-Torremolinos, 1984, et à Melbourne, 1988)

Avant-propos

La méthode exposée dans la présente Recommandation est une méthode provisoire: il n'est, en effet, pas encore tout à fait prouvé qu'elle soit applicable aux systèmes téléphoniques locaux comportant des microphones à charbon (nous reviendrons plus loin sur cette question). Les Administrations qui étudient la Question 19/XII [1] (valeurs recommandées pour les indices de force des sons) peuvent toutefois l'utiliser dans les travaux qui portent sur de nouveaux types d'appareils téléphoniques sans microphone à charbon [1].

Les Administrations sont en outre invitées à suivre la méthode décrite dans la présente Recommandation pour étudier la Question 7/XII [2] afin d'employer la même échelle pour exprimer l'affaiblissement en sonie au cours des expériences portant sur l'évaluation de la qualité.

La présente Recommandation décrit une méthode de calcul dont les résultats concordent avec ceux des mesures subjectives effectuées au laboratoire du CCITT [2] (voir la Recommandation P.78) avec des systèmes téléphoniques locaux sans microphones à charbon. Dans le cas de ces systèmes, il convient d'utiliser les méthodes indiquées dans la Recommandation P.64 pour déterminer les valeurs de l'efficacité à l'émission et à la réception.

Quand on considère les systèmes téléphoniques locaux avec microphones à charbon, les résultats des mesures jusqu'ici effectuées au laboratoire du CCITT conduisent à penser que la méthode décrite dans la présente Recommandation demeurerait valide, à condition d'employer une méthode appropriée pour déterminer l'efficacité à l'émission; pour ce faire, on envisage actuellement différentes méthodes dont on trouvera la liste dans l'annexe B à la Recommandation P.64. Les mesures effectuées au laboratoire du CCITT en suivant la méthode de l'«enveloppe supérieure» montrent que cette méthode donne de bons résultats pour certains types de microphones à charbon. Le sujet est à l'étude au titre de la Question 8/XII [3] (Mesure de l'efficacité d'un microphone ou d'un récepteur).

Les équivalents pour la sonie des postes téléphoniques analogiques sont déterminés objectivement à l'aide d'appareils de mesure spéciaux conformes aux Recommandations P.64, P.65, du point de vue de la mise en œuvre physique et à la présente Recommandation du point de vue de l'algorithme de calcul. Il convient toutefois de ne pas appliquer les résultats directement à la planification de la transmission avant que certaines précautions aient été prises en ce qui concerne la largeur de bande et les impédances terminales.

1 Introduction

D'après les principes énoncés dans la Recommandation P.76, on peut déterminer les équivalents pour la sonie sans recourir à des mesures subjectives, mais à condition que toutes les conditions suivantes soient satisfaites:

a) disposer d'un modèle théorique ayant une structure appropriée;

b) connaître les valeurs appropriées des principaux paramètres du modèle;

c) connaître les efficacités respectives, à l'émission et à la réception, du système de référence intermédiaire;

d) connaître les efficacités respectives, à l'émission et à la réception, des systèmes téléphoniques locaux étudiés, ainsi que l'affaiblissement d'insertion dû à la chaîne de circuits intermédiaire.

Les méthodes de calcul des efficacités à l'émission et à la réception, au moyen d'une bouche et d'une oreille artificielles, sont définies dans la Recommandation P.64. Les caractéristiques du système de référence intermédiaire, déterminées conformément aux mêmes méthodes, sont indiquées dans la Recommandation P.48. Les efficacités à la réception que l'on obtient avec l'oreille artificielle dont traite actuellement la Recommandation P.64 ne peuvent pas servir directement au calcul des équivalents pour la sonie: elles doivent être corrigées pour tenir compte de la différence entre la pression acoustique dans l'oreille humaine lors d'une conversation téléphonique et la pression acoustique mesurée dans l'oreille artificielle. On trouvera au § 6 des renseignements concernant cette correction (L_E).

---

[1] La méthode est également utilisable pour déterminer les équivalents pour la sonie à la réception, que l'appareil téléphonique comprenne ou non un microphone à charbon.

[2] La méthode de calcul décrite dans la Recommandation est fondée sur des coefficients de pondération déterminés pour les 20 fréquences préférées de l'ISO. La méthode serait d'une application plus générale, si l'on disposait de courbes analytiques adoucies couvrant d'autres séries de fréquences.

2 Définitions et symboles relatifs aux pressions acoustiques, efficacités et affaiblissements de transmission

Les définitions et symboles figurant dans l'exposé des principes théoriques sont énumérés ci-dessous et illustrés par la figure 1/P.79.

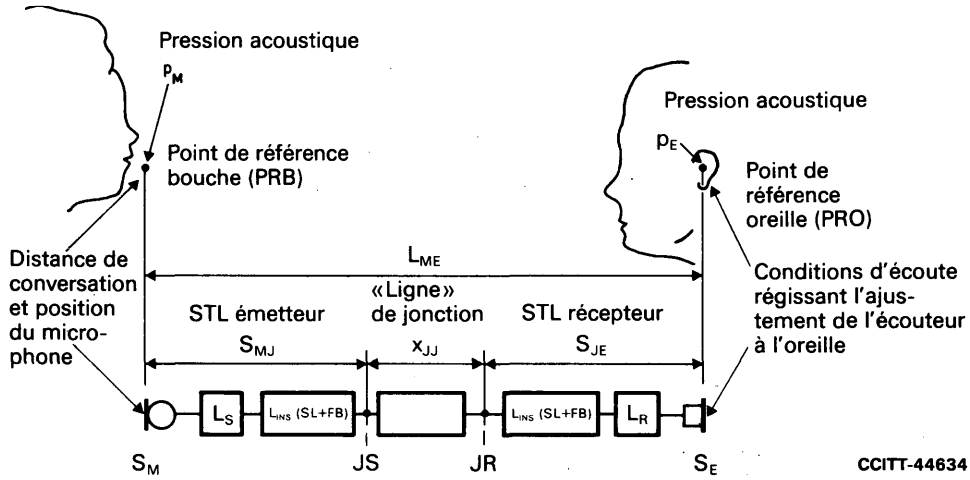


FIGURE 1/P.79

Facteurs influençant la force des sons vocaux reçus

2.1 *Personne qui parle*

Définitions et symboles indiquant les conditions dans lesquelles une personne parle, notamment ses relations physiques avec l'appareil téléphonique ou la communication de référence:

PRB — Point définissant le point de référence bouche; il occupe une position déterminée par rapport aux lèvres de la personne qui parle (voir la Recommandation P.64).

p_M — Pression acoustique au point PRB[3], en l'absence de toute obstruction.

B'_S — Densité spectrale (pression moyenne à long terme)[4] des signaux vocaux rapportée à un PRB par rapport à 20 µPa dans la largeur de bande de 1 Hz.

NV — Niveau des sons vocaux, c'est-à-dire niveau de la pression acoustique (moyenne quadratique à long terme pendant que la personne qui parle est active) de la parole émise par la personne qui parle, au PRB; d'ordinaire, il est rapporté à un niveau vocal de référence.

PC — Position de conversation, c'est-à-dire position des lèvres de la personne qui parle par rapport au microphone de l'appareil téléphonique ou du système de référence.

---

[3] Il y a lieu de spécifier le niveau de référence, par exemple, 1 Pa, 20 µPa, etc.

[4] En pratique, c'est la pression acoustique que l'on mesure, mais on conserve l'emploi conventionnel de la densité spectrale pour faciliter l'exposé. Il est bon de remarquer que, dans une bande de largeur 1 Hz, le niveau de pression acoustique par rapport à 20 µPa est approximativement égal au niveau de puissance surfacique par rapport à 1 pW/m^2 par Hz.

2.2 *Personne qui écoute*

Définitions et symboles indiquant les conditions dans lesquelles une personne écoute, notamment ses relations physiques avec l'appareil téléphonique ou la communication de référence:

PRO — Point définissant le point de référence oreille (voir la Recommandation P.64).

p_E — Pression acoustique au PRO.

β_0 — Seuil d'audibilité pour un son pur au PRO, en dB par rapport à 20 μPa.

K — Nombre, en relation avec les bandes de fréquences critiques de Fletcher, permettant de passer du seuil d'audibilité pour un son pur au seuil pour des sons à spectre continu tels que les sons vocaux.

$\beta_0 - K$ — Seuil d'audibilité pour des sons à spectre continu au PRO, en dB par rapport à 20 μPa dans une bande de largeur 1 Hz.

PA — Perte d'acuité auditive, généralement rapportée au seuil d'audibilité «normal».

CE — Conditions d'écoute, c'est-à-dire relation de l'écouteur et de son mode de couplage à l'oreille avec le PRO.

2.3 *Appareil téléphonique et communications de référence*

Définitions et symboles indiquant les caractéristiques de l'appareil téléphonique ou les communications de référence:

L_{ME} — Affaiblissement d'air à air entre un PRB et un PRO, en dB.

JS, JR — Jonctions électriques respectivement à la sortie d'un système téléphonique local émetteur et à l'entrée d'un système téléphonique local récepteur.

STL — Système téléphonique local.

S_{MJ} — Efficacité à l'émission d'un système téléphonique local, du PRB à la jonction électrique de sortie (JS).

Remarque – S_{MJ} se rapporte à une bouche réelle médiane; pour des raisons pratiques, les efficacités mesurées conformément à la Recommandation P.64, au moyen de la bouche artificielle recommandée, peuvent être utilisées pour les combinés téléphoniques.

S_{JE} — Efficacité à la réception d'un système téléphonique local, de la jonction électrique d'entrée (JR) au PRO.

Remarque – S_{JE} se rapporte à une oreille réelle médiane; les efficacités mesurées au moyen de l'oreille artificielle mentionnée dans la Recommandation P.64 et conformément à la méthode décrite dans cette Recommandation sont indiquées par le symbole S_{Je}. Les valeurs doivent, dans ce cas, être corrigées pour donner les valeurs appropriées de S_{JE}, (voir le § 6).

x_{JJ} — Affaiblissement entre systèmes téléphoniques locaux, c'est-à-dire entre les jonctions JS et JR de la figure 1/P.79. Dans les communications téléphoniques réelles, les circuits intéressés se composent de lignes interurbaines, de circuits interurbains, de centres de commutation, etc. Aux fins d'évaluation, cette chaîne est remplacée par des lignes d'affaiblissement, des filtres, etc., sans réaction, collectivement désignés par l'expression «ligne de jonction».

S_{RMJ}, S_{RJE}, L_{RME}, etc. — Valeurs de S_{MJ}, S_{JE}, L_{ME}, etc., applicables à un trajet de conversation de référence, par exemple le NOSFER ou SRI défini dans la Recommandation P.48.

S_{UMJ}, S_{UJE}, L_{UME}, etc. — Valeurs de S_{MJ}, S_{JE}, L_{ME}, etc., applicables à un trajet de conversation à l'étude, par exemple, une communication téléphonique.

x_{UR}, x_{RU} — Valeurs de x applicables respectivement à la combinaison d'un trajet de conversation (émission) à l'étude avec un trajet (réception) de référence et à celle d'un trajet (émission) de référence avec un trajet (réception) à l'étude.

S_M — Efficacité d'un microphone téléphonique pour un PRB.

S_E — Efficacité d'un récepteur téléphonique pour un PRO.

L_S — Affaiblissement électrique, des bornes d'un microphone aux bornes de ligne d'un appareil téléphonique.

L_R — Affaiblissement électrique, des bornes de ligne d'un appareil téléphonique aux bornes d'un récepteur.

L_{INS} $(SL + FB)$ — Affaiblissement combiné d'une ligne d'abonné et de son pont d'alimentation.

3 Structure du modèle théorique

3.1 *Définitions relatives à la force des sons et à sa relation avec le niveau de sensation et les équivalents pour la sonie*

Grandeurs ou caractéristiques relatives à la force des sons et aux équivalents pour la sonie des trajets de transmission téléphonique:

Z	Niveau de sensation, en dB, des sons vocaux reçus à une fréquence donnée; il caractérise la portion des sons vocaux reçus qui se trouve au-dessus du seuil d'audibilité, c'est-à-dire celle qui produit effectivement la sensation sonore.
Z_{RO}	Valeur de Z lorsque $L_{ME} = 0$ dB.
$Q(Z)$	Fonction de Z en relation avec la force des sons; elle sert à convertir en une expression numérique de la force des sons le niveau de sensation exprimé par Z.
m	Paramètre utilisable pour définir $Q(Z)$; c'est la pente de la courbe représentant l'expression $10 \log_{10} Q(Z)$.
S	Fonction monotone de la fréquence, telle que des accroissements égaux de S aient des effets égaux sur la force des sons, sous réserve que les valeurs correspondantes de Z soient les mêmes.
S'	Dérivée de S par rapport à la fréquence, soit $S' = \mathrm{d}S/\mathrm{d}f$. On peut considérer S' comme une fonction de pondération en fréquence.
$\mathrm{d}S$	De la définition précédente, on déduit $\mathrm{d}S = S'\mathrm{d}f$.
$\overline{Q(Z)}$	Moyenne pondérée de $Q(Z)$ en relation avec la valeur totale de la force des sons dans un signal vocal reçu.
λ	Force des sons étudiés.
EGS, ESE, ESR, ESJ	Equivalents pour la sonie, respectivement total, à l'émission et à la réception, et à la ligne de jonction.

3.2 *Modèle pour la force des sons*

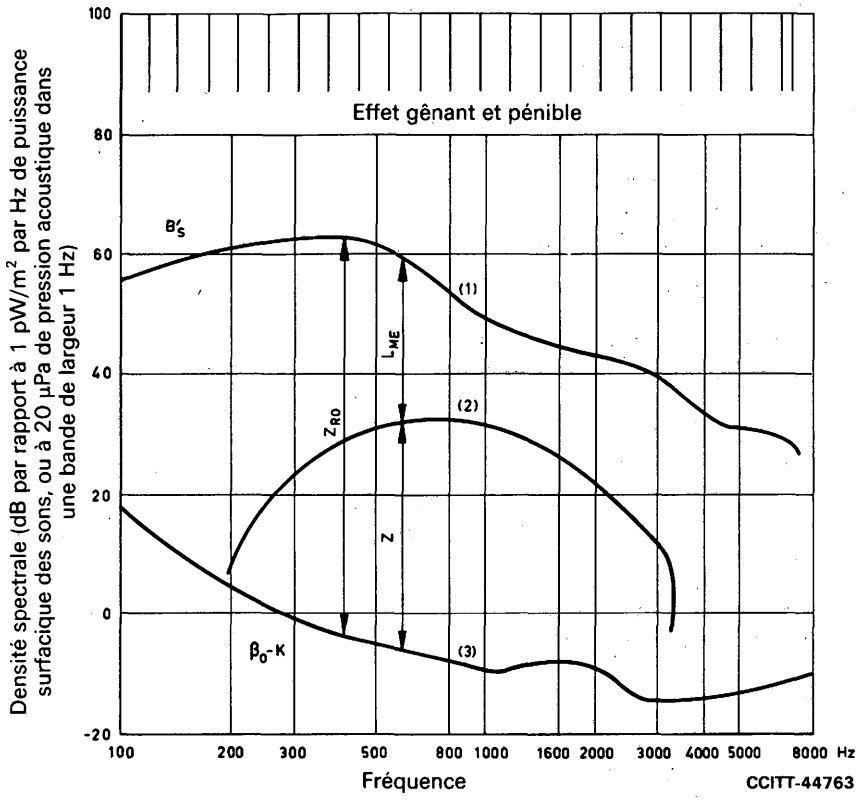
Quand on étudie un trajet de transmission de signaux vocaux, il faut en définir les parties terminales acoustiques, ce qu'on peut faire en se référant aux PRB et PRO. Plusieurs définitions ont été proposées pour ces points de référence; pour les besoins de la présente analyse on a choisi ceux qui sont définis dans la Recommandation P.64.

Dans la figure 2/P.79, la courbe 1 représente la variation de la densité spectrale B'_S des sons vocaux émis à un certain niveau, que l'on mesure au PRB, en l'absence de tout obstacle devant la bouche[5], au moyen par exemple d'un très petit microphone de mesure. Dans une conversation téléphonique, quand les sons vocaux atteignent l'oreille de l'interlocuteur qui écoute, ils ont subi un affaiblissement et une distorsion pendant leur transmission sur le trajet téléphonique total, et la densité spectrale peut alors avoir une caractéristique telle que la courbe 2; le PRO, auquel se rapporte cette courbe peut être considéré, pour cet exposé, comme situé à l'orifice du conduit auditif, mais on pourrait tout aussi bien le placer au tympan de l'oreille du sujet. Les études en cours font appel à un point de référence oreille situé à l'orifice du conduit auditif (comme le mentionne l'annexe A de la Recommandation P.64). La différence L_{ME} entre les ordonnées des courbes 1 et 2 représente l'affaiblissement «de bouche à oreille», il varie généralement avec la fréquence.

La densité spectrale des sons vocaux reçus, dont la caractéristique est la courbe 2, ne contribue pas uniformément à la force des sons: lorsqu'elle est inférieure au seuil d'audibilité du sujet, sa contribution est beaucoup plus petite que pour les valeurs nettement supérieures au niveau correspondant à ce seuil. Pour tenir compte de cette variation, on définit une grandeur appelée «niveau de sensation» (Z), qui est la différence entre la densité spectrale des sons vocaux reçus (courbe 2) et le seuil d'audibilité ($\beta_0 - K$) pour des sons à spectre continu (courbe 3). Ainsi la force des sons vocaux reçus est fonction de Z, qui dépend généralement de la fréquence.

---

[5] Pour la définition de PRB, voir l'annexe A à la Recommandation P.64.



Courbe (1) Variation de la densité spectrale des sons vocaux au point de référence bouche.

Courbe (2) Variation de la densité spectrale des sons vocaux au point de référence oreille après transmission sur un trajet de conversation comportant un affaiblissement qui correspond approximativement à la limite.

Courbe (3) Variation du seuil d'audibilité pour des sons à spectre continu.

FIGURE 2/P.79

Détermination du niveau de sensation Z caractérisant la portion du signal vocal reçu qui est au-dessus du seuil d'audibilité, c'est-à-dire celle qui produit effectivement la sensation sonore

Des études ont montré[6] qu'on peut exprimer approximativement la force des sons λ en fonction de Z par la formule suivante:

$$\lambda = C \int_{f_1}^{f_2} Q(Z)\, S'\, df \qquad (3\text{-}1)$$

où C est une constante, $Q(Z)$ est une fonction d'«accroissement de la force des sons» telle qu'à des accroissements égaux de sa valeur correspondent des accroissements égaux de la force des sons, S' est une «fonction de pondération en fréquence» qui pondère les valeurs de $Q(Z)$ en relation avec la fréquence afférente à chacun des niveaux de sensation Z correspondants, f_1 et f_2 sont les limites respectivement inférieure et supérieure de la bande de fréquences utile.

---

[6] Ce modèle ne prétend pas représenter avec précision toutes les caractéristiques intéressant la perception de la force des sons vocaux; par exemple, il ne tient pas compte des effets de masque entre fréquences et ne prévoit pas l'importance croissante des fréquences inférieures à mesure que l'intensité du son s'élève au-dessus du seuil. On peut établir des modèles représentant de façon satisfaisante de plus nombreuses caractéristiques, mais on ne connaît aucun modèle complet. De tels modèles sont inutilement compliqués quand on calcule les équivalents pour la sonie. La restriction la plus importante concernant l'utilisation du modèle ici décrit est qu'il doit être utilisé pour établir des comparaisons au niveau d'écoute constant indiqué dans la Recommandation P.76.

Le cas échéant, on peut transformer comme suit l'échelle des fréquences en une échelle de valeurs de S, dont des accroissements égaux ont des effets de même «importance» sur la force des sons.

Ecrivons à cet effet:

$$S' = \frac{\mathrm{d}S}{\mathrm{d}f} \tag{3-2}$$

il vient:

$$\lambda = C \int_{S_1}^{S_2} Q(Z)\,\mathrm{d}S \tag{3-3}$$

où S_1 et S_2 sont les valeurs de S qui correspondent respectivement à f_1 et f_2.

Le processus élémentaire pour déterminer l'équivalent pour la sonie est représenté sur le diagramme de la figure 3/P.79: un signal de «référence» ayant un certain spectre à l'émission subit un affaiblissement dans une communication téléphonique, le signal reçu a un spectre modifié et, du fait que le seuil d'audibilité varie avec la fréquence, il en résulte un niveau de sensation Z, qui est lui aussi fonction de la fréquence; ce sont les valeurs de ce niveau qui, ensemble, produisent en fait la sensation de force des sons. On a donc:

$$Z = B'_S - L_{ME} - (\beta_0 - K) \tag{3-4}$$

Une fois Z ainsi déterminé, on utilise les relations ci-dessus pour le convertir en valeurs numériques, pondérer celles-ci en fonction de la fréquence, ce qui donne $\overline{Q(Z)}$, moyenne pondérée, et multiplier cette dernière par la constante C pour obtenir finalement λ, force des sons vocaux reçus, exprimée dans une unité appropriée.

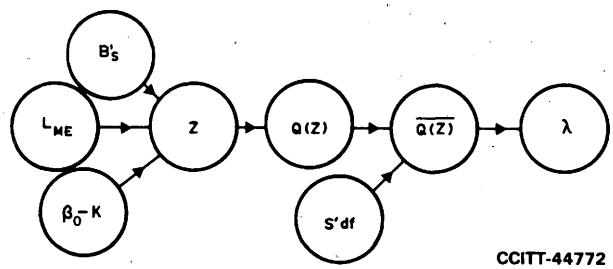


FIGURE 3/P.79

Schéma de principe du processus à suivre pour déterminer une force des sons λ à partir du niveau de sensation Z

Comme il a été dit plus haut, le diagramme de la figure 3/P.79 ne représente que le processus élémentaire de la détermination de l'équivalent pour la sonie. Pour assurer son univocité, il convient cependant d'en spécifier plus précisément les éléments. Par exemple, la densité spectrale B'_S dépend de la personne qui parle et du niveau de sa puissance vocale. Elle varie aussi avec la phrase d'essai utilisée et avec la position des lèvres du sujet par rapport au microphone téléphonique; cette position dépend elle-même de la façon personnelle du sujet de se servir du téléphone et de la définition, quelque peu arbitraire, du point de référence bouche (PRB). De même, à la réception, la densité spectrale dépend de la personne qui écoute et de sa façon particulière d'appliquer les prescriptions (par exemple, touchant la tenue du combiné, elle peut serrer plus ou moins l'écouteur contre son oreille), du degré de son acuité auditive et de la définition adoptée pour le point de référence oreille PRO.

L'affaiblissement de la communication L_{ME}, quand on étudie un plan de transmission, doit être décomposé en trois éléments: l'affaiblissement à l'émission, l'affaiblissement à la réception et l'affaiblissement de la «ligne» de jonction qui les relie.

La fonction $Q(Z)$ peut être spécifiée en partie par fixation d'un paramètre m, qui est la pente de la courbe représentant la variation du logarithme de $Q(Z)$ en fonction du niveau de sensation Z. Toutefois, dans le cas général, m dépend du niveau à la réception (ou de Z), mais on peut considérer que m est constant dans l'intervalle pratique de variation de Z, qui est étendu.

On a représenté sur le diagramme de la figure 4/P.79 qui est un développement du diagramme de la figure 3/P.79, d'autres facteurs qu'on estime maintenant avoir une influence importante, comme il ressort de l'analyse précédente et de l'examen des définitions données au § 3.1. Ces dernières sont complétées par la figure 3/P.79.

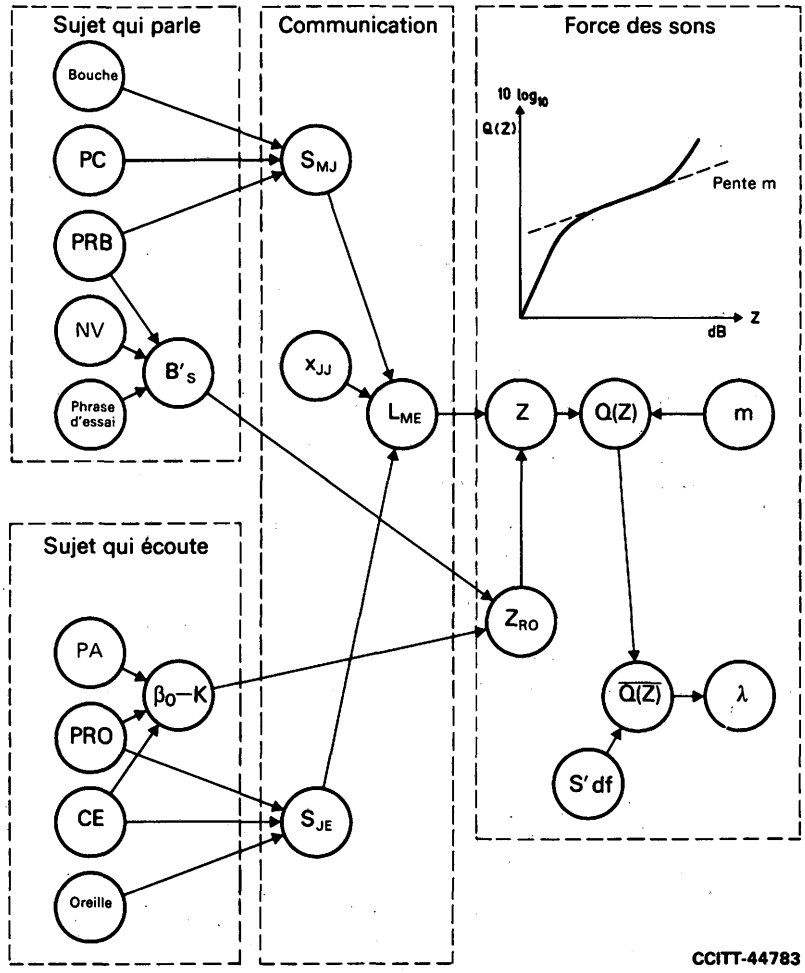


FIGURE 4/P.79
Organigramme

4 Valeurs des paramètres

4.1 *Considérations générales*

Pour utiliser le modèle décrit au § 3, il convient, en principe, d'attribuer des valeurs aux paramètres suivants:

B'_S en fonction de la fréquence

$10 \log_{10} S'$ en fonction de la fréquence

m qui définit (partiellement) la fonction d'accroissement de la force des sons $Q(Z)$

$\beta_0 - K$ en fonction de la fréquence.

En fait, dans le cas qui nous intéresse, il convient de réunir tous ces paramètres en un seul paramètre dépendant de la fréquence, que l'on pourra utiliser avec m pour calculer les indices de force des sons à l'émission, à la réception et pour la «ligne» de jonction, ainsi que l'affaiblissement en sonie dû à l'insertion de composants électriques, tels que filtres de voies, dans les communications commerciales.

Le calcul théorique de ce paramètre G, dépendant de la fréquence, est expliqué ci-dessous.

On peut directement évaluer G, ainsi que m, à partir des résultats des essais subjectifs d'équilibre de force des sons effectués à l'aide d'ensembles de filtres passe-bas et passe-haut dans un système de référence approprié.

4.2 *Calcul théorique de G*

La formule (3-1) peut s'écrire:

$$\lambda_U = C \int Q(Z_U)\, S'\, df \tag{4-1a}$$

et

$$\lambda_R = C \int Q(Z_R)\, S'\, df \tag{4-1b}$$

où λ_U et λ_R représentent les forces des sons vocaux reçus respectivement à travers le trajet vocal étudié et le trajet vocal de référence et Z_U et Z_R les valeurs correspondantes du niveau de sensation (qui sont fonction de la fréquence).

La méthode de calcul qui va être décrite repose sur l'hypothèse (largement vérifiée pour des intervalles restreints du niveau d'écoute) que la fonction $Q(Z)$ peut se mettre sous la forme:

$$Q(Z) = \text{constante} \cdot 10^{m(1/10)Z} \tag{4-2}$$

(La base 10 et le facteur de l'exposant, 10^{-1}, ne figurent dans la formule que pour conserver l'analogie avec le décibel, unité dans laquelle Z est exprimé.)

Posons:

$$Z_{RO} = B'_S - (\beta_0 - K) \tag{4-3}$$

et faisons la substitution correspondante dans la formule (3-4). Il vient:

$$Z_U = Z_{RO} - L_{UME} \tag{4-4a}$$

$$Z_R = Z_{RO} - L_{RME} \tag{4-4b}$$

Après substitution de ces expressions dans les formules (4-1a) et (4-1b) et simplification, on obtient:

$$\lambda_U = C \int 10^{-m(1/10)L_{UME}} [10^{m(1/10)Z_{RO}}\, S'] \, df \tag{4-5a}$$

$$\lambda_R = C \int 10^{-m(1/10)L_{RME}} [10^{m(1/10)Z_{RO}}\, S'] \, df \tag{4-5b}$$

On peut assimiler l'équivalent pour la sonie à l'affaiblissement Δx (indépendant de la fréquence) supprimé du trajet étudié pour faire en sorte que $\lambda_U = \lambda_R$.

Convenons que:

$$G = [10^{m(1/10)Z_{RO}}\, S'] \tag{4-6}$$

et substituons $L_{UME} - \Delta x$ à L_{UME} dans la formule (4-5a); on obtient l'égalité cherchée des fonctions λ.

On a donc:

$$\int 10^{-m(1/10)\,(L_{UME}-\Delta x)}\,G\,\mathrm{d}f = \int 10^{-m(1/10)\,L_{RME}}\,G\,\mathrm{d}f \tag{4-7}$$

$$10^{-m(1/10)\Delta x} = \frac{\int 10^{-m(1/10)\,L_{UME}}\,G\,\mathrm{d}f}{\int 10^{-m(1/10)\,L_{RME}}\,G\,\mathrm{d}f} \tag{4-8}$$

et

$$\Delta x = -m^{-1}\,10\log_{10}\int 10^{-m(1/10)\,L_{UME}}\,G\,\mathrm{d}f - \left\{-m^{-1}\,10\log_{10}\int 10^{-m(1/10)\,L_{RME}}\,G\,\mathrm{d}f\right\} \tag{4-9}$$

Sans affecter cette égalité, on peut multiplier G par une constante appropriée pour obtenir que $\int G\,\mathrm{d}_f = 1$; on peut alors considérer G comme un coefficient de pondération[7], ce qui permet d'écrire chacun des deux termes du membre de droite de la formule (4-9) sous la forme:

$$\Phi^{-1}\left[\int \Phi(L)\,G\,\mathrm{d}f\right] = \overline{L}$$

Ainsi pour l'équivalent pour la sonie nous avons:

$$\text{équivalent pour la sonie} = \Delta x = \overline{L_{UME}} - \overline{L_{RME}} \tag{4-10}$$

Les termes $\overline{L_{UME}}$ et $\overline{L_{RME}}$ peuvent être respectivement considérés comme l'«affaiblissement pondéré moyen de bouche à oreille» du trajet de conversation étudié et du trajet de conversation de référence. Dans chacune des formules qui suivent, l'intégration (et, par conséquent, la moyenne) s'opère dans la gamme comprise entre les limites de fréquence inférieure et supérieure appropriées.

Pour le calcul, la bande des fréquences audibles est partagée en N bandes contiguës; on utilise les 20 bandes préférées par l'ISO centrées sur des fréquences espacées approximativement d'un tiers d'octave entre 100 et 8000 Hz. Pour trouver la moyenne des valeurs de $\overline{L_{UME}}$, on procède à des sommations de la forme:

$$\overline{L_{UME}} = -m^{-1}\,10\log_{10}\sum_{i}^{N} 10^{-m(1/10)\,L_{UME}}\,G\,\Delta f \tag{4-11}$$

L'affaiblissement acoustique d'un trajet de conversation est généralement fonction de la fréquence et peut se définir par la formule:

$$L_{UME} = 20\log_{10}\frac{p_M}{p_E} \tag{4-12}$$

où p_M et p_E conservent leurs définitions données aux § 2.1 et 2.2.

Il est nécessaire de connaître les valeurs de L_{UME} aux différentes fréquences et celles de $G\,\Delta f$; naturellement, L_{UME} dépend du trajet téléphonique considéré, mais $G\,\Delta f$ et les autres données communes à tous les trajets sont décrits ci-dessous.

4.3 *Détermination des valeurs de G*

On a attribué des valeurs à G en analysant les résultats des essais d'équilibre de force des sons effectués par le laboratoire du CCITT avec un trajet de conversation spécial composé d'un NOSFER, mais avec une réponse de fréquence à l'émission rendue plus uniforme par une égalisation. Chaque filtre d'un ensemble de filtres spéciaux passe-bas et passe-haut a été inséré tour à tour dans la «ligne» de jonction de ce trajet de conversation.

---

[7] D'après les formules (4-3) et (4-6), on peut constater que G fonction de la fréquence, dépend de la valeur de m et des fonctions, liées à la fréquence, B'_S, β_0, K et S'.

Des équilibres ont été réalisés avec chaque filtre et avec le trajet «direct»; chacun étant considéré comme le système étudié, l'équilibrage était le même pour déterminer les équivalents relatifs par rapport au NOSFER, avec la «ligne» de jonction réglée à 25 dB. L'équilibrage a été effectué à l'aide de la méthode dite des marges, c'est-à-dire en faisant varier l'affaiblissement de transmission du système étudié. Les valeurs de Δx ont été calculées pour chaque filtre et corrigées en fonction de l'affaiblissement de transmission dans la bande passante. On a pris comme fréquence de coupure les fréquences pour lesquelles la valeur de l'affaiblissement de transmission dépassait de 10 dB celle de l'affaiblissement de transmission dans la bande passante.

En lisant les résultats et en procédant par interpolation aux limites appropriées des 20 bandes de fréquences préférées par l'ISO, centrées sur les fréquences comprises entre 100 et 8000 Hz, on a d'abord pu évaluer m; m = $3/\Delta x$, si l'on prend la valeur Δx à la fréquence à laquelle Δx est le même pour les filtres passe-bas et les filtres passe-haut. Puis, à l'aide de la formule (4-8) et par itération, on a pu obtenir pour G un ensemble de valeurs qui concordent avec les données expérimentales. Il est à noter que dans les formules (4-7) à (4-10), L_{RME} représente l'affaiblissement de transmission de bouche à oreille du trajet «direct» et que L_{UME} représente celui du même trajet quand le filtre est inséré.

Les résultats sont donnés dans le tableau 1/P.79, la valeur déterminée pour m étant 0,175.

TABLEAU 1/P.79

Valeurs de 10 $\log_{10}$ G et de 10 $\log_{10}$ $G\,\Delta f$ déterminées par le laboratoire du CCITT

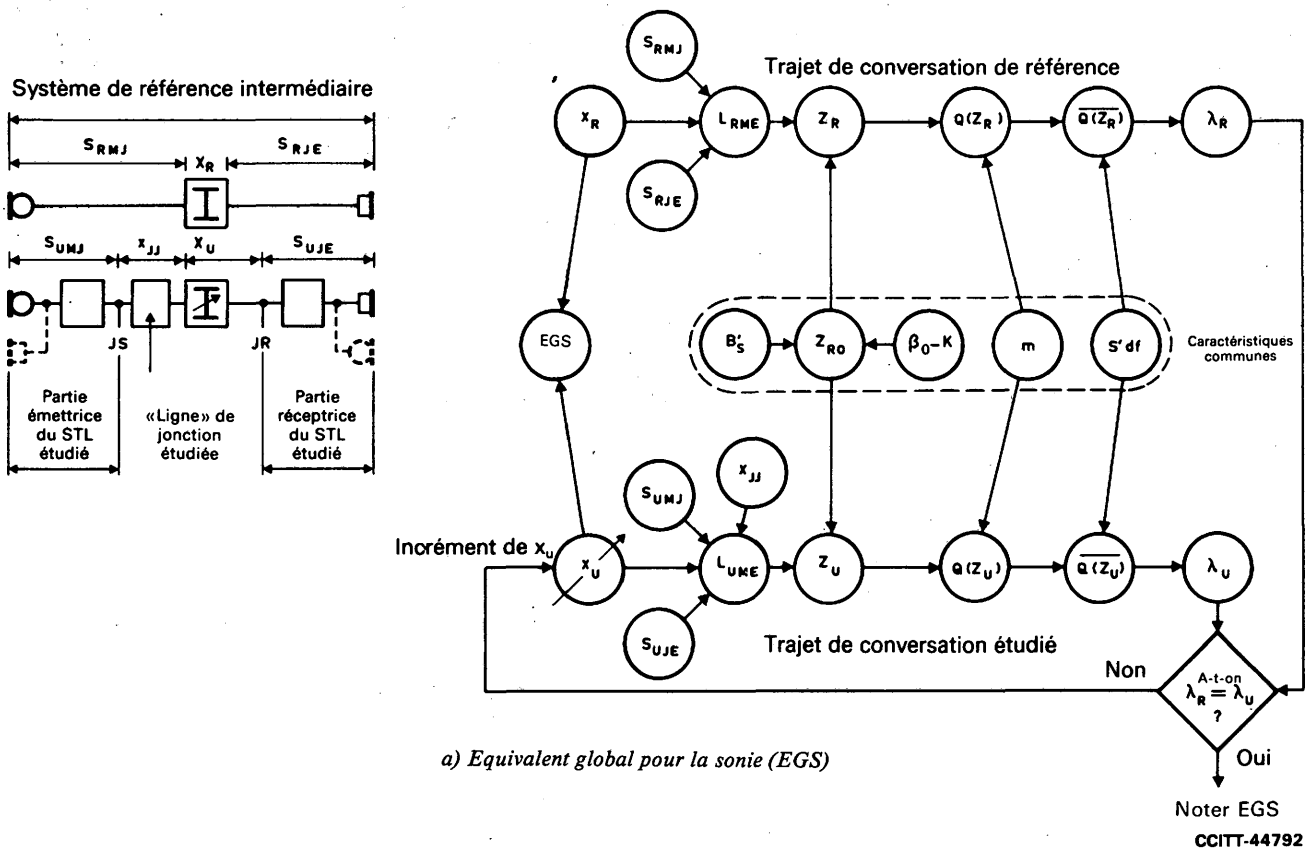
Fréquence moyenne (Hz)	Δf (Hz)	10 $\log_{10}$ G (dB)	10 $\log_{10}$ $G\,\Delta f$ (dB)
100	22,4	−32,63	−19,12
125	29,6	−29,12	−14,41
160	37,5	−27,64	−11,90
200	44,7	−28,46	−11,96
250	57,0	−28,58	−11,02
315	74,3	−31,10	−12,39
400	92,2	−29,78	−10,14
500	114,0	−32,68	−12,12
630	149,0	−33,21	−11,48
800	184,0	−34,14	−11,49
1000	224,0	−35,33	−11,83
1250	296,0	−37,90	−13,19
1600	375,0	−38,41	−12,67
2000	447,0	−41,25	−14,75
2500	570,0	−41,71	−14,15
3150	743,0	−45,80	−17,09
4000	922,0	−43,50	−13,86
5000	1140,0	−47,13	−16,56
6300	1490,0	−48,27	−16,54
8000	1840,0	−46,47	−13,82

5 Calcul des équivalents pour la sonie

5.1 *Détermination des formules et des coefficients de pondération W*

La méthode décrite dans la Recommandation P.78 peut être représentée par les organigrammes de la figure 5/P.79, qui correspondent aussi à la structure du modèle ici utilisé (figure 4/P.79). Les diagrammes placés à gauche sur les parties *a), b), c)* et *d)* de la figure 5/P.79 représentent des versions modifiées des différents trajets de la figure 1/P.78.

La figure 5/P.79 illustre la procédure applicable lorsqu'on dispose des valeurs pour tous les paramètres mentionnés aux § 1, 2 et 3. Dans la partie *a)* de la figure 5/P.79, les paramètres regroupés sont les paramètres utilisés pour former le paramètre composite G décrit au § 4. Un nouveau regroupement est possible, comme l'indiquent les parties *b), c)* et *d)* de la figure 5/P.79. On constatera en outre que la totalité du trajet de x_R à λ_R est commune aux quatre organigrammes. On peut utiliser cette caractéristique pour ramener la procédure de calcul à une formule très facile à appliquer.



a) Equivalent global pour la sonie (EGS)

Remarque concernant la partie a) de la figure 5/P.79

Le trajet étudié se compose des quatre parties suivantes:

a) système téléphonique local émetteur, comprenant l'appareil téléphonique, la ligne d'abonné et le pont d'alimentation, jusqu'à JS de la figure 1/P.79;

b) système téléphonique local récepteur, comprenant le pont d'alimentation, la ligne d'abonné et l'appareil téléphonique à partir de JR de la figure 1/P.79;

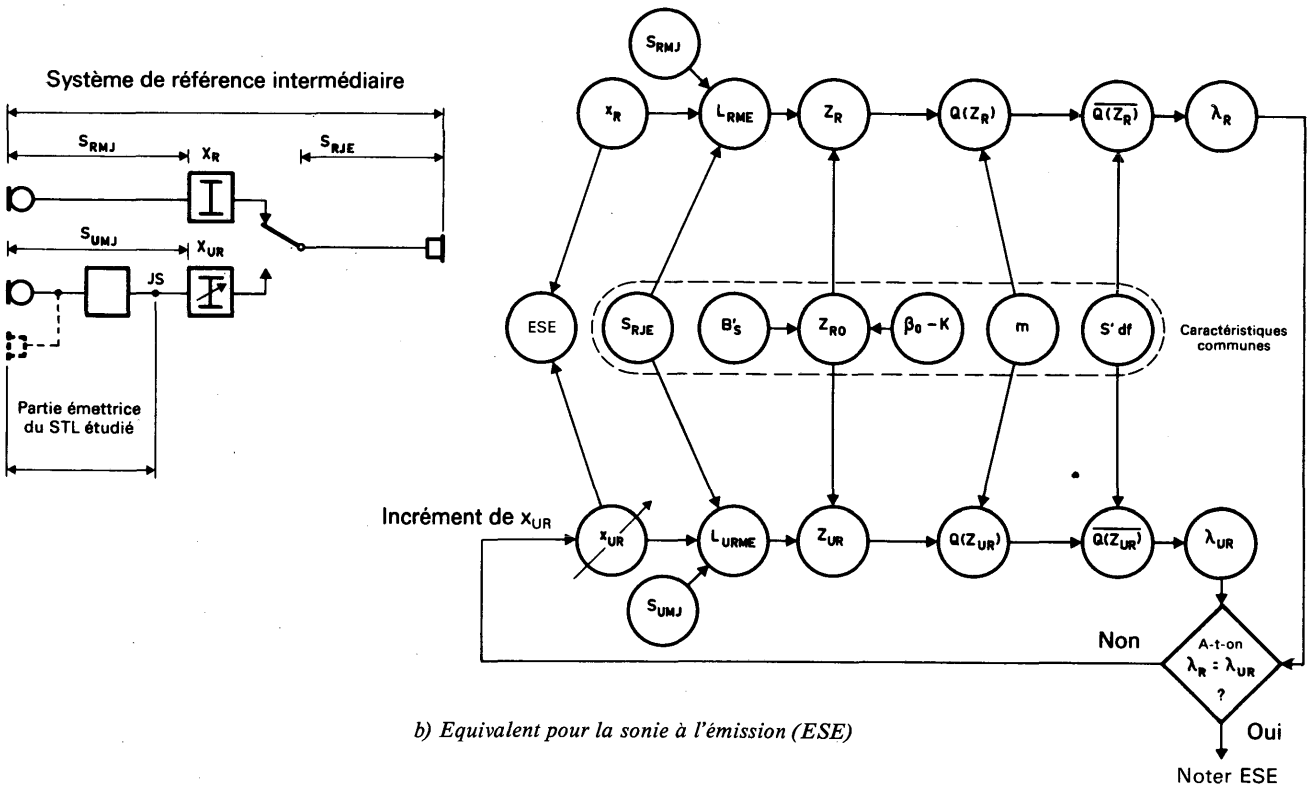
c) l'ensemble des lignes interurbaines et des circuits interurbains existants dans la communication réelle entre JS et JR;

d) un affaiblissement de transmission supplémentaire, réglable, x_U, introduit de telle manière qu'il ne perturbe pas la réponse en fréquence globale de la communication complète, mais accroît l'affaiblissement de transmission de la même valeur sur toutes les fréquences.

Si la partie de la communication réelle entre JS et JR a des impédances image de 600 ohms $\underline{/0°}$, il n'y a aucune difficulté à définir x_{JJ} ni à introduire l'affaiblissement supplémentaire x_U. Si tel n'est pas le cas, il faudra déterminer l'affaiblissement sur image d'un réseau virtuel ayant des impédances image de 600 ohms (résistance) (il faudra aussi construire un réseau si des déterminations subjectives doivent être faites). On rencontre des difficultés particulières si la communication réelle ne contient, entre JS et JR, aucune partie ayant des impédances image de 600 ohms (comme dans une communication locale); toutefois, ces difficultés peuvent être résolues par le calcul. A condition qu'il y ait une section présentant un affaiblissement d'au moins 7 dB environ et des impédances image de 600 ohms, les difficultés peuvent être surmontées assez aisément.

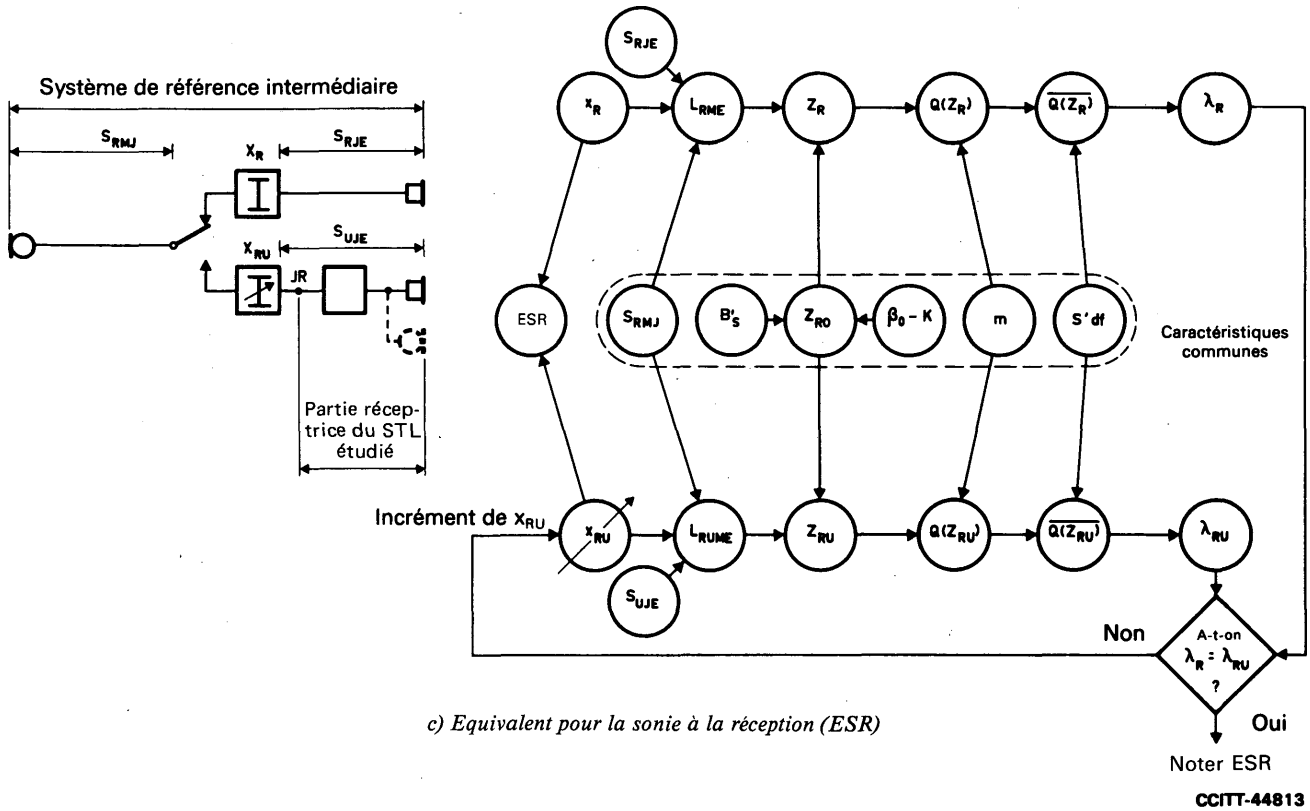
FIGURE 5/P.79

Organigrammes illustrant les processus à suivre pour déterminer des équivalents pour la sonie



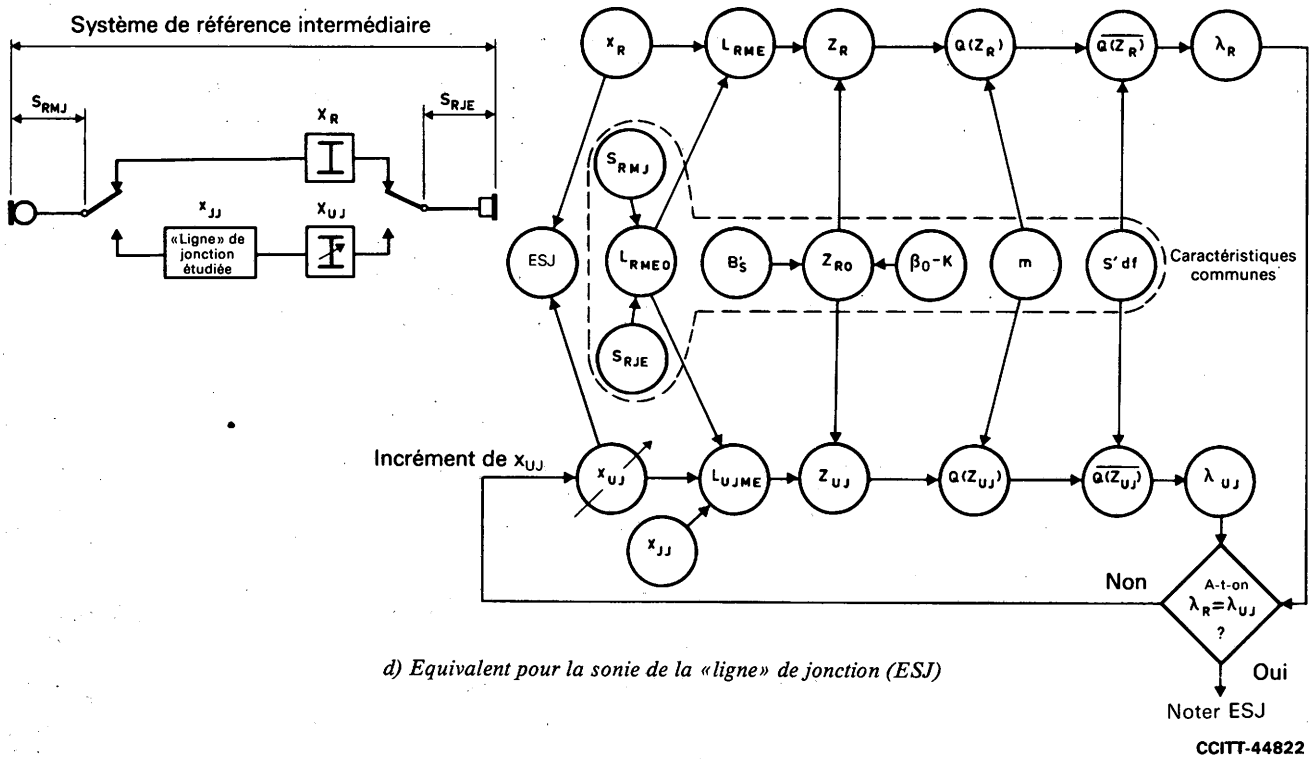
b) Equivalent pour la sonie à l'émission (ESE)

FIGURE 5/P.79 *(suite)*



c) Equivalent pour la sonie à la réception (ESR)

FIGURE 5/P.79 *(suite)*



d) Equivalent pour la sonie de la «ligne» de jonction (ESJ)

FIGURE 5/P.79 *(fin)*

En prenant m comme constante, avec la valeur 0,175, on peut opérer la substitution:

$$W_i = -57{,}1 \log_{10} G\,\Delta f \tag{4-13}$$

La formule (4-11) peut alors prendre la forme simplifiée:

$$\overline{L_{UME}} = -57{,}1 \log_{10} \sum_{i}^{N} 10^{-(1/57{,}1)\,(L_{UME} + W_i)} \tag{4-14}$$

Aux présentes fins, on prend pour trajet vocal de référence le système de référence intermédiaire (SRI) défini dans la Recommandation P.48 et réglé avec sa ligne d'affaiblissement mis à 0 dB; le trajet vocal de référence étant déterminé, L_{RME} devient constant, c'est-à-dire indépendant de i. On peut donc combiner les formules (4-10) et (4-14) sous la forme:

$$\text{Equivalent pour la sonie} = -57{,}1 \log_{10} \sum_{i}^{N} 10^{-(1/57{,}1)\,(L_{UME} - \overline{L_{RME}} + W_i)} \tag{4-15}$$

Quand on évalue la qualité de systèmes téléphoniques locaux commerciaux, on peut obtenir les valeurs de L_{UME} pour n'importe quel trajet vocal étudié en sommant algébriquement les efficacités pertinentes à l'émission, S_{MJ}, et à la réception, S_{JE}, suivant les combinaisons appropriées.

Pour déterminer l'équivalent global pour la sonie (EGS),

$$L_{UME} = -(S_{UMJ} + S_{UJE}) \tag{4-16a}$$

Pour déterminer l'équivalent pour la sonie à l'émission, ESE, d'un système téléphonique local, on fait la somme:

$$L_{URME} = -(S_{UMJ} + S_{RJE}) \tag{4-16b}$$

Pour déterminer l'équivalent pour la sonie à la réception, ESR, d'un système téléphonique local:

$$L_{RUME} = -(S_{RMJ} + S_{UJE}) \tag{4-16c}$$

Pour déterminer l'équivalent pour la sonie d'une «ligne» de jonction (ESJ):

$$L_{UJME} = -(S_{RMJ} + S_{RJE}) + x_{JJ}$$

et

$$L_{RMEO} = -(S_{RMJ} + S_{RJE}) \tag{4-16d}$$

En faisant les substitutions correspondantes dans la formule (4-15), on obtient:

$$\text{EGS} = -57{,}1 \log_{10} \sum_{i}^{N} 10^{(1/57{,}1)\,(S_{UMJ} + S_{UJE} + \overline{L_{RME}} - W_i)} \tag{4-17a}$$

$$\text{ESE} = -57{,}1 \log_{10} \sum_{i}^{N} 10^{(1/57{,}1)\,(S_{UMJ} + S_{RJE} + \overline{L_{RME}} - W_i)} \tag{4-17b}$$

$$\text{ESR} = -57{,}1 \log_{10} \sum_{i}^{N} 10^{(1/57{,}1)\,(S_{UJE} + S_{RMJ} + \overline{L_{RME}} - W_i)} \tag{4-17c}$$

$$\text{ESJ} = -57{,}1 \log_{10} \sum_{i}^{N} 10^{(1/57{,}1)\,(-x_{JJ} - L_{RMEO} + \overline{L_{RME}} - W_i)} \tag{4-18}$$

Comme les termes $\overline{L_{RME}}$ et W_i sont communs aux trois expressions (4-17) on peut encore simplifier le calcul en opérant les substitutions suivantes:

$$W_O = W_i - \overline{L_{RME}} \tag{4-18a}$$

$$W_S = W_i - S_{RJE} - \overline{L_{RME}} \tag{4-18b}$$

$$W_R = W_i - S_{RMJ} - \overline{L_{RME}} \tag{4-18c}$$

$$W_J = W_i + L_{RMEO} - \overline{L_{RME}} \tag{4-18d}$$

Lorsque les substitutions sont effectuées, les équations deviennent:

$$\text{EGS} = -57{,}1 \log_{10} \sum_{i}^{N} 10^{(1/57{,}1)\,(S_{UMJ} + S_{UJE} - W_O)} \tag{4-19a}$$

$$\text{ESE} = -57{,}1 \log_{10} \sum_{i}^{N} 10^{(1/57{,}1)\,(S_{UMJ} - W_S)} \tag{4-19b}$$

$$\text{ESR} = -57{,}1 \log_{10} \sum_{i}^{N} 10^{(1/57{,}1)\,(S_{UJE} - W_R)} \tag{4-19c}$$

$$\text{ESJ} = -57{,}1 \log_{10} \sum_{i}^{N} 10^{(1/57{,}1)\,(-x_{JJ} - W_J)} \tag{4-19d}$$

Le tableau 2/P.79 donne les valeurs de ces coefficients de «pondération», dérivées des données du tableau 1/P.79, avec $m = 0{,}175$.

TABLEAU 2/P.79

Coefficients de pondération pour calculer les équivalents pour la sonie

Bande n°	Fréquence centrale (Hz)	Emission W_s	Réception W_R	«Ligne» de jonction W_J	Global W_o
1	100	154,5	152,8	200,3	107,0
2	125	115,4	116,2	151,5	80,1
3	160	89,0	91,3	114,6	65,7
4	200	77,2	85,3	96,4	66,1
5	250	62,9	75,0	77,2	60,7
6	315	62,3	79,3	73,1	68,5
7	400	45,0	64,0	53,4	55,6
8	500	53,4	73,8	60,3	66,9
9	630	48,8	69,4	54,9	63,3
10	800	47,9	68,3	52,8	63,4
11	1000	50,4	69,0	54,1	65,3
12	1250	59,4	75,4	61,7	73,1
13	1600	57,0	70,7	57,6	70,1
14	2000	72,5	81,7	72,2	82,0
15	2500	72,9	76,8	71,1	78,6
16	3150	89,5	93,6	87,7	95,4
17	4000	117,3	114,1	154,5	76,9
18	5000	157,3	144,6	209,5	92,4
19	6300	172,2	165,8	245,8	92,2
20	8000	181,7	166,7	271,7	76,7

5.2 *Calculs des équivalents pour la sonie à partir d'une largeur de bande réduite*

Il se peut que, dans la pratique, l'on ne dispose pas de données complètes concernant chacune des 20 bandes, ou que les renseignements sur certaines bandes limites ne soient pas fiables. Dans de tels cas, on cherche à restreindre la bande des fréquences à partir de laquelle l'on calcule la sonie.

Pour ce faire, il suffit de n'employer que les bandes pour lesquelles des chiffres sûrs existent, tout en prévoyant une marge égale à l'équivalent pour la sonie calculé à partir de la même largeur de bande réduite et s'appliquant à la totalité de la connexion du SRI. On peut aisément introduire cette marge dans les calculs en réduisant uniformément et dans les proportions appropriées l'ensemble des coefficients de pondération W ou tout simplement en soustrayant cette marge de l'équivalent pour la sonie obtenu.

Le tableau 3/P.79 présente des exemples de marges s'appliquant à plusieurs largeurs de bande réduites.

D'autres marges pourront être calculées par la détermination de l'équivalent global pour la sonie du SRI correspondant à la largeur de bande voulue.

TABLEAU 3/P.79

Marge devant être soustraite des coefficients de pondération *W* pour les largeurs de bande réduites suivantes

Bandes	Marge
3 à 18 (comprise)	0,1 dB
3 à 17 (comprise)	0,1 dB
4 à 18 (comprise)	0,3 dB
4 à 17 (comprise)	0,3 dB
6 à 16 (comprise)	2,1 dB

Remarque – Pour les appareils de mesure des équivalents pour la sonie dont la conception est conforme aux dispositions de la présente Recommandation, les seules options recommandées en matière de largeur de bande sont:

i) 100 à 8000 Hz, bandes 1 à 20 (comprises)
ii) 200 à 4000 Hz, bandes 4 à 17 (comprises)

5.3 *Valeurs Equivalent pour la sonie à l'émission (ESE) et Equivalent pour la sonie à la réception (ESR) à utiliser dans les Recommandations de la série G*

Les appareils de mesure commerciaux conformes aux dispositions de la présente Recommandation utilisent une bande de 200 à 4000 Hz, voire de 100 à 8000 Hz. De telles bandes sont bien plus larges que la bande spécifiée dans les Recommandations du CCITT pour assurer une transmission, à savoir la bande de 300 à 3400 Hz (voir par exemple les Recommandations G.132 et G.151).

Ainsi, dans un système national qui peut constituer une partie d'une liaison internationale, il faut tenir compte du fait que le poste téléphonique analogique a une sonie légèrement inférieure aux valeurs mesurées dans la présente Recommandation.

A noter également que les mesures des équivalents pour la sonie des Recommandations P.64 à P.79 doivent être réalisées avec une impédance terminale de 600 ohms. Une telle impédance n'est la plupart du temps pas celle que l'on observe dans la partie à deux fils du réseau. Pour diverses raisons, beaucoup d'Administrations spécifient maintenant une impédance nominale complexe. Il y aura donc un effet de défaut d'adaptation.

Pour les ESE et les ESR, une étude de diverses caractéristiques d'efficacité et d'impédance de postes téléphoniques analogiques types, ainsi que de leurs impédances nominales, a été effectuée. Il ressort de cette étude que pour obtenir une précision suffisante dans la pratique, il faut augmenter de 1 dB les valeurs mesurées pour l'ESE et l'ESR de postes téléphoniques *analogiques* lorsque l'on planifie les ES de réseaux qui peuvent constituer une partie d'une liaison internationale. Ainsi, en désignant les valeurs mesurées par ESE_w et ESR_w, on obtient:

$$ESE = ESE_w + 1$$

$$ESR = ESR_w + 1$$

A noter que la même correction est également appliquée lorsqu'un câble d'abonné non chargé est inclus dans les mesures de la présente Recommandation.

(Lorsque cette correction est appliquée à la planification, l'effet d'une ligne d'abonné non chargée sur l'ES est égal à son affaiblissement d'insertion à environ 1 kHz. Voir aussi l'annexe de la Recommandation G.111.)

En revanche, pour les postes *numériques* la correction *n'est pas* nécessaire du fait que le codec et les filtres du poste limitent la bande dans une certaine mesure.

En règle générale, on arrive à discerner d'après le contexte si les valeurs ESE et ESR se rapportent à la planification ou aux mesures effectuées sur les postes (analogiques). Toutefois, s'il existe un risque de confusion, il convient d'indiquer clairement si les valeurs se rapportent à la planification ou aux mesures.

6 Données à fournir sur l'efficacité et l'affaiblissement de transmission

L'efficacité à l'émission d'un système téléphonique local, S_{MJ}, devrait être déterminée, en principe, par des mesures effectuées sur des bouches réelles et pour une conversation réelle; mais il suffit généralement d'effectuer ces mesures sur une bouche artificielle au moyen d'un signal d'essai approprié. Pour les détails, voir la Recommandation P.64.

L'efficacité à la réception d'un système téléphonique local, S_{JE}, devrait être déterminée, en principe, par des mesures effectuées sur des oreilles réelles. La Recommandation P.64 décrit une méthode de mesure de l'efficacité désignée par S_{Je} utilisant une oreille artificielle, mais cette valeur diffère de la valeur voulue et cette différence est désignée par L_E qui correspond à la correction oreille artificielle/oreille réelle, ce qui permet d'écrire:

$$S_{JE} = S_{Je} - L_E$$

La valeur de L_E dépend généralement de la fréquence et de la manière dont l'écouteur est appliqué à l'oreille.

Le tableau 4/P.79 donne les valeurs obtenues pour un type de poste téléphonique tenu assez près de l'oreille. Les résultats des calculs effectués avec ces valeurs correspondent assez bien avec les équivalents pour la sonie pour la réception et pour la «ligne» de jonction déterminés par le laboratoire du CCITT. Pour ces calculs, on a utilisé les valeurs de L_E pour le SRI et pour l'élément étudié.

Les valeurs de S_{RJE} utilisées pour déterminer les valeurs de W_s du tableau 2/P.79 comprennent une correction pour L_E qui correspond aux valeurs du tableau 4/P.79. Les valeurs de S_{UJE} utilisées pour le calcul défini par les formules (4-19a) et (4-19c) doivent aussi comporter une correction pour L_E en utilisant soit les valeurs du tableau 4/P.79 ou d'autres valeurs qui seraient mieux appropriées aux conditions d'utilisation.

On notera que les valeurs de L_E utilisées pour le SRI ont une influence sur les valeurs calculées de l'équivalent pour la sonie de la «ligne» de jonction. Ce problème fait l'objet d'un complément d'étude au titre des Questions 8/XII [3] et 12/XII [4].

TABLEAU 4/P.79

Valeurs de L_E

Fréquence (Hz)	L_E (dB)	Fréquence (Hz)	L_E (dB)
100	20,0	1000	−2,3
125	16,5	1250	−1,2
160	12,5	1600	−0,1
200	8,4	2000	3,6
250	4,9	2500	7,4
315	1,0	3150	6,7
400	−0,7	4000	8,8
500	−2,2	5000	10,0
630	−2,6	6300	12,5
800	−3,2	8000	15,0

L'affaiblissement de transmission x_{JJ} correspond à l'affaiblissement d'insertion entre terminaisons de 600 ohms de la chaîne d'éléments de transmission située entre JS et JR (voir la figure 1/P.79). La somme directe, (en tenant dûment compte du signe) de cette quantité avec S_{UMJ} et S_{UJE} ne donne généralement pas une valeur exacte de L_{UME} puisqu'il existe souvent des défauts d'adaptation d'impédance. Il faut donc prendre soin de déterminer correctement la valeur de L_{UME} en calculant l'équivalent global pour la sonie. L'inexactitude sera importante si l'affaiblissement de transmission x_{JJ} est faible et si les impédances image des éléments situés entre JS et JR diffèrent beaucoup de 600 ohms. On peut obtenir les valeurs exactes de L_{UME} par mesure directe ou par calcul, en tenant dûment compte de tous les défauts d'adaptation d'impédance.

7 Restrictions d'utilisation

La procédure de calcul décrite ici et les valeurs données aux paramètres conviennent aux calculs des équivalents pour la sonie à l'émission, à la réception et pour la «ligne» de jonction. Ils peuvent aussi permettre de calculer les équivalents globaux pour la sonie et l'affaiblissement d'insertion en sonie, à condition que l'ensemble des trajets téléphoniques en cause soit limité à la bande des fréquences téléphoniques, c'est-à-dire à la bande nominale de 300 à 3400 Hz.

Ces équivalents ne permettent pas de faire des comparaisons entre des trajets téléphoniques pour lesquels les bandes de fréquences sont très différentes.

Les valeurs des paramètres ont été choisies de manière à parvenir à une concordance raisonnable avec les résultats des calculs subjectifs des équivalents pour la sonie effectués par le laboratoire du CCITT selon la méthode de la Recommandation P.78. La Recommandation P.79 trouve son utilisation la plus importante en tant que méthode universellement acceptée pour le calcul de la qualité de transmission électroacoustique des postes téléphoniques. Toutefois, la Recommandation P.79 ne rend compte qu'avec une précision limitée des caractéristiques de la parole et de l'audition de sujets normaux. C'est là un fait à ne pas oublier dans l'hypothèse où l'on se proposerait de procéder à une étude détaillée de la sonie de circuits d'un système téléphonique. Pour de plus amples renseignements à ce sujet, voir le Supplément n° 19.

8 Calcul de l'affaiblissement de l'effet local par la méthode de masquage (AELM)

8.1 *Calcul basé sur les principes fondamentaux*

La Recommandation P.76 expose les principes sur lesquels se fonde la méthode qui permet de déterminer l'affaiblissement de l'effet local par masquage, considérant le signal d'effet local humain L_{MEHS} comme un seuil de masquage à partir duquel on mesure l'affaiblissement L_{meST} le long du trajet de l'effet local du poste téléphonique. Ainsi qu'il a été dit plus haut, l'affaiblissement L_{MEHS} le long du trajet de l'effet local humain a déjà été déterminé [5]; il est donné sous forme de diagramme dans la figure 4/P.76, à l'aide du tableau 5/P.79. Celui-ci fournit deux séries de valeurs utilisables suivant qu'il s'agit d'un écouteur couplé à l'oreille (colonne 9) ou de la fuite habituelle entre écouteur et oreille (colonne 10).

La méthode de calcul repose sur les principes précédemment énoncés de l'AELM pour les équivalents pour la sonie à l'émission et à la réception dans les § 3 et 4. L'expression suivante résume la méthode de calcul:

$$\mathrm{AELM} = \frac{10}{m} \log_{10} \frac{\sum 10^{\frac{mZ_l + 10 \log_{10} S' \Delta f}{10}}}{\sum 10^{\frac{mZ + 10 \log_{10} S' \Delta f}{10}}} \tag{8-1}$$

où

$$Z = B'_S - L_{meST} - L_E - 10 \log_{10} \left(10^{\frac{\beta_0 - K}{10}} + 10^{\frac{B'S - L_{MEHS}}{10}}\right) \tag{8-2}$$

et

$$Z_l = B'_S + S_{RmJ} + S_{RJe} - L_E - 10 \log_{10} \left(10^{\frac{\beta_0 - K}{10}} + 10^{\frac{B'S - L_{MEHS}}{10}}\right) \tag{8-3}$$

Les quantités utilisées dans ces équations sont définies dans les paragraphes précédents de la présente Recommandation, et l'indice m a pour valeur:

$$m = 0{,}225$$

Les sommations s'étendent normalement sur la gamme de 100 Hz à 8 kHz, mais peuvent être sujettes à des restrictions si L_{meST} ne peut être déterminé de façon satisfaisante dans la largeur entière de la bande.

Le tableau 5/P.79 énumère les valeurs à utiliser pour chacune des grandeurs, aux fréquences ISO.

TABLEAU 5/P.79

Table des grandeurs nécessaires au calcul de l'AELM

Bande n°	f	B'_S	$\beta_0 - K$	$10 \log_{10} S' \Delta f$	SRI		L_E	L_{MEHS}	
					S_{RmJ}	S_{RJe}			
	Hz	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB
		1 pW/m²/Hz			1 V/Pa	1 Pa/V		Couplé à l'oreille	Avec fuite
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
1	100	57,3	17,5	−19,7	−45,8	−27,5	20	−2,7	11,6
2	125	60,2	14,4	−18,8	−36,1	−18,8	16,5	−4	10,6
3	160	62,0	10	−17,8	−25,6	−10,8	12,5	−5,4	7,1
4	200	63,0	5	−17	−19,2	− 2,7	8,4	−2,7	7,6
5	250	63,0	2,5	−16	−14,3	2,7	4,9	−2,8	7,4
6	315	62,4	− 0,4	−15,1	−10,8	7,2	1,0	−2,6	6,1
7	400	61,1	− 3	−14,4	− 8,4	9,9	−0,7	−0,7	3,5
8	500	59,3	− 5	−13,6	− 6,9	11,3	−2,2	5	5,7
9	630	57,0	− 6,3	−13,3	− 6,1	11,9	−2,6	13,2	8,9
10	800	54,4	− 8	−12,8	− 4,9	12,3	−3,2	19,9	16,2
11	1000	51,5	− 9	−12,4	− 3,7	12,6	−2,3	26,1	23,8
12	1250	48,4	− 8,5	−12,2	− 2,3	12,5	−1,2	23,7	23,7
13	1600	45,4	− 8	−11,9	− 0,6	13	−0,1	22	22
14	2000	42,3	− 9	−11,9	0,3	13,1	3,6	21,1	21,1
15	2500	39,5	−11,5	−12	1,8	13,1	7,4	22,1	22,1
16	3150	36,8	−13,8	−12,1	1,8	12,6	6,7	23,3	23,3
17	4000	34,6	−13	−12,4	−37,2	−31,6	8,8	24,2	24,2
18	5000	32,8	−12,5	−12,5	−52,2	−54,9	10,0	(26)	(26)
19	6300	31,5	−11,1	−13	−73,6	−67,5	12,5	(28)	(28)
20	8000	30,9	− 9	−14	−90	−90	15,0	(30)	(30)

8.2 *Calcul de l'AELM en utilisant les facteurs de pondération W*

Le § 4 de la présente Recommandation approfondit l'étude des principes fondamentaux régissant la procédure relative à l'équivalent pour la sonie à l'émission, à la réception, à la ligne de jonction ainsi qu'à l'équivalent global pour la sonie; une formule simplifiée faisant intervenir les coefficients de pondération W répertoriés dans le tableau 2/P.79 y est également établie de même que les formules simplifiées (4-19a) à (4-19d). Il est possible de réduire également les expressions (8-1), (8-2) et (8-3) relatives au calcul de l'AELM à une formule simplifiée faisant intervenir une série de coefficients de pondération W et à une valeur de m propre à l'AELM, ce qui donne:

$$\text{AELM} = -\frac{10}{m} \log_{10} \sum_{M=1}^{N} 10^{(m/10)(-L_{meST} - L_E - W_M)} \qquad (8\text{-}4)$$

ou, si des efficacités d'effet local ont été mesurées:

$$\text{AELM} = -\frac{10}{m} \log_{10} \sum_{M=1}^{N} 10^{(m/10)(S_{meST} - L_E - W_M)} \qquad (8\text{-}5)$$

où $m = 0{,}225$ et W_M prennent les valeurs indiquées dans le tableau 6/P.79.

Pour le calcul des coefficients de pondération W dans des conditions d'application non hermétique, les valeurs estimées pour L_E dans la colonne 3 concordent avec celles de la colonne 8 du tableau 5/P.79 pour le trajet de référence (SRI). Lors du calcul de l'AELM dans des conditions d'application non hermétique, il convient d'ajouter aux valeurs de L_{meST} les valeurs de L_E appropriées, et de les introduire dans la formule comme précédemment indiqué. Les valeurs de L_E de la colonne 8 du tableau 5/P.79 s'avèrent souvent satisfaisantes.

Dans le cas d'un écouteur couplé à l'oreille, il importe d'utiliser les facteurs de pondération de la colonne 2 du tableau 6/P.79, ainsi que les valeurs de L_E associées à L_{meST}, ramené à zéro.

TABLEAU 6/P.79

Coefficients de pondération pour le calcul de l'AELM

Bande n°	W_{MS} couplé à l'oreille	W_{ML} avec fuite
(1)	(2)	(3)
1	110,4	94,0
2	107,7	91,0
3	104,6	90,1
4	98,4	86,0
5	94,0	81,8
6	89,8	79,1
7	84,8	78,5
8	75,5	72,8
9	66,0	68,3
10	57,1	58,7
11	49,1	49,4
12	50,6	48,6
13	51,0	48,9
14	51,9	49,8
15	51,3	49,3
16	50,6	48,5
17	51,0	49,0
18	49,7	47,7
19	50,0	48,0
20	52,8	50,7

8.3 *Remarques relatives aux conditions existant dans le cas d'un écouteur couplé à l'oreille par rapport à celles qui prévalent dans le cas contraire, pour le calcul de l'AELM*

En calculant les valeurs de L_{MEHS} dans le cas d'un écouteur couplé à l'oreille, on a pris des mesures très strictes pour éliminer les fuites entre le pavillon du récepteur d'essai et l'oreille du sujet. En ce qui concerne la valeur de L_{MEHS} dans le cas d'un écouteur non couplé à l'oreille, une valeur particulière de L_E a été insérée acoustiquement dans le récepteur. On obtient la différence entre le L_{MEHS} dans le cas du couplage à l'oreille et le L_{MEHS} avec fuites en comparant les colonnes 9 et 10 du tableau 5/P.79. Dans les parties les plus importantes de la gamme de fréquences, cette différence est très proche de la valeur de L_E utilisée dans le récepteur. Dans la pratique, les différences (couplage-fuites) sont généralement inférieures à 1 dB.

Il en résulte qu'en pratique toute fuite existante aura à peu près la même incidence sur la valeur de L_{MEHS} et sur celle de L_{MEST}, du moins sur une gamme pratique de fuites acoustiques. Cette affirmation implique à son tour que la valeur de L_{MEHS} aura à peu près toujours le même effet de masque pour la valeur de L_{MEST}, même en présence d'une fuite, et que, pour évaluer la sonie de l'effet local, on peut s'attendre à ce que l'AELM donne une meilleure corrélation avec les effets subjectifs, si on calcule dans le cas d'un écouteur couplé à l'oreille.

Il est préférable d'opérer avec écouteur couplé hermétiquement, mais les Administrations peuvent continuer à employer l'AELM avec fuites à des fins d'essai lorsque l'accumulation de données justifie une telle procédure, comme avec certaines spécifications existantes. Le cas échéant, les documents s'y rapportant doivent en faire mention.

8.4 *Calcul de l'AELE à l'aide des facteurs de pondération W*

Pour le calcul de l'affaiblissement d'effet local pour la personne qui écoute (AELE), on utilise le même algorithme que pour le calcul de l'AELM (équation (8-5)); toutefois, l'efficacité de l'effet local retenue est celle obtenue à l'aide d'une source de bruit de salle (voir le § 9 de la Recommandation P.64), ce qui donne:

$$\text{AELE} = -\frac{10}{m}\log_{10}\sum_{M=1}^{N} 10^{(m/10)\,(S_{RNST} - L_E - W_M)} \qquad (8\text{-}6)$$

où $m = 0{,}225$ et W_M prennent les valeurs indiquées dans le tableau 6/P.79.

On peut aussi calculer l'AELE en utilisant une valeur S_{RNST} déterminée en corrigeant S_{meST} par Δ_{Sm} (voir la Recommandation P.10, le § 9 de la Recommandation P.64 et le § 3.3.17c du Manuel sur les mesures téléphonométriques), ce qui donne:

$$S_{RNST} \cong S_{meST} + \Delta_{Sm}.$$

En cas de choix de cette méthode, l'efficacité de l'effet local, S_{meST}, devra aussi avoir été déterminée à l'aide d'une source de bruit à large bande.

L'annexe A de la Recommandation G.111 décrit une méthode applicable à la planification de la transmission selon laquelle on détermine l'AELE en corrigeant l'AELM par une valeur pondérée de Δ_{SM}.

On trouvera des renseignements sur d'autres aspects de l'effet local en [6] et dans l'annexe de la Question 9/XII [7], dans les Recommandations G.121 et P.11 ainsi que dans le Supplément n° 11 à la fin du présent tome.

Références

[1] CCITT – Question 19/XII, contribution COM XII-N° 1 de la période d'études 1985-1988, Genève, 1985.

[2] CCITT – Question 7/XII, contribution COM XII-N° 1 de la période d'études 1985-1988, Genève, 1985.

[3] CCITT – Question 8/XII, contribution COM XII-N° 1 de la période d'études 1985-1988, Genève, 1985.

[4] CCITT – Question 12/XII, contribution COM XII-N° 1 de la période d'études 1985-1988, Genève, 1985.

[5] CCITT – Contribution COM XII-N° 228/AP VII-N° 115 de la période d'études 1977-1980, Genève, 1980.

[6] CCITT – Question 9/XII, contribution COM XII-N° 234 de la période d'études 1981-1984, Genève, 1984.

[7] CCITT – Question 9/XII, contribution COM XII-N° 1 de la période d'études 1989-1992, Genève, 1988.

SECTION 7

ESSAIS SUBJECTIFS D'OPINION

Recommandation P.80 [1]

MÉTHODES D'ÉVALUATION SUBJECTIVE DE LA QUALITÉ DE TRANSMISSION

1 Introduction

La présente Recommandation est destinée aux Administrations qui procèdent à des mesures subjectives dans leurs propres laboratoires. Les mesures effectuées au laboratoire du CCITT en utilisant des systèmes de référence sont décrites dans la section 3 du présent volume.

Quand on met au point les composants d'un équipement téléphonique, il faut procéder à divers types de mesures spéciales pour en déceler les défauts et les imperfections; les mesures de ce genre, intéressant l'étude d'aspects spécifiques de la qualité de transmission, ne sont pas traitées dans la présente Recommandation; celle-ci a pour objet de signaler des méthodes jugées satisfaisantes pour savoir dans quelle mesure des communications téléphoniques déterminées donneront satisfaction au public.

Les méthodes en question sont d'une application générale, quels que soient les facteurs de dégradation entrant en jeu. A titre d'exemples de ces facteurs, citons l'affaiblissement de transmission (souvent lié à la fréquence), le bruit de circuit et le bruit de salle, l'effet local, l'écho pour la personne qui parle, les distorsions de non-linéarité d'origines diverses, la distorsion de temps de propagation, les effets intempestifs des dispositifs actionnés par la voix et le changement des caractéristiques des postes téléphoniques (y compris les postes téléphoniques à haut-parleur). Il conviendra de tenir compte de la combinaison possible de plusieurs de ces facteurs.

2 Méthodes recommandées

Pour être applicables malgré un tel nombre de facteurs de dégradation, les méthodes d'évaluation doivent reproduire aussi fidèlement que possible les caractéristiques d'une communication réelle entre deux abonnés qui conversent par téléphone. Ces méthodes sont appelées «Mesures de conversation»; on trouvera dans le Supplément n° 2 à la fin du présent tome la description détaillée des dispositions que prend le British Telecom pour procéder à ces mesures.

Si l'on estime importants les résultats des mesures et si l'on peut consacrer à celles-ci les efforts nécessaires, la qualité de transmission peut être évaluée au moyen d'observations de service; la façon de procéder – y compris les questions à poser aux usagers interrogés – est indiquée dans la Recommandation P.82.

Sous plusieurs aspects, la méthode des observations de service présente un inconvénient: la commande des caractéristiques particulières des communications téléphoniques à mesurer ne peut s'exercer qu'à un degré très limité. Une méthode élimine en grande partie la difficulté, tout en retenant nombre des avantages de la méthode des observations de service: c'est la méthode SIBYL appliquée par l'AT&T (voir le Supplément n° 5, Tome V du *Livre rouge*). Conformément à cette méthode, des membres du personnel des Bell Laboratories proposent de plein gré qu'une faible proportion de leurs communications internes passent par des arrangements spéciaux qui modifient, conformément à un programme de mesure, la qualité de transmission normale. Quand une communication a ainsi été établie, l'interlocuteur volontaire fait connaître son opinion en composant un chiffre d'une série de chiffres. Toutes les opinions formulées sont enregistrées par l'ordinateur de commande, en sauvegardant le caractère privé des opinions émises.

---

[1] Anciennement Recommandation P.74 (*Livre rouge*).

3 Méthodes supplémentaires

Dans certaines conditions, on peut ne pas appliquer intégralement la méthode de la conversation et ne procéder qu'à des mesures d'écoute dans un sens. Ces conditions se présentent quand le(s) facteur(s) de dégradation à l'étude n'affecte(nt) que l'écoute de l'interlocuteur. La méthode de l'écoute a permis de déterminer la distorsion d'affaiblissement en fonction de la fréquence et la distorsion de non-linéarité due à la quantification; cette méthode se prêterait cependant mal à l'étude des conséquences de l'effet local. Les mesures d'écoute peuvent en outre conduire à des résultats trompeurs quand elles sont utilisées pour évaluer les effets d'un facteur de dégradation (tel que le bruit de circuit) alors que la dégradation est très prononcée. En pareil cas, il convient de procéder à une comparaison assez poussée avec les résultats des mesures de conversation avant de considérer comme fiables les résultats des mesures d'écoute.

Recommandation P.81 [1]

APPAREIL DE RÉFÉRENCE POUR LE BRUIT MODULÉ (ARBM)

(Malaga-Torremolinos, 1984; modifiée à Melbourne, 1988)

Le CCITT,

considérant

(a) que l'utilisation de dispositifs de traitement numérique (couples de codeurs analogique/numérique/analogique (A/N/A) loi A ou loi μ MIC à 64 kbit/s, convertisseurs loi A/loi μ ou loi μ/loi A, affaiblisseurs numériques fondés sur des mots MIC à 8 bit, modulation par impulsions et codage différentiel adaptatif (MICDA) à 32 kbit/s, etc.) s'est rapidement accrue dans le réseau téléphonique international au cours des dernières années et que l'on s'attend à la poursuite de cette croissance;

(b) que de nouveaux dispositifs de traitement numériques sont en cours de normalisation (type MICDA large bande 7 kHz à 64 kbit/s, par exemple);

(c) qu'il existe un besoin d'appareils normalisés pour mesurer la distorsion de quantification des traitements numériques, par exemple, la modulation MICDA à 32 kbit/s (Recommandation G.721), et le codec large bande 7 kHz à 64 kbit/s (Recommandation G.722), de façon que ces appareils puissent être utilisés pour estimer la qualité de transmission subjective de communications internationales mettant en jeu de tels traitements numériques;

(d) qu'aucune méthode d'évaluation objective de la qualité de la parole n'a encore été établie;

(e) qu'actuellement les essais subjectifs faisant intervenir des systèmes de référence représentent la seule méthode satisfaisante pour mesurer la qualité de la transmission de la parole avec des dispositifs de traitement numériques;

(f) que le fait d'exprimer les résultats sur la base d'un système de référence commun peut faciliter la comparaison des résultats d'essais subjectifs obtenus dans des laboratoires différents.

recommande

(1) l'utilisation d'un appareil de référence pour le bruit modulé (ARBM) à bande étroite, comme système de référence sur la base duquel la qualité subjective des dispositifs de traitement numériques fonctionnant dans la bande téléphonique devrait être exprimée;

(2) l'emploi de l'ARBM à large bande comme système de référence sur la base duquel la qualité subjective des traitements numériques à large bande devrait être exprimée [2].

Remarque 1 – L'ARBM peut être réalisé au moyen d'appareils de laboratoire ou par simulation informatique. D'autres informations concernant l'ARBM sont fournies dans les références données à la fin de cette Recommandation.

---

[1] Anciennement Recommandation P.70 (*Livre rouge*).

[2] Cette spécification doit faire l'objet de futures améliorations et par conséquent doit être considérée comme provisoire.

Remarque 2 – La méthode d'écoute seule, actuellement proposée pour l'utilisation de l'ARBM dans des essais subjectifs, est décrite dans le Supplément n° 14 à la fin de ce tome. Voir le § 3 de la Recommandation P.80 en ce qui concerne les précautions à prendre dans la pratique des essais d'écoute seule.

Remarque 3 – Il n'existe pas actuellement de méthodes de mesure objective qui rendent compte de manière satisfaisante des effets subjectifs de la distorsion de quantification de différents types de traitements numériques (par exemple, la méthode objective de la Recommandation G.712, fondée sur des mesures d'ondes sinusoïdales et de bruit à bande limité, est conçue pour la MIC et ne permet pas de mesurer la distorsion induite par d'autres systèmes, par exemple MICDA). La voie artificielle décrite dans la Recommandation P.50 pourrait être utile à cet égard. Même si une méthode objective est mise au point, des essais subjectifs demeurent nécessaires afin d'établir une corrélation entre résultats subjectifs et résultats objectifs pour des types particuliers de traitements numériques.

Remarque 4 – L'ARBM à large bande décrit dans la présente Recommandation, à savoir l'ARBM à large bande sans mise en forme du bruit, est recommandé[3]. Les Administrations sont priées de faire part de leurs observations sur l'opportunité d'un filtre dans le trajet de bruit en aval du multiplicateur (voir le Supplément n° 15) pour assurer la mise en forme du spectre de bruit corrélé. Certaines Administrations préconisent l'emploi d'un tel filtre, mais d'autres n'y sont pas favorables.

1 Introduction

L'ARBM a été conçu au départ pour produire une distorsion subjectivement similaire à celle qui est produite par des systèmes MIC à compression-extension logarithmique [1]. Cette méthode repose sur l'idée:

1) selon laquelle la planification du réseau exige de nombreux essais subjectifs, de façon à permettre l'évaluation de la qualité des systèmes MIC sur une certaine gamme de caractéristiques de compresseur-extenseur, à différents niveaux de signal et en combinaison avec plusieurs autres types de dégradations de transmission (par exemple, affaiblissement, bruit de circuit au repos, etc.) à différents niveaux, et

2) selon laquelle également il serait tout aussi sûr et plus facile de définir un système de distorsion de référence, fournissant lui-même une distorsion perceptiblement similaire à celle des systèmes MIC, et sur la base duquel la qualité des systèmes MIC pourrait être exprimée. Cela exige une évaluation subjective étendue du système de référence lorsque celui-ci est introduit dans une ou plusieurs communications téléphoniques simulées, mais on a aussi la possibilité de simplifier l'évaluation subjective de nouvelles techniques de traitement numériques.

Diverses organisations (Administrations, organismes scientifiques ou industriels) ainsi que le CCITT lui-même ont largement appliqué la notion d'ARBM pour l'évaluation de la qualité subjective des dispositifs numériques (dans leurs travaux d'élaboration des Recommandations G.721 et G.722, par exemple). Une version modifiée destinée à être utilisée pour l'évaluation des codecs de plus grande largeur de bande (70-7000 Hz) est aujourd'hui d'usage courant. Cependant, les appareils actuellement utilisés, tout en reposant sur des principes communs, peuvent différer dans le détail et, de ce fait, les résultats fournis par des essais subjectifs peuvent également différer. (Les différences entre les méthodologies des essais subjectifs sont également à prendre en considération.) L'objectif de la présente Recommandation est de définir les versions bande étroite et large bande de l'ARBM de manière aussi complète et aussi détaillée que possible, de façon à minimiser les effets de l'appareil et de ses procédures d'étalonnage objectif sur les résultats des essais subjectifs.

2 Description générale

Une représentation simplifiée de la structure de l'ARBM est donnée à la figure 1a/P.81 (pour sa version bande étroite) et à la figure 1b/P.81 (pour sa version large bande). Les signaux de parole entrant à gauche sont partagés entre deux trajets, un trajet de signal et un trajet de bruit. Le trajet de signal fournit à la sortie un signal de parole sans distorsion (sauf pour le filtrage passe-bande). Dans le trajet de bruit, le signal de la parole commande instantanément un multiplicateur avec une «porteuse» de bruit blanc qui a un spectre uniforme entre 0 et une fréquence d'au moins deux fois la fréquence de coupure de la portion passe-bas du filtre passe-bande. La sortie du multiplicateur, consistant en un bruit modulé par le signal de la parole, est alors ajoutée à ce signal afin de produire un signal avec distorsion.

Les affaiblisseurs et les commutateurs se trouvant dans les trajets de signal et de bruit permettent un réglage indépendant des niveaux du signal de parole et du bruit à la sortie. Le système est normalement étalonné de telle sorte que le réglage de l'affaiblisseur (en dB) dans le trajet de bruit représente le rapport de la puissance vocale instantanée à la puissance du bruit, l'une et l'autre étant mesurées à la sortie du filtre passe-bande (borne OT).

---

[3] Cette spécification doit faire l'objet de futures améliorations et par conséquent doit être considérée comme provisoire.

Pour la présente Recommandation, ce rapport sera désigné Q_N (dB), pour la version bande étroite, et Q_W, pour la version large bande.

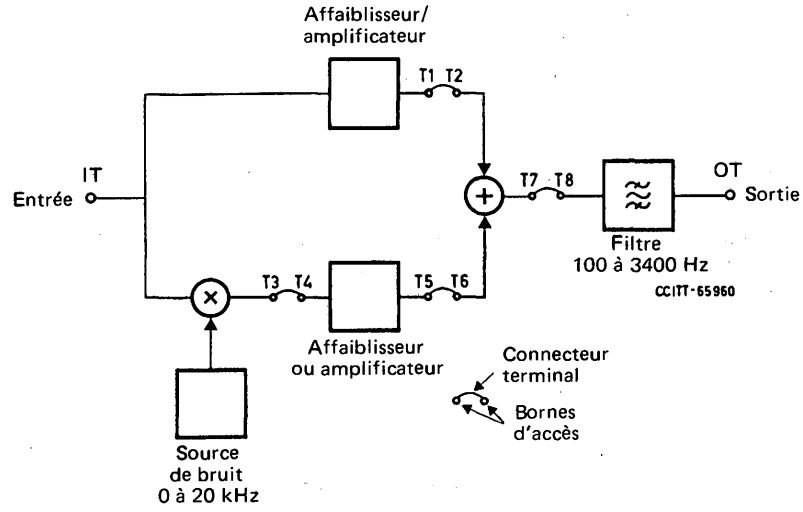


FIGURE 1a/P.81

Configuration de base de l'ARBM bande étroite

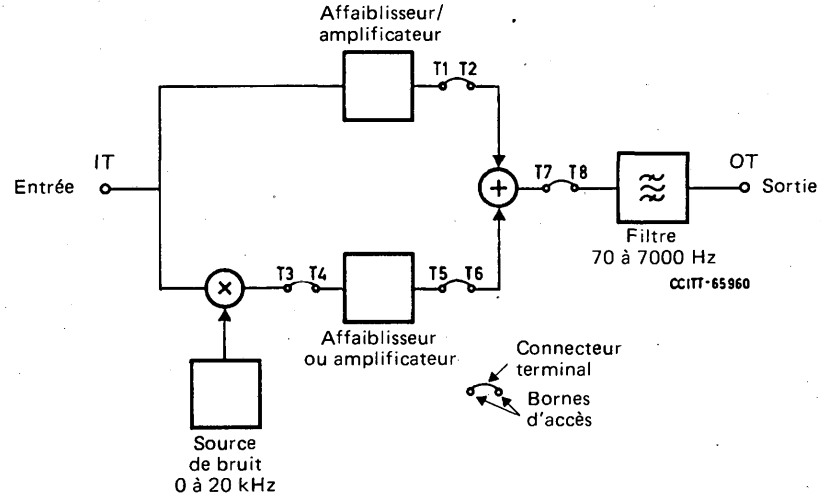


FIGURE 1b/P.81

Configuration de base de l'ARBM large bande

3 Spécifications de qualité

3.1 *Considérations générales*

Les spécifications de ce paragraphe s'appliquent à la fois aux réalisations du matériel et aux simulations du logiciel.

Pour les réalisations pratiques, les niveaux de signal ainsi que les niveaux de bruit réels peuvent être augmentés ou diminués selon les besoins particuliers. Dans de tels cas, les spécifications de niveau indiquées plus loin doivent être modifiées en conséquence.

3.2 *Trajet de signal*

Les spécifications indiquées dans le présent § 3.2 concernent l'ARBM avec affaiblissement infini dans les figures 1a/P.81 et 1b/P.81; le trajet de bruit des résistances terminales distinctes aux bornes T5 et T6 (non liées) permettront d'obtenir un tel affaiblissement.

La réponse en fréquence du trajet de signal (c'est-à-dire entre les bornes IT et OT des figures 1a/P.81 et 1b/P.81) doit se trouver dans les limites de la figure 2a/P.81 pour le circuit de la figure 1a/P.81 et dans les limites de la figure 2b/P.81 pour le circuit de la figure 1b/P.81.

L'affaiblissement entre les bornes IT et OT pour une onde sinusoïdale d'entrée de 0 dBm, 1 kHz, doit être de 0 dB. Sur toute la gamme des niveaux d'entrée, de +10 dBm à −50 dBm, l'affaiblissement doit être de 0 dB ± 0,1 dB.

Toute composante harmonique doit se trouver à 50 dB au moins au-dessous du niveau du fondamental, à la sortie du système (borne OT dans les figures 1a/P.81 et 1b/P.81) pour toute fréquence fondamentale comprise entre 125 Hz et 3000 Hz dans un système à bande étroite et entre 100 Hz et 6000 Hz dans un système à large bande.

Le bruit de repos engendré dans le trajet de signal doit être inférieur à −60 dBm, mesuré à la borne OT, afin qu'il soit conforme aux dispositions du § 3.4.

Il est recommandé que le niveau des signaux de parole appliqués aux bornes IT soit inférieur à −10 dBm (puissance moyenne en activité – c'est-à-dire niveau actif moyen conforme à la Recommandation P.56) afin d'éviter la coupure des crêtes amplifiées du signal, et soit supérieur à −30 dBm afin de garantir un rapport signal de parole/bruit suffisant.

3.3 *Trajet de bruit*

Les spécifications indiquées dans le présent § 3.3 concernent l'ARBM avec affaiblissement infini inséré dans le trajet de signal des figures 1a/P.81 et 1b/P.81; des résistances terminales distinctes aux bornes T1 et T2 (non liées) permettront d'obtenir un tel affaiblissement.

3.3.1 *Linéarité en fonction du niveau d'entrée*

Avec un réglage Q_N de 0 dB dans le circuit de la figure 1a/P.81 ou un réglage Q_W de 0 dB dans le circuit de la figure 1b/P.81, selon le cas, le niveau de bruit à la sortie du système (borne OT) doit être numériquement égal au niveau de l'onde sinusoïdale à l'entrée (borne IT). Une correspondance à ± 0,5 dB près doit être obtenue pour les niveaux d'entrée de +5 dBm à −45 dBm et les fréquences d'entrée de 125 Hz à 3000 Hz, dans un système à bande étroite, et de 100 Hz à 6000 Hz dans un système à large bande.

3.3.2 *Spectre du bruit*

Dans le cas d'un système à bande étroite, pour un réglage de Q_N de 0 dB, des ondes sinusoïdales d'entrée appliquées aux bornes IT de la figure 1a/P.81 avec des niveaux de +5 à −45 dBm et des fréquences de 125 Hz à 3000 Hz devraient donner une densité spectrale de bruit uniforme à la sortie du dispositif de multiplication (borne T3 de la figure 1a/P.81) avec une marge de ± 1 dB sur la gamme de fréquences de 75 Hz à 5000 Hz. La densité spectrale doit être mesurée avec une résolution de largeur de bande de 50 Hz au maximum.

Dans le cas d'un système à large bande, pour un réglage de Q_W de 0 dB, des ondes sinusoïdales d'entrée appliquées aux bornes IT de la figure 1b/P.81 avec des niveaux de +5 à −45 dBm et des fréquences de 100 à 6000 Hz doivent donner une densité spectrale de bruit uniforme à la sortie du dispositif de multiplication (borne T3 de la figure 1b/P.81) avec une marge de ± 1 dB sur la gamme de fréquences de 75 Hz à 10 000 Hz. La densité spectrale doit être mesurée avec une résolution de largeur de bande de 50 Hz au maximum.

3.3.3 *Distribution des amplitudes*

La distribution des amplitudes du bruit à la sortie du système doit être approximativement de type gaussien (bruit blanc).

Remarque – Une source de bruit consistant en un générateur de bruit blanc suivi d'un écrêteur avec un spectre uniforme entre une fréquence voisine de zéro et 20 kHz produira un bruit de sortie satisfaisant à la borne OT.

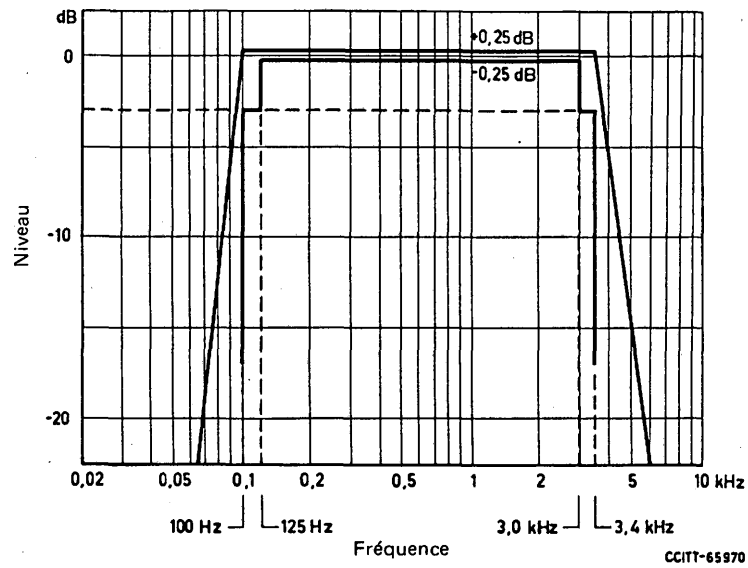


FIGURE 2a/P.81

Caractéristiques du filtre de sortie de l'ARBM bande étroite

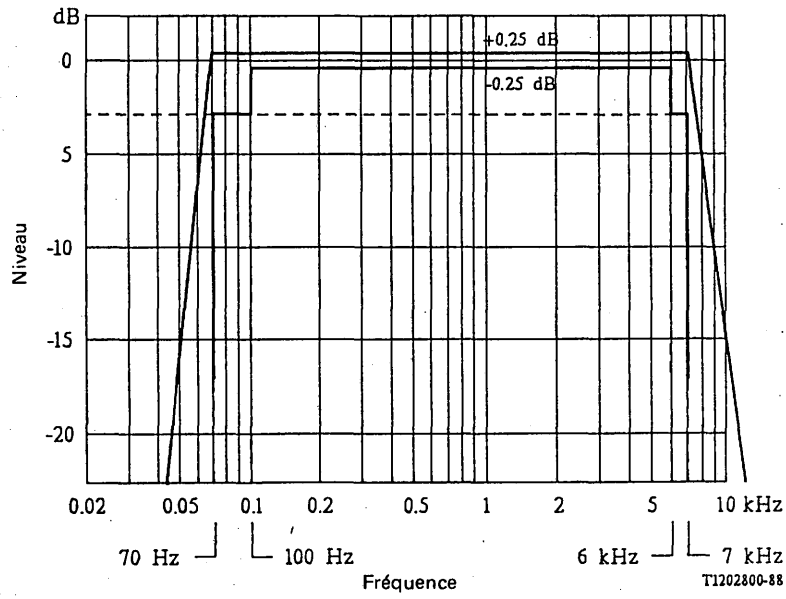


FIGURE 2b/P.81

Caractéristiques du filtre de sortie de l'ARBM large bande

3.3.4 *Affaiblisseurs de bruit*

L'affaiblissement introduit par un ou plusieurs affaiblisseurs de bruit, entre les bornes T4 et T5 des figures 1a/P.81 et 1b/P.81, doit présenter une marge de ± 0,1 dB par rapport au réglage nominal. Les affaiblisseurs doivent au moins permettre des réglages de Q_N et Q_W entre −5 dB et 45 dB, c'est-à-dire dans une gamme de 50 dB.

3.4 *Trajet mixte*

Les spécifications indiquées dans le présent § 3.4 concernent l'ARBM dont les trajets de parole et de bruit fonctionnent simultanément.

Avec Q_N ou Q_W (selon le cas) réglé à zéro, et une entrée terminée par une résistance équivalente, le bruit blanc émis dans le trajet mixte, mesuré à la sortie du système (borne OT), doit être inférieur à −60 dBm.

Références

[1] LAW (H. B.) et SEYMOUR (R. A.): A reference distortion system using modulated noise, the *Institute of Electrical Engineers*, pp. 484 à 485, novembre 1962.

Bibliographie

CCITT – Contribution COM XII-N° 63 – *Some considerations on specifications for modulated noise reference unit*, NTT, Japon, période d'études 1981-1984.

CCITT – Contribution COM XII-N° R4, pp. 76-84, période d'études 1981-1984.

CCITT – Contribution COM XII-N° 119 – *Description et mode d'utilisation du générateur de bruit modulé de référence (ARBM/MALT)*, France, période d'études 1981-1984.

Recommandation P.82 [1)]

MÉTHODE D'ÉVALUATION DU SERVICE DU POINT DE VUE DE LA QUALITÉ DE TRANSMISSION DE LA PAROLE

(Genève, 1976; modifiée à Malaga-Torremolinos, 1984)

1 Considérations générales

Le CCITT recommande aux Administrations d'avoir recours aux enquêtes auprès des usagers du téléphone, selon la Recommandation E.125 [1], comme un des moyens à utiliser pour mesurer la qualité de transmission de la parole sur des communications internationales.

De telles enquêtes étant conçues sur la base des communications (en l'occurrence, la dernière communication internationale établie), on peut les effectuer soit en utilisant complètement les questionnaires de la Recommandation E.125 (et l'on obtient alors d'autres renseignements précieux sur les difficultés éprouvées par les usagers, par exemple: connaissance du mode opératoire pour obtenir la communication, difficultés dans la composition du numéro ou dans l'interprétation des tonalités, etc.), soit en utilisant les questions concernant uniquement la qualité de transmission qui figurent dans l'annexe A à la présente Recommandation.

Remarque – Des difficultés d'établissement de la communication peuvent modifier l'appréciation de la qualité de transmission. Il faut donc être prudent lors de l'interprétation des réponses à des questionnaires partiels.

[1)] Anciennement Recommandation P.77 (*Livre rouge*).

2 Exécution des enquêtes

Pour faire des comparaisons valables entre les résultats recueillis dans différents pays, il faut respecter rigoureusement la Recommandation E.125. En particulier, le préambule de la Recommandation, les remarques sur l'utilisation projetée des questionnaires ainsi que l'ordre et le libellé exacts des questions doivent être strictement observés. Il y aura cependant dérogation dans certains cas: la question 10.0 sera remplacée par le texte indiqué dans l'annexe B (des renseignements détaillés sont donnés en [3].

Remarque – L'avantage de cette variante est de simplifier la tâche des spécialistes pour classer les réponses à des tests pouvant comporter plusieurs réponses; un autre avantage est d'augmenter la sensibilité à certains types de dégradation tels que les retards. Il faut mettre en balance ces avantages et la durée supplémentaire requise pour poser les questions.

3 Traitement des résultats

Pour avoir une information quantitative permettant des comparaisons, il faut attribuer aux évaluations subjectives (par exemple, celles qui résultent de la question 9.0 de l'annexe A): excellent, bon, assez bon ou médiocre (voir la remarque), une note 4, 3, 2 et 1 et une note moyenne d'opinion calculée pour toutes les réponses correspondantes. De même, pour toutes les communications donnant lieu à difficulté (question 10.0 de l'annexe A ou question 10.0 de l'annexe B), il faut calculer un pourcentage du nombre total des réponses. Ces deux critères, note moyenne d'opinion et pourcentage de difficultés, sont maintenant admis à l'échelle internationale; ils ont été mesurés dans différentes communications et situations réelles simulées en laboratoire.

Les résultats peuvent se classer de plusieurs manières, par exemple en fonction des pays d'origine et de destination ou suivant la nature et la constitution de la communication, à savoir: circuits en câble et par satellite, présence ou absence de suppresseurs d'écho, etc. Le document cité en [2] indique des types de présentation des résultats, dans le cas de plusieurs pays. Il convient d'observer que, dans toute présentation, il est essentiel de faire apparaître le nombre de réponses.

Remarque – Limiter à quatre le nombre de catégories dans lesquelles sont rangées les opinions des usagers sur la qualité de transmission (excellente, bonne, assez bonne, médiocre) est une règle qui a été strictement appliquée pour la raison suivante. L'expérience acquise dans les enquêtes portant sur les facteurs humains a montré que, quand on pose sous forme orale – par exemple dans une conversation directe ou par téléphone, telle que la prévoit la Recommandation E.125 – une question nécessitant un choix parmi plusieurs classifications différentes, la personne interrogée est fréquemment incapable d'établir une distribution mentale claire entre des catégories dont le nombre dépasse quatre. En conséquence, elle est incapable de faire appel à sa mémoire récente et à sa capacité de jugement d'une manière assez précise pour éviter toute confusion et, par conséquent, toute réponse qui ne serait pas digne de foi. Cette restriction ne s'applique pas à d'autres situations dans lesquelles le choix est présenté sous forme écrite; il se peut alors qu'un nombre de catégories égal ou supérieur à cinq convienne et soit de nature à fournir des réponses fiables.

ANNEXE A

(à la Recommandation P.82)

Extrait du questionnaire annexé à la Recommandation E.125

On trouvera ci-après les questions relatives à la qualité de transmission, telles qu'elles figurent dans le questionnaire annexé à la Recommandation E.125.

Le CCITT recommande l'emploi de cette annexe dans les cas où l'on a besoin de connaître l'impression générale des usagers quant à la qualité de transmission.

9.0 . . . . . .

Lequel de ces quatre termes décrit-il le mieux la qualité de la connexion au cours de votre conversation?

9.1 – *excellente* 1 ☐

9.2 – *bonne* 2 ☐

9.3 – *passable* 3 ☐ } 48

9.4 – *médiocre* 4 ☐

10.0 *Vous-même ou votre interlocuteur avez-vous eu des difficultés à parler ou à entendre sur cette liaison?*

OUI NON
1 ☐ 2 ☐ 49

(Si oui), chercher à connaître la nature de ces difficultés, mais sans suggérer un type de difficulté possible, en demandant par exemple: *«Pourriez-vous décrire vos difficultés avec un peu plus de précision?»* et reproduire ci-après la réponse exacte:

. . . . . .
. . . . . .

A la fin de l'entretien, classer les réponses selon les catégories ci-dessous:

10.1 – faible volume 1 ☐ 50
10.2 – bruit ou bourdonnement 1 ☐ 51
10.3 – distorsion 1 ☐ 52
10.4 – variations de niveau, interruptions 1 ☐ 53
10.5 – diaphonie 1 ☐ 54
10.6 – écho 1 ☐ 55
10.7 – coupure complète 1 ☐ 56
10.8 – autres (préciser) . . . . . ← 1 ☐ 57

Remarque – Les réponses aux questions 10.1 à 10.8 ne sont obtenues que des usagers qui ont signalé des difficultés dans la réponse à la question 10.0.

ANNEXE B

(à la Recommandation P.82)

Variante de la question 10.0 du questionnaire annexé à la Recommandation E.125

Des études menées par l'AT&T ont montré que les descriptions de dégradations (réponses orales à la suite de la question 10.0 de l'annexe A) sont souvent formulées de façon trop imprécise pour que des enquêteurs peu familiers des études de transmission puissent les classer correctement. En général la solution consiste à demander à un groupe d'experts d'effectuer cette classification. Mais cette méthode peut devenir impraticable lorsque le volume de données s'accroît. La présente annexe fournit une approche différente mise au point en 1976 et largement utilisée depuis par l'AT&T pour quantifier les réactions des usagers vis-à-vis de la qualité de transmission des communications nationales ou internationales. Cette approche complique le sondage mais simplifie la tâche ultérieure de classification. On trouvera ci-dessous la variante à la question 10.0.

Le CCITT recommande l'emploi de cette annexe uniquement aux fins de diagnostic.

10.0 *Au cours de cette communication, avez-vous éprouvé des difficultés pour parler ou pour entendre?*

OUI NON
1 ☐ 2 ☐ 49

Ne posez pas de question: si la personne donne spontanément des explications, notez-les: . . . . . .
. . . . . .

Pour les questions 10.1 à 10.8, essayez de lire toute la question avant que la personne ne réponde.

10.1 *Je vais maintenant vous poser un certain nombre de questions bien précises au sujet de la communication.*

Si la personne a déjà décrit des difficultés, ajouter:

(Excusez-moi si certaines de ces questions vous obligent à répéter des choses que vous venez de dire). D'abord, pendant votre conversation, avez-vous entendu votre voix vous revenir en écho, ou bien votre voix vous semblait-elle caverneuse?

10.1.1 – écho/sa propre voix caverneuse 1 ☐
10.1.2 – néant 2 ☐
10.1.3 – ne se souvient pas/pas sûr 3 ☐
10.1.4 – autres (spécifier) . . . . . ← 4 ☐ } 50

10.2 *Avez-vous entendu une autre conversation sur le réseau téléphonique se superposer à la vôtre?*

10.2.1 – autre conversation 1 ☐
10.2.2 – néant 2 ☐
10.2.3 – ne se souvient pas/pas sûr 3 ☐ } 51
10.2.4 – autres (spécifier) . . . . . ← 4 ☐

10.3 *Je voudrais maintenant vous demander de réfléchir à la voix de la personne avec qui vous parliez. Le volume de sa voix était-il faible, comme si la personne parlait tout doucement ou loin; aviez-vous l'impression que la voix s'épanouissait par moments; la voix était-elle interrompue ou découpée à certains instants?*

10.3.1 – volume faible 1 ☐
10.3.2 – évanouissements 2 ☐
10.3.3 – découpage 3 ☐ } 52
10.3.4 – néant 4 ☐
10.3.5 – ne se souvient pas/pas sûr 5 ☐
10.3.6 – autres (spécifier) . . . . . ← 6 ☐

10.4 *Comment entendiez-vous la voix de votre correspondant: sentiez-vous un écho, une voix caverneuse ou grêle; paraissait-elle floue, artificielle?*

10.4.1 – écho, voix caverneuse 1 ☐
10.4.2 – floue, artificielle 2 ☐
10.4.3 – néant 3 ☐ } 53
10.4.4 – ne se souvient pas/pas sûr 4 ☐
10.4.5 – autres (spécifier) . . . . . ← 5 ☐

10.5 *Je vais maintenant vous décrire trois sortes de bruit. Dites-moi si vous avez remarqué l'un de ces bruits au cours de la conversation: un souffle ou un sifflement; des bruits de friture et/ou grésillements, des craquements; ou bien des ronflements ou des bourdonnements?*

10.5.1 – souffle, sifflement 1 ☐
10.5.2 – friture et/ou grésillements, craquements 2 ☐
10.5.3 – ronflements, bourdonnements 3 ☐ } 54
10.5.4 – néant 4 ☐
10.5.5 – ne se souvient pas/pas sûr 5 ☐
10.5.6 – autres (spécifier) . . . . . ← 6 ☐

10.6 *Je vous décris maintenant trois autres sortes de bruit; dites-moi si vous en avez entendu au cours de votre conversation: des clics, des musiques ou des bips, un son aigu continu?*

10.6.1 – clics 1 ☐
10.6.2 – musiques ou bips 2 ☐
10.6.3 – sons aigus 3 ☐ } 55
10.6.4 – néant 4 ☐
10.6.5 – ne se souvient pas/pas sûr 5 ☐
10.6.6 – autres (spécifier) . . . . . ← 6 ☐

10.7 *Votre correspondant vous paraissait-il long à répondre, comme s'il y avait un retard ou un décalage dans la conversation?*

10.7.1 – oui 1 ☐

10.7.2 – non 2 ☐

10.7.3 – ne sait pas 3 ☐ } 56

10.7.4 – autres (spécifier) . . . . . ← 4 ☐

10.8 *Essayez de vous rappeler quel était le bruit de fond autour de votre appareil téléphonique (par exemple, bruit produit par un appareil de climatisation, circulation routière, appareils de bureau ou autres personnes parlant dans le voisinage) pendant que vous parliez au téléphone. Quelle est celle des catégories suivantes qui qualifie le mieux ce bruit?*

10.8.1 – très bruyant 1 ☐

10.8.2 – bruyant 2 ☐

10.8.3 – silencieux 3 ☐ } 57

10.8.4 – très silencieux 4 ☐

10.8.5 – autres (spécifier) . . . . . ← 5 ☐

10.9 *Quelle est celle des catégories suivantes qui décrit le mieux la mesure dans laquelle vous entendiez votre propre voix à travers votre téléphone pendant que vous parliez?*

10.9.1 – je ne l'ai pas entendue 1 ☐

10.9.2 – je l'ai entendue, maintenant que vous le dites 2 ☐

10.9.3 – je ne l'ai pas remarquée – pas fort 3 ☐ } 58

10.9.4 – je l'ai entendue – fort 4 ☐

10.9.5 – autres (spécifier) . . . . . ← 5 ☐

10.10 *Avez-vous quelque chose d'autre concernant la liaison que vous souhaiteriez mentionner?*

Oui – Quoi? (Noter)

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

Instructions pour le codage:

	OUI	NON	
– y a-t-il un commentaire écrit?	1 ☐	2 ☐	59
– ce commentaire concerne-t-il cette communication?	1 ☐	2 ☐	60
– mentionne-t-il une dégradation?	1 ☐	2 ☐	61
– a-t-il déjà été mentionné?	1 ☐	2 ☐	62
– autres (spécifier)	1 ☐	2 ☐	63

Remarque – Les réponses à ces questions particulières ne sont recueillies qu'auprès des usagers qui ont reconnu des difficultés en réponse à la question 10.0. Ceci peut prévenir le diagnostic de certaines dégradations (la prévention produite est plus sérieuse que celle obtenue par l'application de fin de l'annexe A).

Références

[1] Recommandation du CCITT *Enquêtes auprès des usagers du service téléphonique international*, Livre rouge, volume II, Rec. E.125, UIT, Genève, 1985.

[2] CCITT – Question 2/XII, annexe 2, contribution COM XII-N° 1, période d'études 1977-1980, Genève, 1977.

[3] CCITT – Question 2/XII, annexe, contribution COM XII-N° 171, période d'études 1977-1980, Genève, août 1979.

MÉTHODE D'ESSAI D'ÉCOUTE SUBJECTIVE POUR ÉVALUER LES ÉQUIPEMENTS DE MULTIPLICATION DE CIRCUIT NUMÉRIQUE (EMCM) ET LES SYSTÈMES TÉLÉPHONIQUES AVEC MISE EN PAQUETS[1)]

(Melbourne, 1988)

1 Introduction

1.1 *Objet*

La présente Recommandation a pour objet de décrire une méthode d'essai d'écoute subjective pouvant servir à évaluer la qualité de fonctionnement des équipements de multiplication de circuit numérique (EMCN) et des systèmes téléphoniques avec mise en paquets.

La plupart des dégradations constatées dans les EMCN ou dans les systèmes téléphoniques avec mise en paquets n'ont pas encore été étudiées et leurs effets sur d'autres systèmes du réseau ne sont pas connus. La seule méthode établie est donc l'essai de conversation qui permet de contrôler les effets de non linéarité, de temps de propagation, d'écho, etc. et leurs interactions.

En ce qui concerne les EMCN, les dégradations peuvent englober non seulement les effets du codage à débit binaire variable, le gain de concentration numérique de la parole (CNP) (attribution de voie), la mutilation, le blocage et le contraste de bruit, mais aussi les effets dus aux non-linéarités dans le système de détection de paroles, de sorte qu'il peut fonctionner différemment selon les divers niveaux d'entrée de parole ou facteurs d'activité. Pour les systèmes téléphoniques avec mise en paquets, l'effet subjectif des «paquets perdus», par exemple, n'est pas connu.

Les essais d'écoute jouent un rôle préliminaire important dans l'évaluation, et peuvent fournir des renseignements utiles permettant de réduire la gamme des conditions nécessitant un essai de conversation complet. De plus, les essais d'écoute des effets des dégradations produites par les EMCN et l'évaluation des effets du temps de propagation ajouté par les EMCN faite à l'aide de la méthode de tolérance d'écho décrite dans la Recommandation G.131, peuvent donner une bonne indication de la qualité de fonctionnement globale de ces systèmes et permettre de faire des comparaisons raisonnables. De plus, l'évaluation du temps de propagation doit déterminer si le fait d'utiliser ou non un EMCN dans un réseau nécessitera une réduction supplémentaire des échos. La méthode d'essai d'écoute ne donnera pas de résultats utiles pour l'établissement de règles d'application du réseau ou de facteurs tels que l'unité de distorsion de quantification (udq). Des améliorations ultérieures de l'essai permettront d'obtenir ces résultats.

L'évaluation d'un EMCN monté en cascade avec un autre EMCN n'a pas encore été étudiée, pas plus que les effets dus aux systèmes utilisant le codage à différents débits. La présente Recommandation sera donc mise à jour lorsque l'on disposera de renseignements sur ces points précis.

Cette Recommandation se limite uniquement aux essais d'écoute et une Recommandation distincte, P.85, sur les essais de conversation sera formulée lorsque l'on aura réuni suffisamment de données sur les techniques d'évaluation. Par ailleurs, cette Recommandation pourra être révisée pour inclure les méthodes d'essai de conversation.

1.2 *Définitions*

1.2.1 **équipement de multiplication de circuit numérique (EMCN)**

Catégorie générale d'équipement qui permet de concentrer un certain nombre de circuits de conversation d'entrée codés MIC à 64 kbit/s sur un nombre limité de voies de transmission.

Cet équipement permet d'augmenter la capacité du système en matière de circuits. La capacité concernant les données en bande vocale et les signaux vocaux peut être augmentée grâce à l'utilisation de l'EMCN.

[1)] Les spécifications de la présente Recommandation doivent faire l'objet de futures améliorations et par conséquent doivent être considérées comme provisoires.

1.2.2 **système de multiplication de circuit numérique (SMCN)**

Système de télécommunications composé de deux équipements d'extrémité EMCN ou plus reliés par un système de transmission numérique fournissant un groupe de voies supports. Le SMCN transporte:

i) des canaux à 64 kbit/s transparents pour les services RNIS (ils peuvent être utilisés dans le groupe de canaux supports);

ii) des données en bande vocale (en mode appel par appel) jusqu'à et y compris 9600 bit/s du modem de la Recommandation V.29; les télécopieurs de groupe III sont aussi inclus sous cette rubrique;

iii) des services téléphoniques dans la gamme de fréquences 300 à 3400 Hz acheminés à 56 ou 64 kbit/s;

iv) des canaux à 64 kbit/s transparents (en mode semi-permanent);

v) des données numériques insérées dans un sous-canal à 64 kbit/s (sub-64 kbit/s).

1.2.3 **mode circuit par rapport au mode paquet**

Au niveau interne, l'EMCN peut utiliser le mode circuit ou le mode paquet pour la transmission de la parole ou des données. Dans le mode circuit, on obtient des voies supports en fournissant des intervalles de temps appropriés sur le dispositif de transmission reliant l'équipement terminal de l'EMCN. Dans le mode paquet, des voies supports virtuelles sont créées et les échantillons de paroles ou de données sont rassemblés en un ou plusieurs paquets de longueur fixe ou variable. Les paquets sont envoyés au circuit de destination et transmis un par un dans une voie virtuelle sur le dispositif de transmission. Ainsi, dans le mode circuit, on peut considérer que le dispositif de transmission achemine un certain nombre de voies supports multiplexées, alors que dans le mode paquet on considère le dispositif comme une voie unique à grande vitesse, divisée logiquement en voies virtuelles, qui transmet les paquets un par un.

1.2.4 **fonctionnement monogroupement (exploitation point à point)**

Système dans lequel deux EMCN sont reliés par un ensemble de voies supports. Ce mode de fonctionnement est le plus efficace pour un SMCN; il utilise la capacité de groupe support maximale et l'information de commande entre EMCN minimale. Il s'agit d'un mode de fonctionnement exclusif. On appelle aussi les SMNC point à point «SMCN en mode circuit». La figure 1/P.84 en montre un exemple.

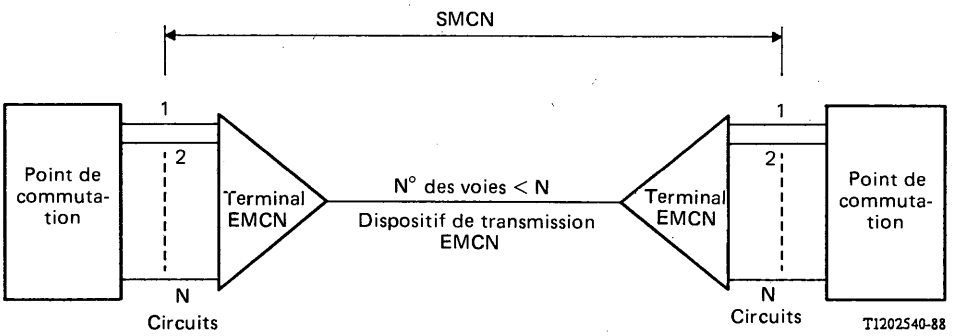


FIGURE 1/P.84

SMCN point à point ou en mode circuit

1.2.5 **fonctionnement multi-groupements (exploitation point à multipoint)**

Système dans lequel un seul EMCN fonctionne avec plus d'un EMCN, chacun sur une base de destination point à point; les désignations sont partagées et ne sont donc pas interactives. Le fonctionnement avec plusieurs groupements réduit la capacité de traitement du trafic par rapport au fonctionnement point à point, en raison d'une réduction de la capacité support. Le fonctionnement monogroupe est l'équivalent du fonctionnement point à point.

1.2.6 **fonctionnement à destinations multiples**

De nombreux EMCN fonctionnent sur un groupe de capacité support commun, ce qui permet un fonctionnement interactif. Son fonctionnement correspond à celui d'un système à satellite à accès multiple par répartition dans le temps (AMRT). La capacité de traitement du trafic est considérablement réduite étant donné que le support devient très petit, en raison des messages de commande entre EMCN et du fonctionnement entre terminaux qui réduit la capacité support. On appelle aussi les SMCN à destinations multiples les SMCN en mode réseau. La figure 2/P.84 en montre un exemple.

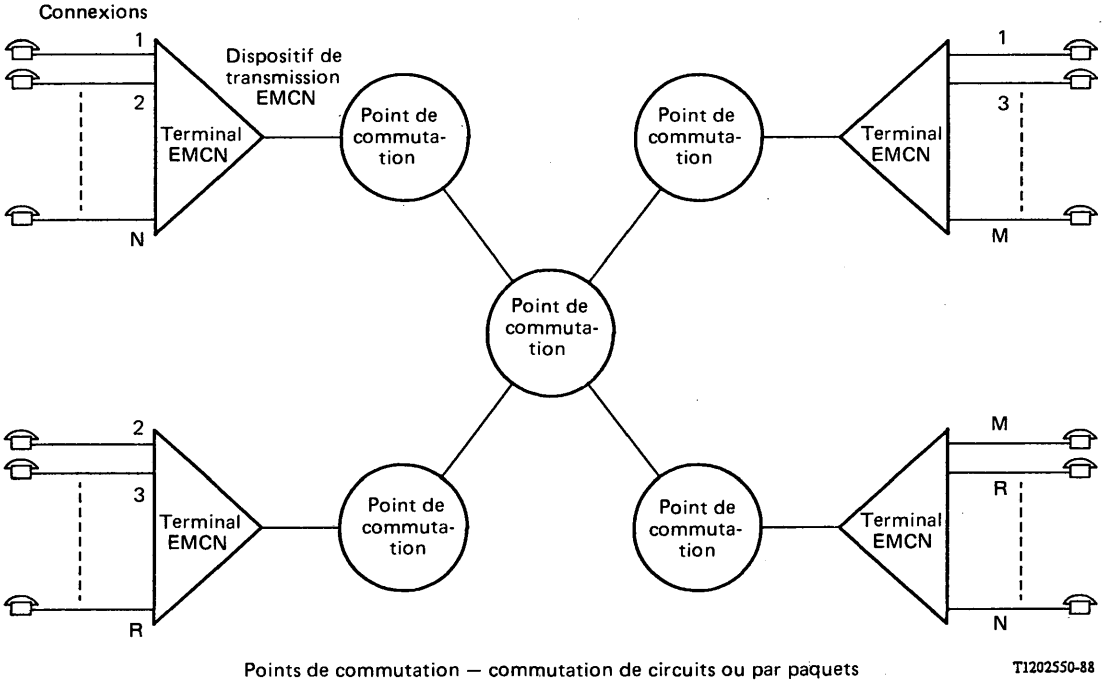


FIGURE 2/P.84

SMCN à destinations multiples ou à connexions

1.2.7 **codage à faible débit (CFD)**

Méthode de codage des signaux vocaux utilisant des débits binaires inférieurs à 64 kbit/s, par exemple, le transcodeur MICDA à 32 kbit/s (Recommandation G.721). Cette technique est généralement utilisée dans l'EMCN pour augmenter la capacité de circuit.

1.2.8 **concentration numérique de la parole (CNP)**

Technique permettant de tirer parti des périodes inactives pendant une conversation, ce qui crée une capacité de voies supplémentaires. L'activité vocale est généralement de 30 à 40% en moyenne, ce qui peut donner un gain de CNP allant jusqu'à 3 pour 1, mais qui se situe généralement dans la gamme de 2 pour 1 à 2,5 pour 1.

1.2.9 **gain de CFD, gain de CNP, gain d'EMCN**

Le gain du codage à faible débit (CFD) est le facteur par lequel on réduit le débit de 64 kbit/s des circuits entrants lorsque le CFD est utilisé pour le codage dans l'EMCN. Par exemple, si l'on utilise un transcodeur conforme à la Recommandation G.721, le gain de CFD sera égal à 2. Le gain de CFD est égal à 1 si l'on n'a pas recours au transcodage.

Le gain de concentration numérique de la parole (CNP) est le rapport du nombre de circuits d'entrée de conversation actifs et du nombre de voies supports servant à acheminer ces signaux vocaux lorsque l'on utilise le même débit de codage pour les circuits et les voies supports. Le gain de CNP est limité par le nombre de circuits d'entrée, par le facteur d'activité vocale et par d'autres caractéristiques vocales d'entrée. Il est égal à 1 si l'on n'utilise pas la CNP.

Le gain EMCN est le produit des facteurs de gain de CFD et de CNP.

1.2.10 **surcharge d'EMCN**

Moment auquel le nombre de circuits d'entrée actifs instantanément dépasse le nombre maximal de voies supports «normales» disponibles pour la CNP.

1.2.11 **blocage**

Condition dans laquelle un circuit d'entrée devient actif sous l'effet de la parole mais il ne peut pas être attribué immédiatement à une voie support, en raison de l'indisponibilité de ces voies.

1.2.12 **blocage partiel**

Pourcentage de conversation perdue, obtenu en faisant une moyenne sur tous les circuits d'entrée pour un intervalle de temps donné, par exemple une minute.

1.2.13 **surcharge de transmission**

Condition dans laquelle le blocage partiel dépasse la valeur fixée conformément aux besoins de qualité vocale.

1.2.14 **mutilation de la parole**

Dégradation de la qualité provenant des systèmes à CNP qui utilisent des détecteurs de parole; elle est provoquée par le temps que met le détecteur pour reconnaître la présence de la parole, ce qui peut couper («mutiler») l'apparition des premières syllabes. La mutilation de surcharge est la dégradation causée par la stratégie de régulation de surcharge qui permet qu'il y ait blocage lorsque les voies supports sont provisoirement indisponibles. On appelle aussi abandon d'échantillon la stratégie de régulation de surcharge de cette mutilation.

1.2.15 **débit binaire variable (DBV)**

Autre stratégie de contrôle de surcharge souvent utilisée pour faire face aux pointes de trafic et donc aux problèmes de blocage. Des voies supports supplémentaires sont créées provisoirement (voies de surcharge). Plusieurs techniques DBV peuvent être utilisées:

i) La surcharge en mode dégradé permet de réduire le débit binaire. Par exemple, une voie MICDA à 32 kbit/s d'échantillon à 4 bits peut être réduite, sur demande, à un minimum de 24 kbit/s d'échantillon à 3 bits, et la moyenne du DBV à travers le SMCN se situera entre 3 et 4 bits. Le contrôle dynamique de charge (CDC) fonctionnera lorsque la charge de trafic prévue dépassera le DBV fixé.

ii) Attribution permanente à 3 bits sur un bloc de voies. Ces voies fonctionnent uniquement dans un mode à 3 bits.

Aux différentes techniques de réduction disponibles correspondent des qualités de fonctionnement subjectives différentes.

1.2.16 **file d'attente**

Stratégie de contrôle de surcharge employant une mémoire tampon dans l'émetteur de l'EMCN pour enregistrer les échantillons de paroles tout en attendant qu'une voie support devienne disponible.

1.2.17 **contrôle dynamique de charge (CDC)**

Stratégie de contrôle de surcharge dans laquelle le SMCN signale au commutateur associé qu'il ne peut pas transmettre de façon satisfaisante la charge de trafic que le commutateur produit ou qu'il doit produire, et que ce dernier doit réduire sa demande en envoyant un signal de maintien aux circuits lorsqu'ils deviennent disponibles.

1.2.18 **capacité d'acheminement de charge**

La capacité d'acheminement de charge est définie comme la charge vocale maximale offerte plus la charge «supplémentaire» (voir le § 1.2.19) que les voies de l'EMCN peuvent acheminer sans aucune perte forcée d'échantillons de paroles. La surcharge EMCN se produit lorsque la charge offerte instantanément dépasse la capacité d'acheminement des voies supports de l'EMCN.

1.2.19 **charge appliquée et charge offerte**

La charge appliquée comprend les salves de paroles entrant dans l'EMCN sur des circuits actifs. Ainsi, la charge appliquée dépend du nombre de circuits actifs et de l'activité vocale sur les circuits.

La charge offerte comprend la charge appliquée plus une charge supplémentaire quelconque produite par les messages et les informations de contrôle de l'EMCN. La charge offerte est la charge présentée aux voies supports de l'EMCN. Si la charge offerte est inférieure à la capacité d'acheminement des voies, alors la charge offerte est acheminée par l'EMCN. Toutefois, si la charge offerte dépasse la capacité des voies supports, alors, selon la stratégie de surcharge de l'EMCN, une partie de la charge offerte sera perdue par la mutilation compétitive (abandon d'échantillons). L'EMCN peut employer un codage à débit binaire variable de sorte que si le blocage partiel dépasse une limite fixée, l'EMCN pourra augmenter momentanément la capacité d'acheminement de charge des voies supports (création de voies de surcharge) de façon à ce qu'elles puissent acheminer la charge supplémentaire. Le contrôle dynamique de charge (CDC) peut aussi servir à limiter la charge appliquée.

La charge instantanée dépend des statistiques de la parole d'entrée et du trafic de charge supplémentaire de l'EMCN; il est difficile de la caractériser du point de vue mathématique. Toutefois, la charge moyenne à long terme peut être calculée comme suit:

$$L_a = N \frac{\alpha}{\alpha + \beta}$$

où L_a est la charge appliquée moyenne, α est la longueur moyenne de salve de paroles, β est la longueur moyenne de silence, et N est le nombre de circuits utilisés. Le terme $\alpha/(\alpha + \beta)$ est égal à l'activité vocale moyenne. La charge appliquée est mesurée à l'entrée de l'EMCN sur les circuits. Ainsi, on peut contrôler de l'extérieur la charge moyenne sur l'EMCN en faisant varier le nombre de circuits utilisés, N, ou le facteur d'activité vocale, $\alpha/(\alpha + \beta)$.

De même, la charge moyenne offerte est une notion utile et peut être calculée à l'aide de la formule suivante:

$$L_o = N \frac{\alpha(k+1)}{\alpha + \beta} + G,$$

où L_o est la charge moyenne offerte aux voies supports, le terme k est une constante qui tient compte de l'effet d'«étalement» que le détecteur de paroles a sur le facteur d'activité, et le terme G est le facteur de charge qui tient compte du trafic supplémentaire du système (par exemple, messages de commande). Ainsi, la charge moyenne offerte L_o sera presque toujours supérieure à la charge moyenne appliquée, L_a.

1.3 *Principes de l'essai*

Pour évaluer de façon satisfaisante la qualité de fonctionnement de l'EMCN, la méthode d'essai doit répondre aux conditions suivantes:

i) elle doit utiliser des principes, des procédures et des instruments acceptables par le CCITT;

ii) elle doit pouvoir s'adapter aux différentes langues et doit donner des résultats comparables aux résultats des essais précédents;

iii) elle doit permettre de comparer subjectivement (ou objectivement) la qualité de fonctionnement de l'EMCN aux conditions de référence. Parmi les conditions de référence appropriées, citons: les communications fictives de référence (CFR), le bruit blanc et le bruit lié à la parole. Les CFR doivent représenter les dispositifs que l'EMCN doit remplacer, lorsque ces dispositifs sont connus. Les résultats de comparaisons doivent permettre de faire des «estimations d'équivalence» concernant l'EMCN, par exemple un système EMCN est subjectivement équivalent à x systèmes MIC à 64 kbit/s fonctionnant en cascade de façon asynchrone. Théoriquement, la méthode doit donner des résultats à partir desquels on peut déduire une règle d'application concernant le réseau;

iv) il convient de contrôler l'EMCN avec un simulateur de charge de trafic réaliste et d'appliquer aux circuits sous essai des conditions de fonctionnement réalistes. La plupart des dégradations transitoires se produisent lorsque l'EMCN fonctionne dans des conditions de charge qui obligent à utiliser la CNP. En conséquence, pour mesurer de façon subjective les effets de ces dégradations, il est nécessaire de faire varier la charge appliquée sur l'EMCN jusqu'à et y compris la charge nominale maximale. La mutilation produite par le détecteur de parole est influencée par le type de signal transmis sur le circuit soumis à l'essai. En conséquence, seul un signal vocal réaliste qui contient aussi un bruit additionnel approprié doit être utilisé sur le circuit faisant l'objet de l'essai;

v) dans la plupart des cas, l'EMCN est conçu de façon à pouvoir remplacer un dispositif existant du réseau. Si l'EMCN introduit un temps de propagation supérieur à celui du dispositif remplacé, ce temps supplémentaire réduira la tolérance d'écho (qualité d'écoulement du trafic) à moins qu'il ne soit compensé par l'utilisation de mesures de réduction d'écho supplémentaire. La Recommandation G.131 peut être utilisée pour déterminer la valeur de la réduction d'écho compte tenu de la tolérance de l'écho obtenue sans réduction d'écho supplémentaire; le résultat obtenu pourra servir à prendre une décision concernant la nécessité de mesures de réduction d'écho supplémentaires;

vi) la méthode doit, théoriquement, donner des résultats pouvant être utilisés pour produire de nouveaux modèles d'opinion ou modifier les modèles existants.

1.4 *Description de l'EMCN*

On trouvera dans l'annexe A une description détaillée des caractéristiques des EMCN qui peuvent être évaluées à l'aide de la méthode décrite. Cette section contient un bref résumé de ces caractéristiques.

La méthode d'essai s'applique à deux types d'EMCN: un type qui utilise la CNP seulement pour obtenir un gain de CNP et un type qui utilise une combinaison de CFD et CNP pour obtenir un gain de CFD et un gain de CNP. La méthode d'essai justifie l'utilisation du détecteur de paroles par le fait que la mutilation de la parole est une dégradation qui peut se produire même si l'EMCN n'est pas surchargé.

La méthode d'essai s'applique à l'EMCN utilisant une des combinaisons quelconques des trois méthodes de contrôle de surcharge: 1) abandon d'échantillon ou mutilation compétitive, 2) débit binaire variable et 3) file d'attente. Le plan d'essai prévoit aussi d'évaluer les EMCN ayant une capacité CDC.

La méthode d'essai reconnaît que la plupart des dégradations causées par un EMCN ne se produisent que lorsqu'une charge est appliquée; on prévoit donc d'appliquer une charge contrôlée à l'EMCN faisant l'objet de l'essai. La charge varie pour une capacité de circuits comprise entre zéro et 100%. L'utilisation du mode paquet dans l'EMCN le convertit en un système téléphonique avec mise en paquets, et cette méthode d'essai s'applique à ces systèmes. Actuellement, seuls les EMCN point à point (et éventuellement point à multipoint) sont couverts par cette méthode.

2 Saisie des données à la source

2.1 *Appareil et environnement*

La personne qui parle doit être assise dans une salle calme ayant un volume d'environ 40 à 120 mètres cubes avec un temps de réverbération inférieur à 500 ms (de préférence entre 200 et 300 ms). Le niveau de bruit de salle doit être inférieur à 30 dBA sans crête dominante dans le spectre.

La parole doit être enregistrée à partir d'un système de référence intermédiaire (SRI), comme spécifié dans la Recommandation P.48 ou d'un circuit équivalent. On a choisi le SRI parce qu'il existe une bonne documentation le concernant et qu'il peut être appliqué par tous les laboratoires. Il doit être étalonné conformément aux dispositions de la Recommandation P.64.

L'appareil d'enregistrement doit être de haute qualité et du type approuvé par les responsables de l'essai. L'équipement choisi doit pouvoir assurer un rapport signal/bruit d'au moins 40 dB. Un système d'enregistrement de bande audionumérique de haute qualité constituerait par exemple un système approprié.

Tout le matériau vocal de sources doit être enregistré de sorte que le niveau vocal actif, mesuré conformément à la Recommandation P.56, soit approximativement de 23 dB au-dessous du niveau de saturation de crête du système d'enregistrement. De cette façon, les crêtes de parole ne surchargeront pas le système d'enregistrement.

2.2 *Contenu de la parole*

Le contenu de la parole doit se composer d'une séquence de phrases courtes, significatives et simples, choisies au hasard et faciles à comprendre (par exemple extraites de journaux ou de livres courants non techniques). Il convient d'éviter les séquences très courtes ou très longues, car chaque séquence doit durer au moins 30 s et la durée de deux séquences quelconques ne doit pas différer de plus de 5 s. Les Administrations peuvent utiliser l'une des deux méthodes suivantes:

i) établir autant de séquences différentes qu'il y a de conditions (par exemple on trouvera dans l'annexe B des données appropriées permettant de construire des séquences), ou

ii) choisir un nombre plus limité, par exemple 10 séquences par locuteur parmi lesquelles on peut combiner deux séquences (cette option est présentée en détail dans l'annexe C).

En raison des échelles d'appréciation subjective à utiliser, il est recommandé de choisir la méthode i). Il doit y avoir assez de séquences disponibles pour couvrir toutes les conditions d'essais, voire même davantage pour les exercices pratiques.

2.3 *Procédure*

Il convient d'utiliser au moins trois phases pour chaque séquence. Une période de silence ne contenant qu'une seconde environ de bruit de circuit, doit précéder la première phrase et la séquence doit se terminer par une période de silence similaire contenant seulement le bruit de circuit. Une des pauses entre les phrases contenant un bruit de circuit doit durer une à deux secondes. Par ailleurs, le locuteur doit parler de telle sorte que les pauses soient naturelles.

Pour faciliter le traitement par l'EMCN des signaux vocaux enregistrés c'est-à-dire pour prévoir la mise en marche et l'arrêt des enregistreurs entre les séquences et avoir le temps de régler l'EMCN pour les conditions de l'essai suivant, les séquences doivent être séparées par un intervalle de temps de 5 secondes sur la bande. En conséquence, les séquences sources enregistrées se présenteront, sur la bande comme le montre le schéma de la figure 3/P.84.

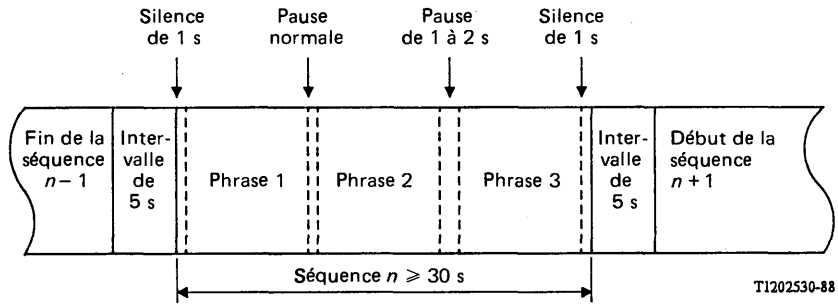


FIGURE 3/P.84

Les séquences commençant par une période de silence d'une seconde doivent être repassées aux personnes qui écoutent. A la fin de la séquence, une période de 5 secondes de silence complet doit permettre à l'auditeur d'exprimer son opinion.

Les locuteurs doivent lire couramment la séquence de phrases, sans emphase, et ne pas avoir de difficultés de prononciation telles que le «bégaiement».

Il convient d'utiliser au moins deux couples de locuteurs homme-femme, et davantage si la durée de l'essai le permet.

La méthode de présentation des séquences sources se fera en prenant les locuteurs au hasard par blocs, comme le montre l'exemple suivant:

	Bloc 1	Bloc 2	Bloc 3	...	Bloc n
locuteur	1 2 3 4	3 4 1 2	1 3 2 4		2 3 1 4

dans lesquels les locuteurs 1 et 2 sont des hommes et les locuteurs 3 et 4 sont des femmes.

2.4 *Signaux d'étalonnage et niveaux vocaux*

Lorsque les enregistrements ont été faits, le niveau vocal actif de chaque séquence de parole (à l'exception des périodes de silence précédentes et suivantes) doit être mesuré, de préférence conformément aux dispositions de la Recommandation P.56. Si nécessaire, les signaux vocaux doivent être ensuite réenregistrés sur la voie droite d'un deuxième système avec les ajustements de gain nécessaires, de façon à ce que toutes les séquences aient le même niveau vocal, à savoir 23 dB au-dessous du niveau de surcharge de crête du système d'enregistrement.

Trente secondes d'une tonalité de 1000 Hz doivent être insérées au stade de réenregistrement, à un niveau efficace de 17 dB au-dessus du niveau vocal actif, c'est-à-dire 6 dB au-dessous du niveau de saturation de crête du système d'enregistrement: le niveau de crête de cette tonalité sera encore supérieur de 3 dB. Cette tonalité peut donc être utilisée ultérieurement pour régler le niveau vocal d'entrée efficace à 20 dB au-dessous du point de saturation de l'EMCN (un rapport valeur de crête/valeur efficace de la tonalité de 3 dB avec le niveau vocal de 17 dB au-dessous du niveau de tonalité efficace donnera les 20 dB).

La voie gauche de l'enregistrement source doit contenir une tonalité de 1000 Hz d'une durée de 0,5 seconde avec un niveau de 23 dB au-dessous du niveau de saturation de crête, enregistrée environ 0,5 seconde avant le début et après la fin de chaque séquence. Ces deux signaux peuvent être utilisés comme signaux de contrôle et de vérification dans le processus des séquences sources passant par l'EMCN soumis à l'essai.

3 Simulation de charge de système

3.1 *Conditions applicables à un simulateur de charge vocale générique*

Un équipement de multiplication de circuit numérique (EMCN) est, par définition, utilisé pour tirer parti du nombre de circuits multiplexés sur un dispositif de transmission numérique. Toutefois, cet avantage s'accompagne d'une dégradation possible de la qualité de transmission lorsque les charges acheminées dépassent celles pour lesquelles l'EMCN a été conçu. Ainsi, pour évaluer de façon rigoureuse la qualité de fonctionnement de l'EMCN, il faut étudier le comportement de cet équipement dans plusieurs conditions: sans charge, charge prévue et surcharge. Etant donné que la qualité de transmission de l'EMCN en condition de charge dépend énormément des caractéristiques de la charge, il est nécessaire d'utiliser les charges simulées connues et contrôlées afin d'évaluer correctement la qualité de fonctionnement de l'EMCN. Le présent paragraphe décrit les conditions génériques applicables à un simulateur de charge vocale afin de faciliter les évaluations de la qualité de fonctionnement de l'EMCN dans des conditions significatives. L'utilisation de simulateurs de charge vocale avec les conditions génériques décrites dans la présente Recommandation permettront aussi de comparer les résultats provenant des différentes études de divers EMCN.

Remarque 1 – Le simulateur de charge spécifié dans la présente Recommandation doit être utilisé pour évaluer la qualité de fonctionnement d'un EMCN utilisant la concentration numérique de la parole (CNP). Cela exclut les EMCN de type A, pour lesquels la charge n'est pas un problème compte tenu de l'assignation d'intervalle fixe des voies.

Remarque 2 – Le simulateur de charge spécifié dans la présente Recommandation est un simulateur «externe» qui produit des signaux vocaux simulés de façon à utiliser de nombreux circuits multiplexés sur un dispositif de transmission numérique. Les prototypes d'EMCN utilisent souvent une simulation de charge «interne» de demandes de «circuits appelant un service» qui simulent la sortie des circuits de détecteurs de parole multiples et entrent donc en concurrence pour la capacité de transmission, même si aucun signal simulé n'est réellement transmis; seule la voie «active» faisant l'objet de l'essai transmet réellement. Ce type de simulateur peut être très utile en laboratoire, mais n'est pas traité dans la présente Recommandation car certaines hypothèses devraient être posées concernant les caractéristiques de qualité de la simulation du détecteur de parole associé.

3.1.1 *Paramètres*

Un simulateur de charge vocale (SCV) générique pour évaluer la qualité de fonctionnement de l'EMCN possède les caractéristiques suivantes (qui sont décrites de façon détaillée ci-après dans le présent § 3.1):

- caractéristiques de salve de parole,
- caractéristiques de silence (intervalles),
- remplissage des périodes de silence par le bruit de fond,
- caractéristiques spectrales de la parole simulée,
- caractéristiques d'amplitude,
- interface physique, y compris spécifications de circuit au repos.

Les caractéristiques indiquées ci-dessus sont un ensemble minimum de paramètres qui peut devoir être élargi si nécessaire. Par exemple, il pourrait être nécessaire d'étudier la variation dans le temps du nombre d'appels simulés: à ce moment-là, une spécification pertinente devra être ajoutée. De plus, seuls les signaux vocaux simulés sont examinés. Il peut être souhaitable d'ajouter ultérieurement des tonalités, des fréquences de signalisation et des données en bande vocale simulées de divers types.

3.1.2 *Conditions*

3.1.2.1 *Considérations générales*

Ces conditions s'appliquent à un simulateur de charge vocale (SCV) générique pour contrôler l'EMCN. En conséquence, l'EMCN doit recevoir des signaux numériques du SCV qui simulent des sources de parole multiples et indépendantes semblables à celle observée dans les réseaux téléphoniques. Pour satisfaire à la condition «multiples et indépendantes», on supposera que la sortie SCV correspond à plusieurs interfaces T1 ou de la CEPT.

On a utilisé, chaque fois que cela a été possible, les Recommandations existantes pour établir ces conditions. L'exception la pus remarquable est celle des conditions associées à l'activité vocale et les distributions statistiques sous-jacentes des salves de parole et des périodes de silence (intervalles). En pareils cas, on a étudié les documents techniques dont on dispose; les résultats cités en [1] sont utilisés dans la présente Recommandation étant donné qu'ils sont récents et qu'ils sont fondés sur des signaux vocaux de conversation.

3.1.2.2 *Caractéristiques des salves de parole*

La fonction de densité de probabilité (f.d.p.) des durées des salves de paroles est modélisée par deux f.d.p. géométriques pondérées:

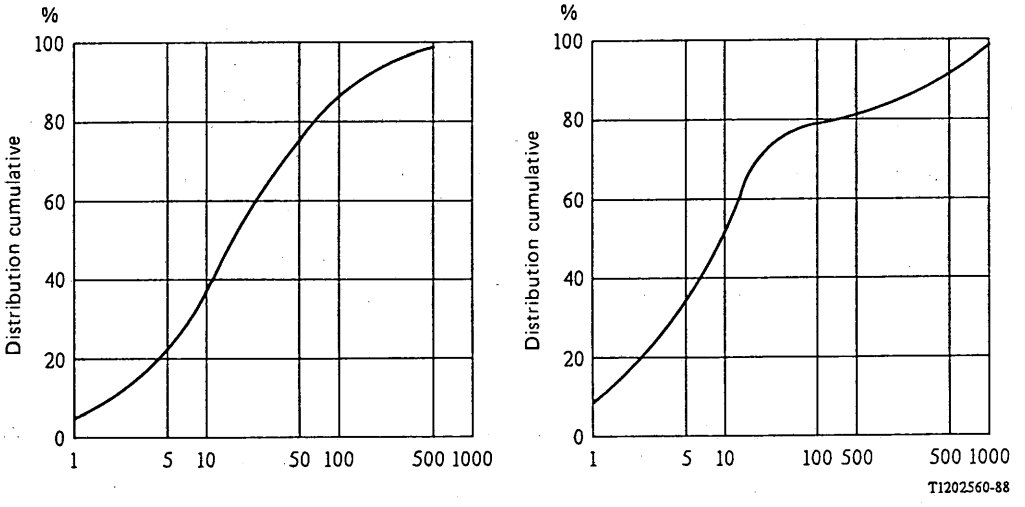
$$f_t(k) = C_1(1-U_1)U_1^{k-1} + C_2(1-U_2)U_2^{k-1},\ k = 1, 2, 3, \ldots$$

où

$C_1 = 0{,}60278$ $\quad U_1 = 0{,}92446$

$C_2 = 0{,}39817$ $\quad U_2 = 0{,}98916.$

Chaque incrément de la variable k est égal à 5 ms dans le temps. La fonction de distribution cumulative des durées des salves de parole est présentée à la figure 4/P.84. La durée moyenne des jets de parole est $\alpha = 227$ ms.



a) Durées des jets de paroles en trames de 5 ms *b) Durées des silences en trames de 5 ms*

FIGURE 4/P.84

Fonctions de distribution de probabilité des durées de silence et de jets de paroles

3.1.2.3 *Caractéristiques de silence (intervalle)*

La f.d.p. des durées de silence est aussi modélisée par deux f.d.p. géométriques pondérées:

$$f_s(k) = D_1(1-W_1)W_1^{k-1} + D_2(1-W_2)W_2^{k-1},\ k = 1, 2, 3, \ldots$$

où

$D_1 = 0{,}76693$ $\quad W_1 = 0{,}89700$

$D_2 = 0{,}23307$ $\quad W_2 = 0{,}99791.$

La fonction de distribution cumulative des durées de silence (intervalle) est présentée à la figure 4/P.84.

La durée de silence moyenne de $\beta = 596$ ms, combinée avec la durée moyenne des jets de parole de 227 ms, donne un facteur d'activité vocale à long terme de 27,6%.

3.1.2.4 *Remplissage des périodes de silence par le bruit de fond*

Il convient d'insérer du bruit pendant les périodes de silence (intervalles) de façon à ce que la qualité de fonctionnement de la CNP en présence de bruit puisse être étudiée. Il est souhaitable de pouvoir régler le niveau de bruit; une valeur par défaut de -58 dbm0p est recommandée à titre provisoire.

3.1.2.5 *Caractéristiques de la parole simulée*

Le signal de la voix artificielle de la Recommandation P.51 doit être utilisé comme base pour simuler les caractéristiques de la voix humaine. Le Supplément n° 7 des Recommandations de la série P décrit un processus d'émission possible de la voix artificielle conformément à la Recommandation P.51. Ce signal peut donc être interrompu/repris conformément aux statistiques de durée de silence et de jets de paroles décrites aux § 3.1.2.3 et 3.1.2.4.

3.1.2.6 *Interface physique*

Le simulateur de charge doit avoir des sorties T1 et/ou CEPT dont les caractéristiques de signalisation, d'alignement, de structure de trame, de codage, électriques et physiques sont conformes aux dispositions des Recommandations G.703, G.704, G.711 et G.732 (2048 kbit/s) ou G.733 (1544 kbit/s).

3.2 *Détermination de la capacité de charge des systèmes soumis aux essais*

La charge moyenne appliquée est égale au produit du nombre de circuits utilisés, N, et de l'activité vocale moyenne. La capacité de charge du système mis à l'essai est égale à la charge maximale que le système peut traiter, L_{max}. La capacité de charge peut être déterminée par:

i) les spécifications du fabricant,

ii) calcul.

Une fois que la capacité de charge est déterminée, les charges partielles pour lesquelles le système sera testé peuvent être déterminées. Les charges partielles sont les suivantes:

$$L_i = c_i \, L_{max}$$

où

$c_i = 0$, 0,50, 0,75 et 1.

3.3 *Contrôle de la charge appliquée aux systèmes mis à l'essai*

La charge appliquée à l'EMC peut être modifiée par des variations de N et du facteur d'activité. Pour ces essais, le facteur d'activité sera supposé constant à 28%. En conséquence, pour obtenir une charge partielle, L_i, il est nécessaire de calculer le nombre de circuits actifs qui s'approche le plus de cette valeur désirée.

Par exemple, si $L_{max} = 48$ et si l'on souhaite obtenir une charge partielle de $L_i = 0{,}50 \, L_{max}$ avec un facteur d'activité vocale de 28%, alors le nombre de circuits actifs, N_{actif}, est calculé de la façon suivante:

$$N_{actif} = c_i \frac{L_{max}}{\text{(facteur activité vocale)}} = 0{,}5 \frac{48}{0{,}28} = 86 \text{ circuits actifs.}$$

Lors de l'essai, 86 circuits achemineront une charge vocale et les autres seront au repos.

Remarque – Les points suivants doivent faire l'objet d'un complément d'étude:

a) les charges de l'EMCN doivent-elles comprendre non seulement de la parole mais aussi des données en bande vocale? L'effet du trafic de données dans la bande vocale sur la qualité de la parole est un problème important pour l'évaluation de la qualité de fonctionnement de l'EMCN. Le pourcentage de données est défini comme suit:

$$P_{données} = \frac{\text{Nombre de circuits d'entrée actifs avec données}}{\text{Nombre total de circuits actifs}} \times 100\%$$

b) Certaines Administrations indiquent que l'activité vocale sur leurs circuits réels atteint en moyenne environ 36% en cas d'utilisation d'un détecteur de parole très sensible ayant un court temps de maintien d'environ 30 ms. Est-il souhaitable de modifier les conditions de charge vocale décrites au § 3.1 et, en pareil cas, quelles valeurs convient-il de recommander?

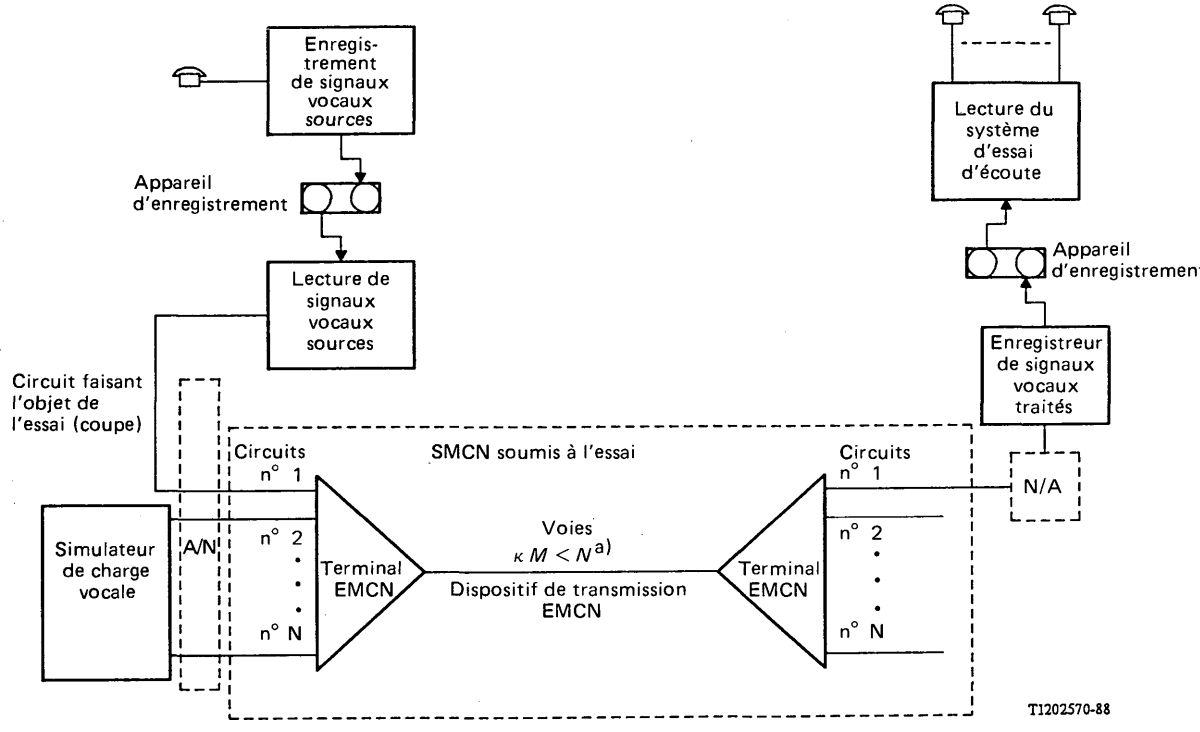
c) Les valeurs fractionnelles de la charge vocale sont indiquées au § 3.2. Certains EMCN peuvent fonctionner de façon à afficher des changements importants de la qualité de fonctionnement à différents points de charge fractionnaires. Convient-il de modifier les points de charge fractionnaires pour tenir compte de ce type de fonctionnement, et en pareil cas, quelles modifications est-il recommandé d'apporter?

4 Traitement de la parole

Le laboratoire d'essai de l'EMCN prendra les enregistrements sources, les repassera par le circuit soumis à l'essai de l'EMCN approuvé (en utilisant la tonalité d'étalonnage pour fixer le niveau d'entrée convenu), en faisant fonctionner ce dernier avec la charge convenue et enregistrera les résultats du circuit mis à l'essai dans un arrangement prédéterminé (expliqué au § 5). Les sorties enregistrées seront ensuite utilisées pour effectuer l'essai d'écoute. L'EMCN mis à l'essai doit être relié au simulateur de charge et à l'équipement d'enregistrement et de lecture, comme le montre la figure 5/P.84. Il peut être nécessaire de prévoir des interfaces spéciales analogiques vers numériques (A/N) et numériques vers analogiques (N/A) pour permettre de relier à l'EMCN le simulateur de charge et l'équipement d'enregistrement choisis.

Toutes les sorties traitées se trouveront sur la voie gauche de l'appareil d'enregistrement. Le signal original correspondant sera enregistré simultanément sur la voie droite. La tonalité de 1 kHz sera disponible sous sa forme originale (voie droite) et traitée en passant par l'EMCN mis à l'essai (voie gauche).

La tonalité de 1 kHz sur l'enregistrement source (voir le § 2) sera utilisée pour régler le niveau vocal d'entrée efficace à 20, 30 ou 38 dB au-dessous de la capacité de charge du codeur de l'EMCN.



a) Pour l'explication du facteur κM, voir le § A.4.

FIGURE 5/P.84

Essai SMCN

5 Conception de l'essai

Trois essais différents sont proposés pour évaluer les différents aspects de la qualité de fonctionnement de l'EMCN. Le premier vérifie l'effet des diverses charges sur la qualité de fonctionnement. Le deuxième contrôle l'effet des erreurs dans la voie de commande numérique de l'EMCN. Le troisième calcule l'effet du temps de propagation de l'EMCN sur la tolérance d'écho. Ce dernier essai sera effectué conformément à la Recommandation G.131; il ne comprend pas d'essai subjectif.

5.1 *Essai n° 1: Effet de la charge appliquée*

Cet essai peut être effectué deux fois: une fois pour obtenir une évaluation de la qualité et, à titre facultatif, une deuxième fois pour obtenir une évaluation de l'effort d'écoute. Les paramètres applicables à l'essai sont les suivants:

a) *Paramètres d'essai de l'EMCN:*

1. EMCN mis à l'essai: N;
2. charges de l'EMCN: quatre valeurs (0, 0,5, 0,75, 1) (voir le § 3.2);
3. facteur d'activité vocale: une valeur (28%);
4. caractéristiques vocales de circuit actif: une valeur (voir le § 3.1);
5. circuit soumis à l'essai et bruit de circuit au repos: deux valeurs[2] (−77 et −45 dBm0p);
6. niveau vocal d'entrée du circuit mis à l'essai: trois valeurs (20, 30 et 38 dB au-dessous de la capacité de charge du codeur EMCN);
7. niveaux d'écoute de sortie: au moins trois valeurs (préférée et préférée ± 10 dB);
8. locuteurs: quatre locuteurs, par exemple 2 hommes et 2 femmes.

b) *Paramètres de référence:*

1. séquences sources originales: une valeur;
2. appareil de référence pour le bruit modulé (ARBM): quatre valeurs (Q = 5 à 35 dB par étapes de 10 dB);
3. rapport signal/bruit: trois valeurs (20, 30 et 40 dB);
4. communications fictives de référence (CFR): environ quatre cas différents à décider par l'équipe chargée de l'essai;
5. niveaux d'écoute: trois valeurs (voir ci-dessus);
6. locuteurs: quatre locuteurs, par exemple 2 hommes et 2 femmes.

Pour l'ensemble de paramètres indiqué, le nombre de conditions d'essai est:

$$4 \times 2 \times 3 \times 3 \times 4 \times N = 288 \times N \text{ conditions EMCN}$$

plus

$$12 \times 3 \times 4 = 144 \text{ conditions de référence.}$$

Total (en supposant que N = 1 EMCN):

$$432 \text{ conditions d'essai} + 36 \text{ exercices pratiques} = 468 \text{ conditions.}$$

L'ensemble des conditions d'essai doit être divisé en 13 segments environ (12 essais + 1 exercice pratique) de 36 conditions; dans chaque segment les conditions sont mises dans un ordre aléatoire. Le tableau 1/P.84 présente les conditions dans un segment de base non aléatoire.

Le segment de base équilibré du tableau 1/P.84 sera répété pour chacun des 4 locuteurs et des 3 niveaux d'écoute pour créer les 12 segments d'essai: A à L. Un segment pratique P sera aussi créé. Les segments d'essai A à L plus P peuvent être classés pour être écoutés lors de l'essai d'écoute conformément à la méthode décrite au § 6.

En supposant qu'il faille 35 secondes pour présenter chaque condition et obtenir le vote correspondant, la durée totale de l'essai sera d'environ 4,5 heures.

5.2 *Essai n° 2: Effet des erreurs numériques dans la voie de commande EMCN*

Pour l'essai précédent on a supposé que le dispositif de transmission numérique fonctionnait sans erreur. Dans des conditions réelles, des erreurs se produiront et les erreurs dans la voie de commande de l'EMCN peuvent entraîner l'interruption momentanée des circuits téléphoniques. Pour déterminer l'effet des erreurs numériques sur la qualité de fonctionnement, il convient de répéter l'essai n° 1 tout en introduisant dans la voie de commande des erreurs aléatoires à un débit de 10^{-3}. Pour cet essai, seul un niveau d'écoute (préféré) est nécessaire, de sorte que le nombre total de conditions d'essai est $N \times 96$ plus 144 conditions de référence. Avec N = 1 la durée de l'essai est de 2,3 heures.

---

[2] Il est suggéré de prévoir du temps afin d'utiliser un troisième niveau de bruit de −58 dBm0p. Cela permettra d'obtenir une meilleure caractérisation de l'effet des différents niveaux de bruit sur l'EMCN.

TABLEAU 1/P.84

Segment de base (on suppose un EMCN pour l'essai)

Condition	Charge	BCR (dBm0p)	Entrée [a] (dB)	Q (dB)	RSB (dB)	CFR
1	0,00	−77	20			
2	0,50	−77	20			
3	0,75	−77	20			
4	1,00	−77	20			
5	0,00	−45	20			
6	0,50	−45	20			
7	0,75	−45	20			
8	1,00	−45	20			
9	0,00	−77	30			
10	0,50	−77	30			
11	0,75	−77	30			
12	1,00	−77	30			
13	0,00	−45	30			
14	0,50	−45	30			
15	0,75	−45	30			
16	1,00	−45	30			
17	0,00	−77	38			
18	0,50	−77	38			
19	0,75	−77	38			
20	1,00	−77	38			
21	0,00	−45	38			
22	0,50	−45	38			
23	0,75	−45	38			
24	1,00	−45	38			
25			20			Original
26			20	5		
27			20	15		
28			20	25		
29			20	35		
30			20		20	
31			20		30	
32			20		40	
33			20			CFR1
34			20			CFR2
35			20			CFR3
36			20			CFR4

BCR Bruit de circuit au repos

RSB Rapport signal bruit

[a] dB au-dessous de la capacité de charge du codeur de l'EMON.

5.3 *Essai n° 3: Effet du temps de propagation*

Dans cet essai, conformément à la Recommandation G.131, le but est de calculer le temps de transmission à travers l'EMCN, puis de déterminer si ce temps nécessitera l'utilisation de mesures de réduction d'écho supplémentaires. Pour répondre à cette question il est nécessaire de définir les communications que l'EMCN sera habitué à assurer, puis de déterminer la tolérance d'écho de ces communications en supposant que l'on utilise des dispositifs de transmission classiques à la place de l'EMCN, et enfin de déterminer la réduction de la tolérance d'écho qui se produira si l'on insère l'EMCN dans les communications. Si la réduction de tolérance ne satisfait pas aux limites acceptables, des mesures de réduction d'écho supplémentaires seront nécessaires en cas d'utilisation de l'EMCN.

6 Méthodes d'essai d'écoute

6.1 *Appareils, étalonnage et environnement*

La salle d'écoute doit satisfaire aux mêmes conditions que la salle d'enregistrement, si ce n'est que le bruit d'origine externe doit être réglé sur 45 dBA (spectre de Hoth – Supplément n° 13 placé à la fin du présent tome).

La partie réception du SRI (Recommandation P.48) ou un circuit équivalent sera utilisé. Le SRI sera étalonné conformément à la Recommandation P.64.

Le gain du système doit être réglé de façon à ce que la tonalité de 1 kHz reproduite par les enregistrements produise une pression acoustique de 7 dBPa mesurée sur l'oreille artificielle CEI 318 (Recommandation P.51). Ainsi, le niveau vocal à ce point sera aussi de −10 dBPa [84 dB de niveau de pression sonore (NPS)] pour la parole sans distorsion, ce qui est proche du niveau d'écoute préféré.

6.2 *Instructions à l'intention des sujets*

Les instructions sont données dans l'annexe D. Après avoir lu ces instructions, les sujets doivent écouter les conditions d'entraînement et donner leur réponse pour chaque échantillon. Il ne doit pas leur être suggéré que les conditions d'entraînement couvrent la gamme des qualités qu'ils sont susceptibles de rencontrer. Il sera répondu aux questions concernant la méthode ou la signification des instructions, mais à toute question technique il convient de répondre: «Nous ne pouvons rien vous dire avant que l'essai ne soit terminé».

6.3 *Echelle de notation d'opinion*

Les méthodes approuvées sont du type stimulus unique et fondées sur l'échelle de qualité obligatoire ou sur l'échelle facultative d'«effort d'écoute».

6.3.1 *Opinions fondées sur l'échelle «Qualité»*

Les cinq catégories suivantes doivent être utilisées pour l'essai concernant la qualité:

- excellente
- bonne
- assez bonne
- médiocre
- mauvaise

ou des équivalents selon la langue. (Supplément n° 2 à la fin de ce tome.)

6.3.2 *Opinions fondées sur l'effort d'écoute nécessaire pour comprendre la signification des phrases (échelle de notation pour l'effort d'écoute)*

Les cinq catégories suivantes doivent être utilisées pour l'essai d'effort d'écoute facultatif:

- détente absolue, aucun effort;
- attention nécessaire, pas d'effort appréciable;
- effort modéré;
- effort considérable;
- signification incompréhensible en dépit de tous les efforts possibles,

ou un équivalent selon la langue. (Supplément n° 2 à la fin de ce tome.)

Remarque 1 – Les échelles de notation correspondant à l'effort d'écoute et à la qualité sont normalement liées. Il n'est donc généralement pas nécessaire d'utiliser les deux échelles. Toutefois, s'il est souhaitable d'obtenir des évaluations sur les deux échelles dans un cas particulier, l'essai doit d'abord être effectué en utilisant l'échelle de notation de l'effort d'écoute puis être répété avec l'échelle de notation de la qualité. Cet ordre de présentation est particulièrement important si les mêmes auditeurs et les mêmes sources vocales sont utilisés dans les deux essais.

Remarque 2 – Les échelles de notation associées aux catégories définies aux § 6.3.1 et 6.3.2 sont supposées être des échelles d'intervalles linéaires. Il est recommandé de le signaler aux sujets dans les instructions relatives à l'essai, en ajoutant des explications ou en présentant des nombres ou des échelles numériques dans les instructions écrites. L'annexe D donne des exemples de la façon dont cela peut être fait. Par ailleurs, l'échelle peut avoir plus de 5 notes (7 ou 11 notes) avec les cinq mêmes définitions verbales à distance égale. Une autre possibilité consiste à définir les extrémités de l'échelle séparément (idéal et inutilisable). Ces extrémités servent ensuite de points de repère mais ne sont pas supposées être utilisées pour la notation. On trouvera dans l'annexe E des exemples de ces échelles subjectives.

6.4 *Séquence d'opérations*

Les 12 segments d'essai plus 1 segment pratique (A-L plus P) doivent être représentés conformément aux carrés latins augmentés:

Essai relatif à la qualité	*Essai facultatif relatif à l'effort d'écoute*
P CABD ...	P ABDC ...
P DBAC ...	P DCAB ...
P ADCB ...	P BDCA ...
P BCDA ...	P CABD ...

Dans ces carrés, chaque rangée est utilisée pour chaque groupe d'auditeurs, qui peuvent écouter ensemble ou séparément. Les segments sont présentés dans l'ordre indiqué dans chaque rangée. Il y aura naturellement une pause entre un segment et le suivant, pendant que l'on cherchera le segment adéquat sur l'appareil d'enregistrement et que l'on contrôlera éventuellement l'étalonnage; cette pause sera aussi bienvenue pour les auditeurs.

6.5 *Auditeurs*

Les auditeurs participant aux essais seront choisis au hasard parmi les abonnés du service téléphonique. On fera appel à environ 40 auditeurs mais pas à moins de 30.

6.6 *Collecte de données*

Les réponses des sujets peuvent être recueillies par n'importe quel moyen pratique: papier et crayon, boutons commandant des lampes contrôlées par l'opérateur, ou appareil d'enregistrement automatique de données, par exemple. Quelle que soit la méthode utilisée, il faut veiller à ce que les sujets ne puissent pas voir les réponses des autres sujets, et qu'ils ne puissent pas voir non plus l'enregistrement de leurs réponses précédentes. Hormis la mémoire et les effets d'apprentissage, chaque réponse doit être indépendante des autres.

7 Analyse statistique et présentation des résultats

Une fois que l'essai est terminé et que toutes les réponses des sujets ont été recueillies, le responsable de l'expérience attribue des notes correspondant aux réponses, de la façon suivante:

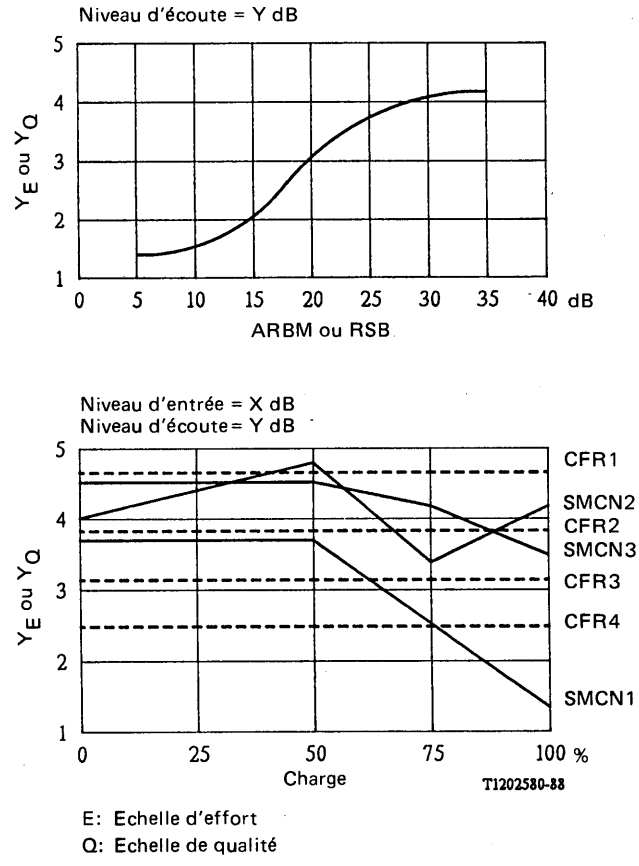
Réponse	*Note*
Excellente	5
Bonne	4
Assez bonne	3
Médiocre	2
Mauvaise	1
Détente absolue, aucun effort	5
Attention nécessaire, pas d'effort appréciable	4
Effort modéré	3
Effort considérable	2
Signification incompréhensible en dépit de tous les efforts possibles	1

La note numérique moyenne (calculée sur l'ensemble des sujets) doit être calculée pour chaque condition, et ces moyennes doivent figurer dans les résultats (cela est nécessaire pour observer les effets des voix d'homme et de femme).

Pour aider à examiner rapidement les résultats, des graphiques seront préparés conformément aux formats présentés à la figure 6/P.84.

Il convient de noter en particulier que l'opération de moyenne des résultats obtenus sur les voix d'homme et les voix de femme n'est proposée dans la présente Recommandation que pour ramener les résultats à des proportions utilisables, cela n'implique pas que l'opération soit toujours valide pour l'étude détaillée et l'interprétation des résultats (sauf justification par des tests de signification statistique).

Le calcul d'écart type séparé pour chaque condition n'est pas recommandé. Des limites de confiance seront évaluées et des essais de significaiton seront effectués à l'aide de techniques d'analyse de variance classique.



Remarque 1 – Il devrait y avoir un ensemble de 15 courbes pour l'échelle d'effort d'écoute et un autre ensemble de 15 courbes pour l'échelle de qualité.

Remarque 2 – Les organisations sont priées d'utiliser les coordonnées indiquées ci-dessus.

Remarque 3 – Les courbes ci-dessus ne sont présentées qu'à titre d'exemple.

Remarque 4 – Etablir un ensemble complet de tracés de charges pour chacun des trois niveaux d'entrée. Etablir un ensemble complet des courbes pour chacun des trois niveaux d'écoute.

FIGURE 6/P.84

Format pour la présentation des résultats

ANNEXE A

(à la Recommandation P.84)

Description de l'équipement de multiplication de circuit numérique

A.1 *Définition de l'EMCN*

Un équipement de multiplication de circuit numérique (EMCN) est défini au § 1.2.1 comme une méthode de transmission numérique quelconque qui permet d'obtenir davantage de circuits de qualité téléphonique que cela n'est possible avec un équipement conforme à la Recommandation G.711. Nous considérons que le terme circuit peut parfois désigner une liaison entre deux points de commutation (circuit de jonction) ou entre l'abonné et un point de commutation (ligne d'abonné). Parfois, il peut aussi désigner une liaison numérique de bout en bout. Le circuit peut aussi être physique ou virtuel. Le terme qualité téléphonique signifie que la largeur de bande du circuit est nominalement de 3,1 kHz. Nous essaierons d'éviter toute confusion en utilisant des qualificatifs appropriés, le cas échéant, pour décrire le type de circuit dont nous voulons parler.

Compte tenu des définitions ci-dessus, nous pouvons conclure qu'il existe trois types d'EMCN de base supérieur à:

Type A – Utilise seulement le codage à faible débit (CFD), inférieur à 64 kbit/s pour obtenir un multiplicateur de circuit supérieur à 1. Certaines méthodes CFD (par exemple MICDA à 32 kbit/s) sont adaptées aux méthodes d'essai subjectives décrites dans la Recommandation P.70; d'autres (par exemple le codage de la voix à 4,8 kbit/s) peuvent nécessiter de nouvelles méthodes d'essai subjectives.

Type B – Utilise seulement la concentration numérique de la parole (CNP) pour obtenir un multiplicateur de circuit supérieur à 1. La CNP est définie au § A.2. Par définition, le codage numérique utilisé dans l'EMCN de type B pour obtenir un circuit se fait à 64 kbit/s et conformément aux dispositions de la Recommandation G.711. Ainsi, le codage fournit un multiplicateur de circuit unitaire. Pendant les périodes de surcharge de l'EMCN, l'une quelconque des nombreuses stratégies de surcharge peut être utilisée pour résoudre l'encombrement des voies. Les trois stratégies de surcharge de base sont définies au § A.5. Par exemple, pendant des périodes provisoires de surcharge, le débit de codage de voie peut être réduit pour augmenter la capacité de la voie. Toutefois, cette opération de transcodage est attribuée à la CNP et la multiplication de circuit supérieur à 1 ainsi obtenue est mis au compte de la CNP.

Type C – Est une combinaison de A et B. Ce type hybride emploie le CFD pour obtenir un multiplicateur de circuit supérieur à 1 puis la CNP pour obtenir un multiplicateur de circuit supplémentaire supérieur à 1. Par exemple, si le CFD est conforme au MICDA à 32 kbit/s de la Recommandation G.721, alors le codeur a un multiplicateur de circuit de $\kappa = 2$. La CNP peut augmenter ce multiplicateur par un autre facteur de 2 ou 3, selon l'EMCN. Le multiplicateur total, 4 à 6, est égal au produit des multiplicateurs de CFD et de CNP.

A.2 *Concentration numérique de la parole (CNP)*

La concentration numérique de la parole est définie au § 1.2.8. On peut définir la CNP comme suit: toute méthode permettant d'attribuer une voie support de qualité téléphonique, sur demande, pour la transmission de signaux vocaux dès le début de la salve de parole. La voie support provient d'un groupe maintenu par l'EMCN et la parole provient d'un circuit actif relié à l'EMCN. Lorsque la salve de parole s'arrête, la voie est:

i) abandonnée et remise dans le groupe, ou

ii) elle reste assignée au circuit aussi longtemps que le groupe n'est pas vide et que la voie n'est pas nécessaire pour un autre circuit.

Dans ce contexte, le terme «voie support» désigne les trajets de transmission entre les terminaux EMCN, utilisés pour acheminer le trafic sur les circuits reliés à l'EMCN. Par définition, une voie support a la même largeur de bande qu'un circuit, c'est-à-dire une qualité téléphonique. Des voies supports peuvent être obtenues à l'aide du multiplexage par répartition dans le temps, dans l'espace ou même en fréquence ou en longueur d'onde du moyen de transmission utilisé par l'EMCN. Les moyens de transmission peuvent être des fils de cuivre, des câbles coaxiaux, des ondes radioélectriques ou des fibres optiques.

A.3 *Détection de la parole*

Pour assurer la CNP, l'EMCN doit contenir un détecteur de parole. Ce détecteur contrôle les circuits et indique si la parole est présente ou non. Lorsque la parole est déclarée présente, l'EMCN tente d'attribuer une voie support disponible au circuit. S'il n'y a pas de voie disponible, l'EMCN a recours à sa stratégie de surcharge. Lorsque la salve de parole se termine, le détecteur de parole peut assurer un certain «maintien» pour éviter la mutilation de la fin de la salve. Le maintien augmente la longueur effective de la salve.

Le «remplissage» est une autre fonction du détecteur de parole parfois utilisée pour relier ou éliminer les intervalles de silence inférieurs à une certaine longueur entre les salves de parole. Le remplissage n'augmente pas la longueur des différentes salves comme le fait le maintien, mais il nécessite un temps de traitement égal à l'intervalle de remplissage maximal. Le maintien et le remplissage augmentent le facteur d'activité de la parole sur les voies supports.

Pour éviter la mutilation du front de la salve de parole, le détecteur de parole laisse parfois s'écouler quelques millisecondes pour avoir le temps de décider.

La mutilation de la salve de parole, à la fois au début et éventuellement à la fin, peut se produire si le détecteur de parole prend de mauvaises décisions ou des décisions tardives. Le fonctionnement du détecteur de parole et donc la qualité en terme de mutilation de l'EMCN dépend de nombreux facteurs caractérisant le signal sur les circuits tels que: le niveau, le rapport signal/bruit et l'affaiblissement sur le trajet d'écho.

A.4 *Définition de la charge de l'EMCN*

La fréquence de la surcharge de l'EMCN dépend de la charge du système. La charge du système comprend des salves de parole émises sur les circuits entrants plus le trafic supplémentaire produit par l'EMCN. Etant donné que l'activité des salves de parole sur les circuits varie d'un moment à l'autre, la charge subit aussi des variations à court terme.

Pour définir la charge, nous devons faire une distinction entre la charge appliquée et la charge offerte. La charge appliquée correspond aux salves de parole entrant dans l'EMCN sur les circuits utilisés. La charge appliquée dépend donc du nombre de circuits utilisés et de l'activité vocale sur les circuits. La charge offerte correspond à la charge appliquée plus toute charge supplémentaire produite par l'EMCN. La charge offerte est la charge présentée aux voies de l'EMCN. Il est évident que la charge offerte est en général supérieure à la charge appliquée pour les raisons suivantes:

i) le détecteur de parole augmente le facteur d'activité, étant donné qu'il ajoute le remplissage ou le maintien aux salves de parole;

ii) les renseignements «supplémentaires» peuvent devoir être transmis sur les voies avec les échantillons de signaux vocaux.

La charge varie en permanence, en fonction des statistiques de la parole et de l'activité du circuit et, si nous supposons que le nombre de circuits utilisés, N, est constant pendant une certaine période au cours de laquelle nous observons le fonctionnement de l'EMCN, alors les charges moyennes appliquées et offertes deviennent des concepts utiles. On trouvera au § 1.2.19 des formules applicables aux charges moyennes. Bien que ces formules soient un peu simples et ne tiennent pas compte des données concernant la variance de la charge autour de la moyenne, elles permettent de bien comprendre le fonctionnement de l'EMCN.

La capacité d'acheminement de la charge des voies de l'EMCN est elle aussi importante. Elle correspond au nombre maximal de signaux vocaux offerts plus la charge «supplémentaire» que les voies de l'EMCN peuvent acheminer. Si la charge offerte est inférieure à la capacité d'acheminement des voies, alors la charge offerte est acheminée par l'EMCN. Cependant, si la charge offerte est supérieure à la charge que peuvent acheminer les voies, alors, selon la stratégie de surcharge de l'EMCN (voir le § A.5), une partie de la charge offerte sera perdue par abandon d'échantillon, ou le codage à débit binaire variable sera utilisé pour augmenter provisoirement la capacité des voies de façon à ce qu'elles puissent acheminer la charge supplémentaire. Ainsi, il y a surcharge lorsque la charge offerte dépasse la capacité d'acheminement des voies de l'EMCN.

Dans un système d'abandon d'échantillon, la capacité de charge est fixe et correspond simplement à κM où M est le nombre de voies équivalentes à 64 kbit/s offertes et où κ est le facteur CFD qui tient compte de la différence en débit binaire entre les circuits (toujours à 64 kbit/s) et les voies. Si un CFD à 32 kbit/s est utilisé sur les voies par exemple, alors $\kappa = 2$. Si l'on n'utilise pas le CFD, alors $\kappa = 1$. Si le codage à débit binaire variable (DBV) est utilisé, alors la capacité de charge de l'EMCN n'est pas fixe, et l'on peut éviter la surcharge en créant provisoirement des voies supports supplémentaires. Si le débit de codage tombe de 32 à 16 kbit/s par exemple, alors pendant la période où DBV est utilisé, $\kappa = 4$.

Dans ces exemples, on suppose que le nombre de voies disponibles pour acheminer les signaux vocaux est constant. Toutefois, dans l'EMCN qui achemine les données dans la bande vocale et d'autres tonalités sur les circuits, la CNP ne peut être utilisée sur ces signaux. Il s'ensuit que ces signaux continus occupent des voies qu'il est prévu d'utiliser à plein temps, ce qui réduit le groupe des voies disponibles pour acheminer les signaux vocaux.

En utilisant les formules de charge moyenne et la notion de capacité de charge, nous pouvons montrer à la figure A-1/P.84 les courbes de charge, pour un EMCN de type C d'abandon d'échantillon. La pente des courbes représentant la charge offerte dépend du facteur d'activité vocale, $\alpha/(\alpha + \beta)$ et du facteur d'étalement du détecteur de parole, k. Les courbes de charge correspondant aux trois différents facteurs d'activité sont présentées. Si le nombre de circuits utilisés, N, est inférieur à $N_{min} = \kappa M - G = 43$, alors la CNP ne sera jamais appliquée, même si le facteur d'activité vocale provisoire atteint 1 sur tous les circuits actifs. Etant donné que la charge acheminée de l'EMCN ne peut dépasser $\kappa M = 48$, à mesure que la charge moyenne offerte, L_o, s'approchera de la capacité maximale, la fréquence de surcharge (abandon d'échantillon) augmentera puisque les variations d'un moment à l'autre des activités vocales poussent la charge offerte au-dessus de la limite.

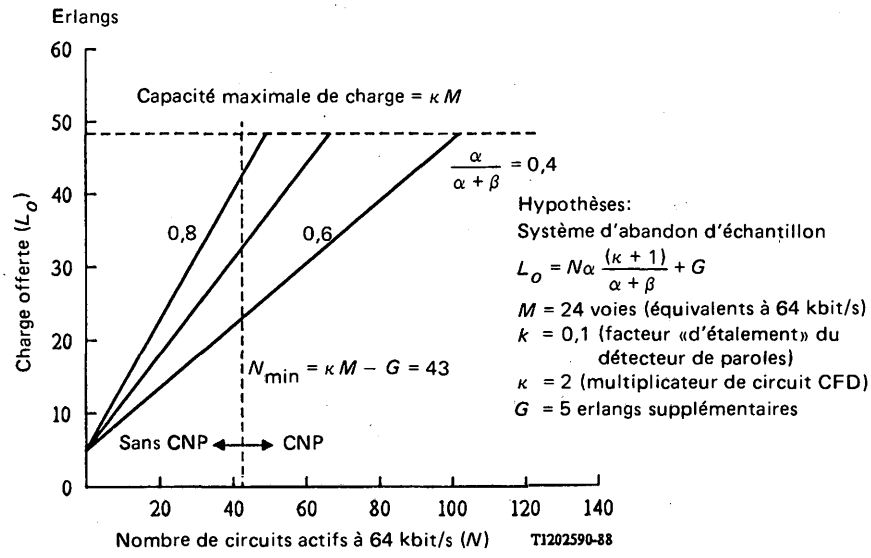


FIGURE A-1/P.84

Exemple de courbes de charge pour un EMCN de type C d'abandon d'échantillon

La figure A-2/P.84 montre les courbes de charge pour un système de type C à débit binaire variable qui assure le transcodage à 16 kbit/s pendant la surcharge. Dans cet exemple, lorsque la charge offerte dépasse $\kappa M = 48$, le débit de codage tombe de 32 à 16 kbit/s sur les voies supports. La capacité passe donc à $\kappa M = 96$. La capacité supplémentaire absorbe la surcharge provisoire et empêche l'abandon d'échantillon (blocage). Si la charge offerte dépasse 96, alors il y aura abandon d'échantillon car aucun autre DBV (par exemple jusqu'à 8 kbit/s) n'est prévu dans cet exemple.

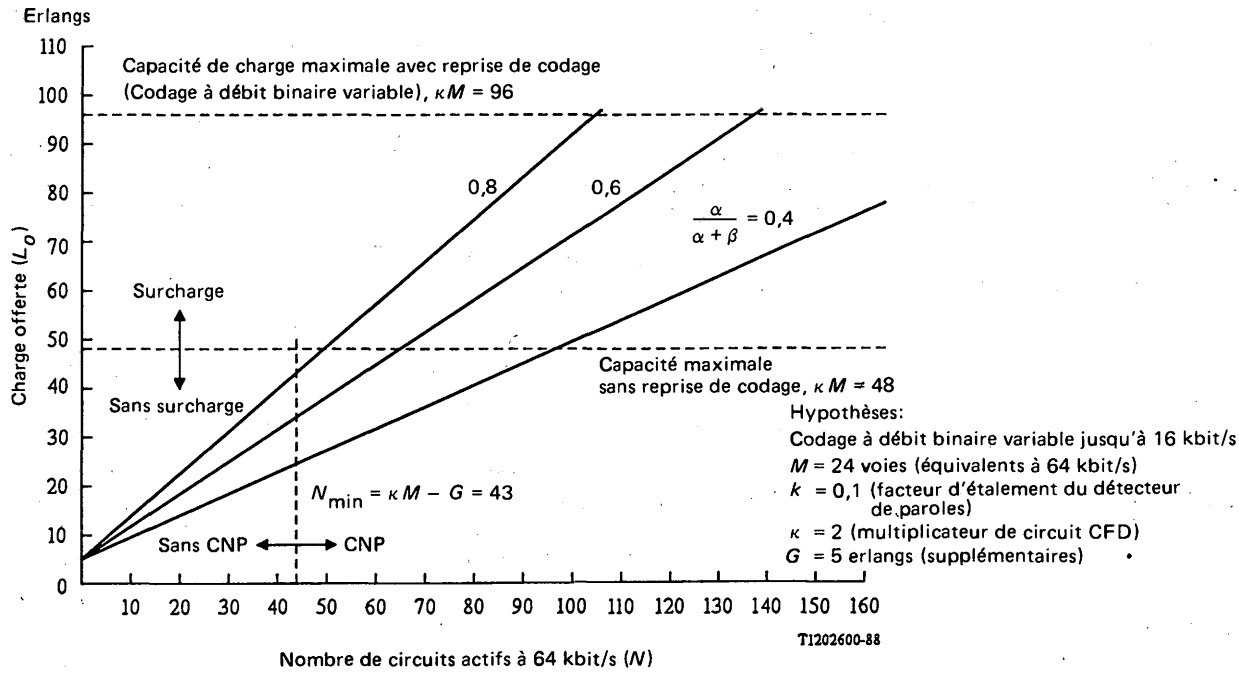


FIGURE A-2/P.84

Exemple de courbes de charge pour le type C, EMCN à codage à débit variable

Ainsi, en résumé, tant que $N \leqslant N_{min}$, l'EMCN n'aura pas besoin d'utiliser la fonction CNP, car tous les circuits auront accès à une voie support. Il n'y aura pas de surcharge jusqu'à ce que la charge offerte dépasse la capacité d'acheminement de charge. En cas de surcharge, l'EMCN commencera à abandonner des échantillons ou à les mettre en file d'attente, auquel cas κ ne changera pas, ou l'EMCN abandonnera le débit de codage, auquel cas κ augmentera, ce qui accroîtra momentanément la capacité de l'EMCN.

A.5 *Stratégies de surcharge*

Lorsque le nombre de circuits actifs reliés à l'EMCN dépasse le nombre de voies disponibles, l'EMCN connaît momentanément des surcharges; un plus grand nombre de salves de parole nécessitera parfois plus de voies qu'il n'y en a de disponibles. En pareil cas, l'EMCN doit avoir recours à sa «stratégie de surcharge». Cette dernière est conçue pour connaître comment partager au mieux le groupe de voies. Un certain nombre de stratégies de base sont possibles, à savoir:

Type 1 – Mutilation de surcharge ou abandon d'échantillon de parole. Dans cette stratégie définie au § 1.2.14, les échantillons sont éliminés à partir du début de la salve de paroles qui ne réussit pas à trouver une voie. L'abandon d'échantillon continue jusqu'à ce qu'une voie soit disponible ou que la salve se termine normalement. Au niveau de la perception, les effets de l'abandon d'échantillon et de la mutilation à l'avant de la salve, cette dernière étant causée par le détecteur de parole, devraient être les mêmes, même s'ils ont des causes différentes. Toutefois, ils ne sont pas tout à fait semblables, car la mutilation à l'avant de la salve risque davantage d'affecter les parties du niveau inférieur du signal, alors que le blocage risque d'affecter également tous les niveaux.

Type 2 – Codage à débit binaire variable. Cette stratégie, définie au § 1.2.15, utilise des algorithmes de codage de parole intégrés ou d'autres moyens pour multiplier effectivement le nombre de voies supports provisoirement disponibles pour que les circuits puissent acheminer la charge offerte. Etant donné qu'une diminution du débit binaire aura pour effet d'augmenter le bruit de quantification produit par les codeurs, le codage à débit variable se traduira par des augmentations momentanées du bruit de quantification, c'est-à-dire par des réductions de Q. (Pour une discussion au sujet de Q, voir le § 2 de la Recommandation P.81).

Type 3 – File d'attente. Cette stratégie, définie au § 1.2.16, utilise des mémoires tampons destinées à être occupées par les échantillons des salves de parole en attendant une voie. La simple file d'attente, sans débordement de tampon, entraîne un décalage dans le temps des salves de parole. Aucun échantillon n'est perdu et le bruit n'augmente pas. La dégradation introduite peut être appelée «modulation de la durée du silence». Du point de vue des auditeurs, une salve de parole donnée mise en attente commencera un peu plus tard par rapport à la salve précédente que cela n'aurait été le cas sans file d'attente. De plus, on peut constater que la salve suivante commence un peu plus tôt. Etant donné que les tampons doivent être définis, cette stratégie ne peut être employée seule, elle doit être associée à un abandon d'échantillon ou à un codage à débit variable. Ainsi, un système de file d'attente peut présenter une mutilation de la parole ou de bruit de transcodage ainsi qu'un décalage dans le temps.

Type 4 – Contrôle dynamique de charge. Stratégie de contrôle de surcharge, définie au § 1.2.17, dans laquelle l'EMCN signale au commutateur associé qu'il ne peut transmettre de façon satisfaisante la charge de trafic que ce dernier émet, ou prévoit d'émettre, et que le commutateur doit réduire sa demande en envoyant un signal de maintien aux circuits lorsqu'ils deviennent libres.

A.6 *Méthodes de reconstitution des silences*

Etant donné que l'EMCN ne transmet pas de silences entre les salves de parole, à l'extrémité réception, les silences doivent être recréés artificiellement. Il existe plusieurs méthodes pour cela. La plus simple consiste à insérer un bruit blanc à un niveau déterminé dans le récepteur pendant les silences. Il faut choisir minutieusement le niveau pour éviter le contraste de bruit qui est un contraste apparent et gênant entre le bruit dans les silences et le bruit de fond pendant les salves de parole. Il existe d'autres méthodes qui tentent d'adapter automatiquement le niveau de bruit aux conditions du circuit; ces méthodes nécessitent un filtrage minutieux et une évaluation de la puissance du bruit source.

A.7 *Mode circuit par rapport au mode paquet*

Au niveau interne, l'EMCN peut utiliser le mode circuit ou le mode paquet pour transmettre des salves de parole. Dans le mode circuit, on obtient des voies supports en prévoyant des intervalles de temps appropriés sur le dispositif de transmission connecté à l'équipement terminal de l'EMCN. Dans le mode paquet, les échantillons de salves de parole sont groupés en un ou plusieurs paquets de longueur fixe ou variable. Les paquets sont envoyés

au ciruit de destination et transmis sur le dispositif de transmission un par un. Ainsi, dans le mode circuit, on peut considérer que le dispositif de transmission achemine ensemble un certain nombre de voies multiplexées, alors que dans le mode paquet, on considère que le dispositif est comme une voie unique à grande vitesse qui transmet un paquet à la fois.

Dans le mode paquet, le fonctionnement du système dépend de la façon dont les paquets sont disposés. Il existe deux méthodes:

a) Tous les paquets provenant de tous les circuits entrent dans une file d'attente de type «premier entré premier sorti» et sont acheminés par la voie à grande vitesse, un par un. Chaque paquet est traité indépendamment. Le temps que met chaque paquet pour arriver à l'extrémité réception varie en fonction du remplissage de la file d'attente de type «premier entré premier sorti». Si les paquets arrivent trop tard, après un temps de reconstitution fixé, ils seront perdus ou abandonnés par le récepteur. C'est ce que l'on appelle l'abandon de paquets et cela dépend de la charge du système. L'abandon de paquets peut entraîner la mutilation de la parole en un point quelconque de la salve. Il entraîne un abandon d'échantillons au milieu de la salve. Les paquets peuvent aussi être abandonnés dans la file d'attente s'il y a débordement. Le remplissage de la file d'attente est contrôlé et l'on a recours à la stratégie de surcharge lorsque cela est nécessaire pour éviter un trop grand abandon des paquets.

b) Une fois qu'un circuit a saisi la voie à grande vitesse pour la transmission d'un paquet, tous les paquets sur le circuit pour cette salve sont transmis avant que la ligne à grande vitesse soit libre pour transmettre d'autres paquets de circuits. Ainsi, le circuit est coupé pendant la salve. La coupure évite la perte d'échantillons de parole au milieu d'une salve. Toutefois, étant donné qu'un seul circuit à la fois peut utiliser la voie à grande vitesse, les autres circuits ayant des paquets à transmettre doivent attendre leur tour. Les paquets doivent être placés en file d'attente en attendant la voie. Les retards dus à la formation de files d'attente dépendant de la charge doivent être égalisés à l'extrémité réception. On le fait en mettant une étiquette temps sur le paquet. Il est toujours possible que les files d'attente pour les paquets débordent avant que les paquets puissent être transmis. Lorsque cela se produit, on a recours à la stratégie de la surcharge pour empêcher un trop grand abandon de paquets.

Dans le mode paquet le retard est plus important que dans le mode circuit. Ce retard supplémentaire s'explique par: le temps de mise en paquet, qui dépend de la longueur du paquet et du débit du codage de circuit, le temps de reconstitution, choisi de façon à minimiser le risque de perte de paquets, et par le temps de mise en file d'attente du paquet. Ces trois éléments peuvent dépendre de la charge et sont donc variables.

En résumé, l'utilisation du mode paquet au lieu du mode circuit peut entraîner les effets suivants qui ont une influence sur la qualité de fonctionnement:

i) abandon d'échantillon au milieu de la salve;

ii) retard supplémentaire égal à la somme des temps de mise en paquet et de reconstitution;

iii) retard de la mise en file d'attente du paquet.

A.8 *Reconstitution du paquet*

Dans un système en mode paquet, la perte d'un paquet pose un dilemme au récepteur, à savoir: que faut-il utiliser à la place des échantillons de parole acheminés dans le paquet perdu. On utilise plusieurs méthodes qui ont des conséquences différentes au niveau de la qualité de fonctionnement. Une méthode consiste à insérer des échantillons de bruit à la place des échantillons de parole perdus. Une autre méthode consiste à répéter les échantillons dans un paquet précédent pour remplacer les échantillons perdus. D'autres méthodes sont aussi employées.

A.9 *Système de circuit par rapport au réseau*

Compte tenu des définitions ci-dessus, il semble qu'il y ait encore une autre façon de classer l'EMCN. Nous pouvons distinguer l'EMCN utilisant des voies non commutées et l'EMCN utilisant des voies commutées. Le premier type est appelé EMCN en mode circuits. Le deuxième type est appelé EMCN en mode connexions.

Le système en mode circuits sera utilisé pour fournir des circuits de jonction ou des lignes d'abonné. La commutation se fait à l'extérieur de l'EMCN. Le système en mode connexions comprend la commutation de circuits ou par paquets et on considère donc qu'il s'agit plutôt d'une solution au niveau du réseau qu'une solution au niveau du circuit.

L'essai d'un EMCN en mode connexions risque d'être plus compliqué que l'essai d'un EMCN en mode circuits. Une des raisons est que la taille d'un système en mode connexions peut rendre difficile son essai en laboratoire. Une autre raison est qu'il est difficile de maîtriser la charge d'un tel système.

ANNEXE B

(à la Recommandation P.84)

Matériau de parole utilisé pour construire des séquences de signaux vocaux

(Les passages suivants sont des exemples utilisés par Bell Communications Research)

ORWELL

George Orwell a commencé son roman, 1984, par «It was a bright cold day in April», mais il n'a fait aucune autre allusion au temps qu'il pourrait faire pendant l'année fatidique. Devant la série d'événements météorologiques fâcheux qui ont marqué 1983, beaucoup sont venus à penser que le monde connaissait une dégradation du temps sans précédent et que l'on pouvait s'attendre pendant cette année à une série de catastrophes naturelles pour aller de pair avec le renoncement à la liberté de pensée et d'expression démocratique dont parle Orwell.

Etant donné que nous n'avons pas la possibilité de prévoir les événements climatiques qui peuvent se produire en 1984, remontons cent ans en arrière et voyons ce qui s'est passé dans le pays en 1884. L'année a commencé par l'arrivée d'air glacial venant du Canada du Nord et le thermomètre est descendu jusqu'à $-40°$F à Rockford (Illinois) et à $-25°$F à Indianapolis (Indiana), deux records aujourd'hui encore. Des températures au-dessous de zéro ont été observées dans le sud et les plantations de citrons ont été détruites par le gel en Floride.

Au début de février, de fortes pluies sont tombées sur une épaisse couche de neige et ont entraîné le débordement de la rivière Ohio. Des records de hauteur ont été enregistrés de Cincinnati à l'embouchure du fleuve à Cairo (Illinois).

Plus tard, en février, il y a eu une série de tornades dans le sud et dans la vallée de l'Ohio, où quelque soixante cheminées sont tombées. Plus de 420 personnes ont été tuées et plus de 1000 blessées. Il n'y a pas eu de catastrophe de cette gravité ni de cette ampleur avant la tornade qui a eu lieu en avril à Durango (Colorado).

En mai, des orages hors saison dans les déserts du sud-ouest ont entraîné de graves inondations. Le trafic ferroviaire entre Salt Lake City et le sud a été interrompu pendant trois semaines et le Rio Grande a débordé à El Paso (Texas), causant 1 million de dollars des Etats-Unis de dégâts.

Fin mai, il y a eu de fortes gelées, le thermomètre est descendu jusqu'à 22° F au Massachusetts et la neige est tombée à Vermont le «Memorial Day».

Il y a eu de fortes pluies en Californie en juin; elles ont atteint 1,39 pouces à Los Angeles et 2,57 pouces à San Francisco, deux chiffres qui restent des records. A la suite des pluies qui sont tombées dans le Wisconsin, le débordement du Chippewa a causé plus de 1,5 million de dollars de dégâts et a laissé 2000 personnes sans abri à Eau Claire.

Après les arrêts de circulation dus aux chutes de neige dans l'Oregon, 34 pouces de neige sont tombés à Portland, au milieu de décembre. Les liaisons ferroviaires ont été interrompues entre l'est et le sud pendant plusieurs jours et le courrier venant de Californie a été acheminé par voie maritime.

Si vous pensez que le temps qui a fait l'objet de nombreux articles dans les journaux en 1983 était sans précédent, revenons à 1884. Nous ne savons pas si ces désastres étaient dus au courant El Nino ou à d'autres phénomènes atmosphériques ou océaniques. Tout ce que nous pouvons faire est d'attendre et de voir ce qu'apportera 1984.

BROUILLARD

Une des vues les plus spectaculaires en hiver est le brouillard qui monte des champs de glace de l'Arctique et qui apparaît occasionnellement au-dessus des eaux des lacs non gelés et des ports de notre zone tempérée. Ce phénomène est appelé de diverses façons: «frost smoke», «sea smoke», «steam fog», «warm water fog» et «water smoke». Le brouillard est causé par le passage d'un courant d'air arctique ou polaire à une température proche de zéro Fahrenheit au-dessus d'eau non gelée. Dans quarante-huit états, il apparaît essentiellement sur les zones non gelées des grands lacs et sur les eaux des ports de la côte atlantique nord.

Le «sea smoke» se produit car la pression de la vapeur à la surface de l'eau est supérieure à celle de l'air qui est au-dessus. La vapeur d'eau s'évapore dans l'air plus vite que l'air ne peut l'absorber. L'excédent d'humidité se condense et forme une couche de brouillard, comme de la vapeur ou de la fumée s'élevant de l'eau. Habituellement, il y a un espace clair entre la surface de l'eau et le bas du brouillard dont la limite supérieure se situe généralement entre 10 et 25 pieds. Si une inversion atmosphérique se produit près de la surface de l'eau, le brouillard peut être concentré à cet endroit-là et devenir épais, ce qui est un danger pour la navigation.

Si la température de l'air est très froide, $-20°$ F ou au-dessous, l'humidité croissante peut former des cristaux de glace dans la couche d'air juste au-dessus de l'eau. C'est ce que l'on appelle le «frost smoke» qui est très beau, surtout lorsque la lumière du soleil scintille sur les fines aiguilles de glace.

Le «steam fog» peut se produire sur les lacs et les fleuves en automne après une nuit calme et claire pendant laquelle l'air s'est refroidi. En raison des différences de pression de vapeur, l'eau chaude s'évapore dans l'air froid et toutes les vallées et les bassins peuvent être couverts d'une fine couche de brouillard alors que le haut des collines reste clair.

ANNEXE C

(à la Recommandation P.84)

Instructions concernant l'utilisation d'un nombre limite de phrases

(Contribution de l'Administration suédoise des télécommunications)

Si N phrases par locuteur sont utilisées, il y aura $N(N-1)$ combinaisons de phrases possibles par locuteur. Les 16 premiers résultats sont indiqués ci-dessous:

N	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
$N(N-1)$	2	6	12	20	30	42	56	72	90	110	132	156	182	210	240	272

Pour limiter le nombre de phrases, on peut avancer deux raisons:

- le désir de gagner du temps en n'ayant pas à adresser les listes de plus de 2×85 combinaisons de phrases par locuteur. L'enregistrement séparé de toutes les combinaisons est bien entendu encore nécessaire à moins que l'on ne dispose d'un équipement d'édition perfectionné pour les enregistrements numériques; ou
- la nécessité d'organiser l'essai de façon à ce qu'il réponde aux conditions d'une analyse de variance.

Selon la raison indiquée, différentes méthodes peuvent être adoptées. Elles sont traitées séparément ci-dessous:

1) Toutes les combinaisons de phrases par locuteur possibles $N(N-1)$ sont enregistrées:
   a) les mêmes N phrases sont utilisées pour les 4 locuteurs. La même paire de phrase ne doit donc pas être utilisée pour les mêmes conditions d'essai d'un locuteur à l'autre. Cela pour éviter l'interaction systématique possible entre les conditions d'essai et le contenu phonétique; ou
   b) quatre ensembles différents de N phrases ($N1$, $N2$, $N3$ et $N4$) sont utilisés. Il n'est pas besoin de prendre les précautions correspondant à celles mentionnées en a). Toutefois, l'interaction sera encore possible et non contrôlée.
2) Pour faire une analyse de la variance, les sujets doivent juger le même contenu de paroles pour toutes les conditions d'essai et tous les locuteurs. Le nombre de phrases sera donc limité à $M \times 2$, où M est le nombre de paires qui sera utilisé dans l'essai. Si $M = 1$, l'essai peut sembler trop ennuyeux aux sujets et la couverture phonétique peut être insuffisante. Si l'on doit justifier une analyse de la variante, et si l'essai est encore pratiquement possible, il est recommandé d'élargir le nombre des présentations. $M = 2$ ou 3 devrait être suffisant. Cela prolongera la durée de l'essai pour chaque sujet mais l'expérience montre que des essais de 2,5 heures par sujet sont tout à fait possibles. Il faut donc prévoir des ajustements en vue de cet élargissement lorsque l'on décide de l'ordre de présentation.

ANNEXE D

(à la Recommandation P.84)

Instructions à l'intention des sujets

D.1 *Echelle de qualité – Essai EMCN*

Dans cet essai, nous évaluons les systèmes qui pourraient être utilisés pour des services de télécommunications.

Vous allez entendre un certain nombre d'échantillons de paroles reproduits dans l'écouteur du combiné. Chaque échantillon comprendra une séquence de 30 à 35 secondes de trois phrases ou plus.

Veuillez écouter toute la séquence, puis indiquer votre évaluation de la qualité sonore globale. Si vous entendez des bruit ou tout autre brouillage au cours des pauses intervenant avant, après ou entre les phrases, vous devez tenir compte de l'effet de ce brouillage dans votre appréciation de la qualité globale.

Pour indiquer votre note d'opinion vous êtes priés d'utiliser l'échelle de notation suivante à 5 points:

Note	*Opinion sur la qualité*
5	Excellente
4	Bonne
3	Assez bonne
2	Médiocre
1	Mauvaise ou insatisfaisante

Après avoir écouté une séquence d'échantillons, veuillez (1) inscrire une note sur votre formulaire de réponse ou (2) appuyer sur le bouton auquel correspond sur cette échelle de notation votre opinion de la qualité sonore de l'échantillon écouté.

Après l'indication de votre opinion il y aura une courte pause avant l'échantillon suivant.

Pour vous accoutumer, vous entendrez d'abord «n» échantillons et vous donnerez une note à chacun; il y aura ensuite une interruption pour s'assurer que tout est clair.

A partir de là il y aura une interruption de tous les «k» échantillons. Il y aura au total «t» échantillons dans l'essai. L'essai durera environ «X» heures.

D.2 *Echelle relative à l'effort d'écoute – Essai EMCN*

Dans cet essai, nous évaluons les systèmes qui pourraient être utilisés pour des services de télécommunications.

Vous allez entendre un certain nombre d'échantillons de paroles dans l'écouteur du combiné. Chaque échantillon comprendra une séquence de 30 à 35 secondes de trois phrases ou plus.

Veuillez écouter toute la séquence, puis indiquer votre évaluation de l'effort requis pour comprendre la signification des phrases.

Pour indiquer votre note d'opinion vous êtes priés d'utiliser l'échelle de notation suivante à 5 points:

Note	*Opinion concernant l'effort d'écoute*
5	Détente absolue, aucun effort
4	Attention nécessaire; pas d'effort appréciable
3	Effort modéré
2	Effort considérable
1	Signification incompréhensible en dépit de tous les efforts possibles

Après avoir écouté une séquence d'échantillons (1), veuillez inscrire une note sur votre formulaire de réponse ou (2) appuyer sur le bouton auquel correspond la note de votre opinion concernant l'effort requis pour comprendre la signification de l'échantillon écouté.

Après l'indication de votre opinion, il y aura une courte pause avant l'échantillon suivant.

Pour vous accoutumer, vous entendrez d'abord «n» échantillons et vous donnerez une note à chacun; il y aura ensuite une interruption pour s'assurer que tout est clair.

A partir de là, il y aura une interruption de tous les «k» échantillons. Il y aura au total «t» échantillons dans l'essai. L'essai durera environ «X» heures.

ANNEXE E

(à la Recommandation P.84)

Exemples d'autres échelles subjectives

E.1 *Echelle de onze notes relatives à la qualité*

10		
9	Excellente	Le nombre 10 indique une reproduction qui est parfaitement fidèle à l'idéal. Il n'existe pas d'amélioration possible.
8		
7	Bonne	
6		
5	Assez bonne	
4		
3	Médiocre	Le nombre 0 indique une reproduction qui n'a aucune ressemblance avec l'idéal. Il est impossible d'imaginer une reproduction plus mauvaise.
2		
1	Mauvaise	
0		

(Voir le Rapport 268-13 de la CEI, annexe A.)

E.2 *Echelle à sept notes concernant la qualité*

Note	*Description qualitative*
6	Circuit idéal.
5	Circuit excellent. Possibilité de se détendre totalement pendant la conversation. Très agréable.
4	Bon circuit. Nécessaire de prêter l'oreille, mais pas nécessaire de faire un effort particulier. Circuit agréable.
3	Circuit assez bon. Il est nécessaire de faire un effort modéré, mais pas exagéré. Le circuit n'est pas très agréable.
2	Circuit médiocre. L'audition est possible, mais un peu difficile. Ecoute désagréable.
1	Mauvais circuit. Ne peut être utilisé qu'avec beaucoup de difficulté. Ecoute très désagréable.
0	Très mauvais circuit. Pratiquement inutilisable.

(Voir le Rapport 751 du CCIR, vol. VIII.3, 1986.)

E.3 *Echelle de dégradation à cinq notes*

5 Dégradation inaudible

4 Dégradation audible mais non gênante

3 Dégradation légèrement gênante

2 Dégradation gênante

1 Dégradation très gênante.

(Voir le supplément n° 14, annexe B.)

Références

[1] LEE et UN: A study of ON-OFF characteristics of conversational speech, *IEEE Trans. Comm.*, vol. COM-34, n° 6, juin 1986.

PAGE INTENTIONALLY LEFT BLANK

PAGE LAISSEE EN BLANC INTENTIONNELLEMENT

PARTIE II

SUPPLÉMENTS AUX RECOMMANDATIONS DE LA SÉRIE P

PAGE INTENTIONALLY LEFT BLANK

PAGE LAISSEE EN BLANC INTENTIONNELLEMENT

Supplément n° 1

PRÉCAUTIONS À PRENDRE POUR INSTALLER ET MAINTENIR CORRECTEMENT UN SYSTÈME DE RÉFÉRENCE INTERMÉDIAIRE

(Pour le texte de ce supplément, voir le tome V du *Livre orange*)

Supplément n° 2

MÉTHODES EMPLOYÉES POUR DÉTERMINER LA QUALITÉ DE TRANSMISSION TÉLÉPHONIQUE

(Genève, 1980, modifié à Malaga-Torremolinos, 1984; Melbourne, 1988)

(cité dans la Recommandation P.80)

(Contribution du British Telecom)

1 Introduction

Le présent supplément passe brièvement en revue les méthodes servant à déterminer la qualité de transmission téléphonique qui sont recommandées par le CCITT ou ont été employées au cours des périodes d'études 1968 à 1980, dans l'étude des Questions attribuées à la Commission d'études XII. Comme certaines de ces méthodes sont déjà décrites en détail dans des Recommandations du CCITT, on se contentera ici de les énumérer en mentionnant les Recommandations pertinentes. D'autres méthodes sont aussi décrites en détail par ailleurs; on en donnera ici les particularités essentielles, accompagnées d'une brève description de leur mode opératoire et de références bibliographiques.

2 Liste des méthodes

a) comparaison des forces des sons vocaux (équivalents de référence et équivalent pour la sonie;
b) mesures de l'affaiblissement équivalent pour la netteté (AEN);
c) essais d'évaluation subjective à l'écoute;
d) essais d'évaluation subjective à la conversation;
e) essais de perceptibilité par réaction tout-ou-rien.

3 Brèves descriptions et références à des descriptions plus complètes

3.1 Les comparaisons des forces des sons ont pour but de déterminer quantitativement le niveau relatif auquel les paroles transmises sur une communication téléphonique donnée atteignent les oreilles d'un abonné à l'écoute d'une personne qui parle à l'autre extrémité. Pour normaliser la méthode d'évaluation, on règle d'une façon spécifiée à la fois les conditions de phonation et celles d'audition. Les bruits de circuit et les bruits de salle n'interviennent pas dans l'évaluation, aussi les résultats sont-ils déterminés par l'affaiblissement global, de bouche à oreille, sur le trajet de conversation considéré. La méthode actuellement recommandée est décrite dans la Recommandation P.72 du *Livre rouge*, mais de nouvelles méthodes sont proposées dans la Question 15/XII [1]. On trouvera une information plus générale en [2].

3.2 Pour déterminer l'affaiblissement équivalent pour la netteté, on mesure la proportion de sons vocaux que l'on reconnaît sans erreur après leur transmission sur le trajet de conversation à l'essai et leur restitution. Il doit y avoir un bruit de circuit et un bruit de salle à des niveaux spécifiés, qui influent sur le résultat de la détermination. Comme dans le cas de la méthode décrite au § 3.1, les conditions de phonation et d'audition sont réglées. La méthode recommandée par le CCITT est décrite dans l'ancienne Recommandation P.45 du *Livre orange*. D'autres renseignements se trouvent en [2].

3.3 Les essais d'évaluation subjective à l'écoute portent sur des paroles ordonnées en phrases et les participants forment leur opinion sur la parole reçue, après transmission sur le trajet à l'essai, en se fondant sur certains critères. La méthode a été largement utilisée; pour plus de détails, voir le document cité en [2].

3.3.1 *Mode opératoire des essais d'évaluation subjective à l'écoute*

La parole étant généralement enregistrée, on peut la restituer à un niveau déterminé. Les enregistrements destinés aux essais doivent être soigneusement exécutés et copiés, afin qu'aucune dégradation intempestive ne se manifeste. Il peut y avoir un bruit de circuit et un bruit de salle, mais on doit alors tenir compte de leurs effets.

Deux critères subjectifs couramment employés sont la force des sons préférée et l'effort d'écoute nécessaire; les échelles de notation correspondantes sont indiquées ci-dessous:

– Echelle de préférence pour la force des sons:

Echelle de notation n° 4A

A Bien plus fort que préféré

B Plus fort que préféré

C Selon préférence

D Plus faible que préféré

E Bien plus faible que préféré

– Opinion fondée sur l'effort d'écoute nécessaire pour comprendre la signification des phrases:

Echelle de notation n° 7

A Détente absolue; aucun effort

B Attention nécessaire; pas d'effort appréciable

C Effort modéré

D Effort considérable

E Signification incompréhensible en dépit de tous les efforts possibles.

Le titre «*Effort d'écoute nécessaire pour comprendre la signification des phrases*» revêt une importance toute particulière. Sans lui, les autres descriptions risquent d'être mal interprétées.

Le schéma expérimental est généralement constitué par un carré gréco-latin ou hyper-gréco-latin, dans lequel les rangées correspondent chacune à toutes les personnes qui écoutent, les colonnes indiquent chacune l'ordre dans lequel les divers jeux de conditions de l'essai sont administrés à l'une des personnes qui écoutent, les symboles du premier alphabet désignent chacun une disposition de circuit et les symboles des autres alphabets désignent les personnes qui parlent et les suites de phrases. Chaque cellule du schéma correspond donc à une «plage», dans laquelle une certaine suite de phrases, enregistrée par une certaine personne qui parle, est restituée par transmission à travers une certaine disposition de circuit pour une certaine personne qui écoute et pour un certain jeu de conditions d'essai parmi la suite des jeux de conditions qui lui sont administrés. Dans chaque plage, on règle l'audition à plusieurs niveaux acoustiques prédéterminés, dans un ordre aléatoire et à raison d'un niveau par groupe de cinq phrases, et le sujet donne son opinion sur l'une des échelles susmentionnées, à la fin de l'écoute de chaque groupe de phrases. Il arrive parfois, mais rarement, qu'on fasse varier dans chaque plage, au lieu du niveau acoustique d'audition, un autre paramètre tel que la largeur de bande.

Dans les essais d'évaluation subjective par l'effort d'écoute, les sujets sont particulièrement sensibles à ce qu'on appelle l'«effet de renforcement», c'est-à-dire que les critères de formation de leur opinion risquent d'être fortement influencés par l'intervalle de variation de la qualité de la transmission ou du niveau acoustique de l'audition dans un même essai, et spécialement à l'intérieur d'une même plage. Il importe donc de ne pas choisir de trop nombreuses dispositions de circuit qui correspondent à une transmission mauvaise (c'est-à-dire qui conduisent à une mauvaise opinion fondée sur l'effort d'écoute, même pour les meilleurs niveaux d'audition), de faire porter chaque plage sur une gamme de niveaux d'audition allant de bien au-dessus du niveau optimal à 30 dB au moins au-dessous de ce niveau et de faire entendre dans chaque plage au moins un groupe de phrases dans des conditions «stabilisantes» (une bonne disposition de circuit associée à un bon niveau d'audition). Il importe aussi que les groupes et les suites de phrases ne diffèrent pas trop par leur compréhensibilité intrinsèque et qu'aucun sujet n'entende la même phrase plus d'une fois dans le même essai (parce qu'il n'aurait évidemment plus le même effort d'écoute à fournir pour comprendre une phrase qui serait connue).

On affecte les notes 4, 3, 2, 1 et 0 aux opinions repérées respectivement par les lettres A, B, C, D et E sur les échelles susmentionnées et l'on appelle «note moyenne d'opinion» la moyenne des notes correspondant à chaque disposition de circuit. Pour déterminer la signification et l'intervalle de confiance des notes d'opinion, on en analyse la variance, ce qui permet de vérifier que chaque facteur tel que la disposition de circuit, le niveau acoustique d'audition, la phonation de la personne qui parle ou les réactions de la personne qui écoute, a bien l'influence escomptée. D'habitude, pour exprimer la relation existant entre le le niveau d'audition et la note moyenne d'opinion fondée sur la force des sons préférée (échelle 4A), on adopte l'équation représentée par la droite ou la courbe logistique la mieux ajustée, tandis que, pour exprimer la relation existant entre le niveau d'audition et la note moyenne d'opinion fondée sur l'effort d'écoute nécessaire à la compréhension (échelle 7), on adopte l'équation quadratique ou de plus grande complexité qui traduit le mieux cette relation; on peut introduire dans ces équations, comme paramètres, d'autres caractéristiques de la disposition du circuit.

Les essais d'écoute portant sur des phrases peuvent s'effectuer aussi sous forme de comparaisons par paire, mais il convient pour établir celles-ci de s'assurer que les participants s'adaptent bien à chaque jeu de conditions expérimentales.

3.4 Les essais d'évaluation subjective à la conversation peuvent être menés sous forme d'entretiens avec les abonnés, à la suite de communications privées qu'ils ont eues, ou sous forme d'essais en laboratoire. Des méthodes recommandées par le CCITT pour la première forme d'essai sont décrites dans la Recommandation P.82. Dans les essais de conversation en laboratoire, on s'efforce de reproduire d'aussi près que possible les conditions dans lesquelles se trouvent les abonnés au téléphone en service réel: à cet effet, il faut choisir les dispositions de circuit et les sujets appropriés et administrer convenablement les conditions expérimentales. Entre les observations en service réel et les essais en laboratoire, il existe une méthode intermédiaire appelée SIBYL, en usage à l'AT&T [3]. La méthode employée par British Telecom est décrite ci-après.

3.4.1 *Mode opératoire des essais d'évaluation subjective à la conversation*

On ne saurait trop insister sur la nécessité de préparer ces essais avec soin et dans tous les détails. Il va de soi que les connexions doivent être spécifiées et les communications établies correctement, et leurs caractéristiques mesurées avec précision avant et après chaque essai, qu'il faut prévoir des moyens auxiliaires tels que des dispositifs de numérotation, d'émission de tonalités et de sonnerie, pour permettre le choix et l'établissement rapides et sans erreur des communications désirées, et que les résultats de chaque essai doivent être fidèlement relevés. Cependant, d'autres pratiques également importantes sont moins évidentes. Dans les paragraphes suivants est exposé un système qui tient compte de toutes ces considérations et a donné satisfaction au British Telecom.

3.4.1.1 *Schéma expérimental*

Le type de schéma le plus adéquat est le carré gréco-latin $n \times n$ (n fois n), où les deux membres de chacune de n paires de sujets ont entre eux une conversation dans chacune de n dispositions de circuit. Si n est inférieur à 8, les résultats sont très imprécis; dans l'autre cas extrême, il n'est pas réaliste d'attendre des sujets qu'ils participent à plus de quatre séances ou qu'ils aient plus de quatre conversations par séance. En outre, le nombre total des conversations, $n \times n$, augmente bien plus vite que n. C'est pourquoi on choisit normalement le nombre n entre 8 et 15 inclus; il existe d'ailleurs des carrés gréco-latins (avec des symboles tirés de deux alphabets) pour tous les nombres de cette suite. On convient que, dans ce schéma, les lignes correspondent chacune à toutes les paires de sujets, les colonnes indiquent l'ordre dans lequel on administre les jeux de conditions de l'essai, les symboles du premier alphabet désignent chacun une disposition de circuit (ces dispositions se distinguent entre elles non seulement par les caractéristiques intrinsèques des communications, mais aussi par les niveaux de bruit de salle et autres facteurs d'analyse qui leur sont associés) et les symboles du second alphabet désignent chacun un jeu d'images utilisé comme matière à conversation. Si n est choisi parmi les nombres 10, 14 et 15, on ne peut absolument pas introduire d'autres facteurs orthogonaux dans l'essai ni par une méthode simple quand $n = 12$; en revanche, si n est choisi parmi les nombres $n = 8$, 9, 11 et 13, on peut construire des carrés hyper-gréco-latins avec des symboles tirés de $(n - 3)$ alphabets supplémentaires, ce qui donne le choix pour chaque conversation entre d'autres facteurs orthogonaux (par exemple, le type de microphone à charbon, celui des deux membres d'une paire de sujets qui appelle l'autre, ou un enregistrement avec ou sans diaphonie). Certes, on peut encore faire intervenir ces facteurs même si le carré n'est pas hyper-gréco-latin, en recourant à une permutation circulaire équilibrée simple, mais il risque alors de se produire des tendances systématiques qu'on ne peut pas éliminer des résultats. Aussi bien est-il recommandé maintenant d'adopter pour n le nombre 13, au lieu du nombre 12 précédemment utilisé.

Au carré de base, on adjoint une colonne supplémentaire, qu'on place à son entrée et qui désigne pour toutes les paires de sujets la même disposition de circuit et le même jeu d'images. Cette colonne représente pour toutes les paires de sujets une conversation préliminaire, qui les initie au mode opératoire et, jusqu'à un certain point, stabilise les critères de formation de leur opinion. Chacune des n paires de sujets tient donc en tout $(n + 1)$ conversations. Les résultats fournis par les conversations préliminaires sont analysés à part, non conjointement avec la masse des résultats. Le fait d'exécuter la plage préliminaire des divers essais avec la même disposition de circuit leur donne en quelque sorte une plate-forme commune, mais, si l'on désire établir des comparaisons précises entre les résultats fournis par des essais différents, il faut prendre soin que dans chacun d'eux se retrouvent plusieurs dispositions de circuit courantes.

3.4.1.2 *Choix des dispositions de circuit*

Il convient de faire comporter à un même essai les dispositions de circuit entre les effets desquelles on souhaite établir des comparaisons particulièrement précises.

Il est en outre nécessaire que, dans chaque essai, tous les sujets participants aient des communications de presque toute la gamme des niveaux de qualité: autrement dit, il doit y avoir pour chacun d'eux au moins une très bonne disposition de circuit, une de qualité à peu près moyenne et une qui soit très mauvaise, étant entendu que les autres ne doivent pas se manifester par des notes d'opinion groupées toutes trop étroitement de part et d'autre d'une même valeur moyenne. Pour le cas où l'on ne pourrait pas être sûr d'avance que cette condition soit

respectée, il est recommandé de commencer par exécuter un court essai préparatoire portant sur la sélection envisagée pour les dispositions de circuit, afin de vérifier qu'elle couvre bien toute la gamme des niveaux de qualité; dans la négative, on doit la modifier en conséquence, autrement l'échelle de notation pour les opinions des sujets serait déformée (par effet de renforcement). On peut d'ailleurs être amené à mettre en jeu des dispositions de circuit supplémentaires, c'est-à-dire qui ne sont pas en elles-mêmes d'intérêt immédiat pour l'expérimentateur, afin de porter le nombre n à la valeur 9, 11 ou 13 adoptée pour lui et de répartir plus uniformément les niveaux de qualité dans leur gamme.

En général, les sujets s'attendent à rencontrer des dispositions de circuit correspondant à différentes valeurs d'affaiblissement total ou de l'efficacité globale; naturellement ces caractéristiques influencent beaucoup la qualité de la communication, et on peut en faire varier les valeurs de façon à obtenir la sélection voulue des dispositions de circuit. Comme il y a aussi de fortes interactions entre l'efficacité globale et de nombreuses autres dégradations de la qualité, il est des plus recommandé, même si l'on ne se propose pas principalement de faire ressortir les effets de cette caractéristique et de ses interactions, de mettre en jeu des dispositions de circuit qui ne diffèrent les unes des autres que par l'efficacité globale qu'elles impliquent.

Si l'on ne peut pas borner l'expérimentation à 15 dispositions de circuit, on répartit ces dernières sur plusieurs essais, dont chacun est axé sur une partie bien définie de l'expérimentation tout en débordant sur les autres de manière à constituer une plate-forme commune.

3.4.1.3 *Critères du choix des sujets*

Les sujets participant aux essais de conversation sont tirés au sort parmi les membres du personnel de la station de recherche:

a) qui n'ont pas participé directement à des travaux en rapport avec l'évaluation de la qualité de transmission de circuits téléphoniques; et

b) qui n'ont pas participé à des essais subjectifs – de quelque nature que ce soit – pendant au moins les six mois précédents ni à un essai de conversation depuis au moins une année.

A moins que le schéma expérimental l'exige, on ne cherche pas à équilibrer les nombres des participants hommes et femmes. Les sujets sont arbitrairement associés en paires sur le schéma expérimental, avant l'essai, les paires restant les mêmes pendant toute sa durée.

3.4.1.4 *Conditions ambiantes*

Les sujets sont assis dans des cabines individuelles insonorisées, proches du point d'où les essais sont dirigés. On introduit un bruit de salle ayant le spectre spécifié (généralement, le spectre Hoth) et le niveau spécifié (généralement, 50 dBA), en mesurant ce dernier au moyen d'un sonomètre de précision Bruel et Kjaer modèle 2206 fonctionnant avec la caractéristique de pondération A et réglé pour mesures «rapides». Si des conversations appartenant au même essai doivent se différencier par le niveau de leur bruit de salle, on s'arrange pour que le passage de l'un à l'autre ne soit pas trop manifeste pour les sujets: le mieux à cet égard est de modifier le bruit de salle quand les sujets ne se trouvent pas dans leur cabine insonorisée.

3.4.1.5 *Méthode d'établissement de la communication*

Les appareils téléphoniques utilisés par les sujets ne se distinguent pas, à la vue et au toucher, d'un modèle ordinaire – ils sont généralement identiques à l'appareil téléphonique normal n° 706 du British Telecom – à moins que l'essai porte spécifiquement sur un combiné d'un autre modèle. On rend aussi proches que possible de la réalité les opérations que les sujets ont à effectuer pour entrer en communication. En soulevant le combiné, le demandeur déclenche la tonalité de numérotation, et il lui faut composer au cadran ou au clavier un numéro prescrit pour obtenir la communication. La tonalité de retour d'appel se fait entendre au bout d'un délai fixe approprié, et la sonnerie ou le vibreur de l'appareil du demandé se fait entendre à lui après un autre délai fixe. La composition d'un numéro erroné est sanctionnée par l'émission de la tonalité «numéro inaccessible».

3.4.1.6 *Matière à conversation*

Tout est mis en œuvre pour que les conversations aient un sens et que les sujets tirent pleinement parti des possibilités de transmission du circuit à l'essai. On a constaté que la tâche consistant à classer des images par ordre d'intérêt convient à cet effet et présente suffisamment d'attrait pour les sujets. Ces images, dont les thèmes sont très divers, sont de banales reproductions au format carte postale qui se vendent en des lieux tels que les musées ou les galeries d'art et institutions similaires. Les cartes sont repérées chacune par un numéro inscrit au verso et groupées arbitrairement en jeux de six cartes, qui sont prévus chacun en double.

Les sujets ont pour consigne de considérer ces images comme devant être exposées dans un lieu public et, avant chaque conversation, de classer à cet effet les cartes d'un certain jeu dans l'ordre de leur préférence personnelle; leur correspondant procède de même avec son exemplaire du même jeu. Une fois la communication établie par le circuit à essayer, les sujets discutent entre eux pour se mettre d'accord sur un ordre de préférence, qu'ils notent par écrit à la fin de la conversation. La durée de chaque conversation dépend donc des sujets eux-mêmes. Il peut se faire qu'une conversation soit très longue, parce que les deux correspondants prennent un vif intérêt aux images, ou au contraire très courte (ce qui arrive dans moins de 1% des cas), parce qu'ils avaient choisi chacun de son côté le même ordre de préférence et ont donc peu de matière à discuter; cependant, même dans ces cas, il est très souhaitable de laisser les sujets faire durer la conversation comme ils l'entendent. Une fois la conversation terminée, ils expriment indépendamment l'un de l'autre leur opinion sur la communication en marquant la case appropriée de la formule qui leur est fournie; une version de celle-ci est reproduite dans l'annexe A.

On a étudié quelques variantes de la tâche à accomplir (par exemple, différence de numérotation des mêmes images pour les deux sujets) mais aucune de ces variantes n'a été définitivement adoptée. Aucun autre type de tâche ne s'est révélé plus efficace pour l'objectif poursuivi, bien que des essais aient été faits avec plusieurs types.

3.4.1.7 *Préparation d'un essai* n × n

Dans une liste de tous les sujets disponibles, l'expérimentateur tire au hasard des noms en nombre suffisant parmi tous ceux des personnes qui répondent aux critères de choix indiqués au § 3.4.1.3. Il leur téléphone pour leur demander s'ils acceptent de prendre certains rendez-vous pour participer à un essai, ces rendez-vous étant disposés de façon que deux sujets ayant conversé ensemble à leur première visite forment encore la même paire à leurs visites ultérieures pour le même essai. Une lettre type est envoyée à chaque sujet pour lui confirmer le lieu et l'heure de chaque séance et lui expliquer assez en détail ce que les participants à l'essai auront à faire; le texte d'une lettre type est reproduit dans l'annexe B.

L'expérimentateur établit, en se fondant sur le schéma expérimental, des programmes montrant dans quel ordre les jeux de conditions d'essai doivent être administrés à chaque paire de sujets munie de quels jeux d'images, lequel des deux sujets demande la communication dans chaque cas considéré, et tout autre renseignement nécessaire. Des blancs sont réservés sur le programme pour y inscrire les renseignements qui se font connaître au fur et à mesure du déroulement de l'essai; numéro d'ordre de chaque conversation, durée de la conversation, désignation de la bobine de bande magnétique ayant servi à l'enregistrement, observations relatives à des erreurs opératoires ou des événements insolites, etc. Des formules destinées à y consigner les opinions (annexe A) sont préparées aussi pour chaque conversation. Toutefois, afin d'éviter les doubles emplois ou d'avoir à modifier trop souvent des inscriptions, on ne consigne certains renseignements qu'après s'être assuré de leur exactitude: par exemple, tant que les sujets ne sont pas effectivement arrivés à leur premier rendez-vous, on risque d'avoir à changer des noms initialement prévus.

Tant dans la lettre qu'au cours d'entretiens avec les sujets, on prend grand soin de ne fournir à ceux-ci aucune information touchant la nature des dispositions de circuit. Les formules d'opinion remises aux sujets ne portent même pas un numéro ou un code qui désigne la disposition du circuit: ce renseignement, qui est inscrit sur le programme de l'essai, n'est ajouté aux formules qu'après leur collecte des mains des sujets.

3.4.1.8 *Exécution de l'essai*

Quand les sujets arrivent à leur premier rendez-vous, on leur demande s'ils ont lu et compris la lettre. On leur explique tout point éventuellement resté obscur et on les invite à poser des questions. On leur fait visiter les cabines insonorisées et leur installation. On informe les sujets du nombre des conversations qui auront lieu au cours de cette séance. On leur distribue les formules, puis on les laisse se préparer pour la conversation préliminaire. Lors des séances ultérieures, on se contente d'informer les sujets qu'ils auront à procéder comme précédemment, éventuellement avec un nombre de conversations différent.

Au début de chaque conversation, les sujets sortent d'une boîte posée sur leur bureau le jeu d'images spécifié, disposent les images dans l'ordre de leur préférence et remplissent les cases appropriées de la formule. Quand les deux sujets se sont déchargés de ces tâches, l'expérimentateur donne à l'un d'eux le signal d'avoir à lancer l'appel. Les deux correspondants sont alors parfaitement libres de conduire leur conversation à leur gré, mais il leur est interdit de discuter de l'opinion qu'ils se font chacun de la communication. Une fois qu'ils ont consigné chacun sur sa formule l'ordre de préférence qu'ils sont convenus de donner aux images, qu'ils ont achevé leur conversation et consigné leur opinion («excellent», «bon», «assez bon», «médiocre» ou «mauvais») et leur réponse à la question relative à la difficulté (OUI ou NON), l'expérimentateur prend contact par téléphone avec chacun d'eux à tour de rôle pour lui demander quelle réponse il a faite à la question sur la difficulté: si la réponse est OUI, l'expérimentateur demande au sujet de lui expliquer brièvement (en ses propres termes) la nature de la difficulté. Il note sa réponse, mais on n'attend ni du sujet ni de l'expérimentateur qu'il tente de trouver une formulation précise: en effet, il est essentiel de ne pas influencer les sujets, et de toute façon il est avéré que la caractérisation de la difficulté est bien moins utile que le pourcentage même des réponses indifférenciées OUI à la question sur l'existence de difficultés.

L'expérimentateur demande ensuite au sujet de mettre la formule dans une enveloppe fournie à cet effet et l'invite à commencer le classement du jeu d'images suivant ou, le cas échéant, le prie d'attendre dans la cabine insonorisée.

Toutes les conversations sont enregistrées au magnétophone, aussi bien celles entre sujets que celles entre expérimentateur et sujet.

3.4.1.9 *Traitement des résultats*

Les renseignements qui résultent de chaque conversation comprennent deux opinions exprimées sur l'échelle «excellent» – «bon» – «assez bon» – «médiocre» – «mauvais» (notées respectivement 4, 3, 2, 1, 0), deux opinions sur l'échelle de difficulté (notées 1 pour OUI et 0 pour NON), deux niveaux acoustiques (mesurés sur les enregistrements magnétiques) et une valeur de durée de la conversation. Dans certains cas, on peut aussi recueillir une information sur d'autres variables; par exemple, la façon dont les sujets tiennent leur combiné peut avoir été enregistrée au magnétoscope, pour permettre de l'observer après coup.

On soumet chaque variable aléatoire (note d'opinion, niveau acoustique, etc.) à une analyse distincte de sa variance afin de vérifier que les caractéristiques des dispositions de circuit et d'autres facteurs ont des effets significatifs et de déterminer des intervalles de confiance pour les moyennes. Dans le cas d'une variable aléatoire binaire telle que le jugement sur la difficulté, ce traitement est à considérer avec quelques réserves. Il y a généralement moins à ajuster les courbes représentatives pour les adapter aux résultats des essais de conversation qu'à ceux des essais à l'écoute, pour la simple raison que les paires de valeurs coordonnées disponibles sont bien moins nombreuses avec les premiers qu'avec les seconds.

3.5 *Essais de perceptibilité par réaction tout-ou-rien*

Le meilleur moyen pour se renseigner sur la perceptibilité d'une caractéristique analogique d'un son (par exemple, l'écho) en fonction d'une certaine grandeur objective (telle que le niveau acoustique d'audition) est d'appliquer une méthode par réaction tout-ou-rien, similaire quant à son principe à celle qui est mentionnée au § 3.1 pour l'équilibrage des forces des sons. La principale différence est qu'ici la réaction du sujet n'est pas une décision de caractère comparatif ou appréciatif (la désignation de celui de deux circuits qui donne la plus grande force des sons), mais un jugement exprimé sur une échelle telle que la suivante:

Echelle de notation 6A

A Prohibitif
B Perceptible
C Imperceptible

où l'on entend par B «Perceptible mais non prohibitif».

Les échelles de cette sorte, généralement à trois échelons, sont utilisables dans des essais par réaction tout-ou-rien les plus divers; par exemple, l'échelle 6A peut servir quand il s'agit de l'écho, des réflexions, de l'effet local, de la mutilation de la parole (par les commutations) ou d'une tonalité perturbatrice, tandis qu'un jugement sur la diaphonie ou éventuellement l'écho (dans certaines circonstances) peut s'exprimer sur l'échelle «intelligible»-«perceptible»-«imperceptible».

Il est parfois admissible d'affecter une notation à une telle échelle d'opinion – respectivement 2, 1, 0 – et d'en assimiler le traitement à celui des notes d'opinion résultant d'essais à l'écoute ou à la conversation. Mais souvent cette manière de procéder n'est pas satisfaisante, parce que les jugements exprimés sur une échelle telle que 6A ne correspondent pas réellement à des réactions à variation continue – alors qu'on est en droit de penser que la variation de la réaction est continue pour des opinions exprimées sur une échelle telle 4A – mais constituent en fait deux dichotomies (par exemple, «perceptible»-«imperceptible» et «prohibitif»-«non prohibitif»), qui sans être indépendantes peuvent néanmoins mettre en jeu des processus psychologiques différents: en d'autres termes, «prohibitivité» ou «intelligibilité» diffère de «perceptibilité» par sa nature, et pas simplement par le degré et a souvent un écart type différent. C'est pourquoi il est plus intéressant, pour l'analyse, d'exprimer la probabilité de réaction propre à chaque dichotomie en fonction d'une variable objective, en ajustant la fonction probit ou logit puis en se servant des quantiles ou d'autres paramètres comme base de comparaison entre les effets des dispositions de circuit, selon une méthode analogue à celle qu'on applique à l'analyse des notes de netteté.

Un tel mode opératoire ressemble en pratique à celui des essais fondés sur l'effort d'écoute nécessaire (voir le § 3.3.1), mais il y a entre eux quelques différences. Notamment, il est recommandé ici que dans chaque plage la première audition du signal soit d'un haut niveau acoustique, car ainsi la personne qui écoute est tout de suite fixée sur le genre du signal objet de son jugement. S'il s'agit d'effet local ou d'écho, le sujet est invité à parler en même temps qu'il écoute.

D'habitude, on soumet à des mesures audiométriques simples (voir la Recommandation P.78) les sujets participant à ces essais, pour pouvoir rapporter à leur seuil d'audibilité les résultats qu'ils fournissent.

Des exemples d'application de ces méthodes sont donnés en [4] et [5].

Pour étudier les effets d'un bruit ou d'autres perturbations, on demande parfois aux sujets d'exprimer leur opinion sur une échelle comprenant des échelons bien plus nombreux; par exemple, l'échelle de notation 5 à sept notes allant de «inaudible» à «intolérable». Les résultats obtenus avec ces échelles, qui sont plus voisines de celles du type à continuum quantifié, telle l'échelle de notation 4A, peuvent être traités pareillement.

4 Recommandations et autres textes du CCITT faisant appel aux méthodes a) à e) énumérées au § 2

a) De nombreuses Recommandations contiennent des spécifications fondées à l'origine sur les équivalents de référence, puis sur les équivalents de référence corrigés et plus récemment sur les équivalents pour la sonie, comme on en trouve des exemples dans les Recommandations P.12 (*Livre orange*), G.101 [6], G.103 [7], G.111 [8], G.120 [9] et G.121 [10].

b) La Recommandation P.12 fixe des valeurs à l'affaiblissement équivalent pour la netteté, mais la méthode s'emploie maintenant surtout aux fins de diagnostic; voir la Recommandation P.45.

c) Des Questions diverses, par exemple Question 4/XII [11], Question 14/XII [12] et le Supplément n° 3 à la fin de ce fascicule.

d) Des Questions diverses, par exemple Question 4/XII [11], Question 9/XII [13], Question 14/XII [12] et le Supplément n° 3 à la fin de ce fascicule.

e) Des Questions diverses, par exemple Question 9/XII [13] et les documents cités en [14], [15] et [16].

5 Considérations générales sur les méthodes d'évaluation subjective employées en laboratoire

Le mode opératoire des essais subjectifs et l'interprétation de leurs résultats sont décrits plus en détail dans la Recommandation P.74 et dans le document cité en [2]. Une recherche assez étendue sur les relations existant entre les diverses méthodes est exposée en [17].

Quand on applique des méthodes subjectives pour obtenir des données auxiliaires en vue de planifier plus facilement les transmissions sur un réseau téléphonique, il y a lieu de se rappeler les directives suivantes:

a) disposer d'une définition explicite du type des communications téléphoniques auxquelles les résultats expérimentaux sont à appliquer. Formuler à cet effet des communications fictives de référence appropriées (CFR), voir la Recommandation G.103 [7];

b) pour installer le laboratoire et élaborer le mode opératoire des essais, tenir compte de caractéristiques telles que les niveaux, les affaiblissements de transmission et les équivalents de référence à l'émission et à la réception des CFR. Choisir les spectres et les niveaux des sons vocaux de façon qu'ils correspondent à ceux qui ont été prévus aux divers points de la CFR;

c) choisir convenablement la population dans laquelle les sujets sont tirés au sort. Par exemple, si l'on se procure les audiogrammes des sujets participant à un essai de conversation, ne pas en faire un critère d'élimination, car l'échantillon de sujets ainsi obtenu serait biaisé et les conclusions de l'expérimentation ne seraient applicables qu'à une population d'usagers dont le seuil d'audibilité serait supérieur à un certain niveau. C'est pourquoi il est plus prudent d'attendre que les sujets aient achevé leur tâche principale pour recueillir des données auxiliaires de ce genre;

d) au cours des essais, placer les sujets dans des conditions telles que les résultats obtenus soient applicables au service réel en vue. C'est ainsi qu'il faut prendre les précautions indiquées au § 3.3.1 si l'on veut que les sujets n'aient pas leur jugement déformé par l'étroitesse des gammes choisies pour les conditions de transmission et les niveaux acoustiques d'audition ou par l'ordre de leur succession; de même, dans les essais de conversation (§ 3.4.1.5 à 3.4.1.7), l'uniformisation des opérations ne doit pas empêcher les sujets de les exécuter d'une façon naturelle;

e) utiliser des schémas expérimentaux qui permettent d'analyser correctement les résultats et d'en estimer les intervalles de confiance;

f) il est parfois inévitable qu'une caractéristique du trajet de transmission varie intempestivement: par exemple, on peut être obligé de mener un essai d'écoute sur une liaison radioélectrique sujette à évanouissements ou un essai de conversation sur une liaison qui fonctionne selon le système TASI et dont la saturation dépend du trafic réel. Il est alors recommandé non seulement de recueillir les réactions des sujets mais encore de se renseigner sur les valeurs, relevées pendant l'essai, des caractéristiques fluctuantes à considérer: l'intensité du signal dans le premier type d'essai et, dans le second, le degré de saturation, c'est-à-dire le nombre de voies occupées. Pour traiter l'information obtenue sur de telles variables concomitantes, conjointement avec l'expression des réactions des sujets, qui constituent les variables principales, l'analyse de la covariance [18] est la méthode à appliquer;

g) même si l'on a pris les précautions préconisées sous c), d), e) et f), ne pas se fier à la valeur intrinsèque des notes d'opinion fournies par l'essai, à moins d'avoir fait comprendre à celui-ci des conditions d'«encadrement» (par exemple, un jeu de conditions de référence). De toute façon, se fier davantage aux valeurs relatives des notes d'opinion ou de jugement résultant de différentes dispositions de circuit administrées dans le même essai;

h) en incorporant dans un essai un jeu de conditions de référence, on peut en exprimer les résultats sous forme d'indices en fonction de valeurs équivalentes du réglage d'un organe de référence tel qu'une ligne d'affaiblissement, un générateur de bruit ou un appareil de référence pour la production de bruit modulé (voir la Recommandation P.81), ce qui permet de comparer avec une plus grande fiabilité les résultats de l'essai avec ceux d'essais effectués ailleurs;

i) avant d'appliquer les résultats d'essais subjectifs, toujours en vérifier la cohérence mutuelle et les comparer avec ce que l'expérience acquise antérieurement ou un calcul fondé sur un modèle théorique aurait fait prévoir.

6 Méthodes d'évaluation objective

Il est clair que le but ultime à atteindre est de pouvoir déterminer la qualité de transmission des communications téléphoniques considérées, sur la seule base de leurs caractéristiques évaluées objectivement. On l'atteint en partie au moyen de tables de données établies à partir d'essais menés précédemment en laboratoire ou autrement, comme cela est illustré par un exemple en [19]. En outre, la modélisation de méthodes d'évaluation subjective décrites dans le Supplément n° 3 à la fin du présent fascicule et le document cité en [20] n'est pas loin, grâce aux progrès considérables accomplis, de permettre la prévision de notes d'opinion, de niveaux des sons vocaux, etc. Le British Telecom se sert d'ailleurs actuellement de tels modèles pour mettre ses tables à jour.

La modélisation permet de généraliser beaucoup le traitement d'un grand nombre d'autres caractéristiques importantes, comme la distorsion d'affaiblissement en fonction de la fréquence et l'effet local. C'est ainsi qu'en tenant dûment compte du rôle joué par un fort effet local – qui est une cause très puissante de dégradation dans les communications d'une médiocre qualité de transmission – on comprend bien pourquoi la suppression de cette cause est une condition préalable à toute spécification, faite dans un esprit réaliste, de limites à l'équivalent et au bruit.

ANNEXE A

(au Supplément n° 2)

Formule d'opinion 12A

Essai _____

Nom _____ Cabine _____ N° _____

1 Avant de commencer votre appel, veuillez prendre votre jeu d'images _____ et classer les cartes dans l'ordre de votre préférence. Consignez cet ordre en inscrivant dans les cases ci-dessous les numéros d'identité figurant au verso des cartes.

	1re	2e	3e	4e	5e	6e
Votre ordre de préférence						

2 Si votre voyant vert ALLEZ-Y s'allume, appelez votre correspondant sur _____. Autrement, attendez que votre correspondant vous appelle.

3 Si vous trouvez que cela vous aiderait à discuter avec votre correspondant, vous pouvez inscrire ci-dessous l'ordre dans lequel il a classé les images.

Ordre de préférence de votre correspondant

1re	2e	3e	4e	5e	6e

4 Une fois que vous vous êtes mis d'accord sur un ordre de préférence commun, veuillez l'inscrire ci-dessous.

Ordre de préférence adopté en commun

1re	2e	3e	4e	5e	6e

Maintenant, reposez votre combiné.

5 Veuillez marquer d'une croix la case dont l'en-tête exprime votre opinion sur la communication téléphonique que vous venez d'avoir. *N.B.* — Veuillez vous abstenir de discuter de votre opinion avec votre correspondant.

Excellente	Bonne	Assez bonne	Médiocre	Mauvaise

6 Avez-vous, ou votre correspondant a-t-il, éprouvé une difficulté quelconque à parler ou à entendre au cours de cette communication?

OUI	
NON	

Si la réponse est OUI, veuillez expliquer brièvement à l'expérimentateur en quoi consistait la difficulté quand il prendra contact de nouveau avec vous.

APPLICABLE À L'ESSAI R13.4

ANNEXE B

(au Supplément n° 2)

Modèle de lettre à envoyer aux personnes qui participent aux essais

Nom _____

Groupe _____

ESSAI SUBJECTIF R13.4 N° _____

Nous vous remercions d'avoir bien voulu accepter de participer à cet essai.

Comme il a été déjà convenu au téléphone, nous aimerions que vous vous rendiez dans le bâtiment principal du laboratoire, 3e étage, salle _____, aux époques suivantes:

Heure Jour Date

A votre arrivée, demandez à voir _____, en indiquant le numéro susmentionné de l'essai subjectif. Peu de temps avant chaque séance, on vous en rappellera l'échéance par téléphone. Vous pouvez réserver votre heure au _____ de programme. Si vous ne pouvez pas venir à un rendez-vous ou que vous ayez besoin d'une information complémentaire, veuillez téléphoner à _____ au numéro Ipswich 64 _____.

L'essai auquel vous avez été convié fait partie d'une série portant sur la qualité de transmission de communications téléphoniques. On vous invitera à converser avec une autre personne bénévole dans des communications téléphoniques particulières, et nous espérons que la tâche qui vous sera confiée suscitera une conversation animée, consacrée à discuter et à négocier.

Dans la cabine d'essai, vous serez muni d'un jeu de six cartes portant une image au recto. On vous demande d'imaginer que vous-même et votre correspondant vous vous êtes vus confier la tâche de choisir quelques-unes de ces images (au besoin, agrandies) qui seront exposées dans un lieu public tel que la cafétéria – à titre d'intérêt général ou simplement de décoration. Avant chaque communication, vous classerez les six cartes dans l'ordre de votre préférence et vous inscrirez dans cet ordre les six numéros d'identité des cartes sur la formule remise. Votre correspondant, dans une autre cabine, disposera d'un autre exemplaire du même jeu de cartes, mais il classera les images dans l'ordre de sa préférence, qui différera probablement de la vôtre. Il sera alors demandé à l'un de vous deux d'appeler l'autre au téléphone. Le but de la conversation qui s'ensuivra sera de négocier entre vous jusqu'à ce que vous arriviez à un compromis satisfaisant pour vous deux sur l'ordre de classement. A la fin de la conversation, vous reposerez votre combiné et inscrirez les six numéros sur la formule, dans l'ordre finalement convenu. Vous aurez aussi à marquer sur la formule la case correspondant à votre opinion sur la communication. Vous attendrez ensuite que l'expérimentateur prenne contact avec vous pour vous dire ce que vous aurez encore à faire. Les conversations suivantes seront similaires, mais porteront sur des jeux d'images différents.

Pour l'ensemble de l'essai, il y aura un total de _____ communications réparties sur _____ séances organisées comme indiqué ci-dessus. Des directives complètes vous seront données à votre arrivée. Veuillez apporter la présente lettre avec vous, ainsi que vos lunettes si vous en portez normalement.

Nous vous renouvelons nos remerciements pour votre coopération.

_____

_____ (date)

Références

[1] CCITT – Question 15/XII, contribution COM XII-N° 1 de la période d'études 1981-1984, Genève, 1981.

[2] RICHARDS (D. L.): Telecommunication by speech, *Butterworths*, Londres, 1973.

[3] SULLIVAN (J. L.): Is transmission satisfactory? Telephone customers help us decide, *Bell Labs Record*, pp. 90-98, mars 1974.

[4] RICHARDS (D. L.): Telecommunication by speech, *Butterworths*, § 3.5.3, Londres, 1973.

[5] *Ibid.*, § 4.5.1.

[6] Recommandation du CCITT *Le plan de transmission*, tome III, Rec. G.101.

[7] Recommandation du CCITT *Communications fictives de référence*, tome III, Rec. G.103.

[8] Recommandation du CCITT *Equivalents pour la sonie (ES) dans une communication internationale*, tome III, Rec. G.111.

[9] Recommandation du CCITT *Caractéristiques de transmission des réseaux nationaux*, tome III, Rec. G.120.

[10] Recommandation du CCITT *Equivalents pour la sonie (ES) des systèmes nationaux*, tome III, Rec. G.121.

[11] CCITT – Question 4/XII, contribution COM XII-N° 1 de la période d'études 1985-1988, Genève, 1985.

[12] CCITT – Question 14/XII, contribution COM XII-N° 1 de la période d'études 1985-1988, Genève, 1985.

[13] CCITT – Question 9/XII, contribution COM XII-N° 1 de la période d'études 1981-1984, Genève, 1981.

[14] RICHARDS (D. L.) et BUCK (G. A.): Telephone echo tests, *P.I.E.E.*, 107B, pp. 553-556, 1960.

[15] CCITT – Contribution COM XII-N° 171 de la période d'études 1977-1980, Genève, 1979.

[16] CCITT – Contribution COM XII-N° 132 de la période d'études 1977-1980, Genève, 1979.

[17] CCITT – Question 7/XII, annexe 1, contribution COM XII-N° 1 de la période d'études 1981-1984, Genève, 1981.

[18] SNEDECOR (G. W.) et COCHRAN (W. G.): Statistical methods, chapitre 14, 6e édition, *Iowa State University Press*, 1967.

[19] CCITT – Contribution COM XII-N° 173 de la période d'études 1977-1980, Genève, 1985.

[20] RICHARDS (D. L.): Calculation of opinion scores for telephone connections, *Proc. IEE*, 121, pp. 313-323, 1974.

Bibliographie

BRAUN (K.): Die Bezugsdämpfung und ihre Berechnung aus der Restdämpfungskurve (Frequenzkurve) eines Übertragungssystems, *T.F.T.*, volume 28, pp. 311-318, août 1939.

BRAUN (K.): Theoretische und experimentelle Untersuchung der Bezugsdämpfung und der Lautstärke, *T.F.T.*, volume 29, pp. 31-37, n° 2, 1940.

BLYE (P. W.), COOLIDGE (O. H.) et HUNTLEY (H. R.): Un plan révisé de spécification de la qualité de transmission téléphonique, *B.S.T.J.*, volume 34, pp. 453-472, mai 1955 (reproduit dans le *Livre rouge*, tome I, pp. 636-651, UIT, Genève, 1957 et tome V, pp. 607-624, UIT, Genève, 1962).

BRAUN (K.): L'affaiblissement sur images de capsules microphoniques et réceptrices, *N.T.Z.*, n° 8, pp. 365-370, 1960 (traduit dans le *Livre rouge*, tome V *bis*, pp. 255-265, UIT, Genève, 1965).

FRENCH (N. R.) et STEINBERG (J. C.): Factors governing the intelligibility of speech sounds, *J.A.S.A.*, volume 19, pp. 89, janvier 1947.

RICHARDS (D. L.) et ARCHBOLD (R. B.): Perfectionnements apportés à la méthode de Collard pour le calcul de la netteté, *Livre rouge*, tome I, Question 7 de la 12e Commission d'études, annexe 4, UIT, Genève, 1956 (traduction d'un article paru dans *P.I.E.E.*, volume 103, partie B, septembre 1956: A development of the Collard principle of articulation calculation).

Contribution de l'Administration italienne à l'étude des méthodes de mesures objectives de l'équivalent de référence et de l'affaiblissement équivalent pour la netteté, *Livre rouge*, tome I, Question 7 de la 12e Commission d'études, annexe 3, UIT, Genève, 1956.

FLETCHER (H.) et GALT (R. H.): The perception of speech and its relation to telephony, *J.A.S.A.*, volume 22, pp. 89, mars 1950, (reproduit dans l'article qui suit, chapitres 15-17).

FLETCHER (H.): Speech and hearing in communication, *D. Van Nostrand*, New York, 1953.

Méthode de tonalité étudiée par l'Administration de l'U.R.S.S. pour la détermination de la netteté, *Livre rouge*, tome V, 2e partie, annexe 31, UIT, Genève, 1962.

Méthode d'évaluation de la qualité de transmission, sur la base de mesures objectives, employée par l'Administration suisse, *Livre rouge*, tome V, 2e partie, annexe 30, UIT, Genève, 1962.

LALOU (J.): Calcul de la qualité de transmission téléphonique par la théorie de l'information, *Livre rouge*, tome V *bis*, Question 7/XII, annexe 2, UIT, Genève, 1965.

SIVIAN (L. J.): Speech power and its measurement, *B.S.T.J.*, 8, pp. 646-661, 1929.

LOYE (D. P.) et MORGAN (K. F.): Sound picture recording and reproducing characteristics, *J. Soc. Motion Picture Engineers*, 32, pp. 631-647, 1939.

RICHARDS (D. L.): Some aspects of the behaviour of telephone users as affected by the physical properties of the circuit, Communication Theory, *Butterworths Scientific Publications*, pp. 442-449, 1953.

ZAITSEV (T. E.): La méthode de corrélation pour déterminer la fidélité et l'intelligibilité de paroles transmises dans des voies de télécommunication, *Elektrosvyaz*, (10), pp. 38-46, 1958. Correlation method for determining the fidelity and intelligibility of speech transmitted over telecommunication channels.

LICKLIDER (J. C. R.), BISBERG (A.) et SCHWARZLANDER (H.): An electronic device to measure the intelligibility of speech, *Proc. Nat. Electronics Conf.*, 15, pp. 329-334, 1959.

RICHARDS (D. L.) et SWAFFIELD (J.): Assessment of speech communication links, *P.I.E.E.*, 106B, pp. 77-89, 1959.

RICHARDS (D. L.): Conversation performance of speech links subject to long propagation times, International Conference on Satellite Communication, *Inst. Elec. Engrs.*, pp. 247-251, Londres, 1962.

RICHARDS (D. L.): Transmission performance of telephone connexions having long propagation times, *Het PTT-Bedrijf*, 15, pp. 12-24, 1967.

BOERYD (A.): Subscriber reaction due to unbalanced transmission levels, *ibid.*, pp. 39-43.

RICHARDS (D. L.): Distortion of speech by quantizing, *Electronics Letters*, 3, pp. 230-231, 1967.

GOLDMAN-EISLER (F.): Sequential temporal patterns and cognitive processes in speech, *Language and Speech*, 10, pp. 122-132, 1967.

Supplément n° 3

MODÈLES DE PRÉVISION DE LA QUALITÉ DE TRANSMISSION À PARTIR DE MESURES OBJECTIVES

Des modèles de prévision de l'opinion subjective de communications téléphoniques, utilisant des données obtenues d'après des mesures objectives, sont actuellement à l'étude au titre de la Question 7/XII. Il n'a pas été possible jusqu'à présent de recommander un modèle unique applicable à une grande diversité de dégradations de transmission, mais les méthodes décrites dans les § 1, 2, 3 et 4 ci-après ont été proposées par plusieurs Administrations.

1 Modèles d'évaluation de l'indice de transmission *(Genève, 1980, modifié à Malaga-Torremolinos, 1984) (cité au § 3 de la Recommandation P.11)* (Contribution de la Bell Communications Research, Inc.[1])

1.1 *Introduction*

Cette section décrit les modèles d'évaluation de l'indice de transmission qui peuvent être utilisés pour estimer la réaction subjective des usagers du téléphone en présence de dégradations de transmission, qu'il s'agisse du bruit de circuit, de l'équivalent global pour la sonie, de l'écho pour la personne qui parle ou pour celle qui écoute, de la distorsion d'affaiblissement (y compris dans la largeur de bande), de la distorsion de quantification du bruit de salle ou de l'effet local.

Les modèles concernant le bruit de circuit, l'équivalent global pour la sonie (EGS) et l'écho pour la personne qui parle sont fondés sur des essais de conversation qu'ont effectués les Laboratoires Bell entre 1965 et 1972 afin d'évaluer subjectivement la qualité de transmission en fonction du bruit du circuit, de l'équivalent global pour la sonie, de l'affaiblissement du trajet des courants d'écho pour la personne qui parle et du temps de propagation sur le trajet des courants d'écho pour la personne qui parle [1]. Ces essais ont porté sur des centaines de sujets et sur des milliers de communications. Certains essais ont porté sur des communications d'affaires ordinaires, d'autres ont eu lieu en laboratoire. Pour tous les essais, on a employé une échelle d'appréciation à 5 niveaux: excellent, bon, passable, médiocre et non satisfaisant.

---

[1] Cette section (ancien Supplément n° 3 du *Livre rouge*) rend compte des travaux effectués par les AT&T Bell Laboratories avant le 1er janvier 1984.

Initialement, les caractéristiques essentielles des modèles ont été spécifiées en termes d'affaiblissement en sonie d'une communication complète, en dB (mesuré par l'Electro-Acoustic Rating System, EARS) et en termes de bruit de circuit, en dBmp, à l'entrée d'un système récepteur de référence (efficacité électroacoustique mesurée par l'EARS) [2]. Par la suite, on a inclus les effets de l'écho pour la personne qui parle, en termes d'affaiblissement en sonie sur le trajet des courants d'écho, en dB (mesuré par l'EARS) et en termes de temps de propagation aller-retour sur ce trajet, en millisecondes. Des facteurs de correction déterminés expérimentalement ont permis de convertir les modèles en équivalent pour la sonie selon la Recommandation P.79.

Le modèle initial relatif à l'écho pour la personne qui écoute résultait d'une série d'essais subjectifs d'écoute effectués dans les Laboratoires Bell en 1977 et en 1978 [4]. Des résultats d'essai obtenus ultérieurement ont conduit à spécifier une autre forme pour le modèle [5], [6]. Pour les essais subjectifs, l'affaiblissement du trajet des courants d'écho pour la personne qui écoute était soit uniforme, soit corrigé en fréquence par filtrage sélectif. On a défini un affaiblissement pondéré du trajet d'écho dans les conditions d'essai avec correction en fréquence, de telle sorte que des conditions d'essai équivalentes au point de vue subjectif donnent lieu à un indice de transmission identique.

Le modèle de distorsion de quantification est fondé sur une série d'essais subjectifs, effectués afin d'évaluer la qualité de fonctionnement de divers algorithmes de codecs numériques [7], [8], [9].

Le modèle concernant les distorsions d'affaiblissement dans la largeur de bande est fondé sur des essais effectués en 1978 [10].

Le modèle relatif au bruit de salle est fondé sur des essais, non publiés, qui ont eu lieu en 1976. Les appréciations sur la qualité de transmission selon une échelle à 5 notes ont été fournies par 40 sujets pour 156 combinaisons de bruit de salle, de niveau de conversation, de bruit de circuit et d'affaiblissement du trajet d'effet local. Les échantillons de bruit de salle présentés proviennent de conversations enregistrées sur bande dans les services de réservation d'une compagnie aérienne. Un modèle a été établi d'après les résultats des essais fondés sur le bruit de circuit, qui ont fourni les mêmes indices de qualité que des niveaux donnés de bruit de salle.

Le modèle relatif à l'effet local est fondé sur des essais effectués en 1980 [11].

Tous les essais ont été faits avec des appareils téléphoniques Western Electric type 500 ou des appareils équivalents. Les procédures utilisées pour analyser les résultats des essais subjectifs et obtenir l'échelle d'évaluation de l'indice de transmission sont décrites dans le document cité en [1]. Bien que ces procédures soient un peu complexes pour des calculs manuels, elles sont faciles à exécuter par calculatrice et on a constaté qu'elles fournissent une représentation appropriée et utile pour des données d'essai très diverses.

Les modèles sont fondés sur le principe de l'échelle d'appréciation de l'indice de transmission. Une des principales raisons de l'utilisation de cette échelle réside dans le fait qu'il a été reconnu que divers facteurs peuvent influer sur les résultats des essais subjectifs: par exemple, le groupe de sujets, le type d'essai et la gamme des conditions concernant un essai donné. On a constaté que ces facteurs peuvent faire varier à la fois les notes d'opinion moyennes pour une condition donnée de l'écart type. Il est donc difficile d'établir une relation unique entre une condition de transmission donnée et une opinion subjective sous la forme d'une note d'opinion moyenne ou d'un pourcentage d'appréciation «bon» ou «excellent». L'utilisation d'une échelle d'indices de transmission tend à atténuer cette difficulté, puisqu'on distingue deux parties dans la relation entre les caractéristiques de transmission et les appréciations subjectives. Dans la première partie, à savoir l'indice de transmission en fonction des caractéristiques de transmission, on se fonde sur deux points de repère et de sorte que le résultat est en général beaucoup moins dépendant des essais individuels. Dans la deuxième partie, c'est-à-dire la relation entre l'évaluation de la qualité de transmission et la note d'opinion subjective, il peut y avoir une variation en fonction des différents essais.

L'échelle d'évaluation de l'indice de transmission pour l'équivalent global pour la sonie et le bruit de circuit a été conçue à partir des deux points de repère indiqués dans le tableau 1-1.

TABLEAU 1-1

Equivalent global pour la sonie (dB)	Bruit de circuit (dBmp) [a]	Indice de transmission
16	−61	80
31	−76	40

[a] Les valeurs du bruit de circuit sont rapportées à un système récepteur dont l'équivalent pour la sonie à la réception (ESR) est de 0 dB.

Ces points de repère ont été choisis suffisamment espacés mais dans les limites des conditions probables d'un essai. Les valeurs de l'indice sont choisies de telle sorte que la plupart des communications donnent lieu à des indices positifs compris entre 40 et 100. Les indices de transmission applicables à d'autres combinaisons d'équivalents pour la sonie et de bruit de circuit sont déterminés en fonction des valeurs obtenues pour ces deux points de repère.

Le présent § 1 présente les modèles d'appréciation de l'indice de transmission sous forme de l'équivalent global pour la sonie en dB d'une communication complète, du bruit de circuit en dBmp rapporté à l'entrée d'un système récepteur ayant un équivalent pour la sonie à la réception (ESR) de 0 dB de l'équivalent pour la sonie en dB du trajet des courants d'écho pour la personne qui parle et du temps de propagation aller-retour en millisecondes sur le trajet des courants d'écho pour la personne qui parle. L'annexe A illustre des résultats d'évaluation représentatifs.

1.2 *Modèles d'évaluation de l'indice de transmission*

1.2.1 *Equivalent global pour la sonie (EGS) et le bruit de circuit*

Le modèle d'évaluation de l'indice de transmission pour l'équivalent global pour la sonie et le bruit de circuit est:

$$R_{LN} = -26{,}76 - 2{,}257\sqrt{(L'_e - 8{,}2)^2 + 1} - 2{,}0294\ N'_F + 1{,}751\ L'_e + 0{,}02037\ L'_e N'_F \qquad (1\text{-}1)$$

où

L'_e est l'EGS d'une communication téléphonique complète (en dB).

N'_F est le bruit total effectif (en dBmp) rapporté à l'entrée d'un système récepteur ayant un ESR de 0 dB. Le bruit total effectif s'obtient en additionnant la puissance du bruit de circuit N'_c, le bruit de circuit équivalent N'_{Re} en fonction du bruit de salle et le bruit de circuit équivalent N'_{Qe} en fonction du bruit de quantification.

N'_c est le bruit de circuit (en dBmp) rapporté à l'entrée d'un système récepteur ayant un ESR de 0 dB.

N'_{Re} est le bruit de circuit équivalant (en dBmp) au bruit de salle mesuré rapporté à l'entrée d'un ESR de 0 dB (voir le § 1.2.2).

N'_{Qe} est le bruit de circuit équivalant (en dBmp) au bruit de quantification mesuré rapporté à l'entrée d'un système récepteur ayant un ESR de 0 dB (voir le § 1.2.3).

L'indice de transmission en fonction de l'EGS et du bruit de circuit est indiqué à la figure 1-1 dans laquelle on a utilisé pour N'_{Re} une valeur de $-58{,}63$ dBmp. Le facteur de largeur de bande k_{BW} défini au § 1.2.4 est égal à l'unité.

1.2.2 *Bruit de circuit équivalent en fonction du bruit de salle*

Le modèle d'évaluation de l'indice de transmission applicable au bruit de circuit équivalent N'_{Re} (en dBmp) en fonction du bruit de salle est:

$$N'_{Re} = N_R - 121 + 0{,}0078\ (N_R - 35)^2 + 10 \log_{10}\left[1 + 10^{\frac{6 - L'_s}{10}}\right] \qquad (1\text{-}2)$$

où

N_R est le bruit de salle en dBA à l'extrémité d'écoute.

L'_s est l'affaiblissement d'effet local par la méthode de masquage pour l'effet local (en dB) à l'extrémité d'écoute du trajet d'effet local de l'appareil téléphonique.

Le bruit de circuit équivalent N'_{Re} est tracé sur la figure 1-2 en fonction du bruit de salle.

Remarque – Pour le modèle d'évaluation de l'indice de transmission pour l'équivalent pour la sonie et le bruit de circuit, on utilise normalement:

$$N'_{Re} = -58{,}63 \text{ dBmp} \qquad (1\text{-}3)$$

Cette valeur résulte de l'analyse des résultats des essais de conversation à partir desquels a été établi le modèle original d'évaluation de l'indice de transmission pour l'équivalent global pour la sonie et le bruit de circuit.

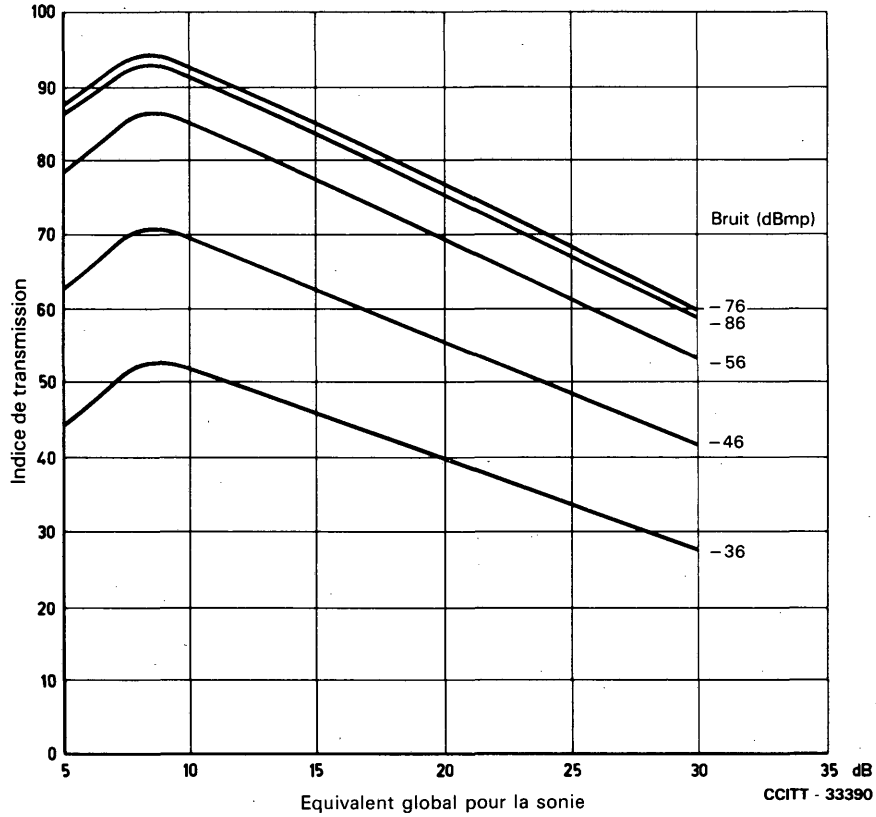


FIGURE 1-1

Indice de transmission pour l'équivalent global pour la sonie et le bruit de circuit

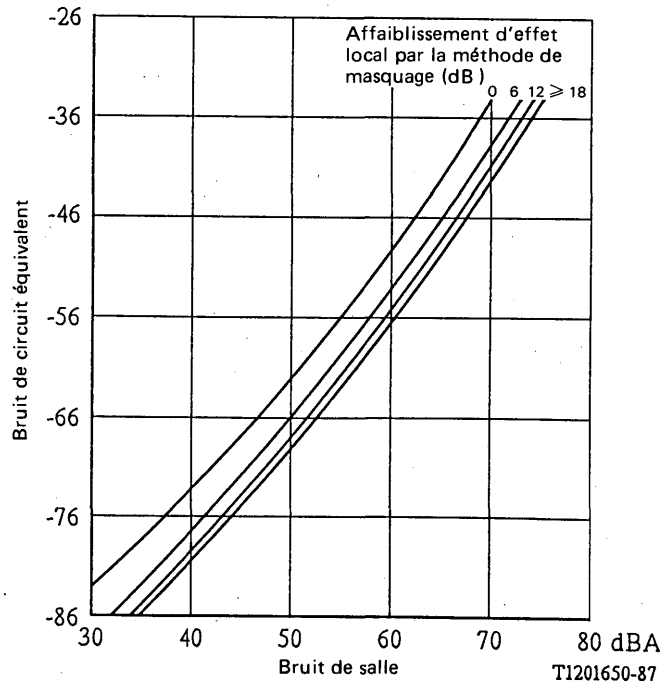


FIGURE 1-2

Bruit de circuit équivalant au bruit de salle

1.2.3 *Bruit de circuit équivalant au bruit de quantification*

Le modèle d'évaluation de l'indice de transmission pour le bruit de circuit équivalant N'_{Qe} (en dBmp) au bruit de quantification est:

$$N'_{Qe} = V - 2 - S/B \tag{1-4}$$

où

V est le niveau vocal actif (en dBm) rapporté à l'entrée d'un système récepteur ayant un ESR de 0 dB.

et

S/B est le rapport signal/bruit de circuit (en dB) qui fournit, estime-t-on, une qualité de reproduction vocale équivalant au rapport parole/bruit corrélé à la parole, Q (en dB), tel qu'il est déterminé par l'appareil de référence pour la production de bruit modulé (voir la Recommandation P.81).

La valeur de S/B peut être approximativement calculée ainsi:

$$S/B = 2{,}36\ Q - 8 \tag{1-5}$$

d'où

$$N'_{Qe} = V - 2{,}36\ Q + 6 \tag{1-6}$$

En se fondant sur l'étude du niveau de la parole [12] menée en 1975-1976, on obtient approximativement le niveau de la parole dans les communications nationales en Amérique du Nord en appliquant la formule:

$$V = -9 - L'_e$$

d'où

$$N'_{Qe} = -3 - L'_e - 2{,}36\ Q \tag{1-7}$$

Les valeurs ci-dessous sont des estimations de Q pour des paires de codecs selon qu'on utilise la modulation par impulsions avec codage (MIC), la modulation quasi instantanée avec compresseur-extenseur (NIC), la modulation par impulsions et codage différentiel adaptative (MICDA) ou la modulation adaptative delta (MAD). Elles s'appliquent aux algorithmes particuliers décrits dans les références [7] et [9].

MIC: $Q = 0{,}78\ L - 12{,}9$ (1-8)

NIC: $Q = 0{,}74\ L - 2{,}8$ (1-9)

MAD: $Q = 0{,}42\ L + 8{,}6$ (1-10)

MICDA: $Q = 0{,}98\ L - 5{,}3$ (1-11)

MICDA-V: $Q = 1{,}04\ L - 4{,}6$ (1-12)

où

L est le débit binaire de ligne en kbit/s.

Remarque – L'algorithme MICDA avec prédicteur fixe est décrit dans la référence [13]. L'algorithme MICDA-V avec prédicteur adaptatif est décrit dans la référence [9].

S'agissant de communications avec des paires de codecs en tandem, la valeur totale de Q peut être calculée approximativement par la formule:

$$Q = -15 \log_{10} \left[\sum_{i=1}^{n} 10^{-\frac{Q}{15}} \right] \tag{1-13}$$

1.2.4 *Largeur de bande et distorsion d'affaiblissement*

On peut modifier le modèle d'évaluation de l'indice de transmission pour l'équivalent global pour la sonie et le bruit de circuit pour y inclure l'influence de la largeur de bande (et de la distorsion d'affaiblissement). L'indice de transmission R_{LNBW}, pour l'équivalent global pour la sonie, le bruit de circuit et la largeur de bande est donné par la formule:

$$R_{LNBW} = (R_{LN} - 22{,}8)\ k_{BW} + 22{,}8 \tag{1-14}$$

dans laquelle:

$$k_{BW} = k_1\, k_2\, k_3\, k_4 \tag{1-15}$$

et

$$k_1 = 1 - 0{,}00148\,(F_l - 310) \tag{1-16}$$

$$k_2 = 1 + 0{,}000429\,(F_u - 3200) \tag{1-17}$$

$$k_3 = 1 + 0{,}0372\,(S_l - 2) + 0{,}00215\,(S_l - 2)^2 \tag{1-18}$$

$$k_4 = 1 + 0{,}0119\,(S_u - 3) - 0{,}000532\,(S_u - 3)^2 - 0{,}00336\,(S_u - 3)\,(S_l - 2) \tag{1-19}$$

où

F_l, F_u sont les limites inférieure et supérieure de la bande (en Hz) auxquelles la réponse acoustique/acoustique est inférieure de 10 dB à la réponse à 1000 Hz; (pour $F_u > 3200$ Hz, une valeur de 3200 Hz doit être utilisée).

S_l, S_u sont les pentes de réponse inférieure et supérieure dans la bande (en dB/octave) pour des fréquences respectivement inférieures et supérieures à 1000 Hz qui donnent lieu au même affaiblissement en sonie que les courbes de réponse effectives.

Les figures 1-3 et 1-4 montrent l'influence des limites F_l et F_u de la bande et des pentes S_l et S_u dans la bande, sur le facteur de largeur de bande k_{BW}.

Remarque – Les fonctions relatives au facteur de largeur de bande k_{BW} ont été choisies de telle sorte que $k_{BW} = 1$ quand $F_l = 310$ Hz, $F_u = 3200$ Hz, $S_l = 2$ dB/octave et $S_u = 3$ dB/octave. Ces réponses sont représentatives de celles qui sont utilisées dans les essais visant à formuler le modèle d'évaluation de l'indice de transmission pour l'équivalent global pour la sonie et le bruit de circuit.

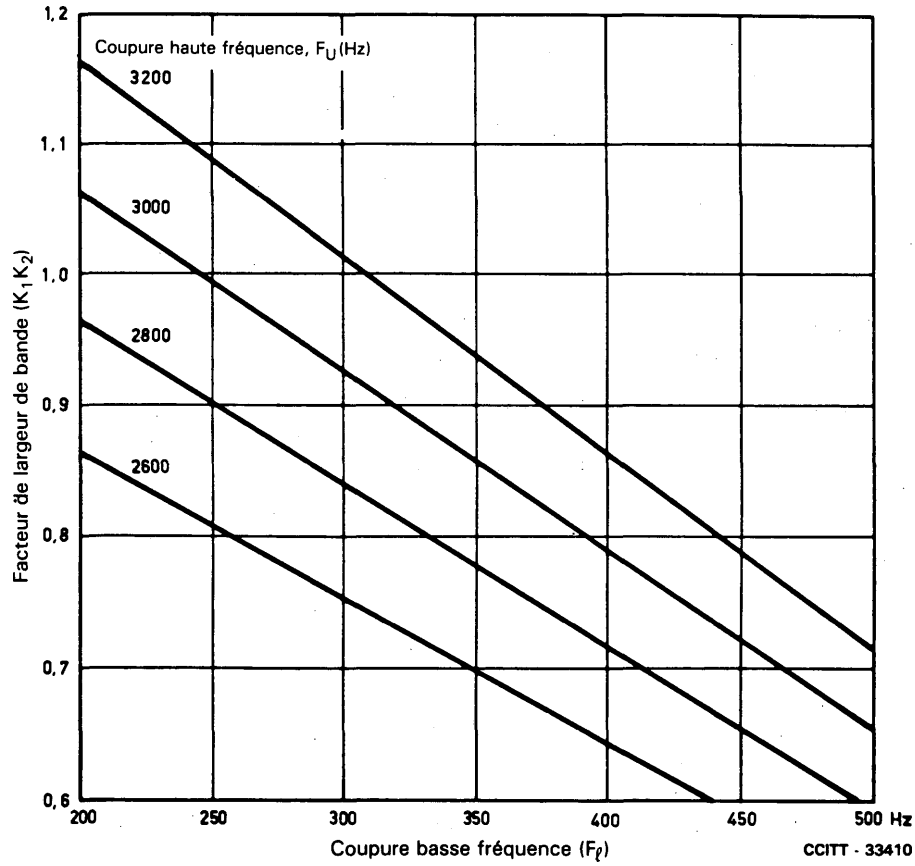


FIGURE 1-3

Facteur de largeur de bande modèle

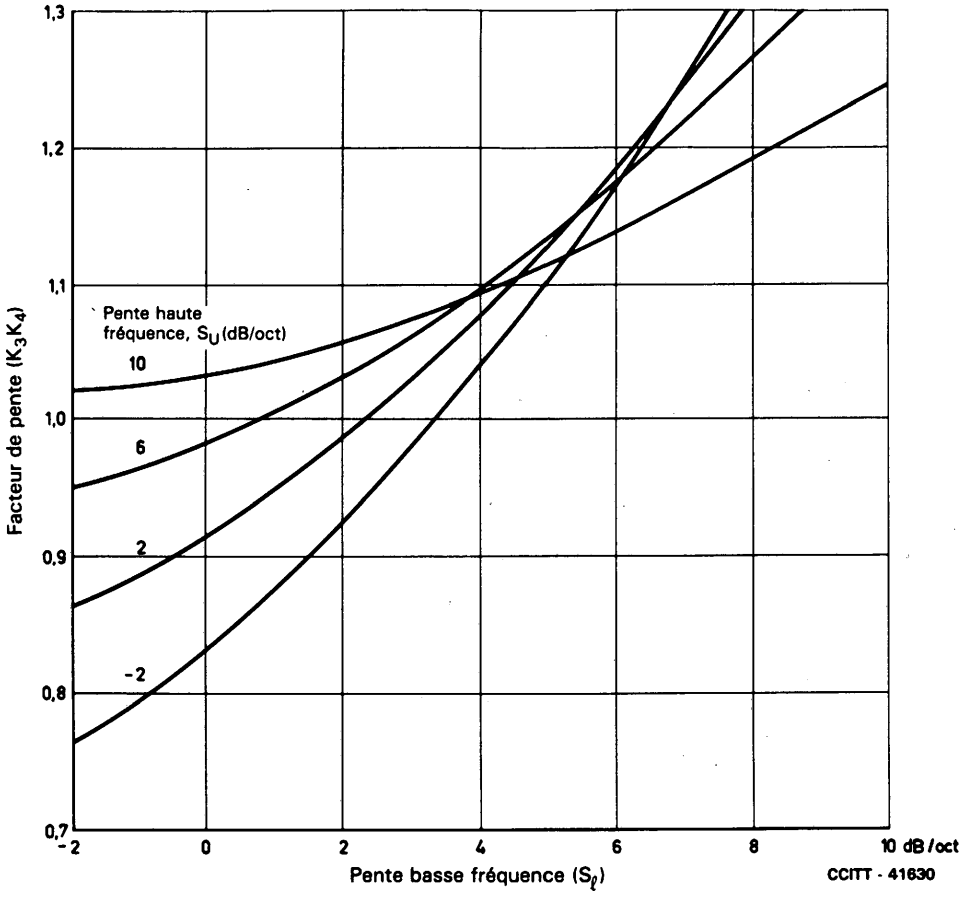


FIGURE 1-4

Facteur de pente du modèle d'évaluation de la distorsion d'affaiblissement

1.2.5 *Echo pour la personne qui écoute*

Le modèle d'évaluation de l'indice de transmission de l'écho pour la personne qui écoute est le suivant:

$$R_{LE} = 9{,}3\ (WEPL + 7)\ (D_L - 0{,}4)^{-0{,}229} \tag{1-20}$$

où

WEPL est l'affaiblissement pondéré du trajet des courants d'écho pour la personne qui écoute (en dB)

$$WEPL = -20 \log_{10} \frac{1}{3200} \int_{200}^{3400} 10^{-\frac{EPL(f)}{20}}\, df \tag{1-21}$$

$EPL(f)$ est l'affaiblissement du trajet des courants d'écho (en dB) en fonction de la fréquence, en Hz,

D_L est le temps de propagation aller-retour sur le trajet des courants d'écho pour la personne qui écoute en millisecondes.

L'indice de transmission R_{LE} en fonction de l'affaiblissement pondéré du trajet des courants d'écho et du temps de propagation sur le trajet des courants d'écho pour la personne qui écoute est indiqué à la figure 1-5.

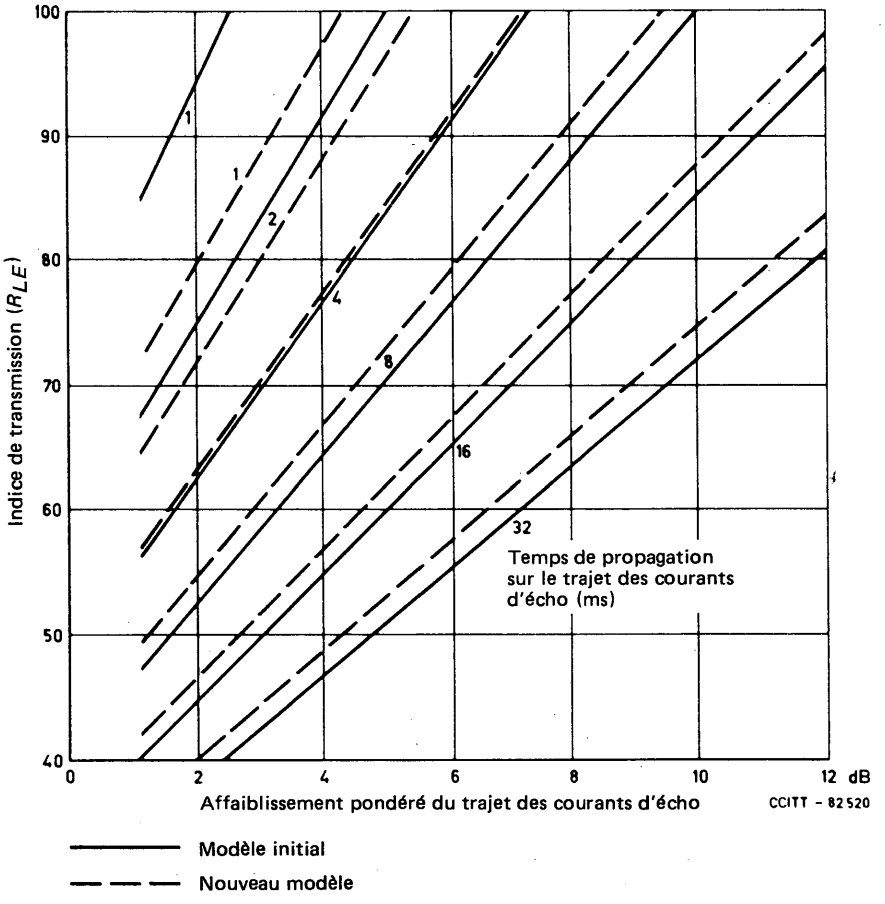


FIGURE 1-5

Evaluation de l'indice de transmission, écho pour la personne qui écoute

Le modèle d'évaluation de l'indice de transmission R_{LE} pour l'écho pour la personne qui écoute peut être combiné avec l'indice de transmission pour l'équivalent global pour la sonie et le bruit de circuit afin d'obtenir l'indice de transmission global, comme suit:

$$R_{LNLE} = \frac{R_{LN} + R_{LE}}{2} - \sqrt{\left[\frac{R_{LN} - R_{LE}}{2}\right]^2 + 13^2} \qquad (1\text{-}22)$$

La figure 1-6 montre les courbes obtenues au moyen de la relation susmentionnée pour l'indice de transmission en fonction de l'affaiblissement pondéré du trajet des courants d'écho pour la personne qui écoute et du temps de propagation sur le trajet des courants d'écho pour la personne qui écoute, en présence d'un équivalent global pour la sonie de 16 dB et d'un bruit de circuit de −56 dBmp rapporté à un ESR à la réception de 0 dB.

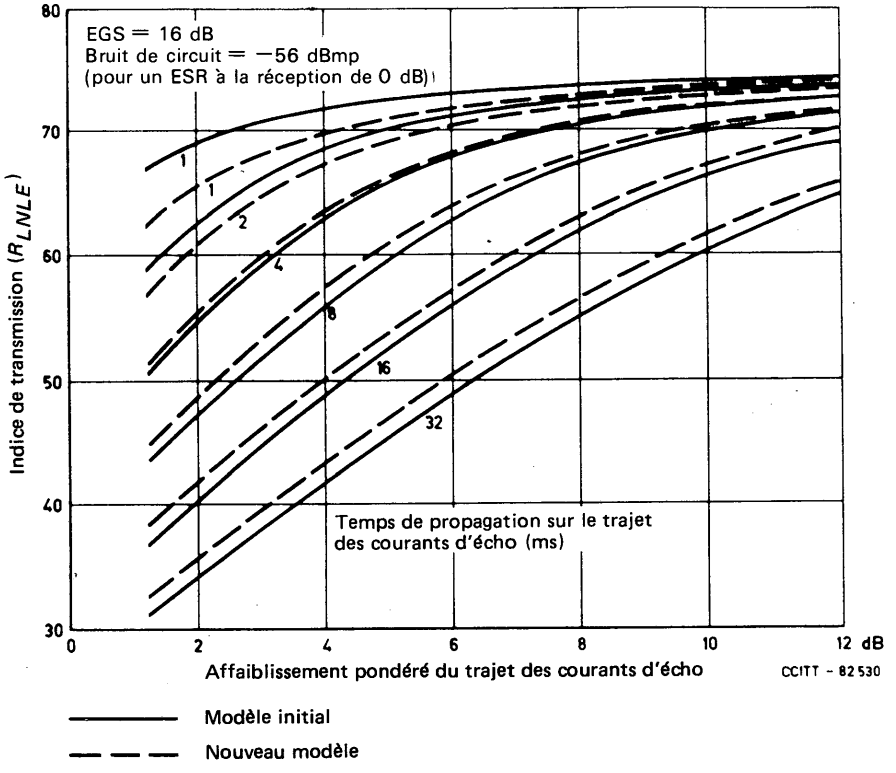


FIGURE 1-6

Evaluation de l'indice de transmission pour l'EGS, le bruit de circuit et l'écho pour la personne qui écoute

Remarque – Les considérations qui précèdent sont basées sur l'utilisation de la série spécifique de résultats de mesure et du modèle d'écho pour la personne qui écoute de la référence [4]. Par la suite, de nouveaux résultats de mesure ont été rapportés dans les références [5] et [6] qui décrivent également des études portant sur les deux séries de résultats, pour voir s'il serait possible de recommander un modèle unique. D'une manière générale, on a relevé une bonne concordance entre les deux séries de résultats. Cependant, les résultats plus récents faisaient apparaître des notes d'opinion plus faibles pour les temps de propagation inférieurs à *3 millisecondes* environ. On a appliqué une méthode prudente, consistant à modifier le modèle initial pour avoir des indices plus petits aux faibles temps de propagation tout en conservant les prévisions plus sensibles pour les valeurs élevées du temps de propagation. Pour obtenir ce résultat, l'équation (1-20a) peut être valablement substituée à l'équation (1-20):

$$R_{LE} = 10{,}5\ (WEPL + 7)\ (D_L + 1)^{-0{,}25} \qquad \text{(1-20a)}$$

Dans la référence [6], il est proposé de remplacer l'affaiblissement pondéré du trajet des courants d'écho (*WEPL*) du modèle initial par un affaiblissement pondéré normalisé du trajet des courants d'écho (*SWEPL*). La proposition définit:

$$WEPL = SM + SF$$

où

SM = marge contre l'amorçage d'oscillations

SF = facteur de forme

puis

$$SWEPL = SM + SF\,\frac{SM}{1 + SM}$$

On a donc, comme pour *WEPL*:

$$SWEPL = SM \text{ si } SF = 0$$

et

$$SWEPL \approx WEPL \text{ pour } SM \gg 1.$$

L'influence du facteur de forme diminue à mesure que *SM* tend vers zéro. L'effet de forme est donc réduit de moitié pour $SM = 1$ et il tend vers zéro en même temps que *SM*. On évite ainsi d'avoir un *SWEPL* positif quand la marge contre l'amorçage a pris des valeurs négatives. L'emploi de *SWEPL* au lieu de *WEPL* ne changera pas grand-chose dans la plupart des situations réelles où *SM* a des valeurs typiques; néanmoins, le principe est intéressant car il oblige à tenir compte expressément de la marge contre l'amorçage et il est facile à mettre en œuvre en remplaçant *WEPL* par *SWEPL* dans l'équation (1-20a).

1.2.6 *Echo pour la personne qui parle*

Le modèle d'évaluation de l'indice de transmission pour l'écho pour la personne qui parle est donné par la formule:

$$R_E = 92{,}73 - 53{,}45 \log_{10} \left[\frac{1 + D}{\sqrt{1 + \left(\frac{D}{480}\right)^2}} \right] + 2{,}277\ E \tag{1-23}$$

où

E est l'EGS (en dB) du trajet des courants d'écho pour la personne qui parle, et

D est le temps de propagation aller et retour (en ms) sur le trajet des courants d'écho pour la personne qui parle.

L'indice de transmission en fonction de l'affaiblissement du trajet des courants d'écho pour la personne qui parle et du temps de propagation sur ce trajet est indiqué à la figure 1-7; il a été obtenu en excluant l'influence du bruit de circuit et de l'EGS. La conversion des résultats des essais d'écho pour la personne qui parle, qui comprennent des valeurs choisies de l'EGS et du bruit de circuit, en échelle d'indice de transmission a été faite au moyen du modèle R_{LN}.

Le modèle d'évaluation de l'indice de transmission pour les effets combinés de l'EGS, du bruit de circuit, de l'affaiblissement du trajet des courants d'écho et du temps de propagation sur ce trajet est le suivant:

$$R_{LNE} = \frac{R_{LN} + R_E}{2} - \sqrt{\left(\frac{R_{LN} - R_E}{2}\right)^2 + 100} \tag{1-24}$$

La figure 1-8 montre les courbes tracées au moyen de la relation précitée pour l'indice de transmission en fonction de l'affaiblissement du trajet des courants d'écho pour la personne qui parle et du temps de propagation sur ce trajet, en présence d'un EGS de 16 dB et d'un bruit de circuit de −56 dBmp.

1.2.7 *Effet local*

Le modèle d'évaluation de l'indice de transmission pour l'EGS, le bruit effectif total et l'écho pour la personne qui parle, peut être modifié pour prendre en compte l'influence de l'effet local. L'indice de transmission, R_{LN-ST}, pour l'EGS, le bruit effectif total et l'effet local, a pour expression:

$$R_{LN-ST} = K_{ST}\, R_{LN} \tag{1-25}$$

pour l'écho pour la personne qui parle et pour l'effet local, on a:

$$R_{E-ST} = R_E' + 2{,}6(12 - SL) - 1{,}5(4{,}5 - SR)^2 + 3{,}38 \tag{1-26}$$

Le facteur d'effet local, K_{ST}, se calcule d'après la formule:

$$K_{ST} = 1{,}021 - 0{,}002(SL - 15)^2 + 0{,}001(SR - 2)^2(SL - 15) \tag{1-27}$$

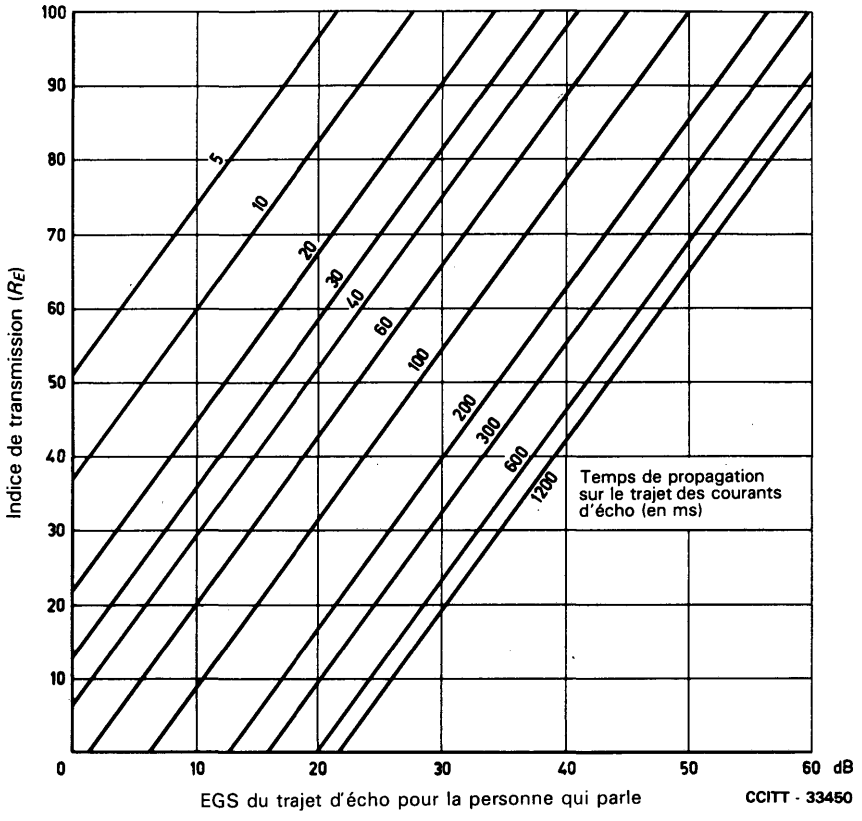


FIGURE 1-7

Indice de transmission pour l'écho pour la personne qui parle

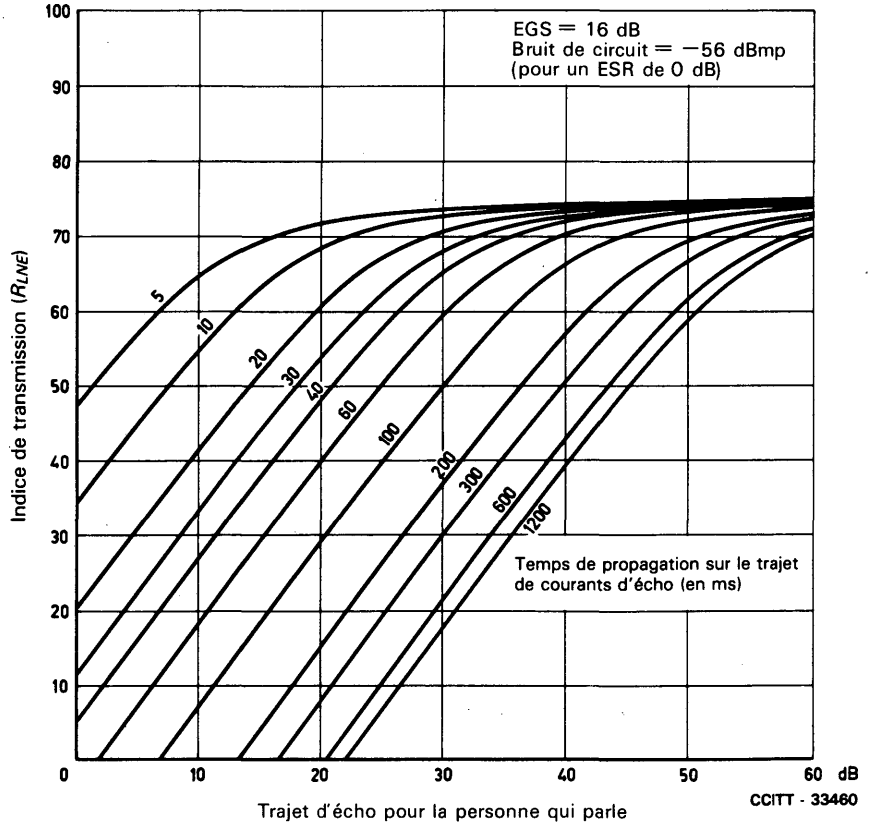


FIGURE 1-8

Indice de transmission pour l'EGS, le bruit de circuit et l'écho pour la personne qui parle

SL est l'affaiblissement d'effet local par la méthode de masquage (dB), *SR* la réponse en effet local (dB/octave) au-dessous de 1 kHz. (Au-dessus de 1 kHz, cette réponse est multipliée par 1,5[2].)

La figure 1-9 donne des courbes que l'on a obtenues en déterminant R_{LN-ST} et R_{E-ST}, et en portant ces valeurs dans l'équation (1-24), respectivement pour R_{LN} et pour R_E.

1.3 *Modèles d'appréciation subjective*

On a constaté que l'appréciation subjective sous la forme d'un pourcentage de notes d'opinion dans les cinq catégories (E, G, F, P, U) pour une condition donnant lieu à un indice de transmission donné dépend de divers facteurs, comme le groupe des sujets, la gamme des conditions d'essai, l'année au cours de laquelle l'essai a eu lieu et l'utilisation pour les essais de conversations en laboratoire ou de conversations téléphoniques normales. La proportion des appréciations bon + excellent (G + E) ou médiocre plus non satisfaisant (P + U) peut être calculée à partir des formules suivantes:

$$G + E = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{A} e^{-\frac{t^2}{2}} \, dt \qquad (1\text{-}28)$$

$$P + U = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{B}^{-\infty} e^{-\frac{t^2}{2}} \, dt \qquad (1\text{-}29)$$

A et B sont indiqués ci-dessous pour les principales bases de résultats.

Pour chaque base de données, la relation entre les appréciations subjectives et l'indice de transmission est indiquée à la figure 1-10.

Base de résultats[3]	*A*	*B*
Essai SIBYL de Murray Hill 1965	(R-64,07)/17,57	(R-51,87)/17,57
Essais de conversation du CCITT	(R-62)/15	(R-43)/15
Enquêtes relatives à des communications interurbaines à grande distance	(R-51,5)/15,71	(R-40,98)/15,71

2 **Prévision de la qualité de transmission à partir de mesures objectives** *(Genève, 1980, modifié à Malaga-Torremolinos, 1984) (cité dans la Recommandation P.11)* (Contribution du British Telecom)[4]

Résumé

Le British Telecom fait souvent usage d'un modèle théorique pour prévoir la qualité de transmission des communications téléphoniques: On trouvera ci-après une brève description de la structure de ce modèle, du programme d'ordinateur CATNAP – lequel reproduit sous forme simplifiée le modèle pour permettre les opérations périodiques – ainsi que des moyens de spécifier les communications d'une façon pratique et commode.

---

2) Réponse en effet local:

Au-dessous de 1 kHz	*Au-dessus de 1 kHz*
0	0
+3,0	+4,5
+6,0	+9,0

3) Ces trois bases de résultats traduisent différentes relations entre l'échelle de l'indice de transmission et les appréciations subjectives déterminées au cours de différents essais comme indiqué ci-après:

Essai SIBYL de Murray Hill 1965: Appréciations sur les communications d'affaires internes.

Essais de conversation du CCITT: Modèle composite d'appréciations recueillies lors d'essais de conversation en laboratoire et soumises au CCITT pendant la période d'études 1973-1976 [3].

Enquêtes relatives à des communications interurbaines nationales à grande distance: Appréciations exprimées par les clients de North American Telephone lors de questions posées à des usagers à la suite d'une communication interurbaine à grande distance.

4) Anciennement Supplément n° 4 du *Livre rouge.*

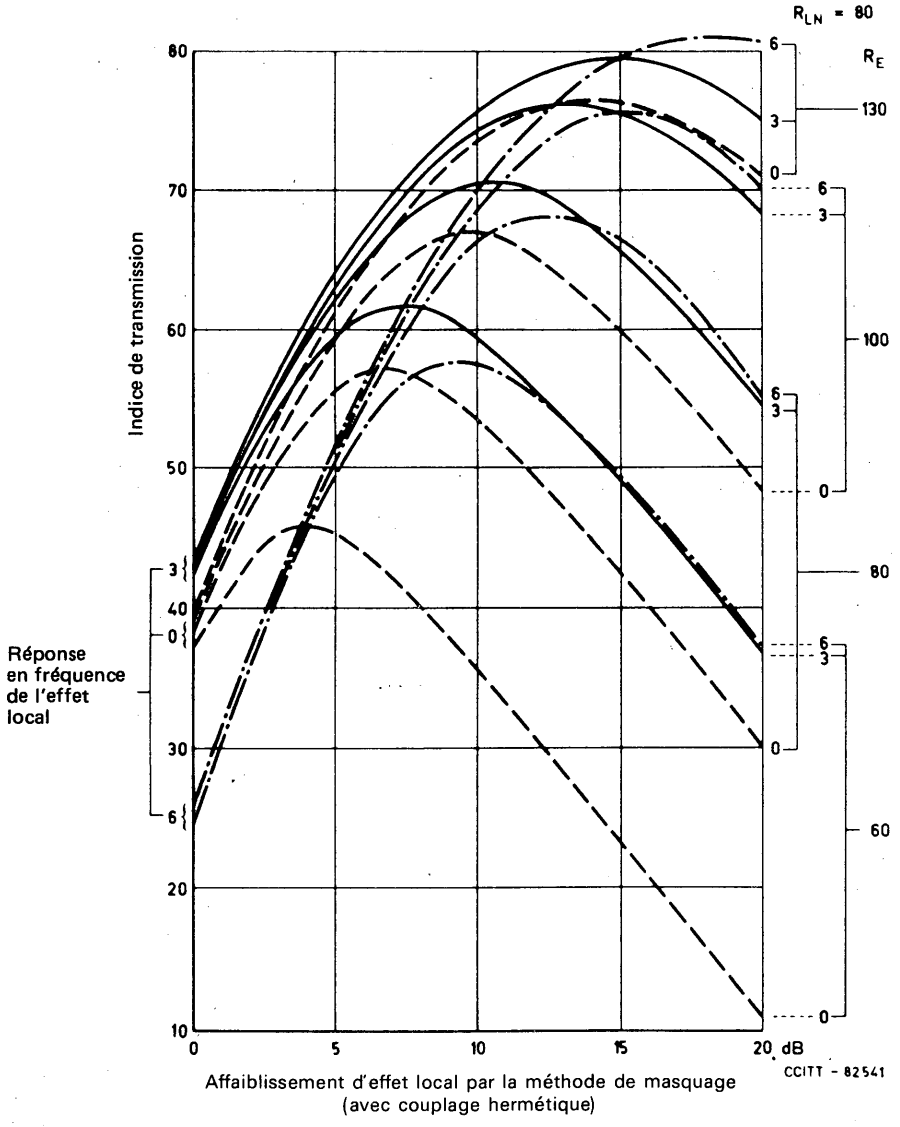


FIGURE 1-9

Indice de transmission pour l'EGS, le bruit de circuit, l'écho pour la personne qui parle et l'effet local

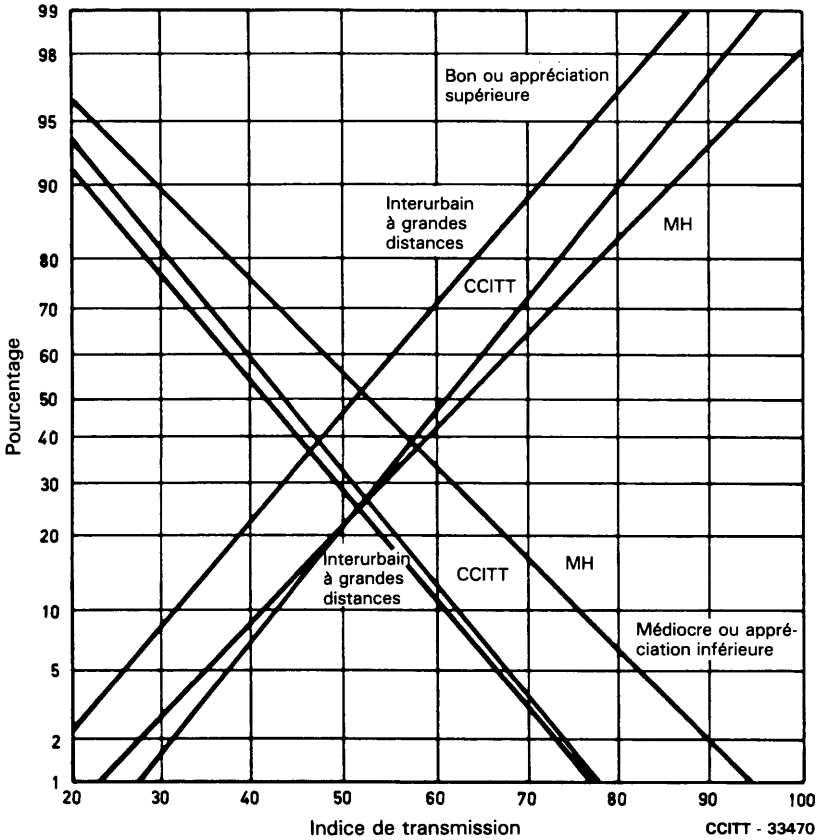


FIGURE 1-10

Comparaison des appréciations subjectives en fonction de l'indice de transmission

2.1 *Types de modèles*

La Question 7/XII [14] admet deux types de modèles pour prévoir la qualité de transmission d'une communication téléphonique complète au cours d'une conversation. Le premier type, mentionné dans le § 1 du présent supplément, repose sur le traitement purement empirique d'observations fondamentales et peut conduire à établir un jeu de tableaux, des graphiques ou des formules relativement simples qui représentent la qualité de transmission en fonction de certaines qualités objectives. Dans un modèle de ce type, où l'attention se porte uniquement sur la correspondance entre l'entrée (quantités objectives) et la sortie (qualité subjective), la *forme* des fonctions employées ne joue en elle-même aucun rôle. Si, pour des raisons de commodité, on recherche généralement la simplicité, on ne l'obtient qu'aux dépens de la généralité. Par ailleurs, il est souvent difficile d'étudier les interactions entre des dégradations différentes, et un modèle purement empirique doit habituellement faire l'objet d'une révision complète lorsqu'on y introduit une nouvelle dégradation. Supposons, par exemple, que des relations aient été établies entre l'affaiblissement, le bruit et la note d'opinion pour une largeur de bande déterminée: si cette largeur de bande passe à une nouvelle valeur constante, il faudra déterminer de nouveau les fonctions et non pas procéder simplement à un ajustement constant de la sortie. En bref, on ne peut raisonnablement attendre d'un modèle purement empirique que des prévisions de valeur limitée.

Les modèles du second type (mentionnés en [15]) sont conçus pour remédier à ces inconvénients: la structure du processus d'évaluation reflète dans ce cas les relations de cause à effet qui conduisent de l'entrée (propriétés de la communication, environnement acoustique, caractéristiques d'ouïe des participants, sons vocaux, systèmes de langage, etc.) à la sortie (satisfaction des participants ou évaluation de la qualité de transmission). Un tel modèle est évidemment plus compliqué que le premier et sa réalisation initiale demande plus de travail; en revanche, il peut par la suite se développer et s'appliquer d'une manière plus facile et plus sûre. A mesure que l'on dispose de données plus fiables et plus nombreuses, on peut et on doit revoir les paramètres numériques mais la structure, si on l'a bien choisie, demandera rarement d'importantes modifications. Comme outil de recherche, le second modèle se prête bien plus facilement qu'une collection de formules, utiles mais arbitraires, à l'élaboration d'hypothèses de travail. Comme outil de planification ou d'application, il se prête en outre aisément à une reproduction par programme informatique dans lequel on peut introduire à l'entrée des données faciles à recueillir (affaiblissements, longueurs des lignes, etc.).

2.2 *Modèle et programmes: SUBMOD, CATPASS ET CATNAP*

Le modèle ici décrit est le modèle fondamental. Il a pour objet de prévoir, à partir des données objectives fournies, l'évaluation de la force des sons, le degré de difficulté à l'écoute, les notes d'opinion concernant les conversations et les niveaux vocaux. Il est reproduit dans un programme appelé SUBMOD (abréviation de MODÈLE SUBJECTIF) qui accepte les réponses en fréquence globales des trajets de transmission de la parole en tant qu'entrée, et permet de modifier les paramètres du modèle afin de mieux faire concorder la théorie et l'observation. L'article décrit en [16] une version plus ancienne de ce modèle.

Au stade actuel de développement, le modèle donne d'assez bons résultats en ce qui concerne les effets subjectifs de l'affaiblissement de circuit, de la distorsion affaiblissement en fonction de la fréquence, du bruit de circuit, du bruit de quantification, du bruit de salle et des trajets d'effet local pour une gamme assez étendue de valeurs et de combinaisons de ces caractéristiques. Les effets de certains autres phénomènes, qui peuvent eux aussi être approximativement évalués, ne sont pas encore incorporés dans le modèle. On n'a pas encore tenté de couvrir des caractéristiques telles que les effets de la commutation par la voix, du codage à fréquences vocales et d'autres moyens sophistiqués propres à réduire le débit d'information. Comparer les groupes de facteurs énumérés dans la Question 7/XII [14].

Le programme CATPASS [16] (COMPUTER-AIDED TELEPHONY PERFORMANCE ASSESSMENT) représentait le même modèle sous une forme simplifiée, à paramètres fixes, avec des dispositifs de calcul de la réponse efficacité en fonction de la fréquence sur une communication complète formée par une chaîne d'appareils ordinaires (postes téléphoniques, câbles, ponts d'alimentation, jonctions et filtres). Il était similaire au système décrit en [17] et [18], mais son organisation était différente. CATPASS ne pouvait cependant traiter que des communications symétriques, c'est-à-dire des communications sur lesquelles les caractéristiques de transmission, de bruit de salle, d'effet local et de tout autre facteur pertinent étaient les mêmes pour les deux participants. Le programme CATPASS avait cédé la place au programme CATNAP (COMPUTER-AIDED TELEPHONE NETWORK ASSESSMENT PROGRAM), qui représentait une forme plus développée du modèle à paramètres fixes, permettant l'asymétrie des communications, et contenant des dispositifs de rassemblement de statistiques relatives à la qualité de transmission sur des séries de communications [19].

Le programme CATNAP a cédé à son tour la place au programme CATNAP83, auquel trois principales modifications ont été apportées:

a) légères améliorations du modèle subjectif;

b) calcul de l'équivalent pour la sonie conformément à la Recommandation P.79, au lieu de la version provisoire P.XXE [20] qui malgré l'indication de la version antérieure de ce Supplément [21] a été utilisée pour calculer les équivalents pour la sonie dans CATNAP;

c) introduction d'une plus grande souplesse pour que des paramètres tels que le facteur d'affaiblissement de couplage de l'écouteur (L_E) puissent dépendre du type de combiné.

2.3 *Situation à reproduire*

Représentons par A et B deux correspondants «moyens» engagés dans une conversation téléphonique établie par une liaison qui se termine par des combinés téléphoniques situés dans des locaux sans réverbération anormale et où sont observés les niveaux spécifiés du bruit de salle. Par «moyens» on entend les correspondants dont les caractéristiques d'audition et d'élocution sont représentatives, ces correspondants ayant une attitude normale devant leur poste téléphonique, de sorte que leur appréciation de la liaison téléphonique peut être mesurée par la note moyenne d'opinion (Y_C) et le pourcentage de difficulté ($\%D$) que donnerait un essai de conversation, comme il est décrit dans le Supplément n° 2. Y_C peut prendre toute valeur comprise entre 4 et 0, l'échelle étant la suivante: 4 = excellent, 3 = bon, 2 = assez bon, 1 = médiocre, 0 = mauvais. $\%D$ peut évidemment prendre toute valeur comprise entre 0 (pour les meilleures communications) et 100% (pour les plus mauvaises).

Pour une communication donnée, les quantités les plus intéressantes sont Y_C, $\%D$ et le niveau vocal pour chaque participant. D'autres quantités auxiliaires présentant une certaine utilité sont cependant calculées au cours de l'évaluation, par exemple les équivalents pour la sonie des différents trajets (calculés conformément à la Recommandation P.79) et Y_{LE}, la note moyenne d'effort à l'écoute qui résulterait d'un essai d'écoute conduit comme l'indique le document cité dans le Supplément n° 2. Dans ce type d'essai d'écoute, des listes de phrases ayant à l'entrée un niveau vocal normalisé sont transmises sur la communication et l'auditeur donne un avis, pour un certain nombre de niveaux d'écoute différents, sur «l'effort d'écoute» conformément à l'échelle suivante:

Efforts nécessaires à la compréhension des phrases

A Détente absolue; aucun effort.

B Attention nécessaire; pas d'effort appréciable.

C Effort modéré.

D Effort considérable.

E Signification incompréhensible en dépit de tous les efforts possibles.

Les notes correspondantes sont les suivantes: A = 4, B = 3, C = 2, D = 1, E = 0; la moyenne établie sur tous les auditeurs s'appelle l'opinion d'effort à l'écoute, Y_{LE}, pour chaque niveau d'écoute et chaque condition de circuit.

On trouvera de plus amples renseignements sur les essais de conversation et les essais d'audition en [22], ainsi que dans le Supplément n° 2.

2.4 *Description générale du modèle*

A l'entrée, le modèle demande les données suivantes:

1) la caractéristique globale efficacité en fonction de la fréquence de chaque trajet de transmission (de la bouche de la personne qui parle à l'oreille de la personne qui écoute en passant par la communication) et du trajet d'effet local (de la bouche de la personne qui parle à sa propre oreille). Ces efficacités peuvent être mesurées en suivant la méthode décrite dans la Recommandation P.64 ou calculées comme il est indiqué en [17];

2) le niveau et le spectre de bruit à l'oreille de chaque personne qui écoute, englobant le bruit de circuit, le bruit de salle parvenant directement à l'oreille de la personne qui écoute et le bruit de salle perçu par celle-ci par l'intermédiaire du trajet d'effet local. En l'absence de mesures spécifiques, on admet des niveaux et des spectres de bruit normalisés, par exemple un bruit de salle avec un spectre de Hoth à 50 dBA, un bruit de circuit avec spectre à bande limitée à un niveau de pondération psophométrique spécifié;

3) le spectre moyen des sons vocaux et le seuil moyen d'audition, donnés à titre d'exemples dans le document cité en [23].

C'est à partir de ces données que l'on calcule les équivalents pour la sonie. Avec des niveaux vocaux fixes, on évalue pour chaque participant Y_{LE} et une valeur provisoire de Y_C. Les relations entre Y_C et le niveau vocal à chaque extrémité servent ensuite à affiner les valeurs des deux caractéristiques, de sorte que les estimations finales représentent la qualité de transmission à des niveaux réalistes du volume vocal pendant les conversations.

2.5 *Calcul de la force des sons et des équivalents pour la sonie*

Le modèle commence par régler le niveau des sons vocaux émis par chaque interlocuteur sur une valeur normalisée et par calculer le niveau et le spectre résultant de la parole et du bruit à l'oreille de chaque personne qui écoute. La force des sons des signaux vocaux reçus est calculée en fonction du niveau du signal, du niveau du bruit et du seuil d'audition, avec intégration 7sur la gamme de fréquences qui va normalement de 179 à 4472 Hz (14 bandes, la plus basse centrée sur 200 Hz et la plus haute centrée sur 4000 Hz). On calcule de façon similaire la force des sons des signaux vocaux pour l'effet local, mais en tenant compte de l'effet supplémentaire de masque exercé par la parole qui atteint l'oreille dans des conditions naturelles (par trajet aérien ou par conduction osseuse). Les indices de force des sons des différents trajets sont évalués par comparaison avec la force des sons des signaux vocaux transmis sur un système de référence intermédiaire: équivalents pour la sonie à l'émission (ESE), équivalents pour la sonie à la réception (ESR), affaiblissement d'effet local par la méthode de masquage (AELM) à chaque extrémité et équivalents globaux pour la sonie (EGS) dans chaque direction.

La méthode est décrite en [24], mais n'est pas ici exposée en détail. La partie «sonie» du modèle est par elle-même importante (par exemple, pour étudier la Question 19/XII [25]), mais elle n'est pas étroitement liée au reste du modèle. Le programme donne des équivalents pour la sonie calculés conformément à la Recommandation P.79, mais il calcule aussi une série d'équivalents pour la sonie conformément à la méthode antérieure [26]; ces équivalents sont utilisés pour des calculs subséquents.

2.6 *Calcul de la note d'opinion d'effort à l'écoute*

Cette partie du modèle vise à reproduire les résultats que donnerait un essai d'écoute.

On a trouvé possible d'estimer Y_{LE} en suivant un processus similaire au processus déjà bien connu pour calculer l'opinion relative à la force et à la netteté des sons. Pour commencer, on calcule comme suit une quantité intermédiaire appelée indice d'opinion à l'écoute (IOE); chaque bande constitutive de la gamme de fréquences apporte à IOE une contribution proportionnelle au produit $B'_f P(Z_f)$, où B'_f est un facteur de pondération de fréquence qui exprime l'importance relative de cette bande constitutive pour une compréhension sans effort et

où P est une fonction de croissance appliquée au niveau de sensation Z (déjà évalué pour calculer la force des sons). Les valeurs réelles des pondérations de fréquence diffèrent quelque peu des valeurs utilisées pour calculer la force et la netteté des sons; la fonction de croissance est limitée à la gamme de 0 à 1, comme pour la netteté, mais la formule utilisée est:

$$P(Z) = 10^{\frac{Z + 3{,}8}{10}} \qquad \text{si } Z < -11,$$

$$P(Z) = 1 - 10^{\frac{-0{,}3\,(Z + 14)}{10}} \qquad \text{si } Z \text{ a une autre valeur}$$

IOE est proportionnel à $\int B'_f P(Z_f)\,\mathrm{d}f$, mais en pratique l'intégrale est remplacée par une sommation couvrant un certain nombre de bandes (normalement 14) dans chacune desquelles Z_f et B'_f demeurent assez constants, comme dans le cas de l'évaluation de la force des sons. La formule utilisée en pratique est la suivante:

$$\text{IOE} = AD \sum_i B'_i\, P(Z_i)$$

où

B'_i est la pondération de fréquence pour la i-ème bande (voir le diagramme de la figure 2-1),

Z_i est la valeur moyenne de Z dans la i-ème bande,

P est la fonction de croissance appropriée (représentée à la figure 2-2),

A est un multiplicateur qui dépend du niveau vocal à la réception; la valeur de A est de 1 pour une gamme étroite de niveaux centrée sur le niveau optimal, mais elle décroît rapidement si l'on s'écarte de cette gamme [voir la figure 2-3, où l'abscisse 0 correspond à l'EGS = 8 dB (projet de Recommandation P.XXE [20]) au lieu de 4 dB comme précédemment],

D est un multiplicateur dont la valeur dépend du niveau de bruit à la réception [bruit de circuit injecté (BCI)-(ESR)], avec une valeur décroissant lentement de 1 pour des niveaux de bruit négligeables à 0 pour des niveaux très élevés (voir la figure 2.4).

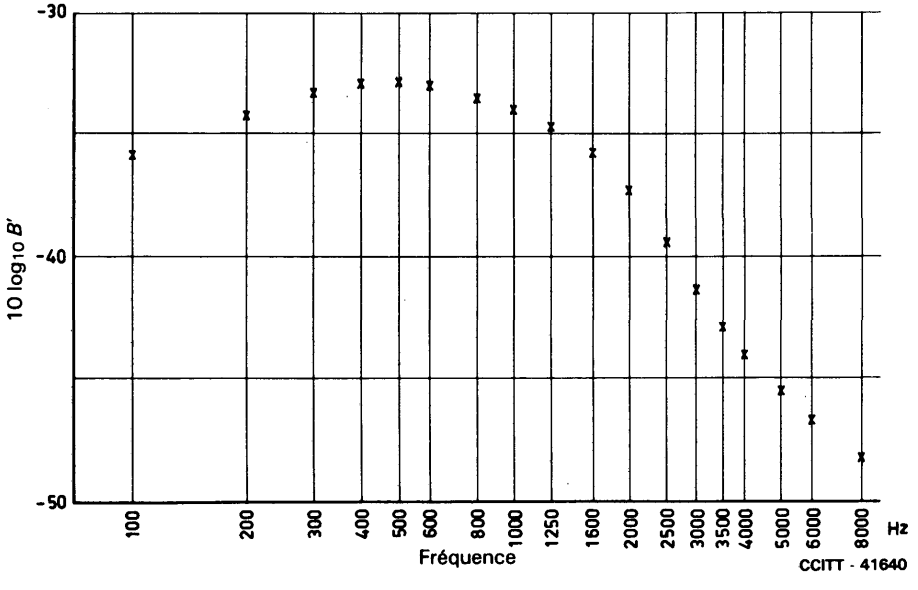


FIGURE 2-1

Facteur B' de pondération de fréquence pour l'indice d'opinion à l'écoute

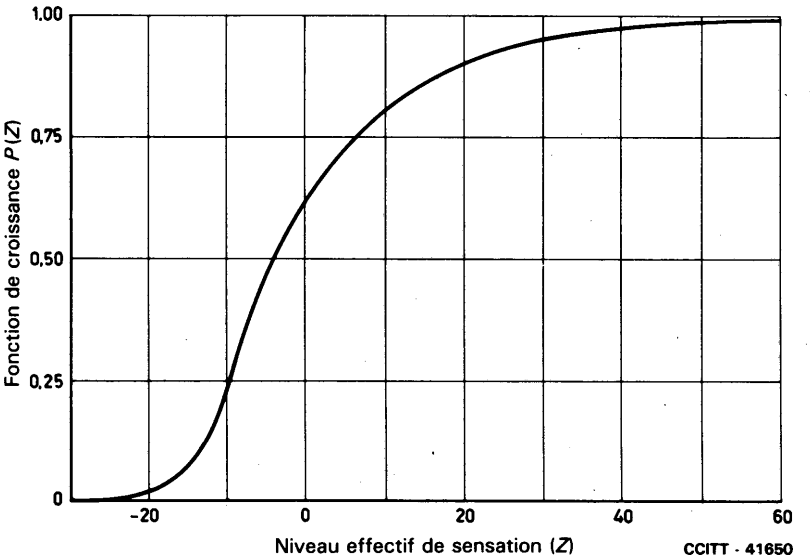


FIGURE 2-2

Fonction de croissance $P(Z)$

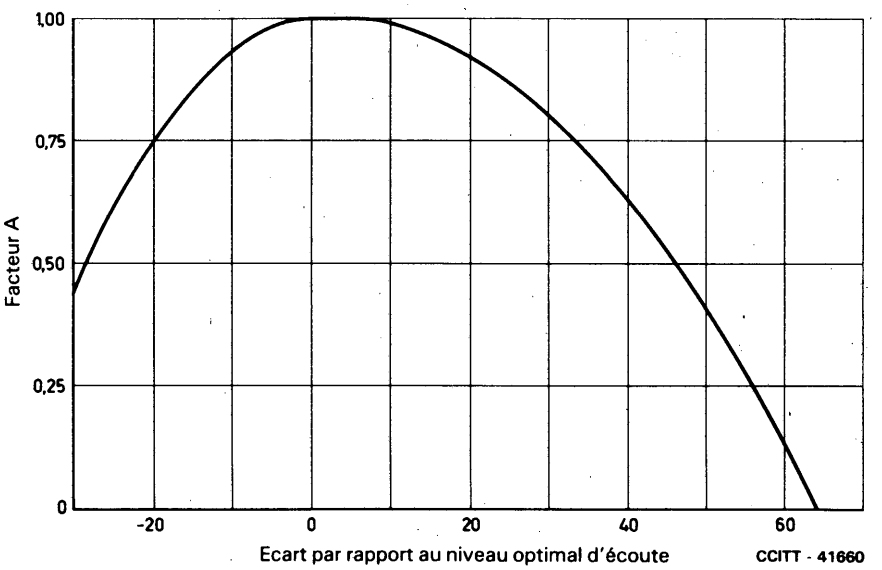


FIGURE 2-3

Effet du niveau d'écoute sur l'indice d'opinion à l'écoute

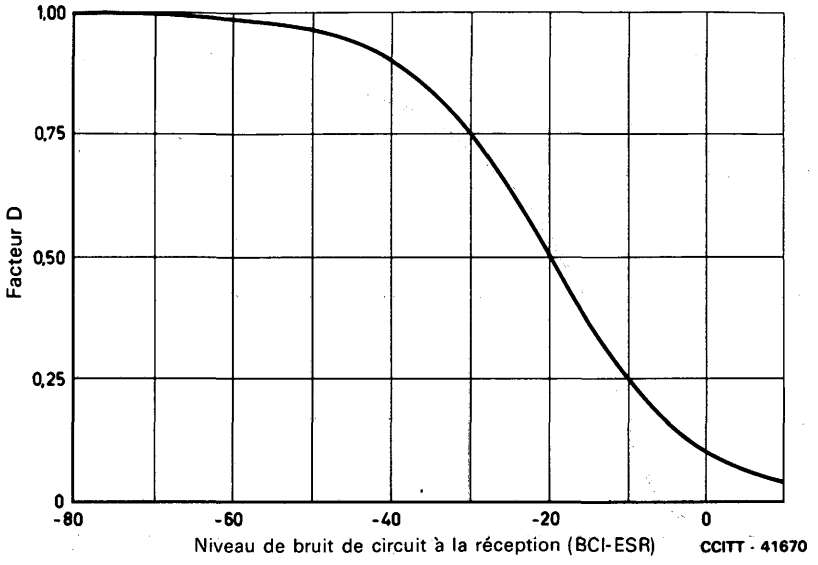


FIGURE 2-4

Effet du niveau de bruit à la réception sur l'indice d'opinion à l'écoute

Ce n'est donc que pour des signaux vocaux à large bande, exempts de bruit et de distorsion, et pour un niveau d'audition optimal, que IOE atteint sa valeur maximale de 1.

La relation entre IOE et Y_{LE} dépend de la qualité de transmission à laquelle les personnes qui écoutent ont été accoutumées les derniers temps. On constate que le critère de jugement des sujets est principalement déterminé par la meilleure condition de circuit rencontrée pendant l'expérience en cours ou, pour les communications réelles, par la qualité des meilleures communications généralement obtenues. Par exemple, une condition de circuit à laquelle a été attribuée une note presque égale à 4 pendant une expérience où c'était la condition optimale, n'obtiendra peut-être que la note 3 si la même expérience comporte une condition en pratique parfaite et une note d'environ 3,5 si, dans la même expérience, la meilleure condition équivaut, du point de vue de la qualité, à la meilleure communication à laquelle on peut normalement s'attendre avec le système téléphonique de British Telecom. Un paramètre IOE_{LIM}, introduit à ce propos, spécifie la valeur de IOE qui correspond à la valeur maximale de Y_{LE}; ce paramètre est généralement fixé à 0,885 quand la qualité des communications est évaluée par rapport à la qualité observée sur le réseau téléphonique de British Telecom. En termes généraux la relation est la suivante:

$$\ln\left(\frac{Y_{LE}}{4 - Y_{LE}}\right) = 1{,}465 \left[\ln\left(\frac{IOE}{IOE_{LIM} - IOE}\right) - 0{,}75\right]$$

ainsi que le montre la figure 2.5. Cela nous amène au point où Y_{LE} a été évalué pour chaque participant en fonction du niveau d'écoute – en particulier, au niveau d'écoute établi pour chacun des participants lorsque son interlocuteur parle au niveau vocal de référence (NVR) défini en [27].

2.7 *Calcul de la note d'opinion pour la conversation*

Pour convertir une valeur de Y_{LE}, au niveau d'écoute approprié, à la valeur correspondante de la note moyenne d'opinion pour la conversation (Y_C), il est nécessaire de tenir compte des écarts du niveau vocal moyen par rapport à NVR.

Le symbole V_L représente le niveau vocal (en dBV) à la sortie d'une extrémité d'émission lorsque le niveau acoustique à l'entrée (point de référence de la bouche) est NVR. Pendant la conversation, un niveau différent (V_C) prévaudra généralement au même point, les participants tendant à élever la voix si les signaux vocaux qui leur parviennent sont faibles ou de qualité médiocre et à baisser la voix si ces signaux sont forts. En d'autres termes, V_C à l'extrémité A dépend de Y_{LE} à l'extrémité A, ce qui dépend de V_C à l'extrémité B, ce qui dépend de Y_{LE} à l'extrémité B, ce qui dépend à son tour de V_C à l'extrémité A. Il y a donc une dépendance circulaire ou effet de réaction.

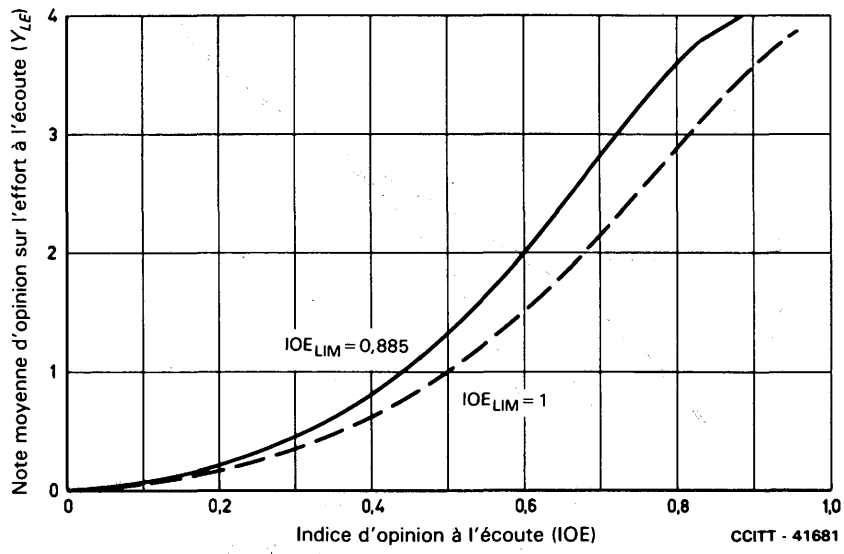


FIGURE 2-5

Note d'opinion à l'écoute en fonction de l'indice d'opinion à l'écoute

Les trajets d'effet local donnent lieu à des complications lorsque les AELM sont inférieurs à 13 dB (sans compter la contribution de bruit apportée par l'environnement dans la voie de réception, comme on l'a déjà expliqué). Toutes choses égales d'ailleurs, le niveau vocal de chaque interlocuteur diminue de presque 1 dB chaque fois que, en dessous de 13 dB, l'AELM diminue de 3 dB. Etant donné l'effet de réaction, il s'ensuit une nouvelle modification des notes d'opinion et des niveaux vocaux aux deux extrémités.

Ajoutons que des niveaux très élevés d'effet local sont par eux-mêmes déplaisants, notamment quand d'autres facteurs conduisent à la médiocre qualité d'une communication.

Les formules suivantes semblent assez bien représenter cette interaction complexe:

Y'_C est une grandeur intermédiaire qui sera expliquée plus loin.

$$\ln\left(\frac{Y'_C}{4 - Y'_C}\right) = 0{,}7\left[\ln\left(\frac{Y_{LE}}{4 - Y_{LE}}\right) + 0{,}5 - \frac{K\,(13 - AELM)}{20}\left(\frac{4 - Y_{LE}}{Y_{LE}}\right)^2\right] \qquad (2\text{-}1)$$

$$V_C - V_L = 4{,}0 - 2{,}1\ Y'_C - 0{,}3\ K\ (13 - AELM) \qquad (2\text{-}2)$$

$$\ln\left(\frac{Y_C}{4 - Y_C}\right) = 0{,}8451\ \ln\left(\frac{Y'_C}{4 - Y'_C}\right) - 0{,}2727 \qquad (2\text{-}3)$$

où

K = 1 si AELM < 13,

K = 0 si AELM $\geqslant$ 13.

En insérant dans la formule (2-1) la valeur de Y_{LE} déjà trouvée pour l'extrémité A – qui s'appliquerait pour $V_C = V_L$ à l'extrémité B – on obtient une première approximation de Y'_C, puis, à partir de la formule (2-2) une approximation de V_C à l'extrémité A. Les premiers calculs sont répétés avec ce niveau vocal pour trouver une nouvelle valeur de Y_{LE} à l'extrémité B, d'où une approximation de Y'_C et V_C à l'extrémité B. Le processus se répète cycliquement jusqu'à ce que toutes les valeurs de Y'_C convergent vers une valeur établie; les équations (2-1) et (2-2) sont alors simultanément satisfaites.

La figure 2-6 montre la forme de la relation résultante entre Y_{LE} et Y'_C pour deux AELM différentes, avec V_C à sa valeur propre. La transformation [équation (2-3)], illustrée par la figure 2-7 est alors appliquée à la note intermédiaire Y_C qui est représentée dans la figure 2-8 en fonction de Y_{LE}.

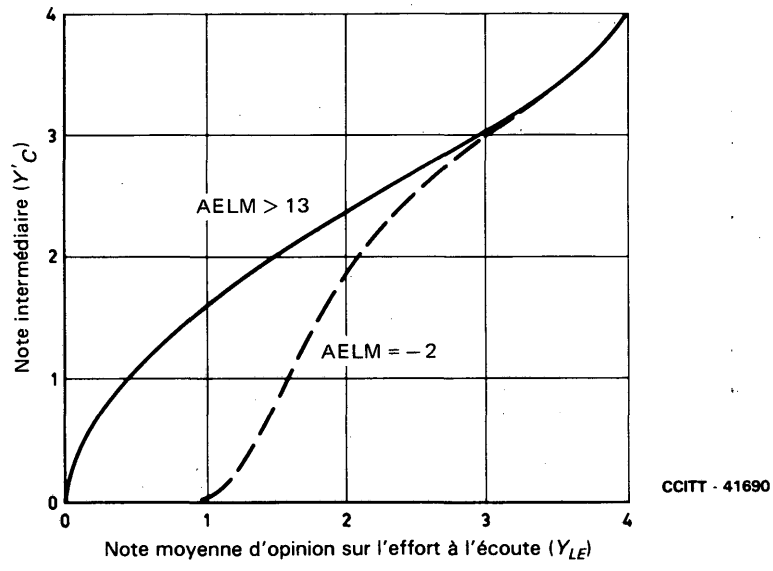


FIGURE 2-6

Note intermédiaire en fonction de la note d'opinion à l'écoute

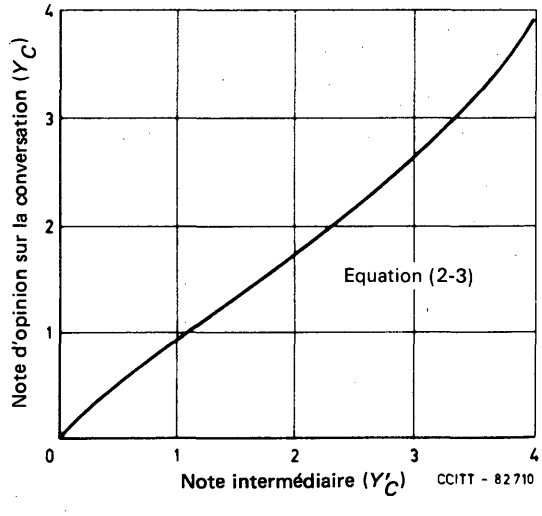


FIGURE 2-7

Note d'opinion sur la conversation en fonction de la note intermédiaire

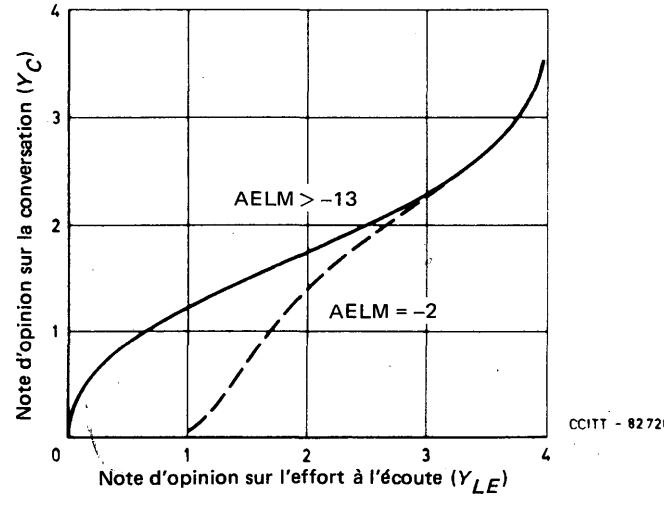


FIGURE 2-8

Note d'opinion sur la conversation en fonction de la note d'opinion à l'écoute

2.8 *Evaluation d'autres mesures subjectives de la qualité de transmission*

On a mis au point des relations pour différentes dichotomies de l'échelle d'opinion – par exemple, proportion des notes supérieures à 2 (notes correspondant à «excellent» ou «bon») – et pour le pourcentage de réponses positives à la question «difficulté» dans le Supplément n° 2.

Par exemple, le pourcentage «difficulté» est représenté par la formule

$$\ln\left(\frac{D}{1-D}\right) = -2{,}3\ \ln\left(\frac{Y_C}{4-Y_C}\right)$$

où

$D \times 100 = \%D.$

Ces relations ne sont cependant satisfaisantes que pour certains types de dégradations; leur examen se poursuit.

2.9 *Correspondance entre les valeurs calculées et les valeurs observées*

Pour des communications symétriques, à condition d'exclure de très hauts niveaux d'effet local et de bruit de salle, le modèle concorde assez bien avec les résultats d'essais de conversation en laboratoire effectués au Royaume-Uni. Les plus récents essais en laboratoire montrent pour les niveaux vocaux et, par conséquent, les notes d'opinion, une tendance à la baisse par rapport aux résultats antérieurement observés, mais les relations entre les conditions de circuit n'en sont pas très perturbées. On croit, bien que cela ne soit pas encore tout à fait établi, que les mêmes relations demeurent valides pour d'autres populations de sujets – en particulier pour la population des usagers habituels de British Telecom – même si d'autres populations de sujets ou d'autres méthodes expérimentales peuvent conduire à des notes d'opinion différentes en valeur absolue.

On ne dispose que relativement peu de résultats d'expériences portant sur des communications asymétriques, mais ces résultats indiquent que le modèle prévoit une trop grande divergence entre les deux extrémités de la communication – surtout pour V_C, à un degré moindre que pour Y_C. Il est proposé d'introduire une caractéristique de réaction pour réduire la divergence entre les deux valeurs de V_C, mais il faudra veiller à ce qu'il n'en résulte pas une trop grande réduction de la divergence pour Y_C. Dans l'annexe A, la communication fictive de référence 4 donne un exemple de calculs CATNAP pour une série de communications avec affaiblissements asymétriques: comparer ces prévisions avec celles données en [30].

On a comparé des prévisions de Y_C et V_C établies avec CATNAP et CATNAP83 avec les résultats d'un certain nombre d'essais de conversation effectués au Royaume-Uni depuis 1976. Le degré de concordance est résumé dans le tableau 2.1.

TABLEAU 2-1

Comparaison des résultats observés (O) et prévus (P) pour deux modèles

Programme	Type de connexion	Nombre de conversations	Ecarts (O – P)			
			Moyenne		Valeur quadratique moyenne	
			V_C	Y_C	V_C	Y_C
CATNAP	Seulement symétrique	680	−0,8	−0,29	4,1	0,41
CATNAP	Symétrique et asymétrique	883	−1,0	−0,22	3,8	0,38
CATNAP83	Seulement symétrique	680	−0,2	−0,02	4,0	0,26
CATNAP83	Symétrique et asymétrique	883	−0,4	+0,14	3,8	0,44

On constatera que l'on a obtenu l'amélioration de Y_C prévue pour des connexions symétriques moyennant une légère augmentation de l'écart quadratique moyen de Y_C lorsque les connexions asymétriques sont incluses. Mais compte tenu des futures modifications qui seront certainement nécessaires pour des prévisions convenables de la qualité de transmission des connexions asymétriques, il y a lieu pour le moment de s'en tenir principalement aux résultats obtenus pour des connexions symétriques.

2.10 *Incorporation de dégradations diverses*

2.10.1 *Distorsion de quantification MIC*

L'article décrit en [28] une méthode de traitement des effets de la distorsion de quantification dans les systèmes MIC. Il y est établi qu'une quantité Q, représentant en dB la valeur efficace du rapport parole/bruit de quantification, peut être évaluée, pour tout type spécifié de système MIC, en fonction du niveau vocal à l'entrée. On a constaté que l'effet subjectif d'une valeur donnée de Q est approximativement celui d'un niveau de bruit de circuit continu inférieur de G dB au niveau vocal,

$$G = 1{,}07 + 0{,}285\ Q + 0{,}0602\ Q^2.$$

Ainsi, pour une communication comportant des liaisons MIC, il faut inclure une évaluation du niveau de bruit équivalent dans le processus itératif qui détermine V_C: chaque approximation successive de V_C conduit à une nouvelle valeur de Q, d'où une nouvelle valeur de G, d'où une nouvelle contribution au bruit de circuit à prendre en considération pour calculer la nouvelle valeur de Y_{LE}. Dans la pratique, ces modifications ont un effet négligeable, sauf si le niveau vocal à l'entrée du système MIC tombe au-dessous d'environ -25 dBV, ou si le bruit de circuit au même point est très élevé, ou encore si le niveau vocal à l'entrée est si haut (par exemple > -5 dBV) qu'il se produit une appréciable limitation de crête.

2.10.2 *Compression-extension syllabique*

On peut facilement traiter le cas d'un compresseur-extenseur syllabique 2/1 en trouvant un niveau de bruit continu subjectivement équivalent.

Soit S le niveau des signaux vocaux à l'entrée du compresseur et N le niveau de bruit (psophométriquement pondéré) qui se produit entre le compresseur et l'extenseur, S et N étant exprimés en dB par rapport au niveau non affecté. Les niveaux résultants à la sortie de l'extenseur seront alors ceux indiqués au tableau 2-2.

TABLEAU 2-2

	Parole	Bruit en même temps que la parole	Bruit en l'absence de parole
Niveau à l'entrée du compresseur	S	–	–
Gain du compresseur (dB)	–S/2	–	–
Niveau à la sortie du compresseur et à l'entrée de l'extenseur	S/2	N	N
Gain de l'extenseur (dB)	S/2	S/2	N
Niveau à la sortie de l'extenseur	S	N + S/2	2N
Niveau au même point en l'absence de compresseur	S	N	N
Amélioration	–	–S/2	–N

Il est à noter que les valeurs de S et de N étant normalement négatives, les améliorations sont positives. Tout bruit présent à l'entrée du compresseur sera présent au même niveau à la sortie de l'extenseur et se combinera par addition de puissance avec un autre bruit au même point.

La qualité de transmission subjectivement équivalente s'obtient en remplaçant le compresseur par un niveau de bruit continu satisfaisant aux conditions suivantes:

$$\begin{aligned} \text{amélioration totale} &= 1/3 \text{ (amélioration en présence de parole)} + \\ &\quad + 2/3 \text{ (amélioration en l'absence de parole)} \\ &= -S/6 - 2N/3 \end{aligned}$$

d'où

$$\begin{aligned} \text{niveau de bruit équivalent} &= N - \text{amélioration} \\ &= N + S/6 + 2N/3 = S/6 + 5N/3. \end{aligned}$$

Ce niveau de bruit est de nouveau calculé à partir de V_C pour chaque itération; il sert à calculer la prochaine valeur de Y_{LE}.

2.10.3 *Temps de propagation et écho*

L'audibilité et l'effet préjudiciable de l'écho peuvent être exprimés sous forme d'une fonction raisonnablement simple du temps de propagation et de l'équivalent pour la sonie sur le trajet d'écho; toutefois, le rôle plus étendu que jouent, dans la dégradation de la conversation, l'écho et le temps de propagation sur le trajet principal ne peut actuellement que faire l'objet d'une estimation *ad hoc* fondée sur la performance connue de conditions de circuit dans des parties voisines de la gamme étudiée. Des mesures sont prises pour développer le modèle dans ce sens, compte tenu également de l'interaction du temps de propagation et de l'écho ainsi que de l'effet local et de la distorsion de non-linéarité.

2.10.4 *Diaphonie*

La partie «force des sons» du modèle peut servir à évaluer, pour différents affaiblissements, l'audibilité de la diaphonie; cette partie permet donc de trouver l'affaiblissement nécessaire pour réduire la diaphonie à un niveau inaudible ou acceptable.

2.11 *Utilisation pratique du modèle*

Au niveau académique ou à celui de la recherche, un modèle de ce type sert essentiellement à faciliter la compréhension des principes fondamentaux de la télécommunication entre les êtres humains et à trouver les moyens d'améliorer les techniques appliquées dans les systèmes de télécommunications.

Au niveau de la pratique, le principal avantage du modèle est de coder avec beaucoup d'économie les données concernant la qualité de transmission des communications téléphoniques, ce qui permet de se dispenser de tabulations ou de graphiques longs et complexes. Pour les communications où n'apparaissent que des dégradations «naturelles», le programme CATNAP facilite beaucoup l'emploi courant du modèle. L'usager de ce programme peut tout ignorer de la théorie, à part la signification des termes et des symboles utilisés; normalement, il n'a besoin de procéder à aucune mesure spéciale. Les communications sont spécifiées en termes de quantités et d'éléments normalisés: niveaux de bruit, appareils téléphoniques de types particuliers, longueurs de câble avec indication de la résistance et de la capacité au km, lignes d'affaiblissement avec indication de l'affaiblissement, etc. A partir de ces données, le programme procède à tous les calculs nécessaires et une unité imprime les évaluations de force des sons, les niveaux des signaux vocaux et les notes d'opinion (Y_{LE} et Y_C). La sortie imprimée peut, sur demande, comporter des renseignements plus détaillés.

Il serait évidemment possible de dresser un large tableau de résultats couvrant une grande variété de communications, mais ce tableau serait alors soit de dimensions incommodes, soit d'une valeur limitée par le choix de valeurs fixes et arbitraires pour de nombreuses variables. Dans les deux cas on perdrait l'avantage offert par le modèle: information codée avec économie et obtention sur demande de la partie requise, et uniquement de cette partie.

CATNAP peut aussi être utilisé dans le sens inverse. Supposons que l'on souhaite trouver la valeur d'une variable quelconque de la communication (variable indépendante) qui donnera à l'une des variables dépendantes une valeur donnée. Par passages du programme avec différentes valeurs de la variable indépendante, on identifie une région dans laquelle se trouve la valeur requise; les calculs peuvent alors se répéter à intervalles de plus en plus serrés jusqu'à ce que l'on repère avec une précision suffisante la valeur voulue. Par exemple, quand tous les éléments, à l'exception de la ligne locale, demeurent fixes, on peut trouver la longueur de ligne (pour le type de câble en question) qui donnera des valeurs d'EGS inférieures à une quelconque valeur maximale spécifiée ou des valeurs de Y_C supérieures à une quelconque valeur minimale spécifiée. Il est certainement possible d'ajuster plus d'une variable dépendante, mais il faudra alors plus de travail pour trouver les combinaisons qui satisfont au critère.

Ces possibilités sont d'une évidente utilité.

3 Calcul de la qualité de transmission à partir de mesures objectives par la méthode d'indice d'information (Contribution de la France)

3.1 *Introduction; type de modèle*

La référence [31] décrit la théorie de l'indice d'information. On peut calculer cette quantité à partir des résultats de mesures objectives et de quelques données fondamentales sur la parole et l'audition. Parmi les facteurs énumérés dans la Question 7/XII [32], le modèle tient compte de l'affaiblissement, du bruit de circuit, du bruit de salle, de la distorsion d'affaiblissement, de l'effet local et de diverses distorsions qui se produisent en transmission numérique (Question 18/XII). L'effet d'autres formes de distorsion de non-linéarité est à l'étude.

Ce modèle appartient au second type mentionné en [33] et dans le § 2.1 du présent Supplément, puisqu'il reflète les relations de cause à effet de l'entrée (propriétés de la communication considérée, environnement acoustique, certaines propriétés de la parole et de l'ouïe) à la sortie (information mutuelle transmise entre le locuteur et l'auditeur). Le présent § 3 ne décrit que la méthode suivie en pratique pour calculer l'indice d'information. Comme on le montre, le document cité en [31] et dans les tableaux 3-4 et 3-7, les valeurs ainsi calculées sont fortement corrélées aux résultats d'essais subjectifs d'opinion effectués dans plusieurs pays.

3.2 *Application à la transmission numérique*

3.2.1 *Définitions*

Le tableau 3-1 définit les divers rapports signal/bruit à considérer (en dB).

TABLEAU 3-1

Notations		Définitions
Remarque 1	Remarque 2	
Q_M	Q, Q_j	Rapport signal/bruit, maintenu constant par un ARBM (appareil de référence pour le bruit modulé)
Q_{seg}	Q_s	Rapport signal/bruit ou signal/distorsion segmental (moyenne en dB des rapports calculés sur des segments de 16 ou 32 ms)
Q_P		Rapport (en dB) de la puissance moyenne du signal à la puissance moyenne du bruit ou de la distorsion, pour un bruit corrélé à la parole

Remarque 1 – Dans toute la bande transmise.

Remarque 2 – A la fréquencee f_j.

Soit s le signal vocal originel et r le signal restitué, on a:

$$Q_P = 10 \log_{10} \left[\sum s^2 \,/\, \sum (s - r)^2 \right] \text{ dB} \qquad (3\text{-}1)$$

Si les sommes sont prises sur toute une émission de parole, Q_P n'est pas un critère satisfaisant de qualité; pour une fréquence d'échantillonnage de 8 kHz, on a:

$$Q_{seg} = \frac{1}{M} \sum_{m=0}^{M-1} 10 \log_{10} \frac{\sum_{j=1}^{128} s^2 (j + 128\, m)}{\sum_{j=1}^{128} [s (j + 128\, m) - r (j + 128\, m)]^2} \text{ dB} \qquad (3\text{-}2)$$

où M est le nombre de segments de 16 ms.

Pour déterminer Q_s, on calcule les spectres du signal (s) et de la distorsion ($s - r$) sur 256 échantillons de 32 ms et on les divise entre les bandes de fréquences appropriées. On calcule ensuite le rapport signal/distorsion segmental dans chaque bande.

3.2.2 *Formules fondamentales*

L'indice d'information I_I (en dB), défini en [31], est donné par la formule:

$$I_I = \sum_j B_j \times V_j \tag{3-3}$$

avec

$$V_j = \frac{3}{0{,}10 + 10^{-(Q_j + C_j)/10}} \tag{3-4}$$

B_j est le poids attribué à la bande d'ordre j; $C_j = 10 \log_{10} (f_j/\Delta f_c)$, Δf_c étant la largeur de bande critique.

Le tableau 3-2 donne les valeurs de B_j et de C_j pour les bandes utilisées dans l'exemple du § 3.2.4; elles sont reproduites aux lignes 70 et 80 de l'appendice I. Les lignes 180 à 370 de l'appendice II donnent ces valeurs pour les fréquences préférées de l'ISO (espacées d'un tiers d'octave) de 0,1 à 8 kHz, dans les colonnes BJ et CJ.

TABLEAU 3-2

Pondération en fréquence

j	Bandes d'égale netteté Fréquences extrêmes (Hz)		$B_j \times 10^5$	C_j (dB)
1	200	330	5 457	4,1
2	330	430	4 733	5,6
3	430	560	6 682	6,4
4	560	700	7 497	6,9
5	700	840	6 546	7,4
6	840	1 000	6 622	7,8
7	1 000	1 150	5 585	8,0
8	1 150	1 310	5 400	8,0
9	1 310	1 480	5 273	8,2
10	1 480	1 660	5 117	8,2
11	1 660	1 830	4 517	8,2
12	1 830	2 020	4 706	8,2
13	2 020	2 240	5 073	8,2
14	2 240	2 500	5 561	8,2
15	2 500	2 820	6 310	8,2
16	2 820	3 200	6 886	8,1
	TOTAL		102 158	

3.2.3 *Relations entre rapports signal/bruit dans le cas de la transmission numérique*

Dans le cas d'un ARBM ou d'un ARBM masqué, d'après leur principe de fonctionnement $Q_s = Q_j$ et l'on peut appliquer directement la formule (3-4) si l'on connaît Q_s dans chaque bande.

On applique aux codeurs numériques la loi d'équivalence des lignes 150 à 170 de l'appendice I. Elle dépend de deux paramètres, K_1 et $d = Q_{seg} - Q_p$. Des calculs numériques ont montré que cette loi est valable à la fois pour la MIC ($K_1 = 5{,}2$; $d = 0$) et pour la parole naturelle ($K_1 = 5{,}2$; $d = -5{,}3$) [31]. L'exemple du § 3.2.4 montre qu'elle donne des résultats cohérents pour divers types de codeurs.

3.2.4 *Programme et exemple d'application*

L'appendice I reproduit le programme utilisé.

Le tableau 3-3 indique les valeurs mesurées des rapports signal/bruit définis ci-dessus pour des ARBM et pour des codeurs variés, ainsi que les valeurs d'indice d'information calculées d'après ces résultats et les notes moyennes d'opinion (NMO) à l'écoute déterminées au Laboratoire du CNET [34].

Le tableau 3-4 montre la corrélation entre ces NMO et l'indice d'information (voir le tableau 3-3) et avec mesures objectives de qualité de transmission qui ont été proposées.

3.3 *Application à la transmission analogique*

3.3.1 *Généralités; emploi du programme*

On expliquera le calcul de l'indice d'information dans le cas de la transmission analogique, en se référant au programme reproduit comme appendice II. Celui-ci s'applique à une communication comprenant deux postes téléphoniques du type NTT 600 (avec lignes d'abonné de 7 dB), un filtre SRAEN et un affaiblissement réglable. Dans le § 3.4, on discute l'écriture du programme correspondant pour d'autres types de communication.

On se sert du programme de la façon suivante:

a) entrer RN, STMR, ICN_0 définis aux lignes 30 à 60, taper «L», entrer OLR; lire IN = indice d'information (à l'écoute);

b) si l'on a besoin de I_c [5] (indice d'information en conversation), taper «C»; lire IN = I_c;

c) taper «T».

3.3.2 *Données*

Les lignes 170 à 370 du programme.

Les lignes 180 à 370 correspondent à des fréquences espacées d'un tiers d'octave, de 0,1 à 8 kHz.

3.3.2.1 *Données de base*

Celles-ci ne dépendent pas du type de poste téléphonique employé.

BK = seuil d'audition pour des sons à spectre continu (L_s, voir [31]), rapporté au point de référence oreille;

S = intensité spectrale (moyenne à long terme) de la parole au point de référence bouche; S + 0,4 dB correspond à un niveau vocal −4,7 dB/1 Pa;

BJ = pondération en fréquence (voir [31]);

CJ = terme correctif dans la formule (3-4) qui donne V_j.

3.3.2.2 *Caractéristiques électroacoustiques*

Elles dépendent de la communication considérée:

SRL = affaiblissement (émission + réception) du système local;

D1 = affaiblissement du filtre en ligne.

[5] Voir le tableau 3-5.

TABLEAU 3-3

Exemple des valeurs mesurées de Q (dB) et calculées I_I

Système		NMO (0 à 4)	Dans toute la bande		Q_s dans la bande n°															I_I (dB)
			Q_P	Q_{seg}	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
ARBM	15 dB	1,19	15	14,9	20,1	27,9	15,3	11,5	8,1	5,5	3,3	1,7	2,2	1,9	0,9	0,5	0,3	0,6	0,4	−0,6	17,1
	20	1,84	20	19,8	25,1	23	20,3	16,6	13,2	10,6	8,3	6,8	7,2	6,9	5,9	5,4	5,3	5,6	5,4	4,4	22,5
	25	2,44	25	24,9	30,4	28,5	25,6	21,3	17,5	15	12,6	10,8	11,4	11,1	10,1	9,6	9,5	9,8	9,4	8,2	25,2
	30	2,81	30	29,9	35,6	33,5	30,4	26,2	22,2	19,6	17,3	15,5	16,1	15,9	14,9	14,4	14,2	14,6	14,2	13	26,7
ARBMM	15	2,22	15,1	15,4	13,6	13,8	13,1	10,8	8,8	7,7	6,6	6	7,7	8,2	7,9	8,2	8,7	9,7	10,1	9,7	22,8
	20	2,59	20,1	20,4	18,6	18,9	18,1	15,7	13,6	12,5	11,5	10,8	12,5	13,1	12,8	13	13,6	14,7	15	14,6	25,8
	25	3,25	25,1	25,4	23,9	24,2	23,2	20,8	18,6	17,3	16,4	15,7	17,3	17,9	17,7	17,9	18,4	19,4	19,8	19,1	27,0
	30	3,31	30,1	30,4	29,1	29,3	28,2	25,8	23,4	22,2	21,2	20,5	22,1	22,8	22,5	22,7	23,1	24,1	24,5	23,9	27,4
F 16 kbit/s		0,81	14,2	11,4	15,2	13,5	10,8	7,3	4,1	1,7	−0,9	−2,1	−1,5	−1,9	−2,8	−3,3	−3,2	−2,5	−2,5	−2,7	16,6
24		1,59	20	17,7	21,7	19,8	17,4	13,9	10,6	8,1	5,9	4,7	5	4,5	3,8	3,5	3,1	3,6	3,4	2,8	23,4
32		2,59	25,2	22,8	27,1	25,4	22,6	19,2	16	13,7	11,4	10	10,3	9,8	9	8,6	8,4	8,8	8,5	7,9	26,0
V 16 kbit/s		2,03	12,8	14,5	16,2	14,2	11,9	8,6	6,1	4,2	2,5	1,9	2,6	2,2	2,1	2	2,4	2,8	2,9	2,8	24,3
24		3,06	19,7	21,8	25,1	23,2	20,6	17	14,1	11,8	9,3	8,2	8,8	8,3	7,3	7,1	7	7,7	7,7	7,2	26,7
32		3,28	25,7	28,3	32,1	30,1	27,6	24	20,5	18,3	15,6	14,4	14,8	14,3	13,3	13,1	12,8	13,3	13,2	12,3	27,4
SB 24 kbit/s		2,84	17,1	15	16,7	14,7	13	16,7	15,3	13,4	12,9	14,8	14,9	12,4	11,7	11,3	11,3	11,6	7,4	6,3	26,2
32		3,22	20,4	19,4	22,1	20	18,4	21,9	20,3	18,5	17,1	19,6	20	20,2	19,9	17,3	16,7	16,4	12,7	11,4	27,2

ARBMM ARBM masqué

F MICDA avec prédicteur fixe

V MICDA avec prédicteur variable

SB Codage en sous-bande

TABLEAU 3-4

Corrélation entre la NOM et diverses mesures objectives de la qualité de transmission dans le cas d'une transmission numérique

Mesure objective (voir la remarque)	Systèmes									
	Groupe B MIC, MDA, MICDA-F		Groupe A même chose que B + CTA APC – AB		Groupe F MICDA-F, MICDA-V		Groupe E même chose que F + codage en sous-bande		Groupe D même chose que E + ARBM ARBM masqué	
	R	S	R	S	R	S	R	S	R	S
Q_P (SNR)	0,798	0,578	0,803	0,559	0,687	0,680	0,590	0,711	0,650	
Q_{seg} (segment SNR)	0,950	0,301	0,894	0,430	0,906	0,396	0,725	0,606	0,720	
«Rapport probablement du type log»	0,943	0,213	0,924	0,341						
Distance cepstrale	0,954	0,208	0,929	0,331						
SNRF									0,884	
Indice d'information					0,994	0,101	0,993	0,102	0,976	0,175

Remarque – Notations du tableau 3-1; voir aussi la contribution COM XII-N° 8 (période d'études 1985-1988).

SNRF = Q_s fréquence pondérée

R = Coefficient de corrélation

S = Ecart type (par rapport à une NOM sur une échelle allant de 0 à 4 ou de 1 à 5)

SNR = Rapport signal/bruit

3.3.2.3 *Composantes du bruit*

On considère les composantes suivantes (qui dépendent de la communication):

BDFE = spectre du bruit à l'extrémité éloignée transmis par le poste qui s'y trouve;

BDCN = spectre du bruit de circuit;

BDST = spectre du bruit à l'extrémité proche transmis par la voie d'effet local;

BDEL = spectre du bruit à l'extrémité proche transmis par la fuite entre l'oreille et le pavillon de l'écouteur.

Les données des lignes 180 à 370, correspondant à une communication type, sont:

FE = BDFE calculé pour RN = 50 dBA et un équivalent pour la sonie global (OLR), selon la Recommandation P.79, de 5 dB;

CN = BDCN calculé pour $ICN_0 = -60$ dBmp;

ST = BDST calculé pour RN = 50 dBA et STMR = 15 dB;

EL = BDEL calculé pour RN = 50 dBA.

Les calculs ont été effectués [35] à partir des caractéristiques en fréquence qui figurent dans le document cité en [36] par une méthode semblable à celle qui a servi à déduire le tableau 3 du tableau 2 donné en [33].

3.3.3 *Calcul des rapports signal/bruit*

3.3.3.1 *Niveau du signal*

En premier lieu, OLR est corrigé s'il est inférieur à la valeur optimale (appendice II, lignes 100 à 160). Cette valeur optimale est déterminée par un sous-programme (lignes 720 à 810) qui est semblable à celui utilisé pour les formules données en [38], mais qui a été adapté aux résultats des essais subjectifs d'opinion figurant en [36].

3.3.3.2 *Rapport signal/bruit* (lignes 425 à 440)

On prend la somme des puissances des composantes du bruit et l'on obtient ainsi le rapport signal/bruit Z_n.

3.3.3.3 *Influence des seuils* (lignes 450 à 480)

On calcule Z_a (voir le document cité en [31]) d'où l'on déduit le rapport signal/bruit équivalent Z_e. La résultante Z est obtenue par addition en puissance des bruits correspondant à Z_n et à Z_e.

3.3.4 *Indice d'information pour un niveau vocal constant I_L*

L'équivalence entre Z et Q est déduite de la colonne «Japon» du tableau 1 donné en [37], ensuite V est calculé à chaque fréquence (lignes 650 à 700) et l'on obtient IN à l'écoute (lignes 500 à 550).

3.3.5 *Indice d'information en conversation, I_c*

En premier lieu (lignes 90 et 560 à 610), la puissance vocale est modifiée pour tenir compte de l'influence de l'effet local sur le locuteur, comme dans le § 2.7.

On ajoute une seconde correction (ligne 620), comme expliqué en [31]. L'application du présent modèle à des postes téléphoniques de type 13-2P-27 en utilisant la loi d'équivalence mentionnée au § 3.3.4 donne:

$$V_c - V_L = 9{,}87 - 0{,}4085\ I_L$$

3.3.6 *Exemples*

Le tableau 3-5 indique les NMO déterminées subjectivement dans deux essais (un à l'écoute, l'autre en conversation) pour les mêmes conditions, selon [36], et les indices d'information calculés pour ces conditions.

Le tableau 3-6 indique les NMO déterminées pour diverses conditions de bruit et les indices d'information à l'écoute correspondants.

Le tableau 3-7 montre la corrélation qui existe entre la NMO et les valeurs d'indice d'information indiquées dans les tableaux 3-5 et 3-6, ainsi que les résultats de calculs similaires effectués avec des postes téléphoniques de type 13-2P-27.

TABLEAU 3-5

Indice d'information I pour des postes téléphoniques NTT 600 (ligne de 7 dB) avec filtre SRAEN, STMR = 7,1 dB et notes d'opinion dans les essais 2 et 6

RN (dBA)	CN (dBmp)	ICN_0 (dBmp)	OLR (dB)	Y_L	I_L (dB)	Y_C	I_C (dB)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
60	−62,1	−58,2	1,4	3,13	23,48	2,94	23,37
			11,4	2,5	22,75	2,34	22,50
			21,4	2,31	19,44	1,58	19,52
			31,4	0,65	12,28	0,2	15,13
60	−59,8	−55,9	1,4	3,1	23,52		
			11,4	2,91	22,73		
			21,4	1,75	19,35		
			31,4	0,8	12,02		
60	−55,8	−51,9	1,4	2,83	23,59	2,99	23,38
			11,4	2,75	22,65	2,39	22,39
			21,4	1,79	19,03	1,28	19,20
			31,4	0,5	11,24	0,43	14,71
60	−51,4	−47,5	1,4	3,06	23,66	3,08	23,43
			11,4	2,24	22,44	2,17	22,16
			21,4	1,05	18,27	1,29	18,64
			31,4	0,09	9,3	0,22	14,11
60	−45,6	−41,7	1,4	2,31	23,64	2,63	23,37
			11,4	1,4	21,67	1,73	21,39
			21,4	0,64	16,2	0,77	17,23
			31,4	0,05	5,57	0,13	12,08

Signification des valeurs figurant dans les colonnes

(1) Bruit de salle, dBA

(2) Bruit de circuit à l'entrée du système récepteur, dBmp

(3) ICN_0 = CN + 3,9 dB

(4) Equivalent pour la sonie global (Recommandation P.79)

(5) Note moyenne d'opinion à l'écoute (sur une échelle de 0 à 4), essai 2 de [36], page 4-4

(6) Indice d'information à l'écoute (position L de l'appendice II)

(7) NMO en conversation, essai 6 de [36], page 4-9

(8) Indice d'information en conversation (position C de l'appendice II)

TABLEAU 3-6

Indice d'information (I_L) à l'écoute pour des postes téléphoniques NTT 600 (ligne de 7 dB) avec filtre SRAEN, STMR = 7,1 dB et notes d'opinion à l'écoute dans l'essai 4

RN (dBA)	CN (dBmp)	ICN_0 (dBmp)	OLR (dB)	Y_L	I_L (dB)
0	(voir la remarque)	−100 (voir la remarque)	−3,6	2,30	22,87
			1,4	2,83	23,40
			6,4	3,26	23,85
			11,4	2,92	23,55
			16,4	2,59	23,05
			21,4	2,12	22,45
			26,4	1,89	21,73
			31,4	1,23	20,91
60	−55,8	−51,9	−3,6	2,61	22,78
			1,4	2,94	23,59
			6,4	3,00	23,51
			11,4	2,38	22,65
			16,4	1,80	21,24
			21,4	1,41	19,03
			26,4	0,91	15,95
			31,4	0,44	11,44
60	−56,9	−53	1,4	3,20	23,57
			11,4	2,53	22,68
			21,4	1,24	19,15
			31,4	0,24	11,51
50	−55,8	−51,9	1,4	3,21	23,88
			11,4	2,64	23,24
			21,4	1,58	21,04
			31,4	0,35	15,94
45	−64,9	−61	1,4	3,23	23,77
			13,4	2,62	23,24

Remarque – Dans ce cas, il n'y avait pas de bruit de circuit au cours des essais d'opinion, mais un bruit correspondant à CN = −76,9 (ICN_0 = −73) est utilisé dans le modèle OPINE. Pour l'évaluation de l'indice d'information, on peut utiliser une valeur de bruit arbitraire et très faible.

TABLEAU 3-7

Corrélation entre la NOM et l'indice d'information dans le cas d'une transmission analogique

Type de connexion	Gamme de conditions (voir la remarque)			Type de NOM	Coefficient de corrélation	Ecarts par rapport à *Y*	
	RN (dBA)	ICN_0 (dBmp)	OLR (dB)			Erreur type	Ecarts extrêmes
Poste téléphonique NTT 600 avec filtre SRAEN	0 à 60	$-\infty$ et -61 à -52	$-3,6$ à $+31,4$	Y_L	0,978	0,15	$-0,34 + 0,31$
	60	$-58,2$ à $-41,7$	$+1,4$ à $+31,4$	Y_C	0,977	0,16	$-0,32 + 0,32$
Poste téléphonique 13-2P-27 + atténuateur	50	$-\infty$ et -71 à -49	$+4$ à $+48$	Y_C	0,995	0,07	$-0,17 + 0,16$

Remarque – Les notations se trouvent dans l'appendice II.

3.4 *Possibilités d'extension*

3.4.1 *Caractéristiques en fréquence*

L'appendice II donne un exemple qui est expliqué dans le § 3.3 ci-dessus. Si l'on emploie d'autres types de postes, de réseaux d'équilibrage, de lignes d'abonné ou de filtres en ligne, il faut modifier en conséquence les données correspondantes dans l'appendice II et recalculer les données relatives aux bruits. On doit en faire autant dans le modèle du § 2.4 et ceci est expliqué en [33].

On doit recalculer OLR et STMR, pris comme variables indépendantes, conformément à la Recommandation P.79.

3.4.2 *Communications comprenant des processus numériques*

Le § 3.2 ci-dessus et l'appendice I s'appliquent à des cas où la parole est au voisinage de son niveau optimal, en vue de comparer divers codeurs dans de telles conditions. Si les codeurs produisent une mutilation appréciable, on doit calculer la perte d'information due à cet effet et déterminer la valeur correspondante de Q comme il est expliqué en [31].

De toute façon, quand une communication dans un réseau téléphonique comprend des processus numériques, on doit déterminer les valeurs correspondantes de Q_m dans chaque bande de fréquences et les composer avec la valeur de Q dans l'appendice II, par addition des puissances des bruits et des distorsions.

4 Modèle d'indice de qualité globale pour l'évaluation de la qualité d'un réseau (OPINE)
(contribution de NTT)

4.1 *Introduction*

La NTT a étudié un modèle objectif permettant d'évaluer la qualité de la transmission téléphonique [39], [40], [41], [42]. Le présent § 4 décrit le modèle appelé OPINE (modèle d'indice de qualité globale pour l'évaluation de la qualité d'un réseau), notamment son utilisation pratique.

L'OPINE tient compte de l'affaiblissement de transmission, du bruit de circuit, du bruit de salle, de la distorsion d'affaiblissement en fonction de la fréquence (facteurs fondamentaux), de la distorsion de quantification, de l'écho pour la personne qui parle et de l'effet local. Il représente sous forme de modèle le processus psycho-auditif de l'évaluation de la qualité de transmission téléphonique par des êtres humains sur la base de ces facteurs. Il correspond donc au deuxième type de modèle de la classification du § 2 (British Telecom). Le principe de base du modèle est que l'évaluation des facteurs psychologiques (et non des facteurs physiques) dans l'échelle psychologique est additive. Après la première révision, le modèle a été développé pour tenir compte de facteurs physiques additionnels.

En 1983 [39], le modèle OPINE a tout d'abord été élaboré pour des facteurs fondamentaux. Les données utilisées dans l'essai d'opinion pour l'établissement et la vérification de coefficients dépendaient largement des résultats de l'expérience menée chez NTT ECL, à Musashino en 1975. L'objectif principal était d'étudier la note d'opinion en tant que mesure de la qualité de la parole, et en tant que norme de transmission téléphonique. Les références [40] et [43] décrivent les données brutes. Il s'agissait d'une expérience de grande envergure qui tenait compte de divers facteurs et utilisait un poste téléphonique du type NTT 600.

En 1985, des essais d'opinion ont été effectués pour la distorsion de quantification. Une version plus récente du modèle qui traitait également de la distorsion de quantification a été établie et vérifiée [41].

D'autres essais d'opinion portant sur l'écho pour la personne qui parle et l'effet local ont été menés parallèlement [44], [45]. Une étude des caractéristiques d'évaluation de l'écho pour la personne qui parle et de son interaction avec la sonie a eu lieu ultérieurement.

En 1986, la révision 2.0 de l'OPINE a été effectuée [43] et tous les paramètres ont été réécrits en fonction de l'équivalent pour la sonie (ES). Cette révision a été améliorée et mise à jour sous le numéro 2.1. Les points qui ont été améliorés dans la révision 2.1 sont les suivants (ce sont des changements mineurs):

- Δf a été corrigé pour être compatible avec celui de la Recommandation P.79.
- Dans la révision 2-0, une imperfection sans gravité du programme Fortran a été éliminée.

Lors de l'étude de la configuration du modèle, on s'est également penché [46] sur les caractéristiques psychologiques de l'évaluation subjective, en utilisant comme variables l'affaiblissement de transmission et le bruit de circuit. Les principales conclusions ont été les suivantes:

- La note d'opinion donne une bonne reproductibilité si la conception expérimentale, le type de sujet et les autres conditions restent constants.
- La gamme des conditions d'essai influence considérablement la note d'opinion. La gamme des conditions relatives à l'affaiblissement influence particulièrement la note d'opinion absolue.

Malgré les conclusions ci-dessus, il faut définir à des fins pratiques ce qu'est une évaluation absolue pour un état de réseau donné.

C'est pourquoi, nous spécifions deux catégories d'essais d'opinion:

- une catégorie 1 dans laquelle la note reflète la valeur moyenne de l'évaluation du réseau pour des abonnés téléphoniques en général;
- une catégorie 2 qui donne une note relative qui est cependant sensible à un petit nombre de facteurs physiques donnés.

Dans l'essai de la catégorie 1, l'objectif est d'obtenir une note d'opinion absolue. C'est pourquoi, la gamme des conditions d'essai doit être similaire à celle qui est utilisée pour évaluer les dégradations dans les réseaux commerciaux actuels. En outre, plus les facteurs entrant en ligne de compte dans un essai d'opinion sont nombreux, et plus la note se rapproche d'une valeur absolue. Le nombre de sujets doit dépasser 60. L'essai de la catégorie 2 sert à étudier l'interaction entre plusieurs facteurs; il est plus pratique mais la note obtenue n'est pas absolue. Il est souhaitable que le métier du sujet soit lié au problème de la qualité de la parole.

Lors de l'établissement de l'OPINE en 1975, nous avons classé la base de données subjectives dans la première catégorie et les autres données dans la deuxième catégorie.

Les données subjectives recueillies après 1983 ont servi principalement à la vérification qualitative des caractéristiques additives d'évaluation compte tenu d'une échelle psychologique des différents facteurs.

Lors de l'extension de l'OPINE, on a modifié les coefficients de nouveaux facteurs afin qu'ils s'adaptent aux résultats de la note absolue de l'essai de la catégorie 1 effectué en 1975.

4.2 *Présentation du modèle*

Sur la base d'études précédentes, cinq facteurs psychologiques touchant à la qualité de la parole téléphonique ont été retenus:

1) distorsion de la parole pour la distorsion d'affaiblissement en fonction de la fréquence,
2) affaiblissement ou excès de sonie effective pendant la conversation,
3) bruit pendant les intervalles de conversation et les intervalles de non-conversation,
4) dégradation causée par l'écho pour la personne qui parle,
5) dégradation causée par l'effet local.

Pour chacun des facteurs ci-dessus, on a également introduit un indice de qualité (IQ) qui indique le degré de dégradation psychologique. La NOM est estimée à partir de l'indice de qualité globale (IQG) que l'on obtient en additionnant tous les IQ.

Pour calculer l'IQ de chaque facteur, on obtient des facteurs physiques pour la sonie, la distorsion, etc. et chaque IQ est transformé à l'aide d'une fonction appropriée. Ces fonctions sont déterminées de façon heuristique et les constantes nécessaires sont estimées à partir de données subjectives. Ces constantes traduisent le degré d'influence de chaque facteur sur l'évaluation. Le diagramme de bloc conceptuel l'OPINE est indiqué sur la figure 4-1. Le modèle comporte quatre parties: 1) calcul global électroacoustique, 2) obtention de paramètres d'audibilité, 3) obtention d'un indice de qualité et 4) obtention d'évaluation. Les chiffres marqués sur la figure 4-1 renvoient aux numéros (deuxième chiffre du numéro) des équations indiquées dans le § 4.3.

4.3 *Configuration de l'OPINE*

Tous les symboles sont classés en 5 types:

Type [A]: paramètres de modèles

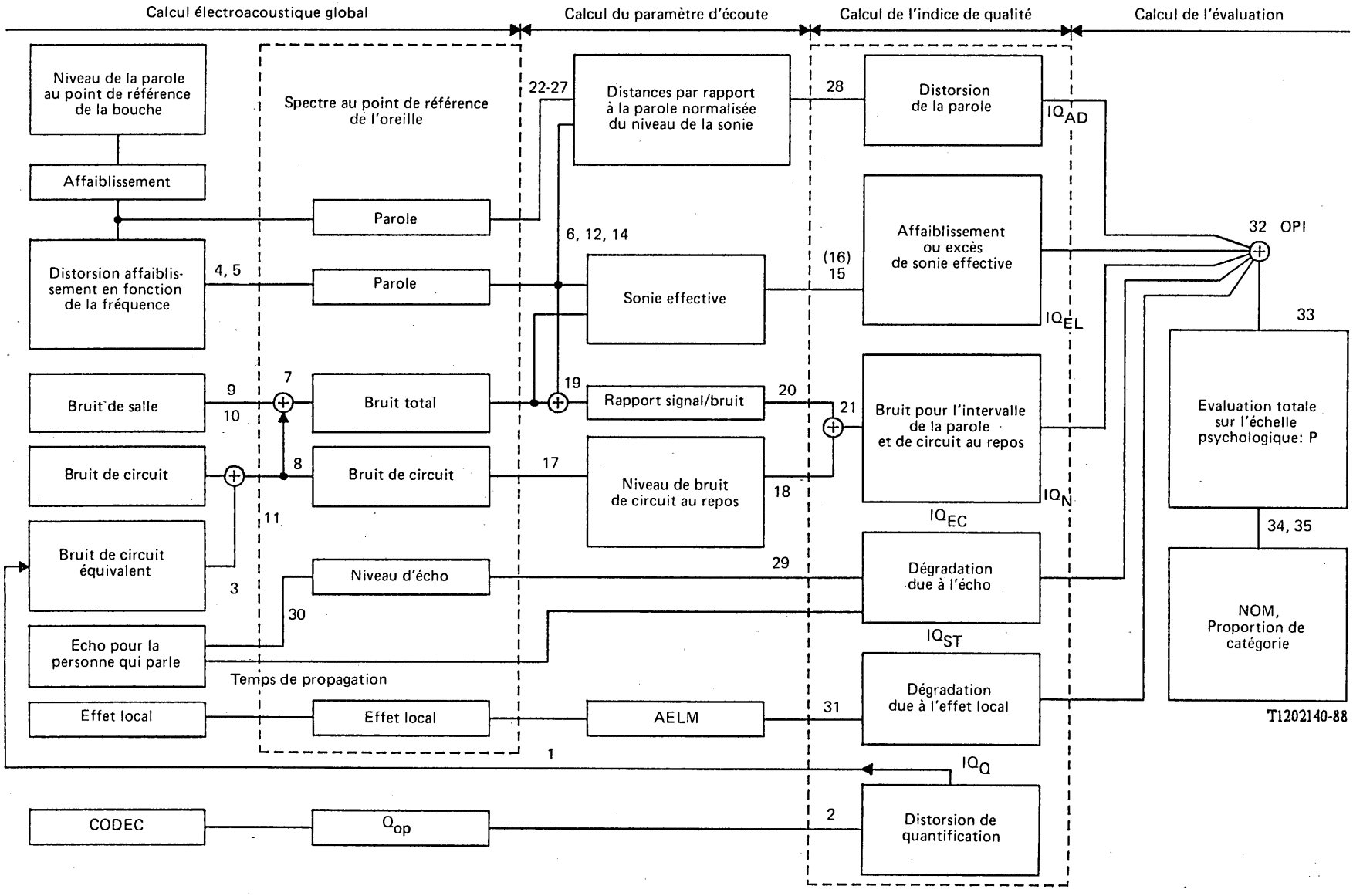
Type [A-1]: constantes ou coefficients adoptés d'après des normes

Type [A-2]: constantes ou coefficients adoptés pour l'OPINE d'après les résultats d'autres études

Type [A-3]: coefficients estimés d'après les résultats d'essais subjectifs de NTT

Type [B]: variables d'entrée faisant l'objet d'une description dans le présent § 4.3

Type [C]: sorties intermédiaires de l'OPINE faisant l'objet d'une description dans le présent § 4.3.



Les numéros ci-dessus représentent le 2e chiffre du numéro des équations données au § 4.3

FIGURE 4-1

Schéma simplifié du modèle OPINE

Les variables d'entrée du modèle et les valeurs de paramètres du modèle sont énumérées dans le § 4.4. Dans les équations ci-après, C_j (j = 1,13) représente les constantes (type [A-3]). Le suffixe i correspond au numéro de la bande de fréquences d'un tiers d'octave. Les relations entre les variables correspondant à chaque section sont indiquées sur les figures 4-3 à 4-10. La définition des symboles graphiques utilisés dans ces figures est indiquée sur la figure 4-2.

4.3.1 *Calcul électroacoustique global*

4.3.1.1 *Niveau subjectif équivalent en bruit blanc de la distortion de quantification*

Le modèle donne une évaluation subjective caractéristique du CODEC sous la forme d'un rapport signal vocal subjectif équivalent/bruit corrélé à la parole (Q_{op}). On obtient le niveau équivalent en bruit blanc en utilisant les résultats de l'essai d'opinion subjectif pour la référence de bruit modulé (RBM). Si le Q_{op} d'un certain CODEC ou sa connexion en cascade est connu, il est possible d'utiliser la valeur en tant qu'entrée. Les divers CODECS et Q_{op} adoptés ici sont indiqués dans le tableau 4-1.

$$IQ_Q = -0{,}0000218\ Q_{op}^3 + 0{,}00489\ Q_{op}^2 - 0{,}283\ Q_{op} + 4{,}915 \tag{4-1}$$

$$V_{Wop} = -2{,}022 IQ_Q^3 - 7{,}51 IQ_Q^2 + 21{,}9 IQ_Q - 76{,}9 - (EGS - 6{,}4) - (ESR + 3{,}8) \tag{4-2}$$

$$V_{CQ} = V_C\,(+)\,V_{Wop} \tag{4-3}$$

TABLEAU 4-1

Valeurs de Q_{op} pour MIC et MICDA$_v$

Système de transmission	Q_{op}
MIC μ-255, 8 bits	36,0
7	32,8
6	27,7
5	22,5
4	16,7
MICDA$_v$	29,2

où:

(+) représente l'opération de somme de puissances

Type [B] symboles

Q_{op} est l'équivalent en note d'opinion du rapport parole sur bruit corrélé à la parole (dB)

V_C est le niveau du bruit de circuit à l'entrée du circuit téléphonique de réception (dBmp)

EGS est l'équivalent global pour la sonie du système téléphonique considéré (dB)

ESR est l'équivalent pour la sonie à la réception du système téléphonique considéré (dB).

Type [C] symboles

V_{Wop} est le niveau subjectif de bruit blanc équivalent (IQ) à l'entrée du circuit téléphonique local de réception (dBmp)

IQ_Q est l'IQ pour la distorsion de quantification

V_{CQ} est le niveau du bruit de circuit équivalent lorsqu'il y a simultanément un bruit de circuit et une distorsion de quantification (dBmp).

Remarque – Lorsque le système numérique n'est pas considéré comme étant dans des conditions d'essai, les équations (4-1) et (4-2) ne sont pas nécessaires et l'on attribue à V_{Wop} un faible niveau arbitraire tel que –100 dB dans l'équation (4-3).

4.3.1.2 *Niveau de la parole et niveau de bruit total au point de référence oreille (PRO)* (voir aussi l'annexe C)

$$S_i = B_{Si} - L_{MEi} + 10 \log_{10} \Delta f_i \quad (4\text{-}4)$$

$$S_{Pi} = B_{Pi} - L_{MEi} \quad (4\text{-}5)$$

$$X_i = B_{0i} - K_i \quad (4\text{-}6)$$

$$N_i = N_{CQi} (+) N_{RNSTi} (+) N_{RNEi} + 10 \log_{10} \Delta f_i \quad (4\text{-}7)$$

$$N_{CQi} = V_{CQi} + S_{JEi} \quad (4\text{-}8)$$

$$N_{RNSTi} = B_{RNi} + L_{RNSTi} \quad (4\text{-}9)$$

$$N_{RNEi} = B_{RNi} + L_{RNEi} \quad (4\text{-}10)$$

$$N'_{CQi} = N_{CQi} + 10 \log_{10} \Delta f_i \quad (4\text{-}11)$$

où:

(+) somme de puissances

Type [A-1] symboles

B_{Si} est la densité spectrale des signaux vocaux rapportée au point de référence bouche (PRB) (en dB par rapport à 20 µPa/Hz)

Δf_i est la largeur de bande de fréquences d'un tiers d'octave préférée de l'ISO (Hz).

Type [A-2] symboles

B_{Pi} est le niveau du spectre maximal de la parole au PRB (en dB par rapport à 20 µPa/Hz)

X_i est le seuil de perception d'un son continu par rapport au PRO (en dB par rapport à 20 µPa/Hz)

B_{0i} est le seuil de perception d'une tonalité pure (en dB par rapport à 20 µPa/Hz)

K_i est la largeur de bande critique (dB)

L_{RNEi} est l'affaiblissement de transmission dû à une perte acoustique au PRO de la personne qui écoute (dB).

Type [B] symboles

L_{MEi} est l'affaiblissement global de bouche à oreille (dB)

S_{JEi} est l'efficacité à la réception d'un circuit téléphonique local entre l'entrée électrique et le PRO (en dB par rapport à Pa/V)

B_{RNi} est la densité du spectre du bruit de salle (en dB par rapport à 20 µPa/Hz).
L'évaluation pondérée par A de B_{RNi} devient R_N (dBA)

L_{RNSTi} est l'affaiblissement de transmission dû à l'effet local entre un PRB et un PRO (dB)

V_{CQi} est le niveau de bruit de circuit équivalent lorsqu'il y a simultanément un bruit de circuit et une distorsion de quantification (dBV/Hz).

L'évaluation pondérée psophométrique de V_{CQi} devient V_{CQ}.

Type [C] symboles

S_i est le niveau du spectre de bande du son vocal au PRO (en dB par rapport à 20 µPa)

S_{Pi} est le niveau maximal du spectre du son vocal au PRO (en dB par rapport à 20 µPa/Hz)

N_i est le niveau de bruit de bande total au PRO (en dB par rapport à 20 µPa)

N_{CQi} est le niveau de bruit causé par un bruit de circuit stationnaire et une distorsion de quantification au PRO (en dB par rapport à 20 μPa/Hz)

N'_{CQi} est le niveau de bande de N_{CQi} (en dB par rapport à 20 μPa)

N_{RNSTi} est le niveau de l'effet local causé par un bruit de salle au PRO (en dB par rapport à 20 μPa/Hz)

N_{RNEi} est le niveau de bruit de salle perçu par l'intermédiaire d'une fuite de l'écouteur (en dB par rapport à 20 μPa/Hz).

4.3.2 *Calcul des paramètres d'écoute et de l'indice de qualité (IQ)*

4.3.2.1 *IQ_{EI} (IQ en présence d'affaiblissement ou d'excès de sonie effective)*

$$\lambda_E = C \sum_{i=1}^{M} 10^{\frac{-m(L_{MEi} + b_n)}{10}} G_i \Delta f_i \quad \text{(tirée de la Recommandation P.79)} \tag{4-12}$$

$$b_n = 44{,}38 \exp(-0{,}0869\ e_n) \tag{4-13}$$

$$e_n = \left[S_{Pi} - \left\{ X_i (+) (N_i - 10 \log_{10} \Delta f_i) \right\} \right]_{\max} \tag{4-14}$$

$$IQ_{EL} = \sqrt{\frac{C_2}{C_1} \left(10 \log_{10} \frac{\lambda_E}{\lambda_0} \right)^2 + C_2} - \sqrt{C_2} \tag{4-15}$$

où:

max est un suffixe désignant la valeur maximale dans les bandes passantes.

Type [A-1] symboles

G_i est le rapport de la sonie pour la bande de fréquences i dans un système sans affaiblissement par la sonie totale (fonction de la sonie)

Δf_i est la largeur de la $i^{\text{ème}}$ bande de fréquences (Hz)

m est le coefficient exponentiel de l'oreille (= 0,175)

M est le nombre de bandes subdivisées (= 19).

Type [A-3] symboles

λ_0 est la sonie optimale au point de référence oreille (PRO)

C est la constante. La valeur de C n'est pas nécessaire puisque C a été supprimé dans l'équation (4-15).

Type [B] symbole

L_{MEi} est la caractéristique de la fréquence d'affaiblissement de transmission du point de référence de la bouche (PRB) au point de référence oreille (PRO) (dB).

Type [C] symboles

IQ_{EL} est l'indice de qualité en fonction de la sonie en l'absence ou en présence de bruit

λ_E est la sonie réelle au point de référence oreille, compte tenu de l'effet du bruit

b_n est l'affaiblissement équivalent pour la sonie en présence de bruit (dB)

e_n est le niveau de crête de sensation maximal de la parole (dB).

4.3.2.2 *Expression de IQ_{EL} en fonction de l'équivalent pour la sonie (ES)*

L'équation (4-15) s'exprime théoriquement en fonction de l'équivalent pour la sonie. Le calcul de l'équation (4-16) à partir de l'équation (4-15) est représenté à l'annexe E.

$$IQ_{EL} = \sqrt{\frac{C_2}{C_1} m^2 (EGS + b_n - EGS_0)^2 + C_2} - \sqrt{C_2} \tag{4-16}$$

où:

Type [A-3] symbole

EGS_0 est la valeur de l'équivalent global pour la sonie à laquelle le système téléphonique fournit la sonie optimale (dB).

Type [B] symbole

EGS est l'équivalent global pour la sonie du système téléphonique considéré (dB).

4.3.2.3 *IQ_N (IQ en présence de bruit)*

$$N_i' = \begin{cases} N'_{CQi} - N_{th}, & \text{quand } N'_{CQi} \geqslant N_{th} \\ 0 \quad , & \text{quand } N'_{CQi} < N_{th} \end{cases} \tag{4-17}$$

$$IQ_{IN} = C_3 \sum_{i=1}^{M} \left\{ 10^{\frac{A_i}{10}} \left(10^{\frac{nN_i'}{10}} - 1 \right) \right\} \tag{4-18}$$

où:

Type [A-1] symbole

A_i est la pondération de la caractéristique A à la bande de fréquences i (dB).

Type [A-3] symboles

N_{th} est le seuil de bruit (dB par rapport à 20 µPa)

n est l'exposant.

Type [B] symbole

N'_{CQi} (voir le § 4.3.1.2).

Type [C] symboles

IQ_{IN} est l'IQ en présence de bruit sur le circuit au repos (intervalle sans signaux vocaux)

N'_i est le niveau supérieur au seuil de bruit (dB).

$$RSB = 10 \log_{10} \left(\sum_{i=1}^{M} 10^{\frac{S_i}{10}} \Big/ \sum_{i=1}^{M} 10^{\frac{N_i}{10}} \right) \tag{4-19}$$

$$IQ_{SN} = \begin{cases} C_4 (RSB - RSB_{th}), & \text{quand } RSB \leqslant RSB_{th} \\ 0 \quad , & \text{quand } RSB > RSB_{th} \end{cases} \tag{4-20}$$

$$IQ_N = IQ_{IN} + IQ_{SN} \tag{4-21}$$

où:

Type [A-3] symbole

RSB_{th} est le seuil au-dessous duquel le rapport signal/bruit n'a pas de répercussions sur l'évaluation (dB).

Type [B] symboles

S_i (voir le § 4.3.1.2)

N_i (voir le § 4.3.1.2).

Type [C] symboles

IQ_{SN} est l'IQ en cas de bruit dans l'intervalle de la parole

RSB est le rapport signal/bruit au point de référence oreille (dB).

4.3.2.4 *IQ_{AD} (IQ en présence de distorsion d'affaiblissement en fonction de la fréquence)*

$$D_1 = \sqrt{\frac{1}{M_s} \sum_{i=1}^{M_s} \Lambda_i^2} \tag{4-22}$$

$$D_u = \sqrt{\frac{1}{M - M_s} \sum_{i=M_s+1}^{M} \Lambda_i^2} \tag{4-23}$$

$$\Lambda_i = \begin{cases} \Lambda_{li} - \Lambda_{di}, & \text{quand } \Lambda_{li} - \Lambda_{di} \leqslant \Lambda_{th} \\ \Lambda_{th}, & \text{quand } \Lambda_i > \Lambda_{th} \end{cases} \tag{4-24}$$

$$\Lambda_{li} = g_i (S_i + d_i) \tag{4-25}$$

$$\Lambda_{di} = g_i (S_i) \tag{4-26}$$

$$g_i (x_i) = \begin{cases} a_i + b_i x_i + c_i x_i^2, & \text{quand } a_i + b_i x_i + c_i x_i^2 \geqslant L_{th} \\ L_{th}, & \text{quand } a_i + b_i x_i + c_i x_i^2 < L_{th} \end{cases} \tag{4-27}$$

$$IQ_{BL} = C_5 D_1 + C_6 D_u \tag{4-28}$$

où:

g_i est la fonction de conversion du spectre de puissance vocale en un niveau de sonie par une courbe isosonique (d'après [48])

x_i est le niveau arbitraire de la parole dans la bande (dB par rapport à 20 μPa).

Type [A-1] symboles

M est le nombre de bandes subdivisées (= 19)

a_i, b_i, c_i sont les paramètres permettant de convertir le niveau de la sonie en phones; ces paramètres dépendent de la fréquence.

Type [A-2] symbole

M_s est le numéro de la bande contenant 1 kHz (= 11).

Type [A-3] symboles

L_{th} est le seuil de sonie (phones)

Λ_{th} est le seuil de Λ_i (phones).

Type [B] symbole

d_i est l'affaiblissement relatif dû à la distorsion d'affaiblissement en fonction de la fréquence entre circuits (dB)

Cet affaiblissement est de 0 dB à 800 Hz. $S + d$ représente le niveau fictif de la parole dans la bande au point de référence oreille en l'absence de distorsion d'affaiblissement en fonction de la fréquence (parole de référence).

Type [C] symboles

Λ_i est la différence entre la parole de référence et la parole avec distorsion (phones)

Λ_l est le niveau de la sonie converti à partir de la parole de référence (phones)

Λ_d est le niveau de la sonie converti à partir de la parole avec à la fois un affaiblissement et une limitation de bande (phones)

D_u est la distance entre Λ_l et Λ_d supérieure à 1 kHz

D_l est la distance entre Λ_l et Λ_d inférieure à 1 kHz

IQ_{AD} est l'IQ en présence d'une distorsion d'affaiblissement en fonction de la fréquence.

4.3.2.5 *IQ_{EC} (IQ en présence d'écho pour la personne qui parle)*

$$IQ_{EC} = \sqrt{\frac{C_8}{C_7}(-E + E_0)^2 + C_8} + \sqrt{\frac{C_8}{C_7}}(-E + E_0) \tag{4-29}$$

$$E_0 \begin{cases} C_9 \log_{10} D + C_{10}, \text{ quand } 0 < D < 60 \\ C_{11} \log_{10} D + C_{12}, \text{ quand } D \geqslant 60 \end{cases} \tag{4-30}$$

où:

Type [B] symboles

E est l'équivalent pour la sonie de l'écho pour la personne qui parle (dB)

D est le temps de propagation de l'écho pour la personne qui parle (ms).

Type [C] symboles

IQ_{EC} est l'indice de qualité en présence d'écho pour la personne qui parle

E_0 est l'équivalent pour la sonie critique de l'écho pour la personne qui parle (dB).

4.3.2.6 *IQ_{ST} (IQ en présence d'effet local)*

$$IQ_{ST} = \sqrt{\frac{C_{13}}{C_7}(-St + St_0)^2 + C_{13}} + \sqrt{\frac{C_{13}}{C_7}}(-St + St_0) \tag{4-31}$$

où:

Type [A-3] symbole

St_0 est l'affaiblissement d'effet local par la méthode de masquage (AELM) critique (dB).

Type [B] symbole

St est l'AELM (affaiblissement d'effet local par la méthode de masquage) (dB).

Type [C] symbole

IQ_{ST} est l'indice de qualité en présence d'effet local.

4.3.3 *Calcul de l'évaluation* (voir aussi annexe D)

$$IQG = IQ_{EL} + IQ_N + IQ_{AD} + IQ_{EC} + IQ_{ST} \tag{4-32}$$

$$P = P_0 - IQG \tag{4-33}$$

où:

Type [A-3] symbole

P_0 est P sans dégradation.

Type [C] symboles

IQG est l'indice de qualité global

P est l'évaluation globale moyenne sur l'échelle psychologique.

$$NOM = \sum_{k=0}^{4} k\, p_k \tag{4-34}$$

ou dans la pratique:

$$NOM = 4 - \sum_{k=0}^{3} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{(k+0{,}5-P)/\sigma} \exp(-t^2/2)\mathrm{d}t \tag{4-35}$$

où:

Type [A-3] symbole

σ est l'écart type de la distribution normale de P et de IQG.

Type [C] symboles

NOM est la note d'opinion moyenne de 0 à 4

p_k est le rapport de la catégorie d'évaluation k sur toutes les catégories.

L'équation (4-35) est calculée avec la table de distribution normale standard. L'établissement de cette équation à partir de l'équation (4-34) est représenté à l'annexe F.

Les équations (4-34) et (4-35) sont l'adaptation du modèle décrit en [49].

4.4 *Types et valeurs des symboles*

Les variables d'entrée du modèle sont énumérées au tableau 4-2. L_{ME} et $AELM$ sont calculés à l'avance avec la méthode décrite dans la Recommandation P.79.

Le tableau 4-3 fournit les valeurs de a_i, b_i et c_i (type [A-1]). Les valeurs des paramètres d'autres modèles (paramètres de types [A-1] et [A-2]) sont représentées au tableau 4-4. Les valeurs des constantes ou des coefficients estimés à partir des résultats d'essais subjectifs (paramètres de type [A-3]) sont indiquées au tableau 4-5.

TABLEAU 4-2

Variables d'entrée du modèle

Symboles	Définition
V_C	Voir le § 4.3.1.1
Q_{op}	Voir le § 4.3.1.1
OLR	Voir les § 4.3.1.1 et § 4.3.2.2
RLR	Voir le § 4.3.1.1
S_{MJi}	Affaiblissement bouche à circuit (dB par rapport à V/Pa)
S_{JEi}	Voir le § 4.3.1.2
L	Affaiblissement circuit à circuit à 800 Hz (dB)
d_i	Voir le § 4.3.2.4
L_{MEi}	Voir le § 4.3.1.2
R_N	Voir le § 4.3.1.2
L_{RNSTi}	Voir le § 4.3.1.2
E	Voir le § 4.3.2.5
D	Voir le § 4.3.2.5
L_{MESTi}	Affaiblissement d'effet local bouche à oreille (dB)
St	Voir le § 4.3.2.6

Remarque 1 $L_{MEi} = -S_{MJi} - S_{JEi} + (L + d_i)$.

Remarque 2 *St* est calculé conformément au § 8 de la Recommandation P.79.

Remarque 3 S_{MJi}, L et L_{MEST} ne sont nécessaires que pour calculer L_{MEi} et *St*.

Remarque 4 R_N doit être étendu à B_{RNi}.

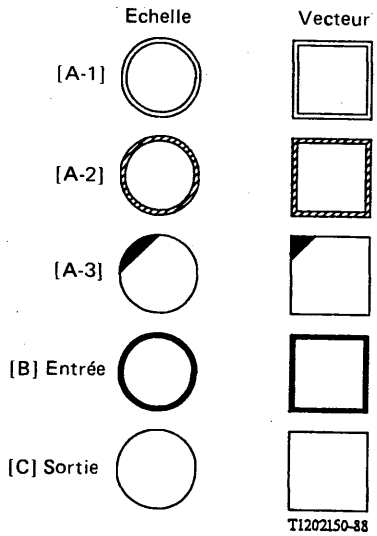


FIGURE 4-2

Définitions simplifiées utilisées dans les figures 4-3 à 4-10

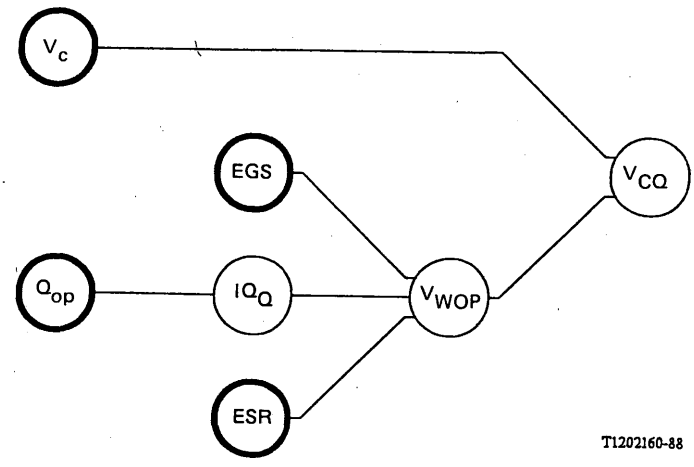


FIGURE 4-3

Schéma simplifié du calcul de V_{CQ}

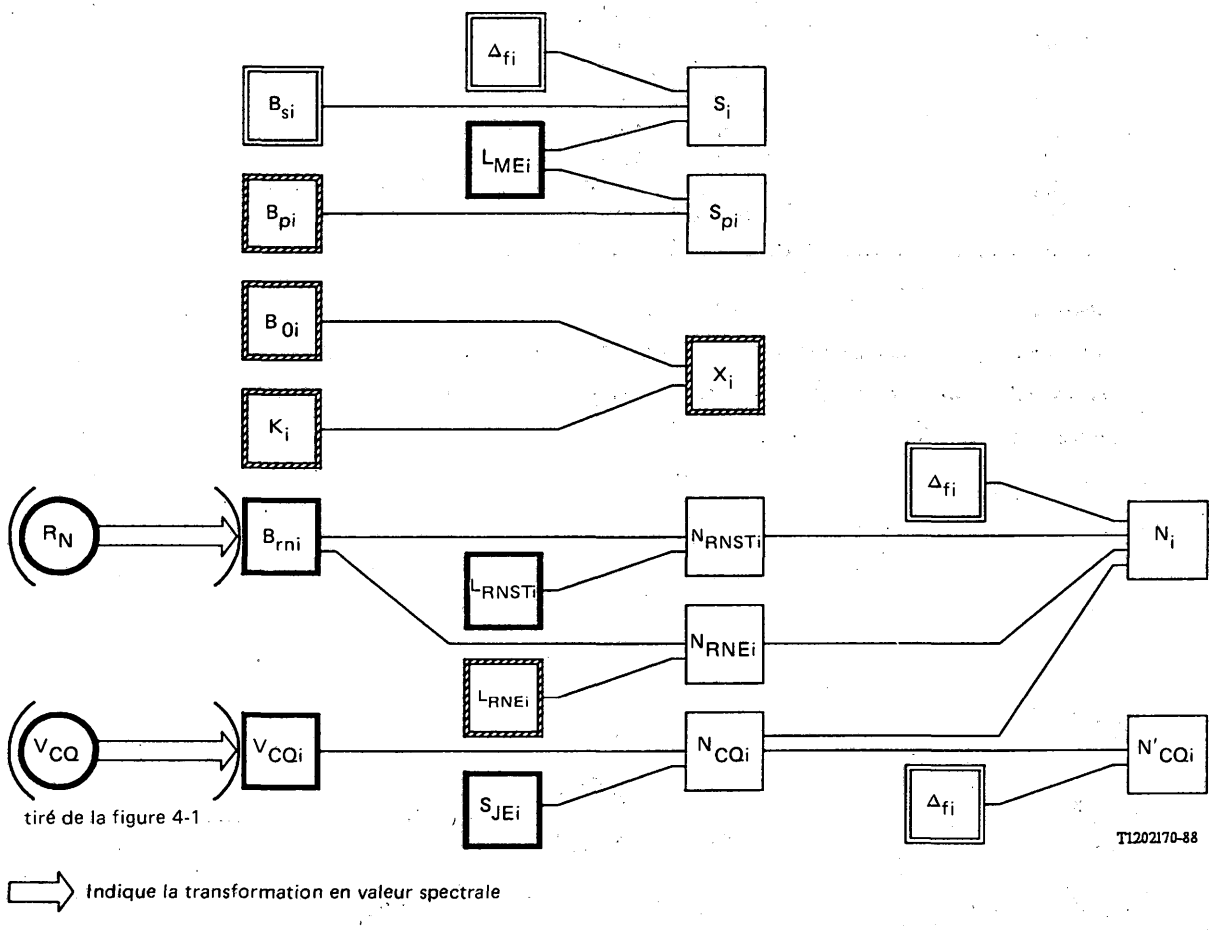
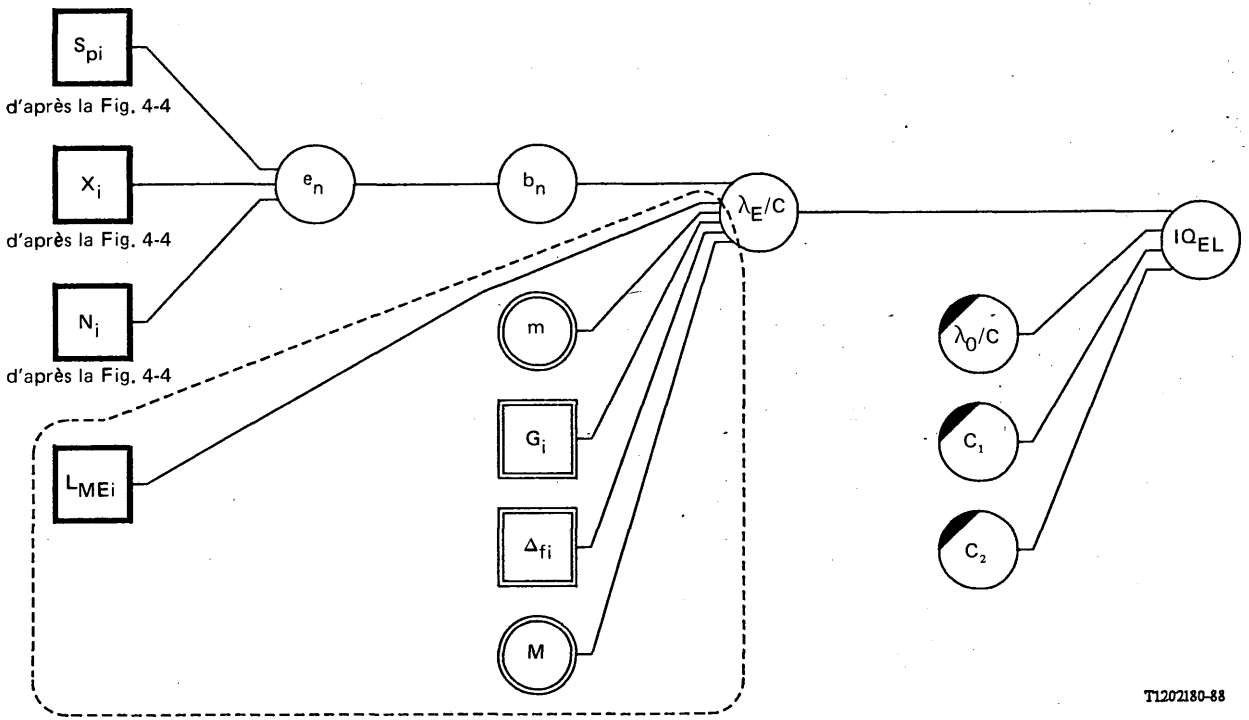


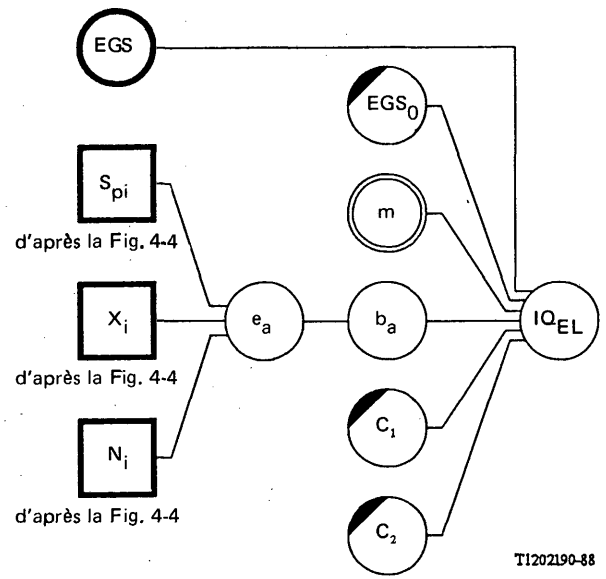
FIGURE 4-4

Schéma simplifié du calcul du spectre de la parole et du bruit



Adaptation de la Recommandation P.79

a)



b)

FIGURE 4-5

Schéma simplifié du calcul de IQ_{EL}

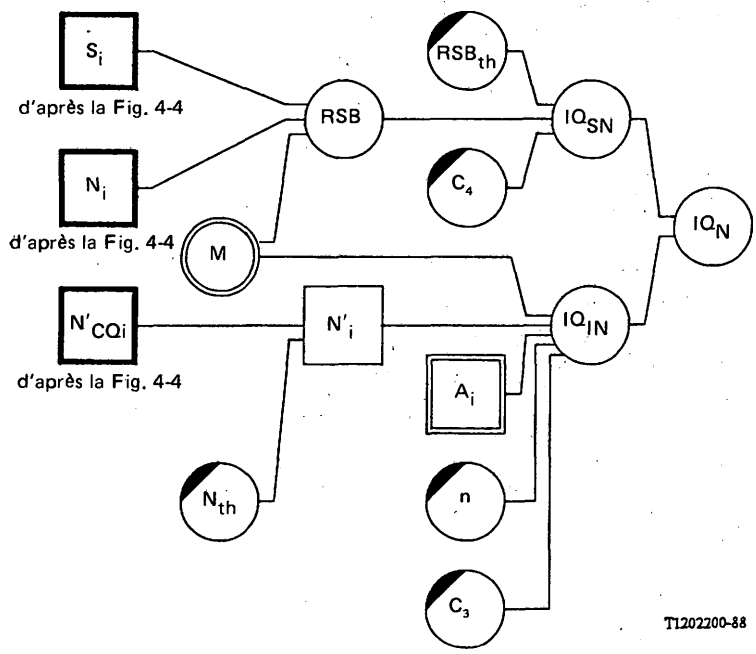


FIGURE 4-6

Schéma simplifié du calcul de IQ_N

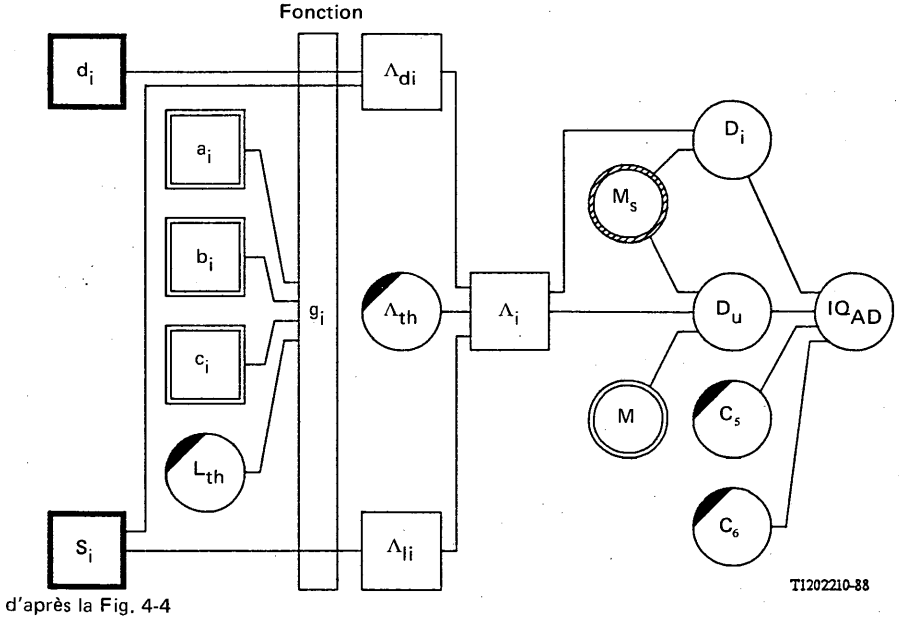


FIGURE 4-7

Schéma simplifié du calcul de IQ_{AD}

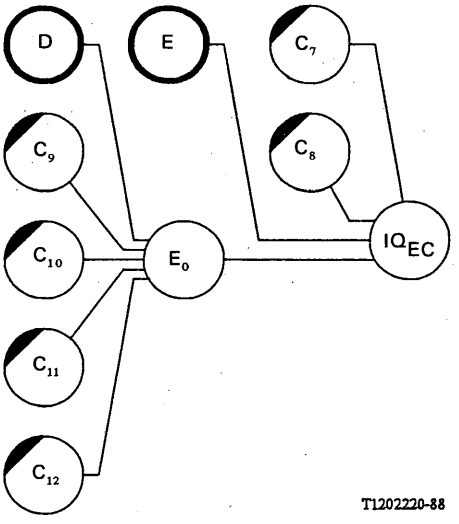


FIGURE 4-8

Schéma simplifié du calcul de IQ_{EC}

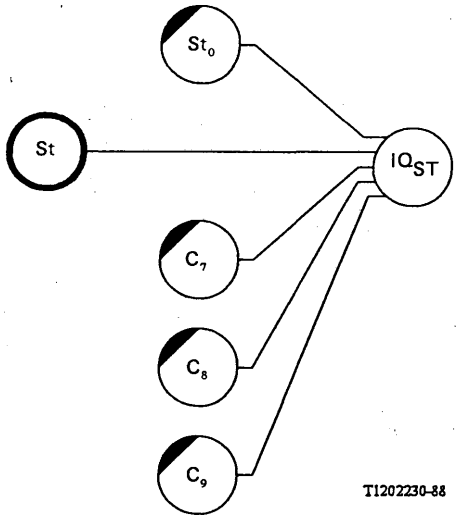


FIGURE 4-9

Schéma simplifié du calcul de IQ_{ST}

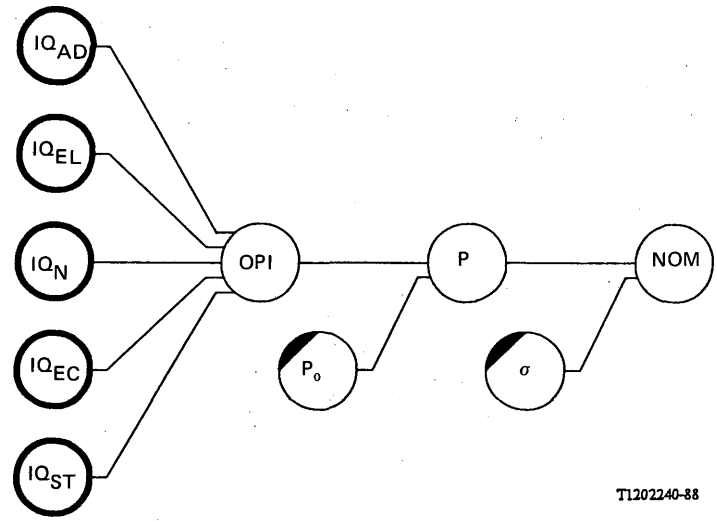


FIGURE 4-10

Schéma simplifié du calcul de la NOM

TABLEAU 4-3

Valeurs de a_i, b_i et c_i
(tirées de [48])

N°	Fréquence (Hz)	a_i	b_i	c_i
1	100	−33,5	1,570	−0,00269
2	125	−25,7	1,500	−0,00258
3	160	−19,4	1,444	−0,00248
4	200	−14,7	1,404	−0,00242
5	250	−10,8	1,362	−0,00231
6	315	−7,4	1,314	−0,00214
7	400	−4,7	1,259	−0,00185
8	500	−3,0	1,205	−0,00151
9	630	−1,5	1,141	−0,00107
10	800	−0,5	1,064	−0,00050
11	1000	0,0	1,000	0,00000
12	1250	0,6	0,967	0,00028
13	1600	1,7	0,037	0,00071
14	2000	3,3	0,924	0,00100
15	2500	5,3	0,928	0,00118
16	3150	7,3	0,940	0,00119
17	4000	7,9	0,954	0,00098
18	5000	5,3	0,973	0,00059
19	6300	−2,6	1,028	0,00013

TABLEAU 4-4

Modèles de paramètres

	N°	Fréquence	Δ_i	B_{si}	B_{pi}	X_i	L_{RNE}	10 $\log_{10}$ G_i	A_i
Type de paramètre				[A-1]	[A-2]	[A-2]	[A-2]	[A-1]	[A-1]
Origine				Rec. P.51	B_{si} + 12	NTT 1968	NTT 1968	Rec. P.79	ISO
		(Hz)	(Hz)	(dB) 20 µPa/Hz	(dB) 20 µPa/Hz	(dB) 20 µPa/Hz	(dB)	(dB)	(dB)
	1	100	22,4	57,2	69,2	11,0	0,0	−32,63	−19,1
	2	125	29,6	60,0	72,0	8,9	0,0	−29,12	−16,1
	3	160	37,5	62,1	74,1	5,5	0,0	−27,64	−13,4
	4	200	44,7	62,9	74,9	2,2	0,0	−28,46	−10,9
	5	250	57,0	63,0	75,0	0,0	0,0	−28,58	−8,6
	6	315	74,3	62,4	74,4	−3,0	0,7	−31,10	−6,6
	7	400	92,2	61,0	73,0	−6,0	0,0	−29,78	−4,8
	8	500	114,0	59,3	71,3	−8,0	0,0	−32,68	−3,2
	9	630	149,0	57,0	69,0	−9,5	2,2	−33,21	−1,9
	10	800	184,0	54,2	66,2	−10,3	8,5	−34,14	−0,8
	11	1000	224,0	51,4	63,4	−11,0	13,5	−35,33	0,0
	12	1250	296,0	48,5	60,5	−11,8	15,5	−37,90	0,6
	13	1600	375,0	45,2	57,2	−13,0	20,0	−38,41	1,0
	14	2000	447,0	42,2	54,2	−16,0	23,7	−41,25	1,2
	15	2500	570,0	39,4	51,4	−19,8	30,0	−41,71	1,3
	16	3150	743,0	36,8	48,8	−23,0	27,0	−45,80	1,2
	17	4000	922,0	34,5	46,5	−26,0	33,5	−43,50	1,0
	18	5000	1140,0	32,7	44,7	−27,0	41,0	−47,13	0,5
	19	6300	1490,0	31,4	43,4	−24,0	50,0	−48,27	−0,1

Remarque X_i ($= B_{0i} - k_i$) et L_{RNE} peuvent être des paramètres d'entrée.

TABLEAU 4-5

Valeurs des constantes et des coefficients estimés

N°	Paragraphe correspondant	Résultat	Symbole	Valeur
1	4.3.2.1 4.3.2.2	IQ_{EL}	C_1 C_2 λ_0/c EGS_0	0,0475 0,010 0,780 5,34
2	4.3.2.3	IQ_{IN}	N_{th} n C_3	33,0 0,50 0,012
3	4.3.2.3	IQ_{SN}	RSB_{th} C_4	7,5 −0,005
4	4.3.2.4	IQ_{AD}	L_{th} C_5 C_6 Λ_{th}	57,5 0,043 0,043 15,0
5	4.3.2.5	IQ_{EC}	C_7 C_8 C_9 C_{10} C_{11} C_{12}	13,69 0,01 26,4 2,65 14,00 24,6
6	4.3.2.6	IQ_{ST}	C_{13} ST_0	0,00856 9,000
7	4.3.3	NOM	P_0 σ	3,558 0,730

ANNEXE A

(au § 1.1 du Supplément n° 3)

Appréciations subjectives des dégradations de transmission

A.1 *Introduction*

Les chiffres figurant dans la présente annexe montrent l'influence relative des dégradations de transmission typiques sur les appréciations subjectives. Ils sont fondés sur les modèles d'évaluation de l'indice de transmission décrits ci-dessus. Ces appréciations consistent en une échelle d'opinions à cinq notes (excellent, bon, passable, médiocre et mauvais ou non satisfaisant) et les résultats sont présentés sous la forme d'un pourcentage d'opinions bon ou mieux (bon plus excellent) et médiocre ou mauvais (médiocre plus mauvais). Trois formules sont décrites ci-dessus pour convertir l'indice de transmission en appréciations subjectives. La formule utilisée dans la présente annexe correspond aux résultats des essais de conversation soumis au CCITT par plusieurs Administrations au cours de la période d'études 1973-1976.

A.2 *Equivalent global pour la sonie (EGS) et le bruit de circuit*

Les appréciations subjectives pour les effets combinés de l'EGS (L'_e en dB) et du bruit de circuit (N'_c en dBmp) sont indiquées aux figures A-1 et A-2. Le bruit de circuit se rapporte à un système récepteur ayant un équivalent pour la sonie à la réception (ESR) à la réception de 0 dB. Dans ces figures, le bruit de circuit équivalant au bruit de salle N'_{Re} est de $-58{,}63$ dBmp et la largeur de bande/pente (k_{BW}) est égale à 1; il n'est tenu compte ni du bruit de quantification, ni de l'écho pour la personne qui écoute, ni de l'écho pour la personne qui parle ni de l'effet local.

A.3 *Bruit de quantification dû aux dispositifs MIC*

Les résultats d'appréciation de l'influence du bruit de quantification dû aux dispositifs MIC disposés en cascade à 7 bits de la loi μ et à 8 bits de la loi A sont représentés aux figures A-3 et A-4. Pour ces résultats, on suppose un EGS (L'_e) global de 16 dB et un bruit de circuit (N'_c) de -56 dBmp. Les hypothèses en matière de bruit de salle, de largeur de bande/pente et d'effet local sont les mêmes que celles du § A.2. On admet par hypothèse que le niveau des sons vocaux à la sortie d'un appareil téléphonique ayant un EGS à l'émission de 0 dB est de -10 VU.

A.4 *Largeur de bande*

L'influence sur les appréciations subjectives de la largeur de bande entre fréquences donnant lieu à un affaiblissement de 10 dB par rapport à 1000 Hz est indiquée aux figures A-5 et A-6. Pour ces résultats, on a supposé un EGS (L'_e) de 16 dB, un bruit de circuit (N'_c) de -56 dBmp, un bruit de circuit équivalant au bruit de salle (N'_{Re}) de $-58{,}63$ dBmp, et des facteurs de pente inférieur (S_l) et supérieur (S_u) égaux respectivement à 2 et 3. Il n'est tenu compte ni de l'écho pour la personne qui écoute, ni de l'écho pour la personne qui parle, ni de l'effet local.

A.5 *Echo pour la personne qui écoute*

L'effet de l'écho pour la personne qui écoute sur les appréciations subjectives est indiqué aux figures A-7 et A-8. Sur ces figures, l'opinion (obtenue avec le modèle initial et le nouveau modèle du Supplément) est tracée en fonction de l'affaiblissement pondéré (*WEPL*, en dB) du trajet des courants d'écho pour la personne qui écoute et du temps de propagation aller-retour (D_L, en ms) sur le trajet des courants d'écho pour la personne qui écoute. Les courbes ont été calculées sur la base des hypothèses suivantes: EGS (L'_e) = 16 dB; bruit de circuit (N'_c) = -56 dBmp; bruit de circuit équivalant au bruit de salle (N'_{Re}) = $-58{,}63$ dBmp; et facteur largeur de bande/pente = 1. Il n'est pas tenu compte de l'écho pour la personne qui écoute ni de l'effet local.

A.6 *Echo pour la personne qui parle*

Les appréciations subjectives pour l'écho pour la personne qui parle sont présentées aux figures A-9 et A-10 en fonction de l'EGS (E, en dB) du trajet des courants d'écho pour la personne qui parle et du temps de propagation aller-retour (D, en ms) sur le trajet des courants d'écho pour la personne qui parle. Ici encore, les hypothèses sont les suivantes: EGS (L'_e) global = 16 dB; bruit de circuit (N'_c) = -56 dBmp; bruit de circuit équivalant au bruit de salle (N'_{Re}) = $-58{,}63$ dBmp; et facteur largeur de bande/pente = 1. Il n'est pas tenu compte de l'écho pour la personne qui écoute ni de l'effet local.

A.7 *Effet local*

Les appréciations subjectives pour l'effet local sont présentées aux figures A-11 et A-12 en fonction de l'affaiblissement sur le trajet de l'effet local (*AELM*, en dB) et de la forme de la réponse de l'effet local (dB/octave). Pour tracer ces courbes, on a choisi des niveaux de dégradation qui donnent pour R_{LN} une valeur constante, caractéristique des communications interurbaines établies en Amérique du Nord, et une gamme de valeurs R_E qui pourraient être obtenues sur ces mêmes communications.

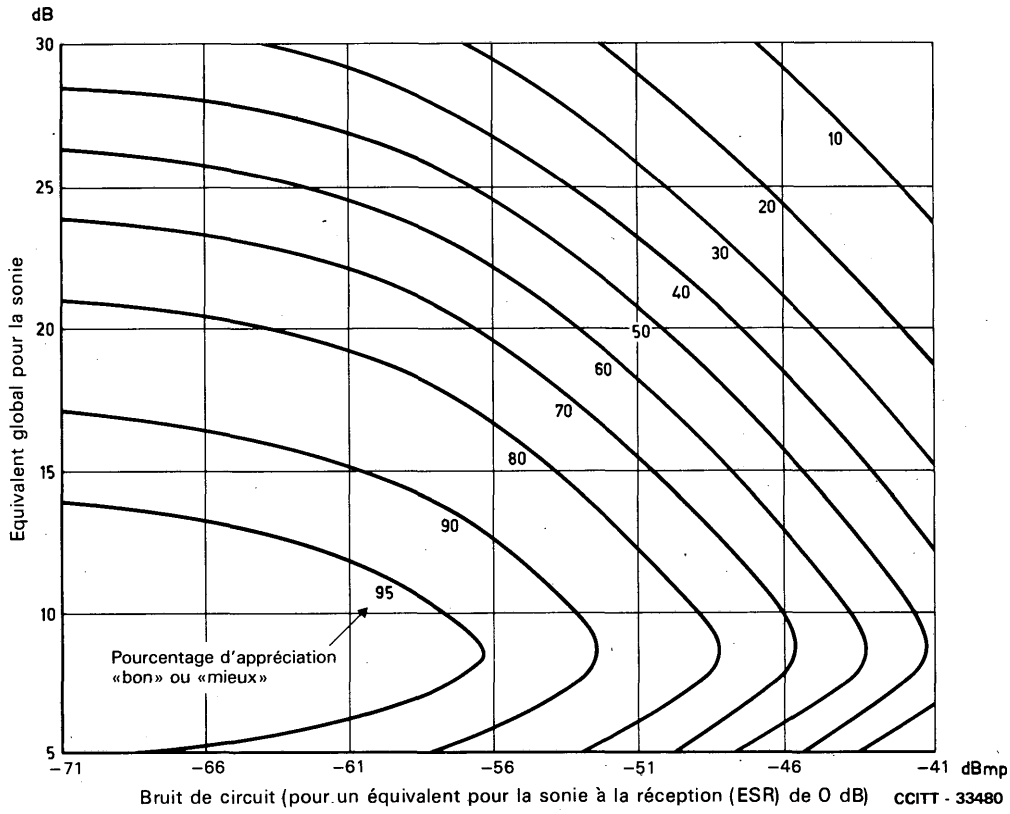


FIGURE A-1

Appréciations subjectives pour l'EGS et le bruit de circuit

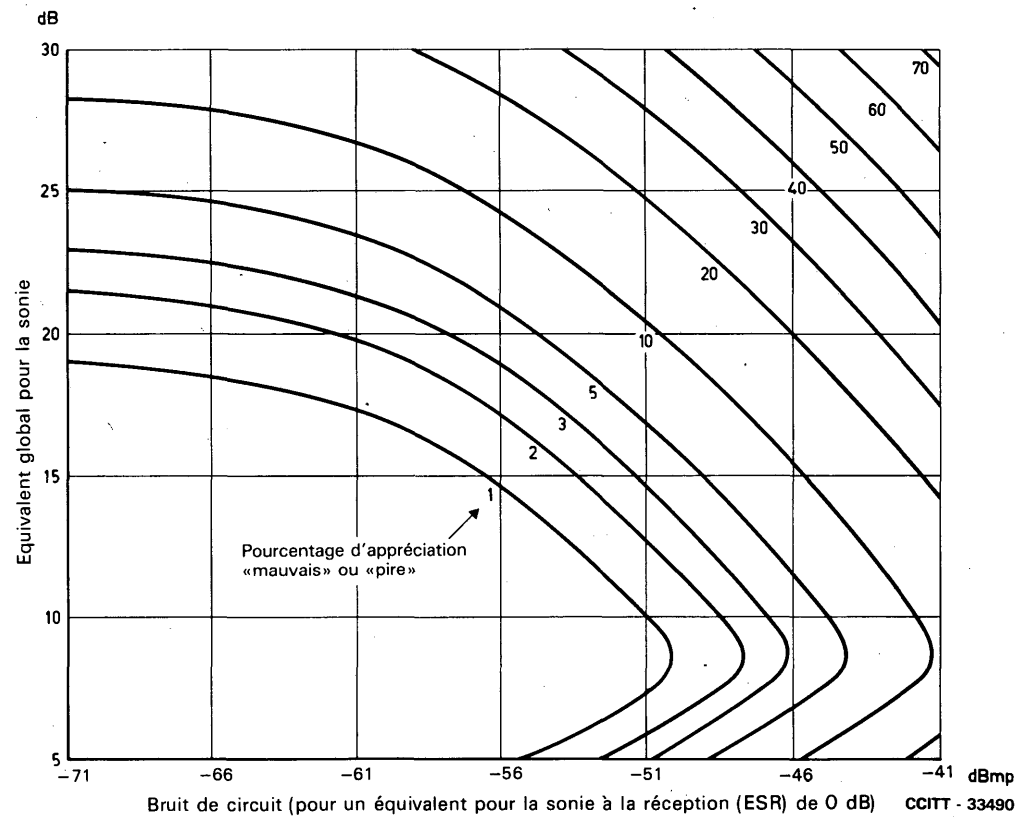


FIGURE A-2

Appréciations subjectives pour l'EGS et le bruit de circuit

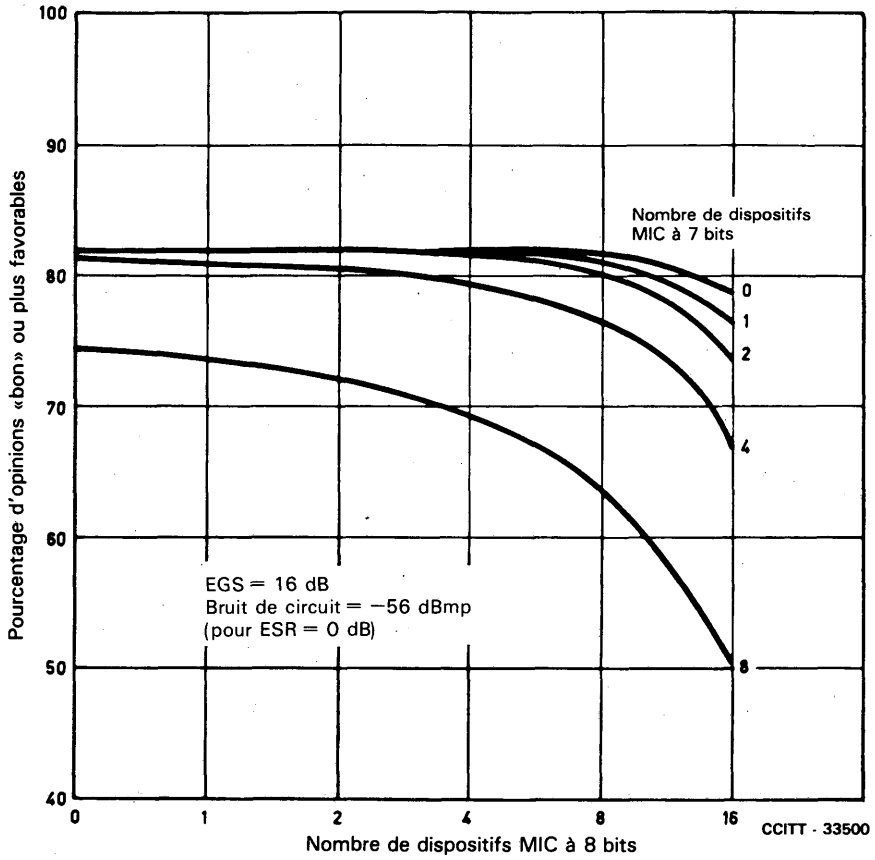


FIGURE A-3

Appréciations subjectives pour les dispositifs MIC en cascade

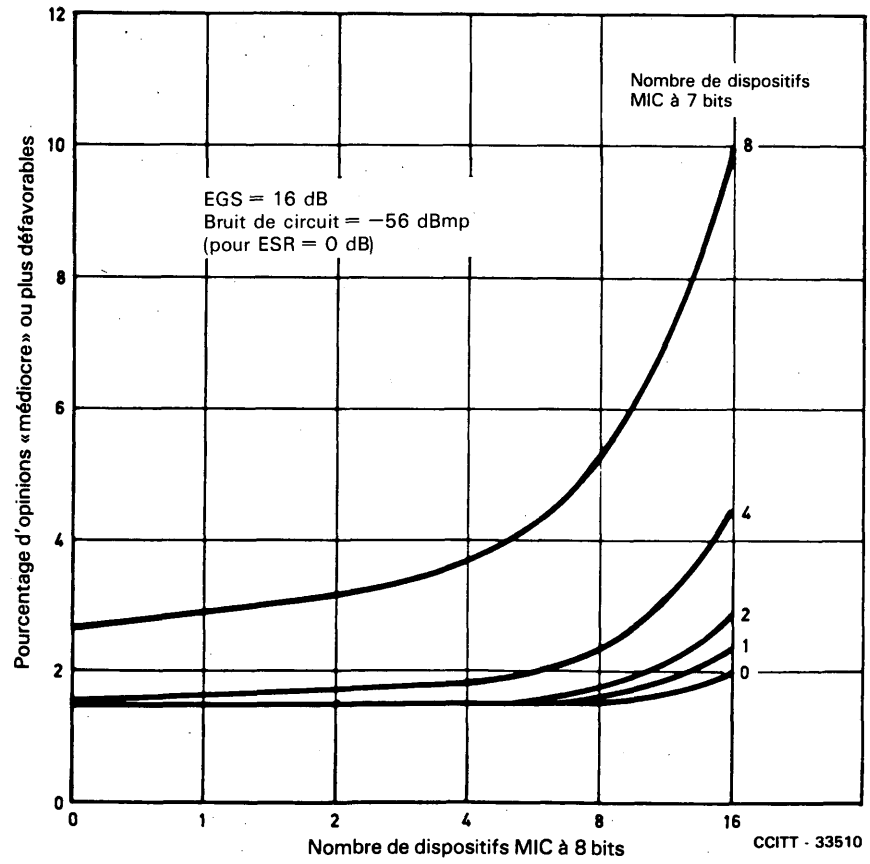


FIGURE A-4

Appréciations subjectives pour les dispositifs MIC en cascade

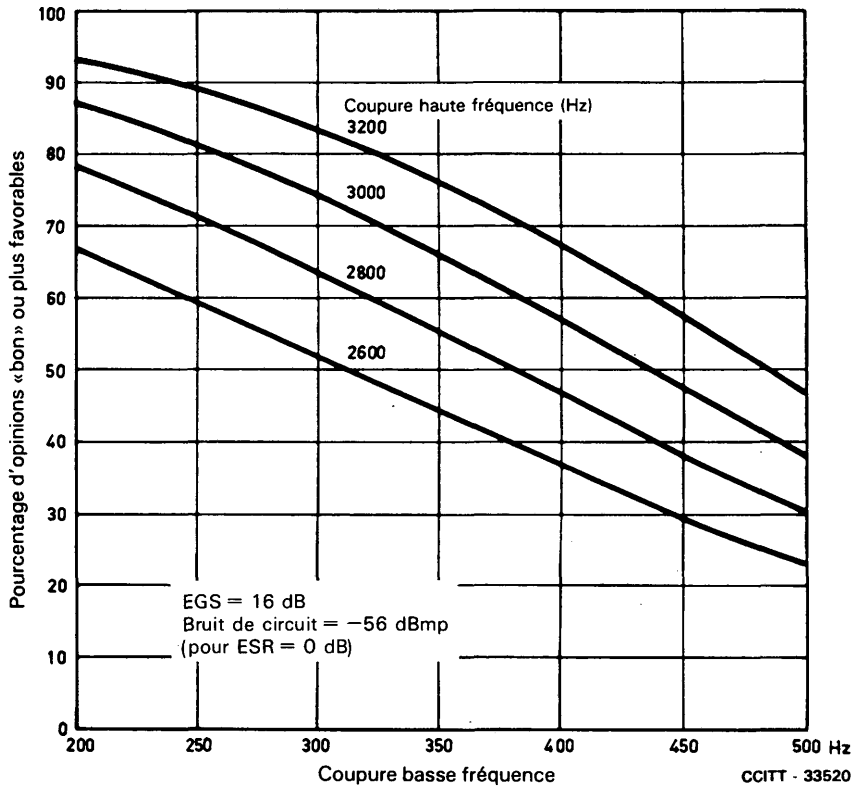


FIGURE A-5

Appréciations subjectives pour la largeur de bande

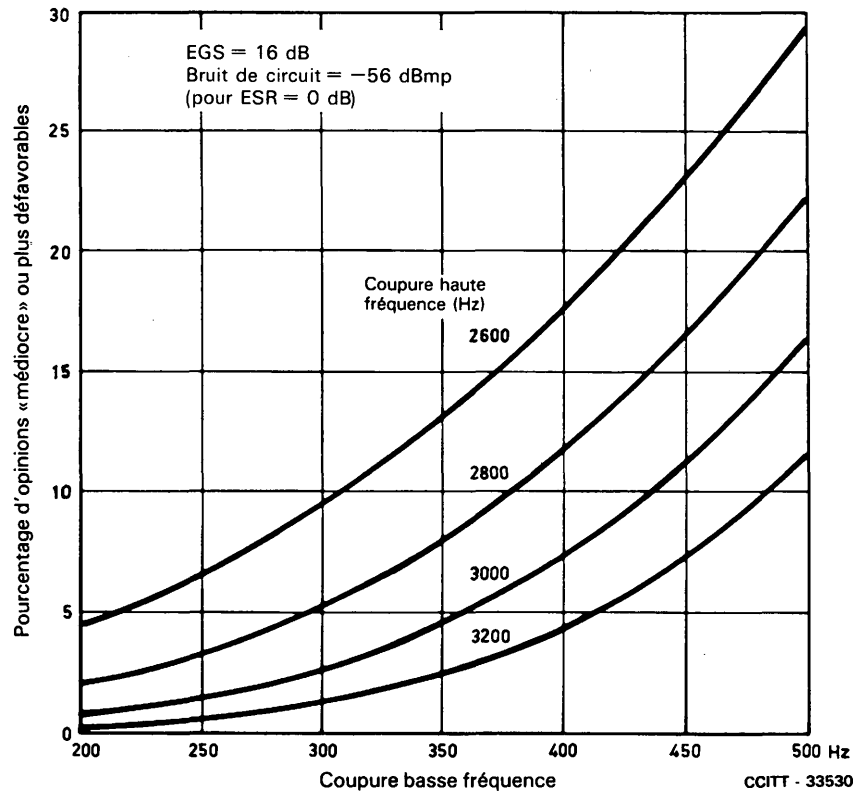


FIGURE A-6

Appréciations subjectives pour la largeur de bande

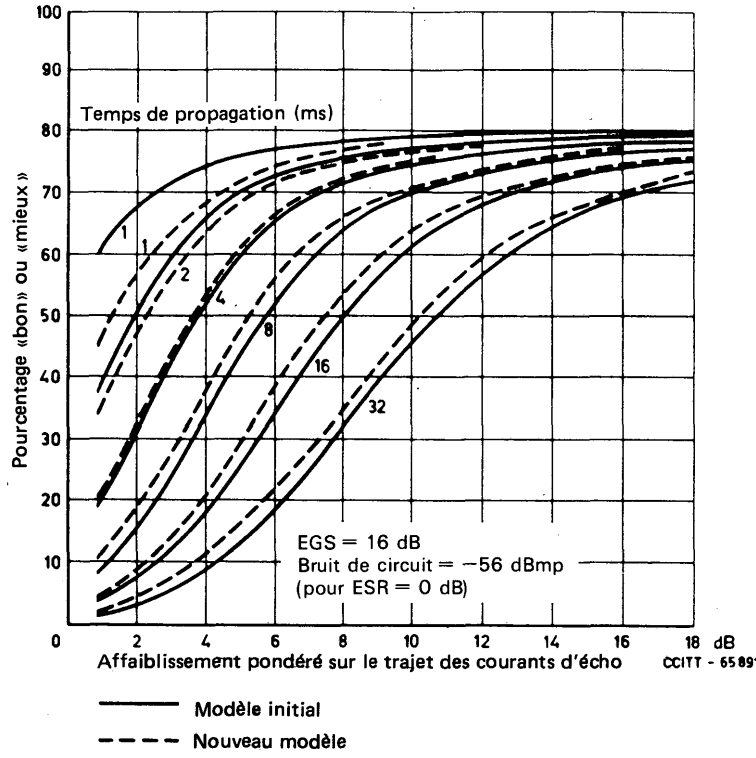


FIGURE A-7

Appréciation subjective pour l'EGS, le bruit de circuit et l'écho pour la personne qui écoute

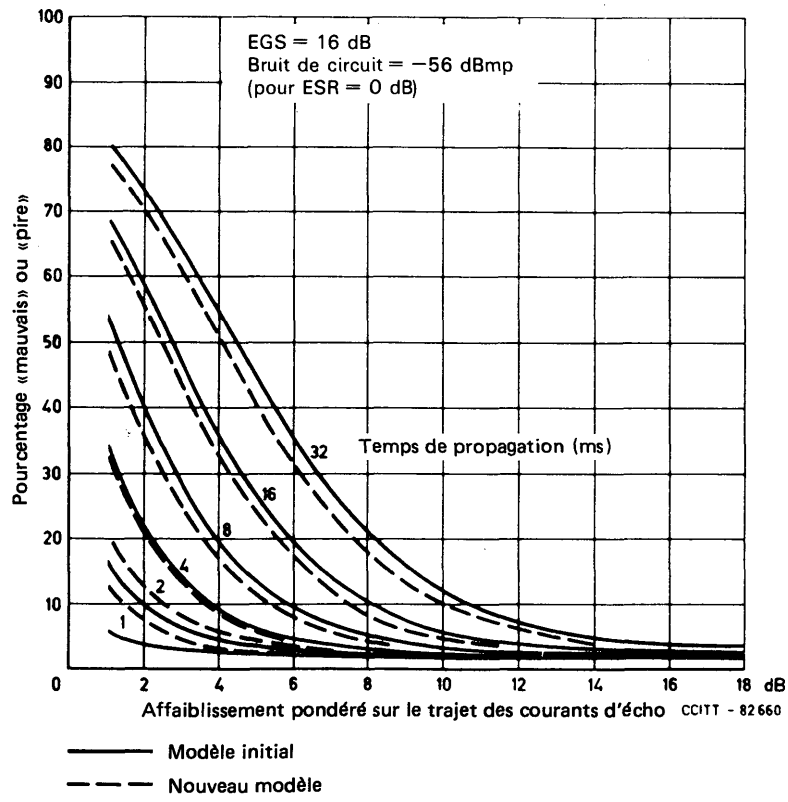


FIGURE A-8

Appréciation subjective pour l'EGS, le bruit de circuit et l'écho pour la personne qui écoute

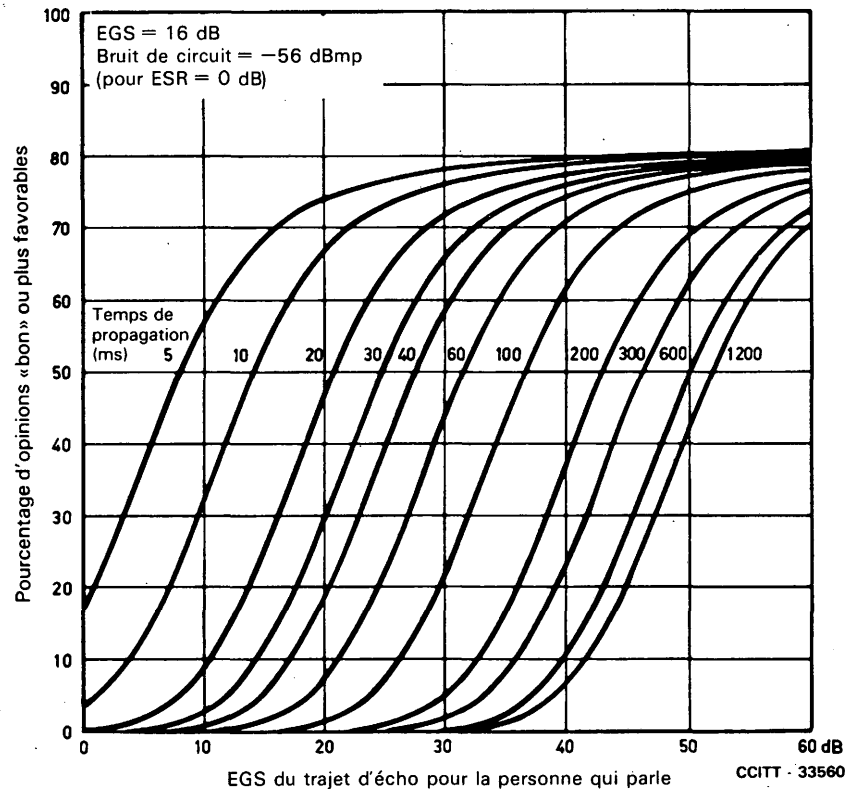


FIGURE A-9

Appréciations subjectives pour l'EGS, le bruit de circuit et l'écho pour la personne qui parle

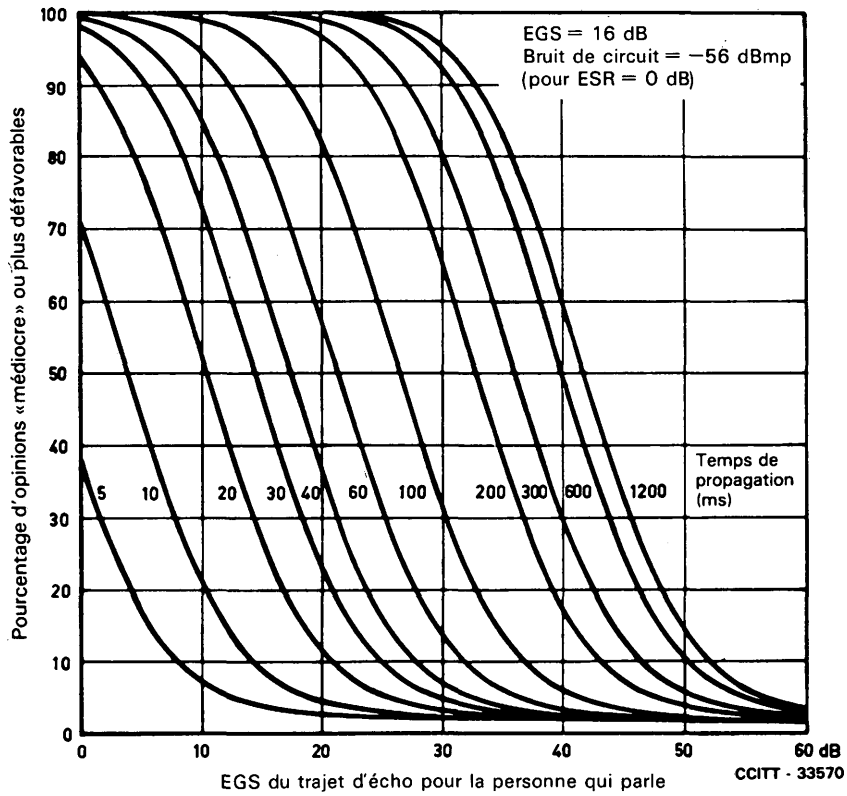


FIGURE A-10

Appréciations subjectives pour l'EGS, le bruit de circuit et l'écho pour la personne qui parle

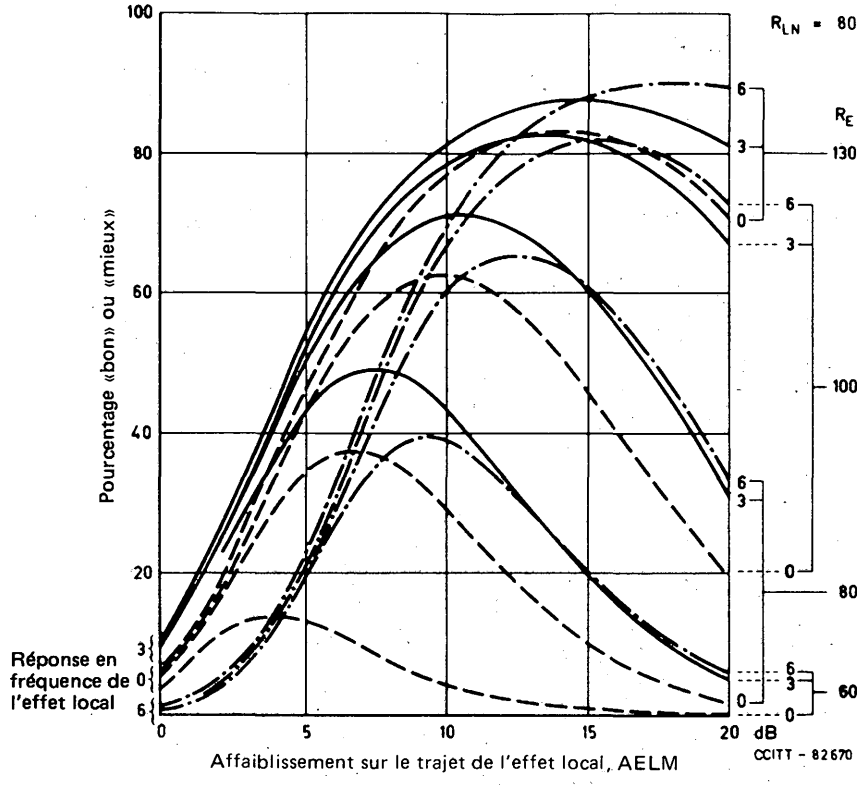


FIGURE A-11

Appréciation subjective pour l'EGS, le bruit de circuit, l'écho pour la personne qui parle et l'effet local

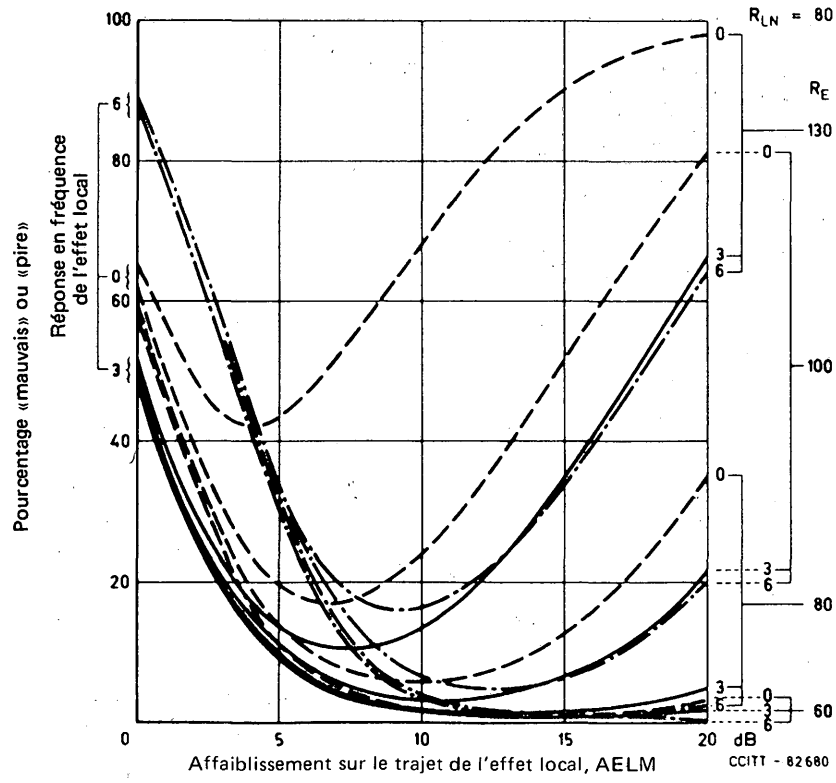


FIGURE A-12

Appréciation subjective pour l'EGS, le bruit de circuit, l'écho pour la personne qui parle et l'effet local

ANNEXE B

(au § 2.9 du Supplément n° 3)

Qualité de transmission calculée des réseaux téléphoniques

B.1 *Introduction*

L'objet de la présente annexe est de donner des exemples de résultats obtenus à partir du modèle subjectif que reproduit le programme CATNAP du British Telecom (BT). CATNAP couvre à la fois ce modèle et une section de calcul de la transmission qui permet d'introduire dans le programme des éléments de communication facilement identifiables (longueurs de câble, ponts d'alimentation, etc.). Ces résultats sont des exemples de calculs concernant diverses «communications fictives de référence» (CFR) qui peuvent intervenir dans le réseau ou être utiles aux planificateurs.

Les équivalents pour la sonie sont calculés conformément à la Recommandation P.79 avec utilisation des bandes de fréquences comprises entre 200 Hz et 4 kHz. Les notes d'opinion Y_{LE} et Y_C vont de 0 à 4; elles représentent respectivement l'effort à l'écoute et l'opinion sur la conversation citées dans le Supplément n° 2. Les valeurs du courant de ligne indiquées avec les résultats sont déterminées par le programme, qui décide d'après les caractéristiques du système téléphonique local quelles sont parmi un certain nombre de lignes normalisées celles dont le courant est approprié et, en conséquence, quelles sont les valeurs à utiliser pour les caractéristiques des appareils téléphoniques. Le programme donne aussi les niveaux vocaux pour les conditions de parole contrôlées (V_L) et dans les conditions de la conversation (V_C). Ces niveaux, ainsi que des équivalents pour la sonie, sont rapportés aux interfaces (NI et FI) indiquées sur les diagrammes.

Les résultats découlent du modèle tel qu'il existe actuellement (version 1983). Comme les recherches se poursuivent pour améliorer la corrélation entre les résultats calculés et les résultats expérimentaux, le modèle est susceptible de modification.

B.2 *CFR 1 — Communication dans la zone du même central* (voir la figure B-1)

Il s'agit d'une communication symétrique, avec une longueur moyenne des lignes d'abonné. La suppression de l'effet local est assez bonne, les niveaux du bruit de salle et du bruit de circuit sont bas. La note d'opinion sur la conversation est bonne mais l'équivalent est petit, ce qui signifie que le niveau sonore de la communication est plus fort que la valeur préférée. Une communication de niveau sonore plus faible donnerait une meilleure note d'opinion.

B.3 *CFR 2 — Communication nationale limite* (voir la figure B-2)

Ces deux CFR sont symétriques; elles comprennent des lignes locales limites BT de 1000 Ω/10 dB, des jonctions locales à 4,5 dB et deux jonctions 4 fils, chacune avec un affaiblissement de 3,5 dB; ce sont les limites établies par le plan de transmission de British Telecom [29].

CFR 2 (a) utilise des lignes locales de cuivre à 0,5 mm, qui donnent une bien meilleure adaptation d'impédance pour l'effet local que les lignes de cuivre à 0,9 mm de CFR 2 (b). Le changement du niveau d'effet local (> 10 dB) entraîne, pour la conversation, la chute de la note d'opinion qui passe de 1,9 à 0,8 (d'assez bon à médiocre).

B.4 *CFR 3 — Communication à grande distance avec une jonction MIC* (voir la figure B-3)

Pour chaque communication (OLR = 13,4 dB), l'affaiblissement global est beaucoup moins prononcé que dans le cas de CFR 2. Les lignes locales, de longueur moyenne, sont en fil de cuivre de 0,5 mm, ce qui donne une assez bonne adaptation d'impédance pour l'effet local; il n'y a maintenant qu'une seule jonction locale. C'est une jonction MIC à quatre fils à 3 dB. Tout cela est introduit dans le programme sous forme d'un tout unique, caractérisé par les impédances d'adaptation des terminaisons deux/quatre fils, par l'affaiblissement d'adaptation dans chaque direction et par le temps de propagation de phase dans la boucle. Pour cette communication, le bruit de quantification est négligeable en ce qui concerne les niveaux vocaux à l'entrée calculés dans ce cas par CATNAP.

La communication est symétrique du point de vue de l'affaiblissement de transmission, mais une petite différence entre les niveaux d'effet local conduit à donner des notes d'opinion sur la conversation légèrement différentes aux deux extrémités.

B.5 *CFR 4 – Asymétrie de l'affaiblissement de transmission* (voir la figure B-4)

On a procédé à un certain nombre de calculs pour CFR 4, afin de montrer l'effet de la variation du degré d'asymétrie. Les courbes ne sont pas lissées, elles relient simplement les points portés sur le graphique. Elles montrent l'effet qu'exerce la variation de l'affaiblissement de transmission dans une seule direction (de l'extrémité proche à l'extrémité éloignée) sur la note d'opinion concernant la conversation et sur la tension vocale pendant la conversation. L'affaiblissement de l'extrémité éloignée à l'extrémité proche est maintenu à une valeur constante, de sorte qu'il influence beaucoup moins l'opinion de l'abonné à l'extrémité proche. On soupçonne que la divergence est excessive entre les courbes des tensions vocales. Un complément d'étude est nécessaire sur ce point, mais il faut signaler que les courbes d'opinion ont la même allure que dans les résultats de Boeryd [30].

Le niveau d'effet local n'était en pratique pas affecté par la modification de l'affaiblissement de transmission.

B.6 *CFR 5 – Effet du bruit de salle* (voir la figure B-5)

Les calculs effectués pour CFR 5 montrent l'effet du changement de niveau du bruit de salle dans le cas d'un abonné avec trajet d'effet local fort (extrémité proche) et d'un abonné avec trajet d'effet local faible (extrémité éloignée). Comme pour CFR 4, la courbe relie simplement les points calculés.

B.7 *CFR 6 – Effet du bruit de circuit et de la limitation de bande* (voir la figure B-6)

Il s'agit d'une communication utilisant des appareils téléphoniques de référence à quatre fils, permettant la commande de l'effet local. L'AELM est maintenu à 20 dB, niveau auquel la plupart des abonnés ne le détectent pas.

Une telle communication peut servir à étudier les effets de dégradations particulières de la transmission que l'on fait varier indépendamment les unes des autres. Ici, elle a servi à montrer l'effet exercé par le niveau du bruit de circuit injecté et par la limitation de bande (passe-bas) sur l'effort à l'écoute et sur les notes d'opinion relatives à la conversation; les mesures ont été effectuées dans une gamme d'affaiblissements susceptibles de se produire dans les réseaux téléphoniques.

Comme précédemment, la courbe se borne à relier les points calculés.

B.8 *CFR 7 – Calculs multiples avec choix aléatoire d'éléments* (voir la figure B-7)

CATNAP est conçu pour faciliter l'évaluation des propositions relatives au réseau téléphonique, et non pas l'évaluation de communications individuelles. Le programme peut procéder à de multiples calculs sur un groupe de communications ou sur une seule communication, avec choix aléatoire d'éléments tirés d'une banque de données.

Ici, le choix aléatoire porte sur les lignes d'abonné dont les caractéristiques sont enregistrées dans une banque où sont rassemblées des données sur 1800 lignes existantes. On peut ainsi tester la qualité de transmission d'un élément particulier pour toute une gamme de conditions susceptibles de se produire dans le réseau réel. Puisque l'étude reflète la distribution des longueurs et des diamètres dans le réseau réel, cette méthode d'évaluation donne une image plus exacte de la qualité de transmission dans le réseau existant.

Dans le cas de cet exemple, un nombre restreint de calculs ont servi à la démonstration et les résultats ont pu être imprimés. Cela est impossible quand les calculs sont nombreux; les résultats sont alors mis en mémoire pour être traités comme on le désire, par exemple en établissant la courbe de distribution ou en procédant à une analyse statistique.

Le numéro de la ligne et la distance radiale ont été indiqués pour les deux extrémités de chaque calcul.

B.9 *CFR 8 – Exemple de l'emploi de CATNAP pour répondre à un critère de conception* (voir la figure B-8)

Il s'agit là d'un exemple de l'emploi du programme CATNAP pour concevoir les composants individuels d'un réseau afin de répondre à des objectifs nominaux.

L'introduction d'équipements téléphoniques électroniques donne au concepteur une plus grande latitude de choix en ce qui concerne les valeurs des caractéristiques de l'appareil téléphonique, par exemple, la valeur de l'impédance de la ligne qui doit être connectée à l'appareil téléphonique pour assurer l'entière suppression de l'effet local (Z_{so}).

Par itération, on peut obtenir les valeurs préférées de Z_{so}. Par exemple, des calculs ont été effectués pour un appareil BT 706 classique et pour un appareil 706, avec certaines valeurs suggérées de Z_{so} sur des longueurs limites BT de câble local à conducteurs de cuivre de diamètre normalisé, ainsi qu'avec une longueur moyenne de câble à 0,5 mm. Pour l'une des séries expérimentales de valeurs qui paraissent possibles d'après les résultats obtenus, et pour un appareil 706 classique, on a procédé à un jeu de 40 calculs avec choix aléatoire de lignes

locales dans une banque de données couvrant les 1800 lignes utilisées pour CFR 7. Les résultats sont exprimés sous forme de la moyenne et de l'écart type de la distribution de l'AELM. On peut voir que les valeurs suggérées donnent en moyenne une meilleure qualité de transmission, même si cette qualité se dégrade sur les lignes limites à 0,63 mm et à 0,9 mm qui sont moins fréquemment utilisées dans le réseau local que les lignes à 0,5 mm.

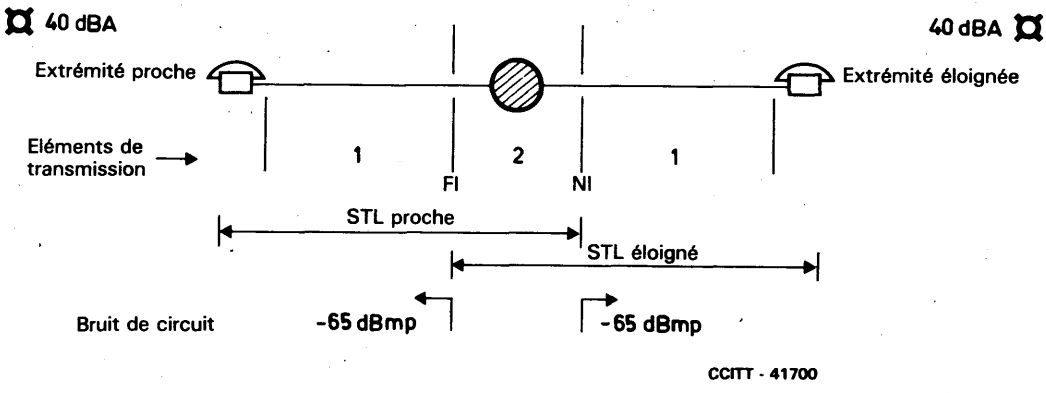
Comme outil de conception, le programme peut en outre servir à vérifier les améliorations de la qualité de transmission, à contrôler les effets des tolérances et à envisager d'éventuelles améliorations des valeurs de celles-ci.

B.10 *CFR 9 – Effet de la variation de la longueur de la ligne* (voir la figure B-9)

CFR 9 est identique à CFR 2, sauf en ce qui concerne le diamètre du câble. Dans ce cas, on utilise un câble à conducteurs de cuivre de 0,63 mm. La longueur du câble varie de 0 à 10 km, ce qui dépasse la longueur limite de British Telecom (7,2 km).

Les résultats sont représentés par des courbes qui donnent les notes d'opinion de conversation, les valeurs de l'EGS et la tension vocale en fonction de la longueur de la ligne. Comme auparavant, la courbe relie simplement les points calculés.

Les calculs effectués dans ce cas sont présentés pour démontrer la possibilité d'utilisation «inverse» du programme CATNAP. On connaît (à partir du plan de transmission) les limites imposées à l'EGS; les passages par ordinateur peuvent en conséquence servir à indiquer la gamme des longueurs de câble acceptables. La possibilité de calculer la qualité de transmission d'après les notes d'opinion permet de spécifier des limites de qualité de transmission plus proches de la réalité que des limites de qualité établies d'après les équivalents pour la sonie.



Eléments de transmission

Appareils téléphoniques du type BT n° 706

1 Câble non chargé 1,6 km de 0,5 mm (168 Ω/km, 50 nF/km)

2 Pont d'alimentation de Stone (2 × 200 Ω, 2 + 2 µF, 50 V)

Extrémité proche		*Extrémité éloignée*	
AELM	9,02	ESR	−5,15
ESR	−5,15	AELM	9,02
Y_{LE}	3,48	Y_{LE}	3,48
Y_C	3,15	Y_C	3,15
BS	40,00	BS	40,00
IL	64	*IL*	64
EGS	−0,27	ESE	4,76
ESE	4,76	EGS	−0,27
V_L	−18,24	V_L	−18,24
V_C	−22,69	V_C	−22,69
BCI	−65,00	BCI	−65,00

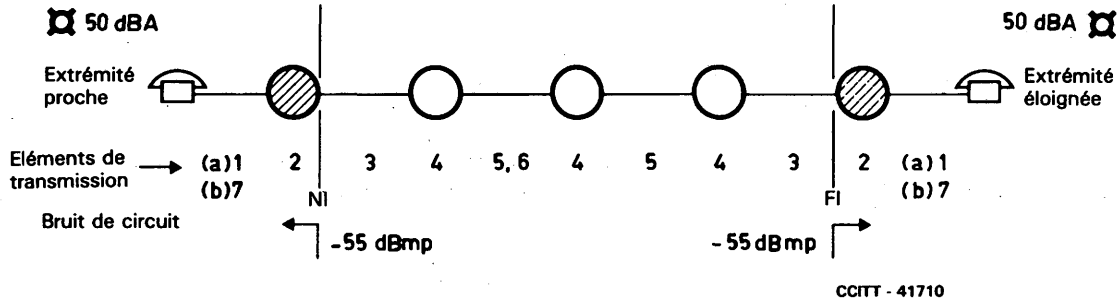
IL	Courant de ligne (mA)
ESE	Equivalent pour la sonie à l'émission (dB)
ESR	Equivalent pour la sonie à la réception (dB)
EGS	Equivalent global pour la sonie (dB)
AELM	Affaiblissement d'effet local par la méthode de masquage (dB)
Y_{LE}	Note d'effort à l'écoute
Y_C	Note d'opinion sur la conversation
V_L	Tension vocale à l'interface (dBV) dans des conditions de parole contrôlée
V_C	Tension vocale à l'interface (dBV) dans les conditions de la conversation
BS	Niveau du bruit de salle (environnement) (dBA), spectre de Hoth
BCI	Niveau du bruit de circuit injecté, rapporté à un ESR de 0 dB à l'extrémité
NI	Interface proche
FI	Interface éloignée
STL	Système téléphonique local

Remarque 1 – Le bruit de salle a un spectre de Hoth.

Remarque 2 – L'EGS de la colonne de gauche est de proche à éloigné et celui de la colonne de droite d'éloigné à proche.

FIGURE B-1

CFR 1 – Communication dans la zone du même central



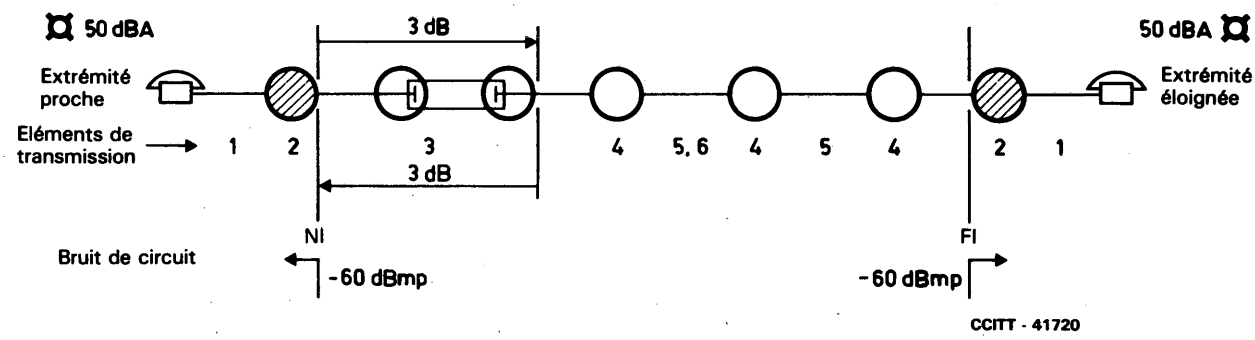
Eléments de transmission
Appareils téléphoniques du type BT n° 706
1 Câble non chargé 6 km de 0,5 mm (168 Ω/km, 50 nF/km)
2 Pont d'alimentation de Stone (2 x 200 Ω, 2 + 2 μF, 50 V)
3 Jonction chargée 19,6 km de 0,9 mm, 88 mH, pas: 1,83 km
4 Pont d'alimentation à transformateur (50 V)
5 Affaiblissement 3,5 dB, indépendant de la fréquence, 600 Ω
6 Filtrage de voie 300 Hz à 3400 Hz, 600 Ω
7 Câble non chargé 10 km de 0,9 mm (55 Ω/km, 50 nF/km)

Extrémité proche	*IL* = 32	*IL* = 32	*Extrémité éloignée*
AELM = 11,19	ESE = 8,21	EGS = 25,07	ESR = −1,32
ESR = −1,32	EGS = 25,07	ESE = 8,21	AELM = 11,19
Y_{LE} = 1,98	V_L = −21,40	V_L = −21,40	Y_{LE} = 1,98
Y_C = 1,86	V_C = −22,46	V_C = −22,46	Y_C = 1,86
BS = 50,00	BCI = −55,00	BCI = −55,00	BS = 50,00

Extrémité proche	*IL* = 50	*IL* = 50	*Extrémité éloignée*
AELM = −0,14	ESE = 6,62	EGS = 24,04	ESR = −2,05
ESR = −2,05	EGS = 24,04	ESE = 6,62	AELM = −0,14
Y_{LE} = 1,72	V_L = −19,75	V_L = −19,75	Y_{LE} = 1,72
Y_C = 0,81	V_C = −21,52	V_C = −21,52	Y_C = 0,81
BS = 50,00	BCI = −55,00	BCI = −55,00	BS = 50,00

FIGURE B-2

CFR 2 – Communication nationale limite



Eléments de transmission

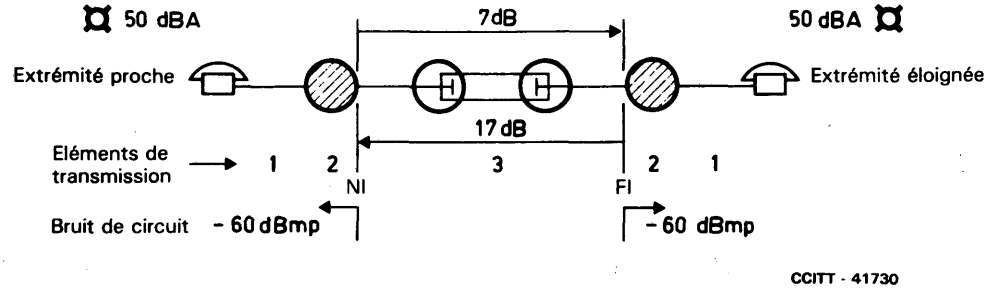
Appareils téléphoniques du type BT n° 706

1 Câble non chargé 1,6 km de 0,5 mm (168 Ω/km, 50 nF/km)
2 Pont d'alimentation de Stone (2 x 200 Ω, 2 + 2 μF, 50 V)
3 Système MIC 3 dB jusqu'à 3,4 kHz, 600 Ω
4 Pont d'alimentation du transformateur (50 V)
5 Affaiblissement 3,5 dB, indépendant de la fréquence, 600 Ω
6 Filtrage de voie 300 Hz à 3400 Hz, 600 Ω

Extrémité proche				*Extrémité éloignée*
AELM = 9,31	*IL* = 64	*IL* = 64		ESR = −4,95
ESR = −4,95	ESE = 4,95	EGS = 13,38		AELM = 8,55
Y_{LE} = 3,34	EGS = 13,38	ESE = 4,95		Y_{LE} = 3,34
Y_C = 2,73	V_L = −18,60	V_L = −18,60		Y_C = 2,75
BS = 50,00	V_C = −22,19	V_C = −22,45		BS = 50,00
	BCI = −60,00	BCI = −60,00		

FIGURE B-3

CFR 3 – Communication à grande distance avec jonction MIC



Eléments de transmission

Appareils téléphoniques du type BT n° 706

1 Câble non chargé 6 km de 0,5 mm (168 Ω/km, 50 nF/km)
2 Pont d'alimentation de Stone (2 x 200 Ω, 2 + 2 μF, 50 V)
3 Système MRF, affaiblissement indiqué jusqu'à 3400 Hz, 600 Ω

Extrémité proche		*IL* = 32	*IL* = 32	*Extrémité éloignée*
AELM = 13,89	ESE = 8,21	EGS = 14,35	ESR = −1,31
ESR = −1,31	EGS = 24,22	ESE = 8,21	AELM = 13,89
Y_{LE} = 2,62	V_L = −21,40	V_L = −21,40	Y_{LE} = 3,40
Y_C = 2,18	V_C = −22,69	V_C = −24,22	Y_C = 2,90
BS = 50,00	BCI = −60,00	BCI = −60,00	BS = 50,00

Les résultats représentés par les courbes ci-après concernent la même communication avec, dans le système MRF, affaiblissement de proche (P) à éloigné (E) variant de 2 dB à 32 dB. L'affaiblissement d'éloigné à proche était maintenu à 17 dB.

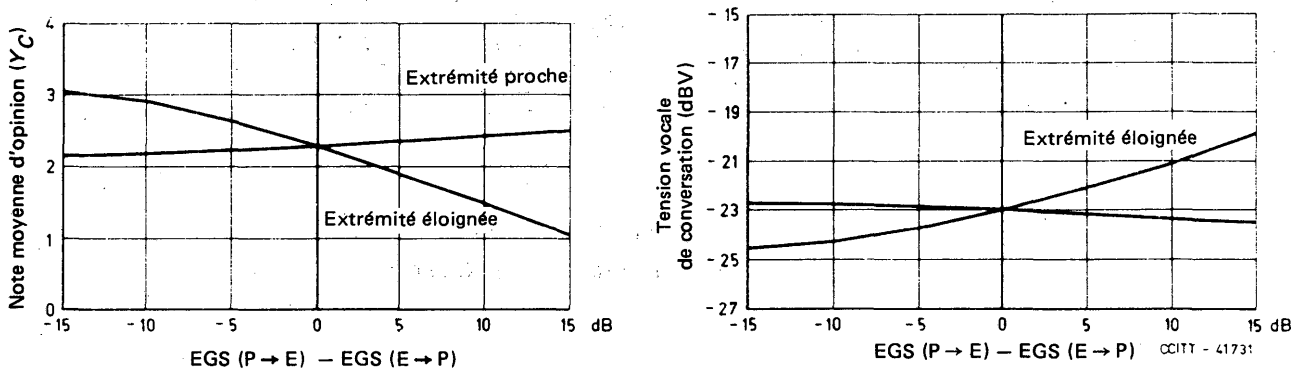
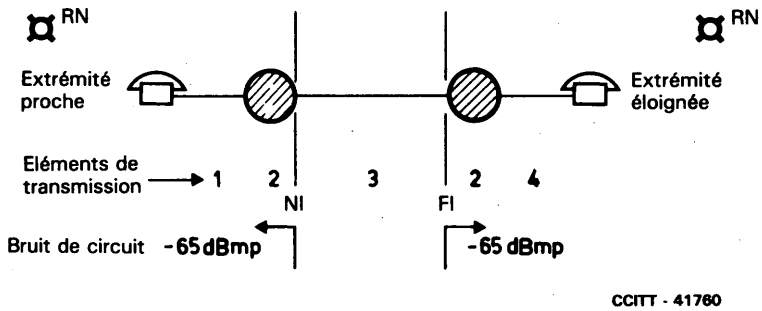


FIGURE B-4

CFR 4 – Effets de l'asymétrie d'affaiblissement de transmission



Eléments de transmission

Appareils téléphoniques du type BT n° 706
1 Câble non chargé 10 km de 0,9 mm (55 Ω/km, 50 nF/km)
2 Pont d'alimentation de Stone (2 x 200 Ω, 2 + 2 μF, 50 V)
3 Affaiblissement 20 dB, indépendant de la fréquence, 600 Ω
4 Câble non chargé 6 km de 0,5 mm (168 Ω/km, 50 nF/km)

Extrémité proche				*Extrémité éloignée*	
AELM = 0,28	*IL* = 50	*IL* = 32		ESR = −1,32	
ESR = −2,04	ESE = 6,62	EGS = 24,69		AELM = 13,66	
Y_{LE} = 2,63	EGS = 25,53	ESE = 8,82		Y_{LE} = 2,87	
Y_C = 2,17	V_L = −19,75	V_L = −21,40		Y_C = 2,17	
BS = 40,00	V_C = −24,83	V_C = −22,67		BS = 40,00	
	BCI = −65,00	BCI = −65,00			

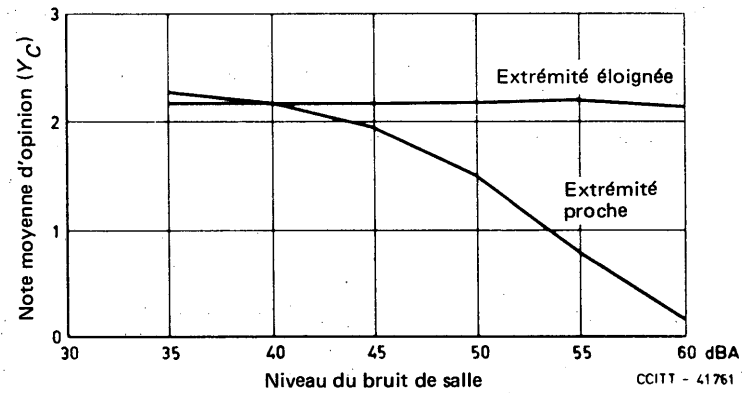
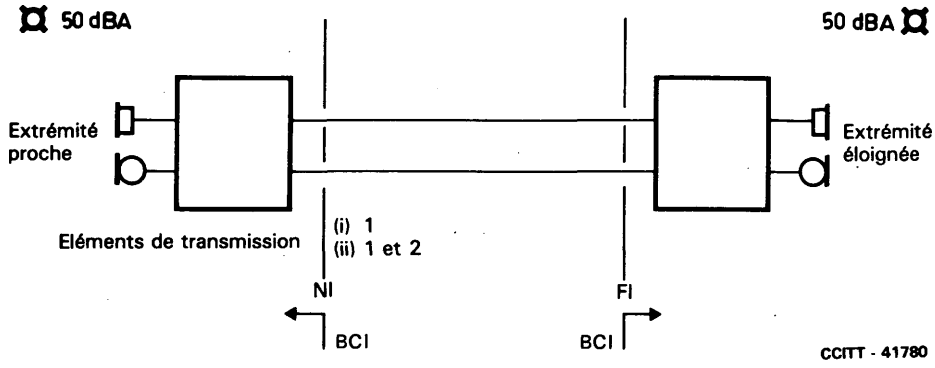


FIGURE B-5

CFR 5 – Effets du niveau de bruit de salle

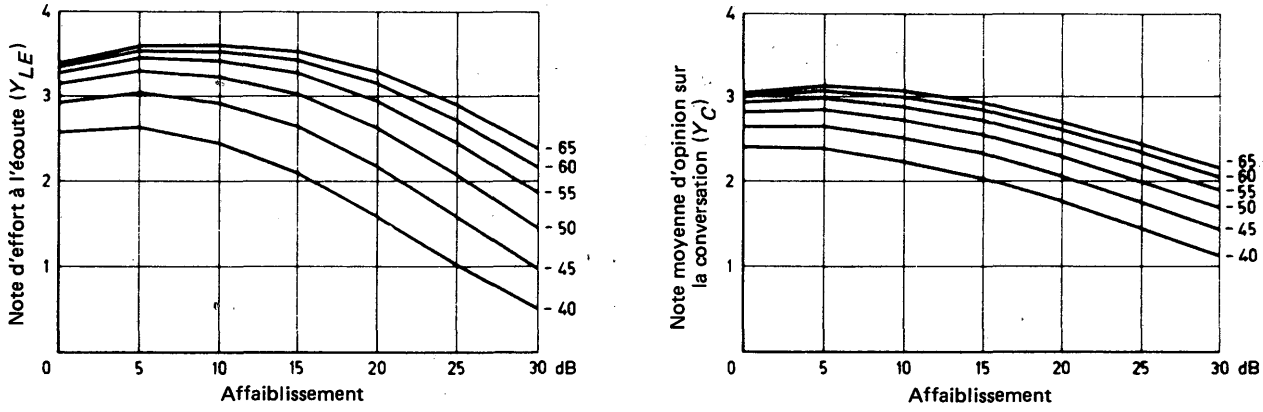


Eléments de transmission

Appareils téléphoniques: systèmes de référence intermédiaires (conformément à la Recommandation P.48), avec AELM = 20 dB pour le trajet d'effet local.

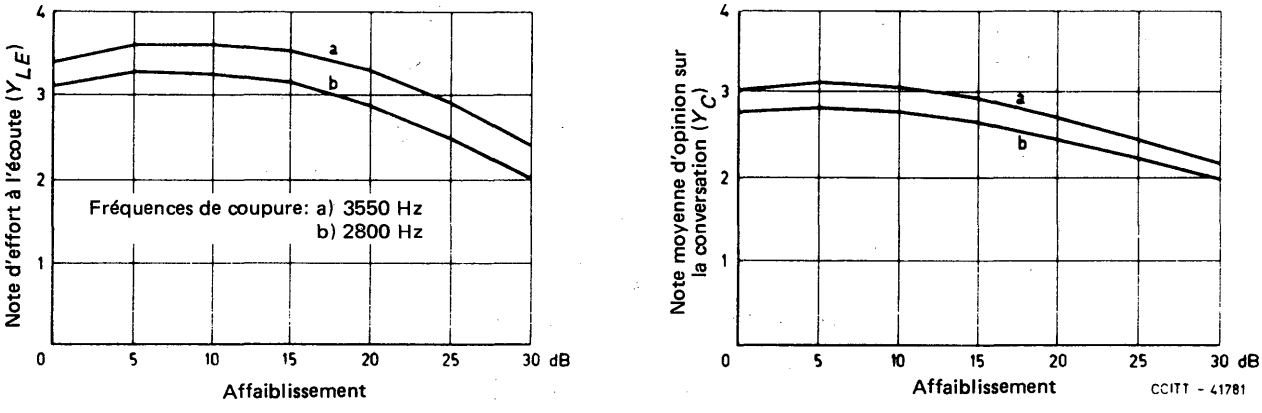
1 Affaiblissement 0 à 30 dB, indépendant de la fréquence, 600 Ω

2 Filtrage 600 Ω, a) 0-3,55 kHz
b) 0-2,80 kHz



Remarque – Ces courbes montrent l'effet exercé sur Y_{LE} et Y_C par un changement de niveau du bruit de circuit injecté de −65 dBmp à −40 dBmp, rapporté à un ESR de 0 dB.

a) Effets du niveau de bruit injecté et de l'affaiblissement global sur les notes d'effort à l'écoute et d'opinion sur la conversation.

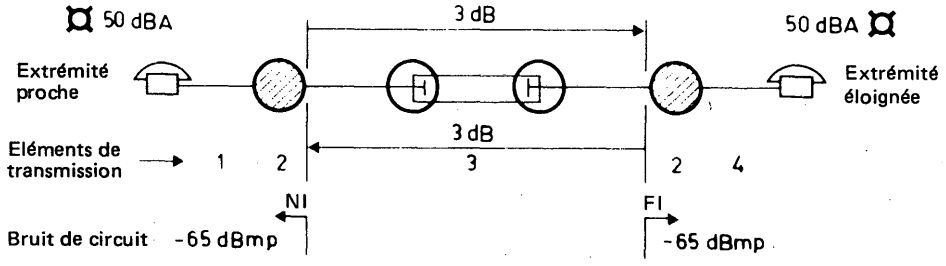


Remarque – Ces courbes montrent l'effet de la limitation de bande avec des filtres passe-bas idéaux.

b) Effets de la limitation de bande (filtre passe-bas) et de l'affaiblissement sur les notes d'effort à l'écoute et d'opinion sur la conversation.

FIGURE B-6

CFR 6 – Effets du niveau de bruit injecté et de la limitation de bande



Eléments de transmission

Appareils téléphoniques du type BT n° 706

1 Ligne: choix aléatoire dans un échantillon de 1800 lignes d'abonné existantes
2 Pont d'alimentation de Stone (2 x 200 Ω, 2 + 2 μF, 50 V)
3 Système MIC, 600 Ω, 3 dB
4 Ligne: choix aléatoire d'une ligne dans le même échantillon de 1800 lignes qu'au point 1 ci-dessus.

Ligne 43 (1,3 km)

Extrémité proche		*IL*	=	64
AELM	= 10,38	ESE	=	5,45
ESR	= −4,46	EGS	=	4,77
Y_{LE}	= 3,56	V_L	=	−19,07
Y_C	= 3,06	V_C	=	−22,96
BS	= 50,00	BCI	=	−65,00

Ligne 121 (0,9 km)

IL	= 64	*Extrémité éloignée*	
EGS	= 4,77	ESR	= −4,44
ESE	= 5,47	AELM	= 8,59
V_L	= −19,11	Y_{LE}	= 3,57
V_C	= −23,56	Y_C	= 3,07
BCI	= −65,00	BS	= 50,00

Ligne 731 (0,3 km)

Extrémité proche		*IL*	=	75
AELM	= 7,19	ESE	=	4,08
ESR	= −5,74	EGS	=	2,53
Y_{LE}	= 3,45	V_L	=	−17,46
Y_C	= 3,05	V_C	=	−22,29
BS	= 50,00	BCI	=	−65,00

Ligne 87 (0,5 km)

IL	= 64	*Extrémité éloignée*	
EGS	= 2,42	ESR	= −5,41
ESE	= 4,50	AELM	= 6,77
V_L	= −18,16	Y_{LE}	= 3,50
V_C	= −23,13	Y_C	= 3,06
BCI	= −65,00	BS	= 50,00

Ligne 4 (2,0 km)

Extrémité proche		*IL*	=	50
AELM	= 4,33	ESE	=	4,05
ESR	= −4,65	EGS	=	3,54
Y_{LE}	= 3,53	V_L	=	−17,84
Y_C	= 3,05	V_C	=	−23,53
BS	= 50,00	BCI	=	−65,00

Ligne 776 (0,9 km)

IL	= 75	*Extrémité éloignée*	
EGS	= 2,45	ESR	= −5,38
ESE	= 4,45	AELM	= 7,28
V_L	= −17,83	Y_{LE}	= 3,47
V_C	= −22,60	Y_C	= 3,03
BCI	= −65,00	BS	= 50,00

Ligne 1018 (2,2 km)

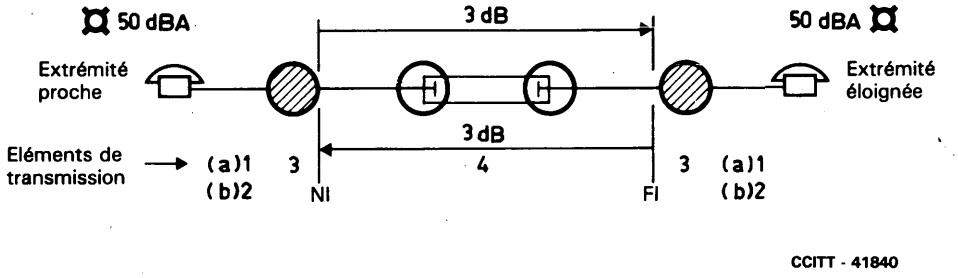
Extrémité proche		*IL*	=	50
AELM	= 8,95	ESE	=	3,41
ESR	= −5,27	EGS	=	4,59
Y_{LE}	= 3,54	V_L	=	−17,17
Y_C	= 3,03	V_C	=	−21,42
BS	= 50,00	BCI	=	−65,00

Ligne 1647 (2,5 km)

IL	= 40	*Extrémité éloignée*	
EGS	= 4,37	ESR	= −2,72
ESE	= 6,18	AELM	= 8,94
V_L	= −19,54	Y_{LE}	= 3,56
V_C	= −23,88	Y_C	= 3,07
BCI	= −65,00	BS	= 50,00

FIGURE B-7

CFR 7 – Exemple avec choix aléatoire de lignes d'abonné



Eléments de transmission

Appareils téléphoniques du type BT n° 706 avec les valeurs de Z_{so} modifiées selon les besoins

1 Câble non chargé: comme spécifié ci-dessous
2 Ligne: choix aléatoire dans un échantillon de 1800 lignes d'abonné existantes
3 Pont d'alimentation de Stone (2 × 200 Ω, 2 + 2 µF, 50 V)
4 Système MIC 600 Ω, 3 dB

Remarque — Voir également les tableaux B-1 et B-2.

FIGURE B-8

CFR 8 – Exemple d'application du programme CATNAP lors de la conception

TABLEAU B-1

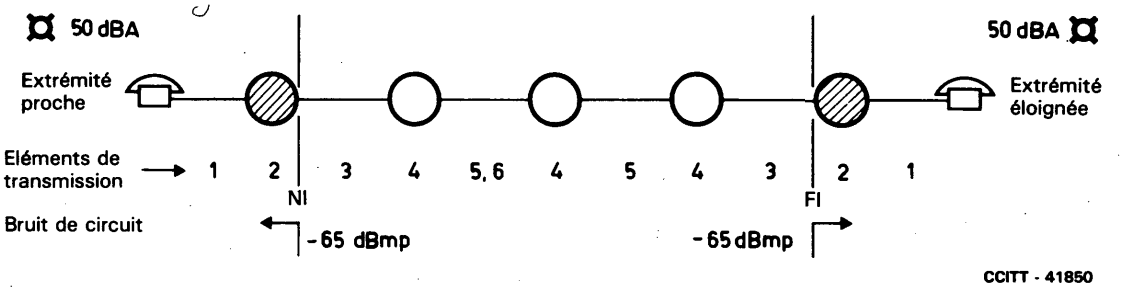
Valeurs de l'AELM (dB) pour des lignes spécifiées (conducteurs de cuivre)

Z_{SO}	1,6 km 0,5 mm (médiane)	6 km 0,5 mm	3,7 km 0,4 mm	7,2 km 0,63 mm	10 km 0,9 mm
		← (limite) →			
706	9,9	15,7	7,2	7,5	0,0
Conjugué de l'entrée Z	1,8	1,1	0,6	−0,2	−0,6
600 Ω	6,6	−0,8	−1,2	−2,0	−3,0
Valeurs suggérées	10,2	13,4	13,8	4,4	−1,3

TABLEAU B-2

Distribution de l'AELM pour un échantillon de 40 lignes avec l'appareil 706 classique et avec les valeurs suggérées de Z_{SO}

Z_{SO}	Moyenne	Ecart type	Valeur maximale	Valeur minimale
706	8,3	± 2,5	14,1	3,8
Valeurs suggérées	9,4	± 3,1	17,9	4,2



Eléments de transmission

Appareils téléphoniques du type BT n° 706

1 Câble non chargé 0 à 10 km de 0,63 mm (109 Ω/km, 50 nF/km)
2 Pont d'alimentation de Stone (2 × 200 Ω, 2 + 2 µF, 50 V)
3 Jonction chargée 19,6 km de 0,9 mm, 88 mH, 1,83 km
4 Pont d'alimentation à transformateur (50 V)
5 Affaiblissement 3,5 dB, indépendant de la fréquence, 600 Ω
6 Filtrage de voie 300 Hz à 3400 Hz, 600 Ω

Les résultats sont indiqués par les courbes ci-après.

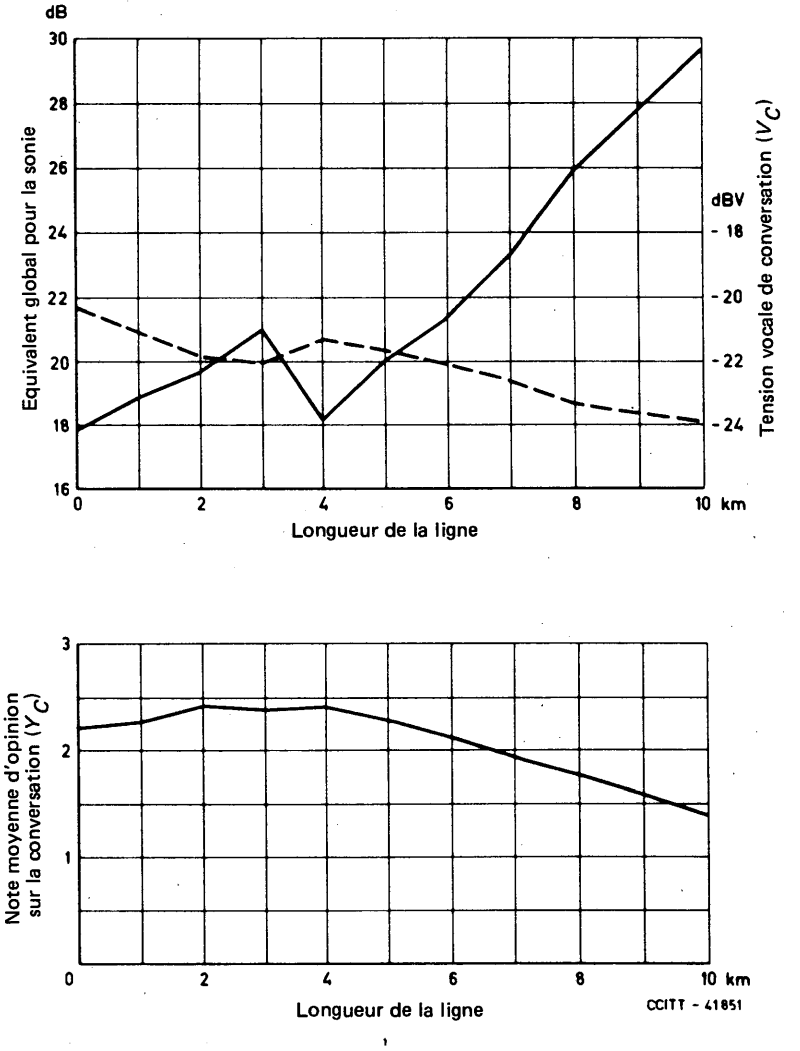


FIGURE B-9

CFR 9 – Effets de la variation de la longueur de la ligne

ANNEXE C

(au § 4.3.1.2 du Supplément n° 3)

Calcul du spectre de bruit

Il est nécessaire que la valeur d'échelle de bruit soit transformée en valeurs spectrales à la fois pour le bruit de salle et le bruit de circuit (voir la figure 4-4). On trouvera au tableau C-1 la base de données des valeurs de spectre R_N (60 dBA) et de V_c (−56,0 dBmp). La valeur de bruit de salle est tirée de la figure 2/P.45 [50] et de la figure 1 du Supplément n° 13. La valeur de V_c est un mélange de bruit de circuit et de bruit du centre de commutation. Ces valeurs s'expriment, respectivement, par un bruit de spectre continu et uniforme et par un bruit à −8 dB/octave. Si, seulement, un niveau de bruit d'échelle est connu comme une condition d'essai alors que sa valeur de spectre n'est pas connue, on utilise le spectre de bruit mixte dans le modèle OPINE, où le bruit à −8 dB/octave est de 10 dB inférieur au bruit à spectre continu et uniforme. De plus, des caractéristiques du système de référence pour la détermination des affaiblissements équivalents pour la netteté (SRAEN) sont ajoutées à celles du bruit de spectre continu et uniforme.

TABLEAU C-1

Valeur du spectre de bruit utilisée dans le modèle OPINE

R_N = 60 dBA V_C = −56,0 dBmp

N°	Fréquence	B_{RNi}	V_{plat} + SRAEN	$V_{-8/oct}$	V_{CQi} = V_{plat} (+) $V_{-8/oct}$
	(Hz)	(dB) 20 µPa/Hz	(dBV/Hz)	(dBV/Hz)	(dBV/Hz)
1	100	42,07	−112,91	−75,25	−75,25
2	125	40,67	−102,61	−77,95	−77,93
3	160	39,07	−98,11	−80,55	−80,47
4	200	37,37	−96,81	−83,25	−83,06
5	250	35,87	−95,21	−85,95	−85,46
6	315	34,37	−93,31	−88,55	−87,29
7	400	32,87	−92,41	−91,25	−88,78
8	500	31,17	−91,91	−93,85	−89,76
9	630	29,57	−91,51	−96,55	−90,32
10	800	27,87	−91,21	−99,25	−90,57
11	1000	26,37	−91,21	−101,95	−90,86
12	1250	24,77	−91,21	−104,55	−91,01
13	1600	23,07	−91,11	−107,25	−91,00
14	2000	21,37	−91,01	−109,95	−90,95
15	2500	19,57	−91,01	−112,55	−90,98
16	3150	17,37	−91,21	−115,25	−91,19
17	4000	14,87	−178,71	−117,95	−117,95
18	5000	12,17	−291,21	−120,55	−120,55
19	6300	9,37	−291,21	−123,25	−123,25
			−56,4 dBmp	−66,4 dBmp	

ANNEXE D

(au § 4.3.3 du Supplément n° 3)

Exemples de calcul de la NOM

Les conditions d'essai examinées dans le présent document sont celles d'un circuit téléphonique local avec poste téléphonique NTT type 600 et ligne d'abonné de 0,4 mm, 7 dB. Les données d'entrée concernant le circuit téléphonique local sont spécifiées au tableau D-1. A ce sujet, ESE = 6,6 dB et ESR = −3,8 dB. Les conditions d'essai et les résultats des calculs des facteurs fondamentaux sont représentés au tableau D-2.

La figure D-1 représente les résultats du calcul électroacoustique global (§ 4.3.1) dans la condition d'essai n° 11 du tableau D-2, où EGS est égal à 6,4 dB.

TABLEAU D-1

Efficacité du circuit téléphonique local
(Poste téléphonique NTT type 600 avec ligne d'abonné 0,4 mm, 7 dB)

N°	Fréquence	S_{MJi}	S_{JEi}	L_{MESTi}	L_{RNSTi}
	(Hz)	(dB) rel V/Pa	(dB) rel Pa/V	(dB)	(dB)
1	100	−22,3	−40,0	5,3	28,6
2	125	−25,1	−2,7	6,7	26,3
3	160	−23,8	2,5	5,0	20,8
4	200	−18,8	7,3	2,3	14,1
5	250	−14,4	11,3	−3,0	5,6
6	315	−12,3	14,6	−6,4	−1,3
7	400	−12,5	15,9	−5,6	−1,8
8	500	−12,6	15,7	−3,6	−0,3
9	630	−12,3	14,9	−2,1	2,8
10	800	−11,9	14,4	−0,4	3,9
11	1000	−11,6	14,5	0,1	3,4
12	1250	−12,0	14,8	0,0	3,1
13	1600	−12,0	14,1	0,1	0,1
14	2000	−9,8	14,4	−3,3	−2,1
15	2500	−10,0	16,2	−5,0	3,4
16	3150	−11,0	11,5	2,7	15,0
17	4000	−16,8	8,9	11,1	22,3
18	5000	−27,9	−30,0	28,1	35,1
19	6300	−32,0	−30,0	32,7	35,3

TABLEAU D-2

Exemple d'estimation des facteurs fondamentaux par le modèle OPINE

Conditions d'essai (AELM = 7,1 dB)						Conversion en entrée OPINE			Résultat					
N°	Bruit EGS (dB)	R_N (dBA)	Bruit de circuit (dBmp)	Bruit de commutation (dBmp)	Caractéristiques de fréquence (voir tableau D-3)	EGS (dB)	L (dB)	V_C (dBmp)	IQ_{EL}	IQ_N	IQ_{AD}	IQ_{ST}	IQG	NOM
1	−3,8	0			1	−3,6	−7,3	−95,1	0,63	0,00	0,19	0,15	0,97	2,58
2	1,2	0			1	1,4	−2,3	−95,1	0,23	0,00	0,10	0,15	0,49	3,04
3	6,2	0			1	6,4	2,7	−95,1	0,03	0,00	0,09	0,15	0,27	3,23
4	11,2	0			1	11,4	7,7	−95,1	0,40	0,00	0,12	0,15	0,67	2,88
5	16,2	0			1	16,4	12,7	−95,1	0,80	0,00	0,08	0,15	1,03	2,52
6	21,2	0			1	21,4	17,7	−95,1	1,20	0,00	0,04	0,15	1,40	2,16
7	26,2	0			1	26,4	22,7	−95,1	1,61	0,00	0,04	0,15	1,81	1,75
8	31,2	0			1	31,4	27,7	−95,1	2,02	0,00	0,02	0,15	2,20	1,37
9	−3,8	60	−56,9	−62,2	1	−3,6	−7,3	−55,8	0,56	0,21	0,19	0,15	1,12	2,44
10	1,2	60	−56,9	−62,2	1	1,4	−2,3	−55,8	0,14	0,21	0,10	0,15	0,61	2,93
11	6,2	60	−56,9	−62,2	1	6,4	2,7	−55,8	0,15	0,21	0,09	0,15	0,60	2,94
12	11,2	60	−56,9	−62,2	1	11,4	7,7	−55,8	0,60	0,21	0,12	0,15	1,08	2,48
13	16,2	60	−56,9	−62,2	1	16,4	12,7	−55,8	1,09	0,21	0,08	0,15	1,54	2,02
14	21,2	60	−56,9	−62,2	1	21,4	17,7	−55,8	1,62	0,21	0,04	0,15	2,03	1,53
15	26,2	60	−56,9	−62,2	1	26,4	22,7	−55,8	2,21	0,23	0,04	0,15	2,64	0,95
16	31,2	60	−56,9	−62,2	1	31,4	27,7	−55,8	2,87	0,26	0,02	0,15	3,30	0,41
17	1,2	60	−56,9		1	1,4	−2,3	−57,0	0,15	0,16	0,10	0,15	0,57	2,97
18	11,2	60	−56,9		1	11,4	7,7	−57,0	0,59	0,16	0,12	0,15	1,02	2,53
19	21,2	60	−56,9		1	21,4	17,7	−57,0	1,61	0,16	0,04	0,15	1,96	1,60
20	31,2	60	−56,9		1	31,4	27,7	−57,0	2,84	0,21	0,02	0,15	3,23	0,47
21	1,2	50	−56,9	−62,2	1	1,4	−2,3	−55,8	0,17	0,21	0,10	0,15	0,64	2,90
22	11,2	50	−56,9	−62,2	1	11,4	7,7	−55,8	0,53	0,21	0,12	0,15	1,01	2,54
23	21,2	50	−56,9	−62,2	1	21,4	17,7	−55,8	1,48	0,21	0,04	0,15	1,89	1,67
24	31,2	50	−56,9	−62,2	1	31,4	27,7	−55,8	2,59	0,22	0,02	0,15	2,99	0,65
25	1,2	45	−68,2	−68,2	1	1,4	−2,3	−65,2	0,20	0,02	0,10	0,15	0,48	3,05
26	13,2	45	−68,2	−68,2	1	13,4	9,7	−65,2	0,63	0,02	0,12	0,15	0,92	2,63
27	26,2	45	−68,2	−68,2	1	26,4	22,7	−65,2	1,80	0,02	0,04	0,15	2,02	1,55
28	1,2	45	−63,8	−68,2	1	1,4	−2,3	−62,5	0,20	0,04	0,10	0,15	0,50	3,03
29	13,2	45	−63,8	−68,2	1	13,4	9,7	−62,5	0,65	0,04	0,12	0,15	0,96	2,60
30	26,2	45	−63,8	−68,2	1	26,4	22,7	−62,5	1,84	0,04	0,04	0,15	2,07	1,49
31	2,2	60	−56,9	−62,2	3	2,5	−2,4	−55,8	0,07	0,21	0,28	0,15	0,72	2,83
32	12,2	60	−56,9	−62,2	3	12,5	7,6	−55,8	0,69	0,21	0,20	0,15	1,25	2,30
33	22,2	60	−56,9	−62,2	3	22,5	17,6	−55,8	1,71	0,21	0,12	0,15	2,19	1,37
34	32,2	60	−56,9	−62,2	3	32,5	27,6	−55,8	2,95	0,26	0,04	0,15	3,41	0,35
35	4,1	60	−56,9	−62,2	7	5,1	−2,3	−55,8	0,02	0,21	0,45	0,15	0,84	2,71
36	14,1	60	−56,9	−62,2	7	15,1	7,7	−55,8	0,89	0,21	0,31	0,15	1,57	1,99
37	24,1	60	−56,9	−62,2	7	25,1	17,7	−55,8	1,92	0,22	0,18	0,15	2,47	1,10
38	34,1	60	−56,9	−62,2	7	35,1	27,7	−55,8	3,16	0,27	0,06	0,15	2,64	0,23

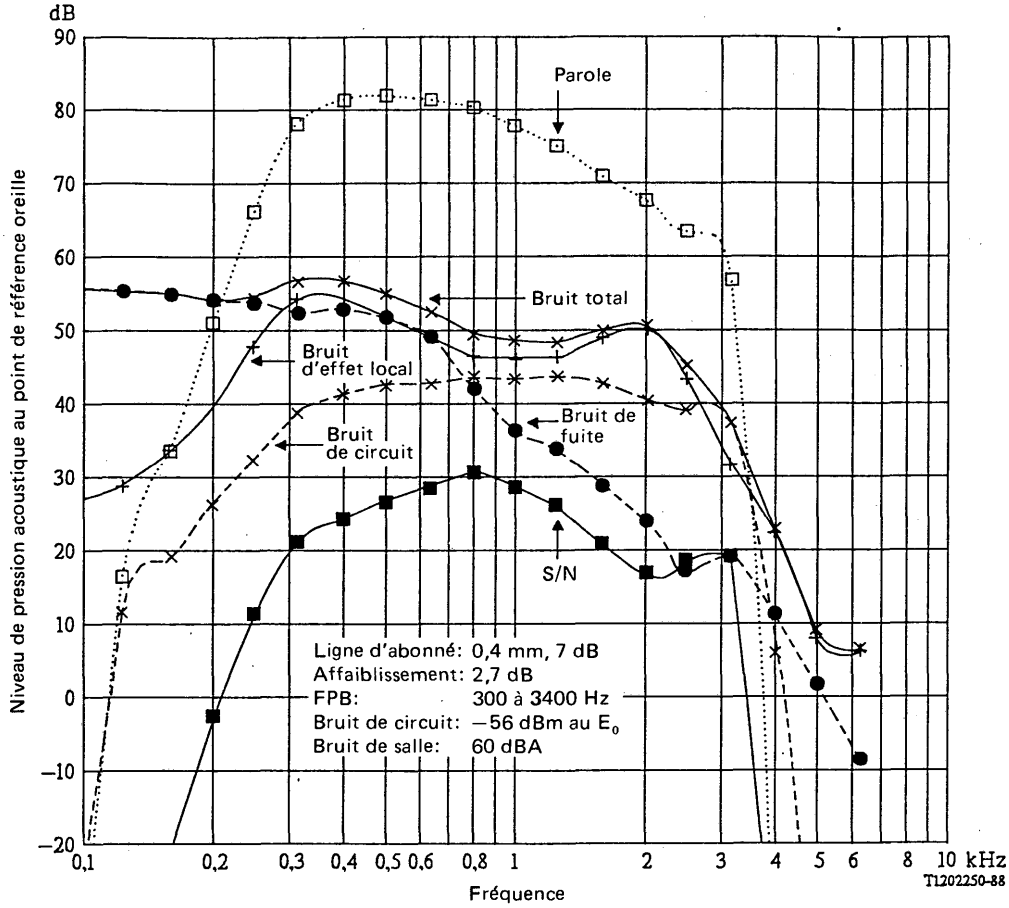
TABLEAU D-3

Caractéristiques d'affaiblissement en fonction de la fréquence utilisées au tableau D-2

Fréquence	1	2	3
(Hz)	SRAEN (dB)	(remarque 1) (dB)	(remarque 2) (dB)
100	21,7	40,0	76,0
125	11,4	32,0	60,0
160	6,9	23,0	47,0
200	5,6	17,2	36,0
250	4,0	12,0	24,5
315	2,1	6,5	15,0
400	1,2	2,5	7,0
500	0,7	1,0	2,5
630	0,3	0,5	0,5
800	0,0	0,0	0,0
1000	0,0	−0,1	0,0
1250	0,0	−0,1	0,0
1600	−0,1	−0,3	0,2
2000	−0,2	−0,1	0,9
2500	−0,2	0,5	2,5
3150	0,0	4,0	9,0
4000	87,5	12,5	19,5
5000	200,0	22,0	30,0
6300	200,0	32,0	41,0

Remarque 1 – 3 chaînes de circuits à 4 fils. Caractéristiques de limite à 50%.

Remarque 2 – 7 chaînes de circuits à 4 fils. Caractéristiques de limite à 95,5%.



FPB Filtre passe-bas

FIGURE D-1

Niveau de la parole et du bruit au point de référence oreille

ANNEXE E

(au § 4.3.2.2 du Supplément n° 3)

Etablissement de l'équation (4-16)

A partir des équations (4-9) et (4-10) de la Recommandation P.79,

$$EGS = \overline{L_{ME}} - \overline{L_{RNE}} = -\frac{1}{m} 10 \log_{10} \sum_{i=1}^{M} 10^{\frac{-mL_{MEi}}{10}} G_i \Delta f_i - \left(-\frac{1}{m}\right) 10 \log_{10} \sum_{i=1}^{M} 10^{\frac{-mL_{RMEi}}{10}} G_i \Delta f_i \qquad \text{(E-1)}$$

En prenant le logarithme de l'équation (4-12),

$$10 \log_{10} \lambda_E = 10 \log_{10} C + 10 \log_{10} \left[\sum_{i=1}^{M} 10^{\frac{-mb_n}{10}} \cdot 10^{\frac{-mL_{MEi}}{10}} G_i \Delta f_i \right] = K - mb_n - m\overline{L_{ME}} \qquad \text{(E-2)}$$

De même,

$$10 \log_{10} \lambda_0 = 10 \log_{10} C + 10 \log_{10} \left[\sum_{i=1}^{M} 10^{\frac{-mL_{\Phi MEi}}{10}} G_i \Delta f_i \right] = K - m\overline{L_{\Phi ME}} \qquad \text{(E-3)}$$

où $L_{\Phi MEi}$ est l'affaiblissement en dB qui donne la sonie optimale en l'absence de bruit.

En substituant ces quantités dans l'équation (4-15), on obtient

$$IQ_{EL} = \sqrt{\frac{C_2}{C_1} \left(10 \log_{10} \frac{\lambda_E}{\lambda_0}\right)^2 + C_2} - \sqrt{C_2} = \sqrt{\frac{C_2}{C_1} \left\{- mb_n - m\overline{L_{ME}} - (-m\overline{L_{\Phi ME}})\right\}^2 + C_2} - \sqrt{C_2}$$

étant donné que $EGS_0 = L_{\Phi ME} - L_{RNE}$, nous avons:

$$IQ_{EL} = \sqrt{\frac{C_2}{C_1} m^2 (b_n + EGS - EGS_0)^2 + C_2} - \sqrt{C_2} \qquad \text{(E-4)}$$

qui est la même que l'équation (4-16).

Il faut utiliser une constante pour les équations (4-15) et (4-16), soit λ_0/C pour (4-15) et EGS_0 pour (4-16). L'adaptation des valeurs du tableau 4-5 permet une erreur de 0,004 pour deux calculs différents de IQ_{EL}. Mais cette erreur n'en cause pas d'autres dans la suite des calculs.

ANNEXE F

(au § 4.3.3 du Supplément n° 3)

Modèle d'évaluation psychologique

La présente annexe donne un développement précis des équations (4-34) et (4-35). Ce modèle est une adaptation complète de la référence [49].

F.1 *Modèle psychologique pour l'évaluation*

Conformément au modèle cité en [49], la figure F-1 présente un continuum psychologique des valeurs d'évaluation pour une condition d'essai. p_k, défini page 10 du document cité en [45], est la probabilité de donner la note d'opinion k pour une condition d'essai. La correspondance des notes d'opinion et des gammes du continuum psychologique est:

gamme du continuum		*note d'opinion*
$-\infty$	0,5	0
0,5	1,5	1
1,5	2,5	2
2,5	3,5	3
3,5	∞	4

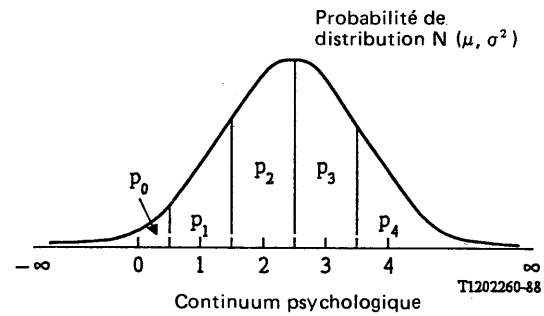


FIGURE F-1

Distribution des évaluations dans une condition d'essai sur un continuum psychologique

Ces hypothèses satisfont à l'équation suivante:

$$NOM = \sum_{k=0}^{4} k\, p_k \tag{F-1}$$

qui est la même que l'équation (4-34).

F.2 *Obtention de l'équation (4-35) à partir de l'équation (4-34)*

La probabilité cumulative $N(\mu, \sigma^2)$ s'exprime au moyen de la fonction de distribution normale de standard suivante:

$$p = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{(x-\mu)/\sigma} \exp(-t^2/2)\mathrm{d}t \tag{F-2}$$

Avec (F-2), on exprime ainsi l'équation (4-34):

$$NOM = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \left\{ 0 \times \int_{-\infty}^{(0,5-\mu)/\sigma} \exp(-t^2/2)\mathrm{d}t + 1 \times \int_{(0,5-\mu)/\sigma}^{(1,5-\mu)/\sigma} \exp(-t^2/2)\mathrm{d}t + 2 \times \int_{(1,5-\mu)/\sigma}^{(2,5-\mu)/\sigma} \exp(-t^2/2)\mathrm{d}t \right.$$
$$\left. + 3 \times \int_{(2,5-\mu)/\sigma}^{(3,5-\mu)/\sigma} \exp(-t^2/2)\mathrm{d}t + 4 \times \int_{(3,5-\mu)/\sigma}^{\infty} \exp(-t^2/2)\mathrm{d}t \right\} \tag{F-3}$$

En remplaçant la multiplication par une répétition d'additions et en modifiant l'association (combinaison) d'addition, l'équation (F-3) devient:

$$NOM = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \left\{ \int_{(0,5-\mu)/\sigma}^{\infty} \exp(-t^2/2)\mathrm{d}t + \int_{(1,5-\mu)/\sigma}^{\infty} \exp(-t^2/2)\mathrm{d}t + \int_{(2,5-\mu)/\sigma}^{\infty} \exp(-t^2/2)\mathrm{d}t \right.$$
$$\left. + \int_{(3,5-\mu)/\sigma}^{\infty} \exp(-t^2/2)\mathrm{d}t \right\} \tag{F-4}$$

Etant donné que:

$$\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{a}^{\infty} \exp(-t^2/2)\mathrm{d}t = 1 - \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{a} \exp(-t^2/2)\mathrm{d}t \tag{F-5}$$

nous avons:

$$NOM = 4 - \sum_{k=0}^{3} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{(k+0,5-\mu)/\sigma} \exp(-t^2/2)\mathrm{d}t \tag{F-6}$$

Le remplacement de μ par P permet d'obtenir l'équation (4-35), ce qui autorise l'emploi d'un tableau de distribution normale standard.

APPENDICE I

(au § 3.2.2 du Supplément n° 3)

```
10  PRINT "CALCUL DE L'INDICE D'INFORMATION POUR CODECS ET ARBM"
20  REM Nouvelle pondération en fréquence, Ti d'après BOSQUET, nouvelle équivalence avec ARBM
30  REM PROGRAMME ICQSKBF2.BAS, Juin 1987, écrit en MF BASIC
40  INPUT "SYSTÈME"; S$
50  INPUT "NOTE"; Y$
60  INPUT "K1 (0 pour ARBM, 5.2 dans les autres cas)="; K1
70  DATA .05457, 4.1, .04733, 5.6, .06682, 6.4, .07497, 6.9, .06546, 7.4, .06622, 7.8, .05585, 8, .054, 8, .05273, 8.2,
    .05117, 8.2
80  DATA .04517, 8.2, .04706, 8.2, .05073, 8.2, .05561, 8.2, .0631, 8.2, .06886, 8.1
90  INPUT "QSEG dans toute la bande-QP=d (0 pour ARBM et MIC)"; SM
100 REM Calcul pour codecs (pour ARBM si K1=d=0)
110 FOR J=1 TO 16
120 PRINT "Qseg dans la bande No"; J
130 INPUT QS
140 READ B, C
150 QC=QS+C
160 K2=1/(1+EXP (-.159673*QC+.157246))
170 Q=K1+QC+K2*SM
180 V=3/(.1+10^ (-Q/10))
190 I=B*V
200 II=II+I
210 NEXT J
220 REM Affichage des résultats
230 PRINT S$, "II="; II
240 LPRINT "          "; S$; TAB (20); K1; TAB (30); SM; TAB (40); II; TAB (50); Y$; TAB (60)
250 END
```

Correspondance entre les abréviations françaises et anglaises

Anglais	Français	Signification
ICN	BCI	Bruit de circuit injecté
ICNO	BCIO	Voir la note du tableau B-1/P.11
MNRU	ARBM	Appareil de référence pour le bruit modulé
MOS	NOM	Note d'opinion moyenne
OLR	EGS	Equivalent global pour la sonie
RLR	ESR	Equivalent pour la sonie à la réception
SLR	ESE	Equivalent pour la sonie à l'émission
STMR	AELM	Affaiblissement d'effet local par la méthode de masquage

APPENDICE II

(aux § 3.2.2 et 3.3 du Supplément n° 3)

```
10  PRINT "Calcul de l'Indice d'Information pour postes NTT 600 (ligne de 7 dB)"
20  REM Programme INT600F5, écrit en MF Basic, septembre 1987
30  INPUT "Bruit de salle, dBA="; RN
40  INPUT "STMR, dB="; STMR
50  INPUT "Niveau du bruit de circuit (dBm, changé de signe) à l'entrée d'un poste pour lequel
    RLR = 0 dB"; I
60  ICN0=-I
70  INPUT "Ecoute (L) ou conversation (C) ou terminer (T)"; A$
80  IF A$="T" GOTO 640
90  IF A$="C" GOTO 560
100 INPUT "Equivalent pour la sonie globale (P79), dB="; OLR
110 LPRINT "       OLR="; OLR
120 GOSUB 730
130 REM Correction pour sonie excessive
140 IF ORL>OPT GOTO 380
150 X=2*OPT-OLR
160 GOTO 390
170 DIM FE(20), CN(20), ST(20), EL(20), BK(20), S(20), BJ(20), CJ(20), SRL(20), D1(20)
180 DATA -36.2, -76.9,  -4.1,  32.4,  17.5, 56.0, .00804, 0   ,  62.3,  21.7
190 DATA -26.2, -34.9,  -3  ,  31.2,  14.4, 61.1, .01042, 1.25,  27.8,  11.4
200 DATA -18.3, -24 ,    .8,  29.5,  10  , 62.5, .0138 , 2   ,  21.3,   6.9
210 DATA  -9.9, -13.2,  5.6,  27.6,   5  , 64.3, .01788, 2.6 ,  11.5,   5.6
220 DATA  -2.1,  -3.1, 12.7,  26.2,   2.5, 64  , .02392, 3.5 ,   3.1,   4
230 DATA   2.2,   6.9, 16.4,  22.3,  -.4,  60.7, .03246, 4.9 ,  -2.3,   2.1
240 DATA   3.9,  11.1, 16.6,  22.7,  -3  , 59.8, .04471, 5.8 ,  -3.4,   1.2
250 DATA   3.2,  13  , 13.5,  21.1,  -5  , 59.4, .05981, 6.35,  -3.1,    .7
260 DATA    .8,  12.9,  8.9,  17.4,  -6.3, 56.3, .07789, 7.25,  -2.6,    .3
270 DATA    .3,  13.2,  6  ,   9.3,  -8  , 52.4, .0839 , 7.35,  -2.5,   0
280 DATA   0  ,  12.4,  4.9,   2.7,  -9  , 47.6, .0899 , 7.8 ,  -2.9,   0
290 DATA  -1.8,  11.5,  3.6,  -.9,   -8.5, 45.2, .09627, 8.05,  -2.8,   0
300 DATA  -.3,    9.7,  4.9,  -7.1,  -8  , 44  , .10376, 8.25,  -2.1,  -.1
310 DATA  -.8,    6.4,  5.5, -12.4,  -9  , 41.4, .11097, 8.3 ,  -4.6,  -.2
320 DATA  -9.9,   4.9, -1.7, -20.4, -11.5, 38.8, .11859, 8.18,  -6.2,  -.2
330 DATA -17.1,  -2.4, -15.4, -19.2, -13.8, 34.7, .12694, 7.95,  -.5,   0
340 DATA-111.4, -54.7, -24.8, -28.1, -13  , 31  , .13607, 7.57,   7.9,  87.5
350 DATA-233.6, -144.8, -40.4, -38.4, -12.5, 27.8, .14506, 7.25,  57.9, 200
360 DATA-237.2, -147.3, -44.5, -51.3, -11.1, 26.1, .15487, 7.2 ,  62  , 200
370 DATA-292.9, -199.8, -104.5, -66.6,  -9  , 25.5, .16554, 6.8 ,  80  , 200
380 X=OLR
390 DEF FNP (Y)=10 ^ (Y/10)
400 IN=0
```

```
410 FOR J=1 TO 20
420 READ FE, CN, ST, EL, BK, S, BJ, CJ, SRL, D1
425 REM Calcul et composition du rapport signal/bruit et équivalent
430 PN=FNP(FE+RN-50-X+5)+FNP(CN+ICN0+60)+FNP(ST+RN-50-STMR+15)+FNP
    (EL+RN-50)
440 ZN=S+.4-SRL-D1-X+6.4-4.343*LOG(PN)
450 ZA=S+.8-SRL-D1-X-BK
460 IF ZA>0 THEN PE=(1+ZA/9.5)^2-1: GOTO 470
465 PE=1E-10
470 P=FNP(-ZN)+1/PE
480 Z=-4.343*LOG(P)
490 GOSUB 660
500 G=BJ*V
510 IN=IN+G
520 NEXT J
530 PRINT "IN="; IN
540 LPRINT "      RN(dBA)="; RN; "STMR(dB)="; STMR; "X(dB)="; X; "ICN0(dB)="; ICN0;
    "IN(dB)="; IN
550 GOTO 70
560 RESTORE
570 REM Correction à la puissance vocale pour effet local et qualité de conversation
580 IF STMR>13 THEN 590 ELSE 610
590 CS=0
600 GOTO 620
610 CS=.3*(STMR-13)
620 X=X-CS+.4085*IN-9.87
630 GOTO 390
640 END
650 REM Loi d'équivalence et calcul de V
660 IF Z<1.74 THEN 670 ELSE 690
670 Q=Z+CJ
680 GOTO 700
690 Q=.494*Z+.88+CJ
700 V=3/(.1+10^(-0/10))
710 RETURN
720 Détermination de l'OLR optimum
730 RNS=RN-115+.006*(RN-30)^2-STMR-7.9
740 RNL=RN-121
750 PC=10^(ICN0/10)
760 PRL=10^(RNL/10)
770 PRS=10^(RNS/10)
780 N1=4.343*LOG(PC+PRL+PRS)
790 IF N1<-80 THEN OPT=7.2:RETURN
800 OPT=7.2-(N1+80)/8
810 RETURN
```

Références

[1] CAVANAUGH (J. R.), HATCH (R. W.) et SULLIVAN (J. L.): Models for the subjective effects of loss, noise and talker echo on telephone connections, *Bell System Technical Journal*, vol. 55, n° 9, pp. 1319-1371, novembre 1976.

[2] SULLIVAN (J. L.): A laboratory system for measuring loudness loss of telephone connections, *Bell System Technical Journal*, vol. 50, n° 8, pp. 2663-2739, octobre 1971.

[3] CCITT – Question 4/X11, contribution COM XII-N° R12 de la période d'études 1985-1988, Genève, 1986.

[4] CAVANAUGH (J. R.), HATCH (R. W.) et NEIGH (J. L.): A model for the subjective effects of listener echo on telephone connections, *Bell System Technical Journal*, vol. 59, n° 6, pp. 1009-1060, juillet-août 1980.

[5] CCITT – Contribution COM XII-N° 13 (Bell-Northern Research), de la période d'études 1981-1984, Genève, 1981.

[6] CCITT – Contribution COM XII-N° 14 (Bell-Northern Research), de la période d'études 1981-1984, Genève, 1981.

[7] DAUMER (W. R.) et CAVANAUGH (J. R.): A subjective comparison of selected digital codecs for speech, *Bell System Technical Journal*, vol. 57, n° 9, pp. 3119-3165, novembre 1978.

[8] CCITT – Contribution COM XII-N° 173 (American Telephone and Telegraph Company), de la période d'études 1977-1980, Genève, 1979.

[9] CCITT – Contribution COM XII-N° 94 (American Telephone and Telegraph Company), de la période d'études 1981-1984, Genève, 1982.

[10] CCITT – Contribution COM XII-N° 159 (American Telephone and Telegraph Company), de la période d'études 1977-1980, Genève, 1979.

[11] CCITT – Contribution COM XII-N° 158 (American Telephone and Telegraph Company), de la période d'études 1981-1984, Genève, 1983.

[12] AHERN (W. C.), DUFFY (F. P.) et MAHER (J. A.): Speech signal power in the switched message network, *Bell System Technical Journal*, Vol. 57, n° 7, pp. 2695-2726, septembre, 1978.

[13] CUMMISKEY (P.), JAYANT (N. S.) et FLANAGAN (J. L.): Adaptive quantization in differential PCM coding of speech, *Bell System Technical Journal*, vol. 52, n° 7, pp. 1105-1118, septembre, 1973.

[14] CCITT – Question 7/XII, contribution COM XII-N° 1 de la période d'études 1985-1988, Genève.

[15] RICHARDS (D. L.): Calculation of opinion scores for telephone connections. *Proc. I.E.E.*, vol. 121, n° 5, pp. 313-323, mai 1974.

[16] CCITT – Question 7/XII, annexe 2, contribution COM XII-N° 1 de la période d'études 1977-1980, Genève, 1977.

[17] CCITT – Contribution COM XII-N° 113, *Remarques sur la structure d'un modèle d'évaluation d'une communication téléphonique*, période d'études 1977-1980, Genève, octobre 1978.

[18] CCITT – Contribution COM XII-N° 129, *Utilisation d'un modèle pour l'évaluation de communications téléphoniques pour l'étude de la Question 15/XII*, période d'études 1977-1980, Genève, février 1979.

[19] WEBB (P. K.): The background and philosophy of the telephone network assessment program (CATNAP), British Post Office Research Department Report n° 752, 1979.

[20] CCITT – Projet de Recommandation P.XXE, Question 15/XII, annexe 2 (II), contribution COM XII-N° 1, période d'études 1977-1980, Genève, 1977.

[21] *Prévision de la qualité de transmission à partir de mesures objectives*, Livre jaune, tome V, Supplément n° 4, UIT, Genève, 1981.

[22] RICHARDS (D. L.): Telecommunication by speech: The transmission performance of telephone networks, chapitre 3, *Butterworths*, Londres, 1973.

[23] RICHARDS (D. L.): Telecommunication by speech: The transmission performance of telephone networks, chapitre 2, *Butterworths*, Londres, 1973.

[24] CCITT – Question 15/XII, annexe 1, § 3, contribution COM XII-N° 1 de la période d'études 1981-1984, Genève, 1981.

[25] CCITT – Question 19/XII, contribution COM XII-N° 1 de la période d'études 1981-1984, Genève, 1981.

[26] CCITT – Question 15/XII, contribution COM XII-N° 1 de la période d'études 1977-1980, Genève, 1977.

[27] RICHARDS (D. L.): Telecommunication by speech: The transmission performance of telephone networks, pp. 57, *Butterworths*, Londres, 1973.

[28] RICHARDS (D. L.): Transmission performance of telephone networks containing PCM Links, *Proceedings of the I.E.E.*, vol. 115, n° 9, pp. 1245-1258, septembre 1968.

[29] Manuel du CCITT *Planification de la transmission dans les réseaux téléphoniques à commutation*, chapitre II, annexe 3, UIT, Genève, 1976.

[30] BOERYD (A.): Subscriber reaction due to unbalanced transmission levels, *Third International Symposium on Human Factors in Telephony*, 1966, pp. 39-43, La Haye, 1967.

[31] LALOU (J.): document qui sera publié dans les *Annales des Télécommunications.*

[32] CCITT – Question 7/XII, contribution COM XII/N° 1 de la période d'études 1985-1988.

[33] RICHARDS (D. L.): Calculation of opinion scores for telephone connections, *Proc. I.E.E.*, vol. 121, n° 5, pp. 313-323, mai 1974.

[34] ALCAIM (A.): Essai de détermination d'un indice objectif de mesure de la qualité des codeurs, *CNET*, Rapport RP/LAA/TSS/208, mai 1984.

[35] RICHARDS (D. L.): private communication.

[36] OPINE (Rev. 2.0): Electrical Communication Laboratories NTT, septembre 1986.

[37] RICHARDS (D. L.), BARNES (G. J.): Pay-off between quantizing distortion and injected circuit noise, in *Proc. ICASSP 82*, vol. 2, pp. 984-987, Paris, mai 1982.

[38] CCITT – Contribution COM XII-N° R17, Rapport de la réunion du Groupe de travail XII/3 à Budapest, mai 1987, (réponse à la Question 4/XII).

[39] CCITT – Contribution COM XII-N° 174, Modèle de mesure objective des facteurs fondamentaux de la qualité de transmission, (NTT), Genève, 1983.

[40] CCITT – Contribution COM XII-N° 235, Méthode de calcul du modèle d'indice global de comportement pour l'évaluation du réseau (OPINE), (NTT), Genève, 1984.

[41] CCITT – Contribution COM XII-N° 10, Objective evaluation of telephone transmission performance for fundamental transmission factors and quantizing distortion, (NTT), Genève, 1985.

[42] OSAKA (N.) et KAKEHI (K.): Objective model for evaluating telephone transmission performance, *Review of ECL*, vol. 34, n° 4, 1986.

[43] NTT: OPINE (Rev. 2.0), private communication, septembre 1986.

[44] IAI (S.) et IRII (H.): Subjective assessment of echo delay time effect, *Conference record of Acoust. Soc. of Japan*, 2-7-8, (1983-03) (en japonais).

[45] IAI (S.) et autres: A study on subjective assessment of telephone speech sidetone, *Conference record of Acoust. Soc. of Japan*, 2-2-3, (1978-05) (en japonais).

[46] OSAKA (N.) et KAKEHI (K.): A study on the psychological factors that affect the opinion evaluation of telephone transmission performance, *Trans. IECE*, vol. J69-A, n° 5, 1986 (en japonais).

[47] IRII (H.): Loudness equivalent attenuation of speech in the presence of noise, *Conference record of Acoust. Soc. of Japan*, 1-4-6, (1975-05) (en japonais).

[48] Recommandation R226 de l'ISO: Lignes isosoniques normales pour sons purs écoutés en champ libre et seuil d'audition binauriculaire en champ libre, décembre 1961.

[49] CAVANAUGH (J. R.), HATCH (R. W.) et SULLIVAN (J. L.): Models for the subjective effects of loss, noise and talker echo on telephone connections, *Bell System Technical Journal*, vol. 55, n° 9, novembre 1976.

[50] Recommandation du CCITT *Mesure de l'AEN d'un système téléphonique commercial (à l'émission et à la réception) par comparaison avec le SRAEN*, Livre jaune, tome V, Rec. P.45, UIT, Genève, 1981.

CONSIDÉRATIONS RELATIVES AUX CARACTÉRISTIQUES DE TRANSMISSION DES COMBINÉS TÉLÉPHONIQUES ANALOGIQUES

(Malaga-Torremolinos, 1984; modifié à Melbourne, 1988)

1 Introduction

Ce supplément, basé sur la référence [9], résume les renseignements dont on dispose au sujet des possibilités d'optimalisation de certaines caractéristiques des appareils téléphoniques à combiné.

On y trouvera des indications sur l'efficacité à l'émission et à la réception, les réponses en fréquence, les caractéristiques d'effet local, l'influence de l'impédance et les dimensions des combinés. Il faut se rappeler qu'il existe plusieurs manières de faire une optimalisation. Par exemple, il est indispensable de connaître le nombre des degrés de liberté. Comme les opinions diffèrent d'un pays à un autre (par exemple en raison des différences entre les hypothèses admises), les résultats de l'optimalisation différeront eux aussi. Le présent supplément aborde certains de ces problèmes.

2 Réponse en fréquence à la réception

La plupart des Administrations paraissent avoir une préférence pour une réponse en fréquence assez plate entre 300 Hz et 3400 Hz. Cette préférence remonte probablement aux premiers temps des réseaux téléphoniques, époque à laquelle on décida qu'une préaccentuation éventuelle aux fréquences élevées devrait se situer dans le système émetteur afin que soit obtenue la meilleure valeur totale possible du rapport signal/bruit. Si l'on considère comme réponse de référence l'écoute en champ acoustique libre, avec les deux oreilles (conversation entre deux personnes se faisant face) et si l'on suppose alors une réponse en fréquence (plate) indépendante, on doit, en principe, reproduire ces mêmes conditions dans le cas de l'écoute avec une seule oreille, au moyen d'un écouteur.

Dès lors, dans l'écoute avec écouteur, on doit avoir, pour ce dernier, une réponse en fréquence selon la courbe de la figure 1, afin de simuler l'effet de diffraction qui existe dans l'écoute en champ libre, avec les deux oreilles [1]. Toutefois, la plupart des Administrations paraissent préférer une réponse plate et introduire la correction correspondante dans le système émetteur. Par ailleurs, il est peut être plus facile de construire un récepteur de haute efficacité si on a pour but une réponse plate. Dans le document cité en [2], on propose une réponse représentée par la figure 2, avec optimalisation pour une ligne d'abonné moyenne. Si le secteur électrique introduit un bruit excessif, il peut être avantageux d'avoir une réponse présentant un affaiblissement plus grand aux fréquences basses, par exemple à 200 Hz et en dessous.

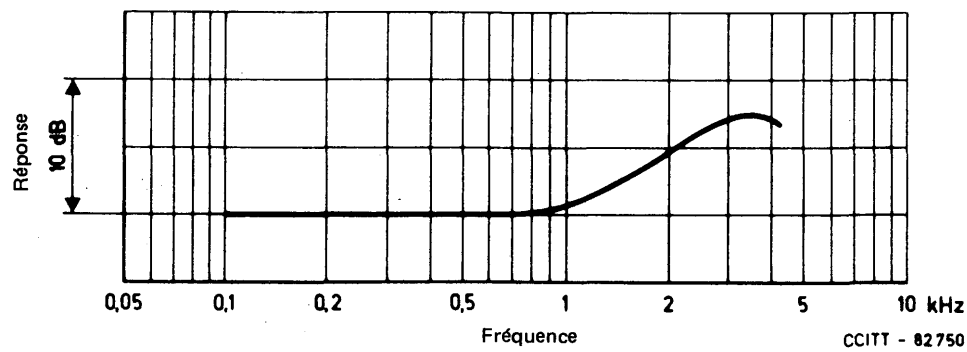


FIGURE 1

Effet de diffraction autour de la tête à une distance de 1 m, dans un champ acoustique libre [1]

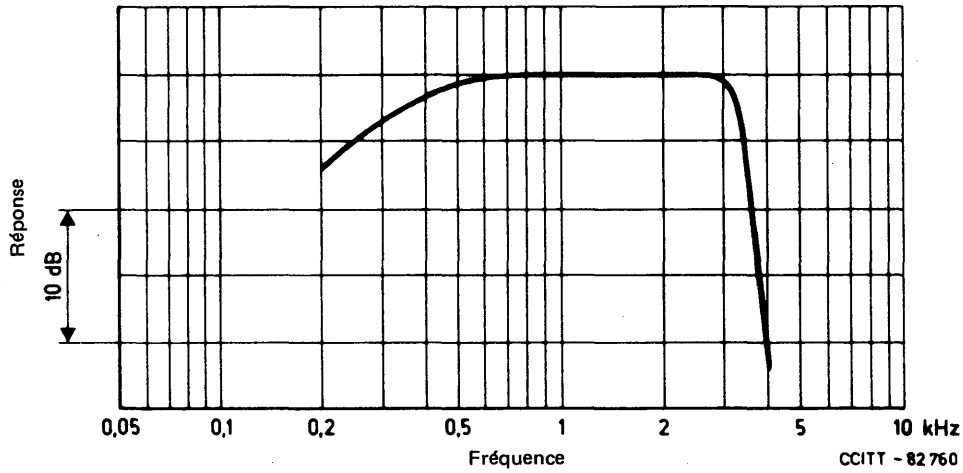


FIGURE 2

Réponse en fréquence à la réception [2]

3 Efficacité à la réception

L'efficacité à la réception est souvent représentée aujourd'hui par des valeurs d'ESR comprises entre -4 dB et -12 dB.

Il serait techniquement possible, grâce à l'emploi d'amplificateurs, d'accroître davantage l'efficacité. Toutefois, le risque d'audibilité de la diaphonie augmente avec l'efficacité. En conséquence, il est nécessaire de prendre en considération les renseignements donnés dans la Recommandation P.16 et il est peu probable qu'il soit possible de recommander d'accroître encore l'efficacité au-delà d'un ESR = -12 dB.

L'augmentation de l'efficacité à la réception entraîne une diminution des marges prévues contre les effets du bruit présent sur la communication en l'absence de signaux vocaux, par exemple contre les produits d'intermodulation parasites des systèmes MIC. Elle a aussi une influence sur la stabilité pour les amorçages d'oscillations.

4 Réponse en fréquence à l'émission

Après avoir adopté, pour la réponse en fréquence à la réception, une caractéristique plate, on peut optimaliser la réponse en fréquence à l'émission de façon à obtenir la caractéristique totale qui convient. Le document cité en [3] propose une optimalisation obtenue en interrogeant les usagers du téléphone pour déterminer la réponse «préférée». Le résultat est représenté par la figure 3. L'article cité en [4] propose une augmentation de 2 à 3 dB par octave à mesure que la fréquence croît. Ce résultat a été obtenu dans des essais portant sur le «naturel» de la parole. Le document cité en [2] propose une courbe plus raide (figure 4) comme résultat d'une optimalisation dans laquelle se combinent la sonie maximale, le moindre effort d'écoute et le plus faible niveau de sortie. Le nombre de degrés de liberté utilisé dans [2] est naturellement inférieur à celui qui correspond à [3] et à [4]. Parvenu à ce point, on peut avoir des opinions différentes au sujet des diverses conditions préalables à introduire dans l'optimalisation. Si le rapport signal/bruit suscite des difficultés, on peut gagner quelques dB (sans saturation) de la manière indiquée en [2]. S'il n'y a pas de difficulté concernant le rapport signal/bruit, on peut avoir recours à une optimalisation en vue de la sensation de naturel la plus satisfaisante, comme dans [3] et [4]. Ainsi, le résultat dépendra des hypothèses faites.

On peut aussi avoir des opinions différentes au sujet de la longueur de ligne d'abonné pour laquelle la réponse en fréquence doit être optimalisée, et également quand il s'agit de décider s'il faut compenser, sur des lignes longues, l'affaiblissement aux fréquences élevées. La référence [2] propose une optimalisation pour une ligne d'abonné moyenne, ce qui donne les conditions optimales pour le plus grand nombre d'abonnés (par suite de la répartition statistique des longueurs de ligne).

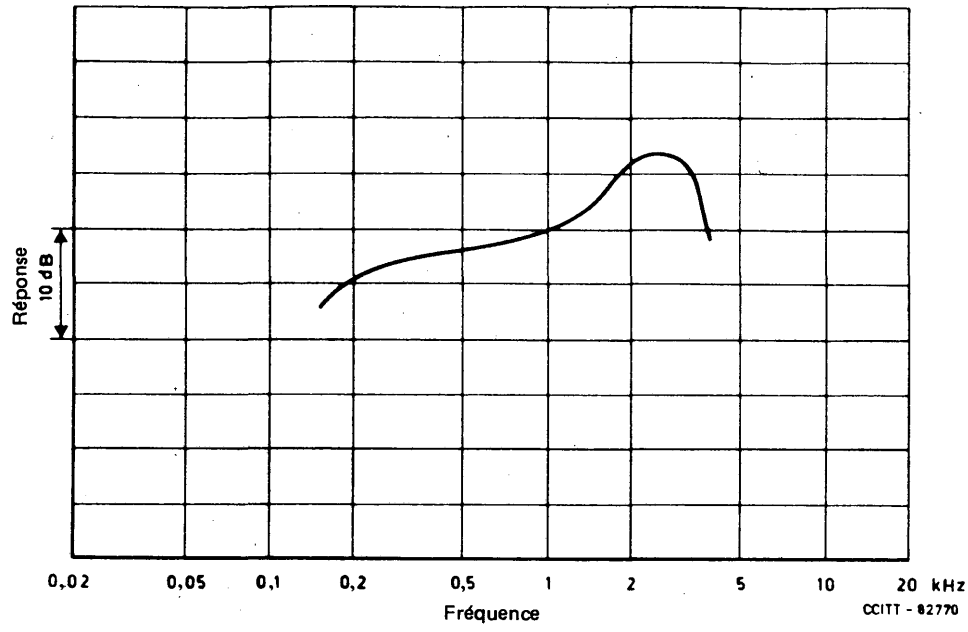


FIGURE 3

Réponse en fréquence à l'émission [3]

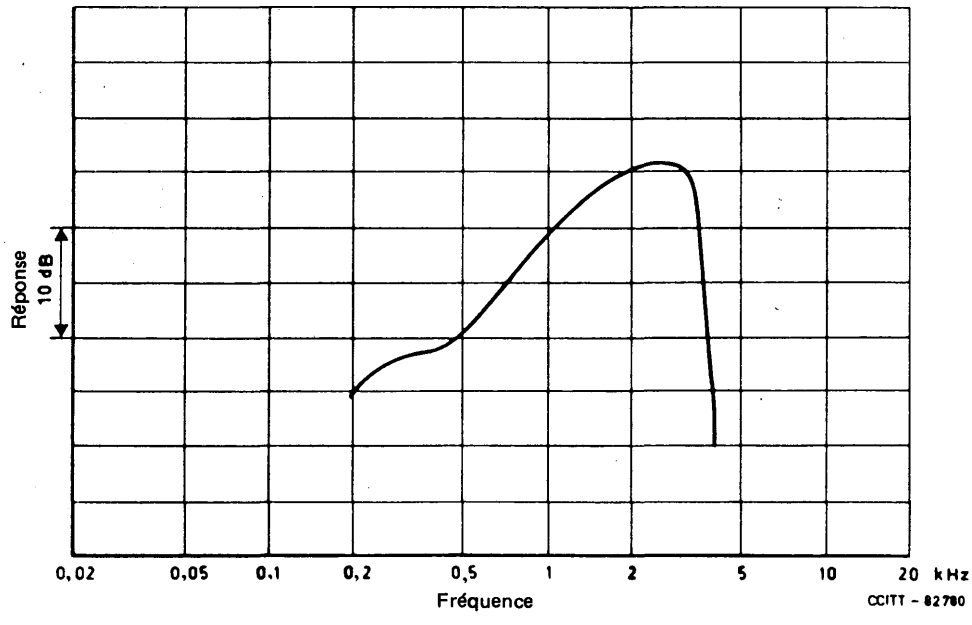


FIGURE 4

Réponse en fréquence à l'émission [2]

Les courbes tracées conformément à la figure 4 et à [4] fournissent, avec une réponse en fréquence plate à la réception, une caractéristique totale voisine de celle que l'on obtient par l'effet de diffraction dans l'écoute en champ acoustique libre. Toutefois, cela ne constitue probablement pas l'explication complète des courbes préférées. Même si les réponses à la réception étaient plates dans les conditions de mesures réalisées avec écouteur hermétiquement fixé sur l'oreille, presque personne ne tient l'écouteur très fortement appliqué contre l'oreille pendant la conversation. En conséquence, les réponses effectives obtenues en conversation ont probablement donné une coupure supplémentaire en fréquence basse, ce qui a certainement influé sur les résultats (voir aussi référence [5]).

5 Efficacité à l'émission

Pour choisir l'efficacité à l'émission, on dispose d'un degré de liberté de moins que pour l'efficacité à la réception. On doit considérer à la fois le risque de diaphonie et le risque de saturation pour d'autres parties du système téléphonique. Il faut tenir compte des niveaux de sortie effectifs produits par le poste téléphonique. Comme le montre [6], on a obtenu, dans divers pays, différents niveaux de sortie pour la même valeur de l'équivalent de référence à l'émission (ERE). Toutefois, les différents résultats font apparaître un important point commun: les niveaux de sortie pendant la conversation normale sont généralement plus bas que pendant les mesures d'équivalent de référence. On peut espérer obtenir sur ce point une meilleure concordance à l'avenir, avec une plus grande longueur de ligne de mesure, définie dans l'annexe A à la Recommandation P.76 pour la mesure des équivalents pour la sonie.

6 Régulation

On a la possibilité d'augmenter l'efficacité à l'émission, pour les lignes longues, en utilisant une longueur de ligne dépendant de la régulation à l'émission. Le risque de saturation et le risque de télédiaphonie ne seront pas accrus si la puissance moyenne est maintenue à la même valeur que celle d'aujourd'hui (voir aussi [2]). Le risque de paradiaphonie dans le câble d'abonné sera naturellement accru et il faut le prendre en considération.

Si on introduit la régulation tant à l'émission qu'à la réception, des abonnés plus nombreux pourront rencontrer des équivalents globaux pour la sonie voisins d'une valeur optimale souhaitée, c'est-à-dire que moins de communications seront jugées médiocres ou peu satisfaisantes. Un autre motif pour introduire la régulation est que l'on obtient une meilleure qualité en matière d'effet local à la fois pour les lignes longues et pour les lignes courtes.

7 Impédance présentée à la ligne

On peut faire les remarques suivantes à propos de cette impédance:

- dans le cas d'une adaptation avec la ligne en impédances conjuguées, on transfère un maximum de puissance, mais on a des problèmes d'effet local sur les lignes courtes et des problèmes de stabilité et d'écho dans les communications à grande distance;
- dans le cas d'une adaptation avec la ligne en impédances images, on réduit la gamme des impédances présentées au central ainsi que le problème d'effet local, sauf sur les lignes d'abonné courtes reliées à des installations de jonction résistives (par exemple des circuits MIC);
- une impédance du même ordre de grandeur que la résistance de référence (par exemple 600 ohms) réduit les problèmes de normalisation, notamment au point de vue de l'utilisation des lignes locales pour des services non téléphoniques; toutefois, l'optimum au point de vue de l'effet local ne peut pas être atteint sur toute la gamme de longueurs des lignes locales.

La question de l'impédance présentée à la ligne est abordée dans les références [2], [7] et [11].

8 Impédance d'équilibrage de l'effet local

Le degré d'affaiblissement de l'effet local dépend des facteurs suivants:

- efficacité du microphone;
- efficacité de l'écouteur;
- équilibrage de l'effet local dans le circuit de l'appareil téléphonique;
- impédance de la ligne à laquelle l'appareil téléphonique est raccordé.

L'efficacité du microphone et de l'écouteur ainsi que le circuit de l'appareil dépendent en partie de l'efficacité requise à l'émission et à la réception. En règle générale, le concepteur de l'appareil téléphonique n'a aucun moyen d'agir sur l'impédance de la ligne à laquelle est raccordé l'appareil. La seule caractéristique dont il puisse disposer librement pour limiter l'effet local est Z_{SO}, impédance d'équilibrage de cet effet local [7], [8], c'est-à-dire l'impédance qui élimine complètement l'effet local lorsqu'elle est mise en circuit (voir aussi référence [12]). Si un transformateur différentiel est utilisé dans l'appareil téléphonique, l'impédance du réseau d'équilibrage interne est égale à Z_{SO} modifiée par le rapport des nombres de spires du transformateur. Toutefois, la notion de Z_{SO} n'est pas affectée si le circuit comprend un autre moyen d'équilibrage qu'un transformateur.

9 Interfonctionnement avec le réseau existant

Pour la conception des nouveaux postes téléphoniques à introduire dans le réseau, il faut tenir compte de la nécessité d'assurer une transmission satisfaisante sur les communications établies avec les circuits téléphoniques locaux existants, soit directement soit par l'intermédiaire du réseau à grande distance. La référence [7] donne des informations sur cet aspect.

Remarque – La référence [10] donne l'exemple d'une spécification utilisée en Amérique du Nord. On y trouve des directives pour l'obtention de niveaux souhaitables à l'émission et à la réception, ainsi que les caractéristiques minimales acceptables pour le raccordement au réseau public commuté. A noter que cette spécification fait usage de la terminologie de l'IEEE, qui est différente de celle employée dans les Recommandations du CCITT.

Références

[1] Recommandation du CCITT *Description de l'ARAEN*, Livre vert, tome V, Rec. P.41, figure 4, UIT, Genève, 1972.

[2] CCITT – Contribution COM XII-N° 32 (Post Office du Royaume-Uni), période d'études 1973-1976.

[3] CCITT – Contribution COM XII-N° 22 (Australie), période d'études 1973-1976.

[4] GLEISS (N.): Sound transmission quality, Tele N° 1, 1972, p. 44-53.

[5] CCITT – Contribution COM XII-N° 229 (Suède), période d'études 1985-1988.

[6] Recommandation du CCITT *Effets subjectifs de la diaphonie directe: seuils d'audibilité et d'intelligibilité*, Livre jaune, tome V, Rec. P.16, UIT, Genève, 1981.

[7] Manuel du CCITT *Planification de la transmission dans les réseaux téléphoniques à commutation*, chapitre V, annexe 1, UIT, Genève, 1976.

[8] RICHARDS (D.L.): Telecommunications by speech, chapitre 5, *Butterworths*, Londres, 1973.

[9] CCITT – Contribution COM XII-N° 105 (LME), période d'études 1973-1976.

[10] EIA Specifications RS 470.

[11] CCITT – Contribution COM XII-N° 144 (British Telecom), période d'études 1981-1984.

[12] CCITT *Manuel sur les mesures téléphonométriques*, UIT, Genève 1987.

Supplément n° 11

QUELQUES CARACTÉRISTIQUES DE L'EFFET LOCAL

(Malaga-Torremolinos, 1984; modifié à Melbourne, 1988)

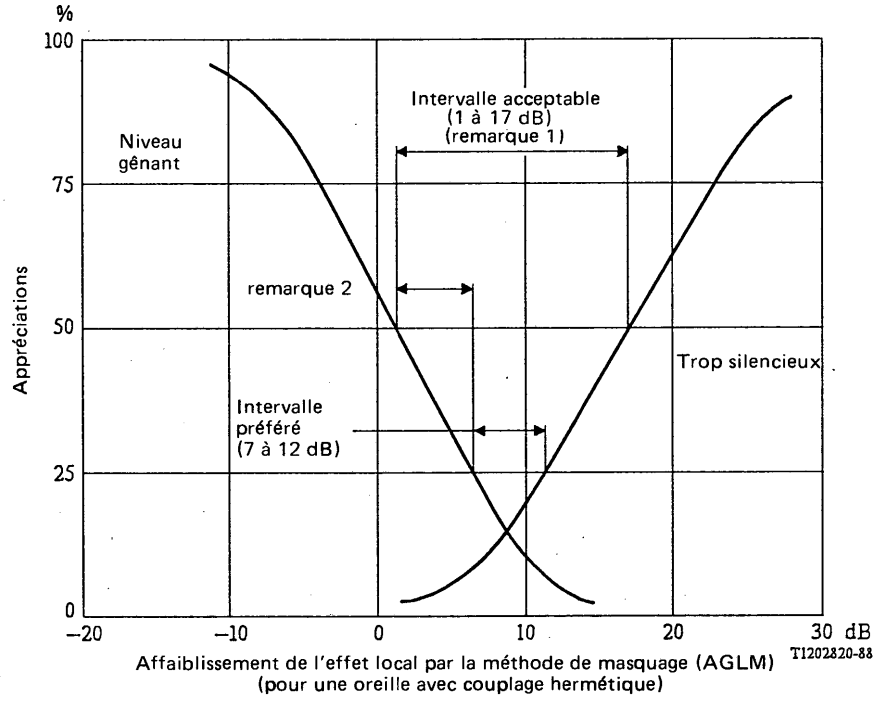
(cité dans les Recommandations P.11 et P.79)

1 Introduction

Depuis plusieurs années, la Commission d'études XII étudie l'effet local au titre de la Question 9/XII. D'importantes conclusions ont été formulées en ce qui concerne, du point de vue de l'abonné, son rôle en tant que locuteur et qu'auditeur. Ces conclusions ont trait à l'influence de l'effet local pour un abonné quand il entend sa voix, à la modification corrélative du niveau de la parole émise par cet abonné et aux caractéristiques de l'effet local quand l'abonné écoute dans des conditions de bruit de salle moyen à fort. Ces caractéristiques sont résumées sur les figures 1 à 3.

2 Effet local pour la personne qui parle

La figure 1 montre qu'il existe un intervalle préféré d'effet local lorsque l'abonné parle dans une ambiance peu bruyante et que la différence entre un effet local gênant et un effet local trop bas est de l'ordre de 20 dB. (Ces résultats ont été fournis par des essais où il y avait uniquement des émissions de parole unidirectionnelles; ils demandent à être confirmés par des essais de conversation.) L'intervalle préféré se situe entre des AELM de 7 et 12 dB (affaiblissement d'effet local par la méthode de masquage – Recommandation P.76) [1] et [5].



Remarque 1 – Les conditions de conversation détermineront la portion de cet intervalle acceptable pour une communication donnée.

Remarque 2 – Cette portion (1 à 7 dB) de l'intervalle acceptable doit être prise en considération avec prudence, par exemple s'agissant de communications à affaiblissement réduit (voir la Recommandation G.121) ou bénéficiant d'une régulation du volume de réception.

FIGURE 1

Courbes indiquant les niveaux d'effet local gênants et trop faibles pour la personne qui parle, ainsi que l'intervalle préféré

L'intervalle acceptable est plus étendu; il est compris entre des affaiblissements d'effet local par la méthode de masquage (AELM) de 1 et 17 dB (mais il faut noter qu'une augmentation de l'AELM au-delà de 17 dB n'affectera probablement que le niveau de la parole émise, et encore marginalement). Cet intervalle correspond à la différence entre les deux courbes au niveau de 50% d'appréciations. Il n'est pas proposé que la valeur 17 dB soit considérée comme une valeur maximale. Néanmoins, pour l'AELM, au-dessus de 20 dB la communication est complètement assourdie.

S'agissant de communications téléphoniques donnant lieu à un équivalent global pour la sonie (EGS) situé dans l'intervalle préféré, les valeurs d'AELM peuvent être de même situées dans l'intervalle préféré d'AELM mentionné plus haut. Cependant, pour les communications subissant un fort affaiblissement, la valeur d'AELM doit approcher, voire dépasser, 12 dB. Pour les communications subissant un affaiblissement peu élevé, on peut permettre dans certains cas une valeur d'AELM inférieure à 7 dB, mais elle ne devra que rarement descendre jusqu'à 1 dB, par exemple s'agissant d'appareils téléphoniques avec régulation du volume de réception. La Recommandation G.121 interprète ces résultats pour les besoins de planification.

La figure 2 montre comment le niveau des sons vocaux varie en fonction de l'effet local [1], [2], [3] et [4]. Ces résultats ont été fournis par des essais de conversation [6], dans une communication dont l'équivalent était très proche de la valeur préférée. La tension des sons vocaux dépend également du bruit de salle pour les mêmes conditions de communication.

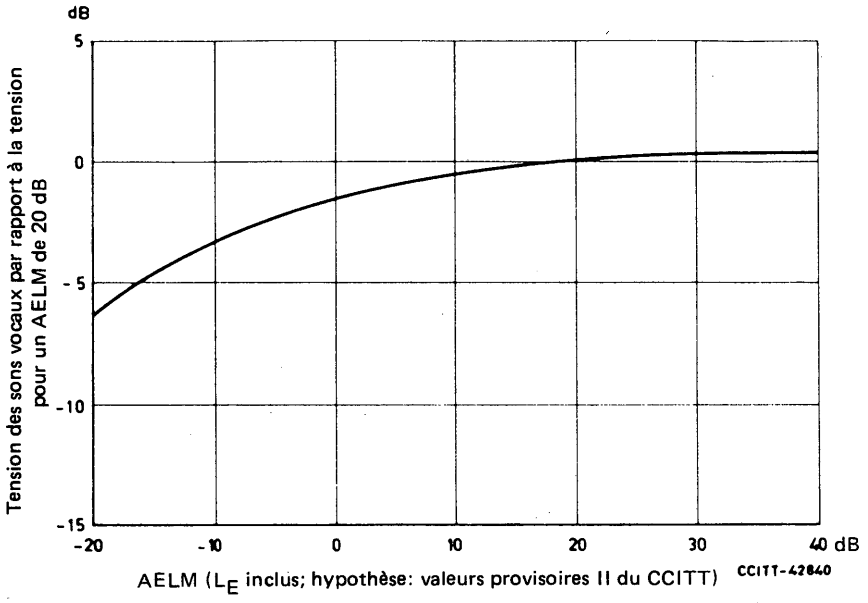


FIGURE 2

Tension des sons vocaux en fonction de l'AELM

3 Effet local pour la personne qui écoute

Un fort bruit de salle dans l'environnement de l'abonné perturbe de deux façons la réception de la parole:

i) par le bruit recueilli par le microphone du combiné et transmis au récepteur du combiné par l'intermédiaire du trajet d'effet local électrique;

ii) par le bruit fuyant dans le pavillon du récepteur du combiné.

Les travaux ont montré qu'aux basses fréquences, le trajet de fuite du pavillon de l'écouteur domine le trajet d'effet local électrique à peu près de la même manière que le signal d'effet local humain dans l'effet local de la personne qui parle. La pondération appliquée au calcul de la sonie d'AELM est par conséquent applicable et on a mis au point l'affaiblissement de l'effet local pour la personne qui écoute, AELE (voir la Recommandation P.76) qui est fondé sur l'efficacité de l'effet local du bruit de salle (voir le § 9 de la Recommandation P.64) dans la méthode de calcul de l'AELM (voir la Recommandation P.79).

Les résultats des essais subjectifs fournis par deux Administrations [7], [8] (reposant sur l'emploi d'un barème de notes d'opinion de 0 à 10) sont donnés dans la figure 3. Dans chaque cas, on a utilisé, pour calculer l'AELE, ΔS_m (voir les Recommandations P.10, P.64, P.79 et le *Manuel sur les mesures téléphonométriques*, § 3.3.17c) pour convertir les efficacités d'effet local S_{MEST} à S_{RNST} avant de calculer l'AELE (résultats australiens) ou appliqué comme une correction pondérée à l'AELM (résultats suédois), comme le décrit le § A.4.3.3 de la Recommandation G.111. Les niveaux de bruit de salle étaient comparables à 55-59 dBA.

Sur la base de ces résultats, la Recommandation G.121 recommande d'atteindre si possible une valeur d'AELE de 13 dB.

La valeur 13 dB résulte d'un AELE de 10 dB (qui peut être considéré comme une valeur minimale), quand l'augmentation de l'AELE n'a pas permis d'améliorer encore la note moyenne d'opinion (voir la figure 3), à quoi on ajoute une tolérance de 3 dB pour tenir compte du fait que dans certains bureaux le bruit de salle peut dépasser les valeurs servant à ces essais. D'autres essais (Suède) ont aussi montré qu'une valeur plus élevée serait peut-être préférable.

La valeur satisfaisante pour une communication téléphonique donnée dépend de différents facteurs: niveau de bruit de salle, EGS de la communication, niveau utilisé pour la parole, etc. Ce point est toujours à l'étude au titre de la Question 9/XII.

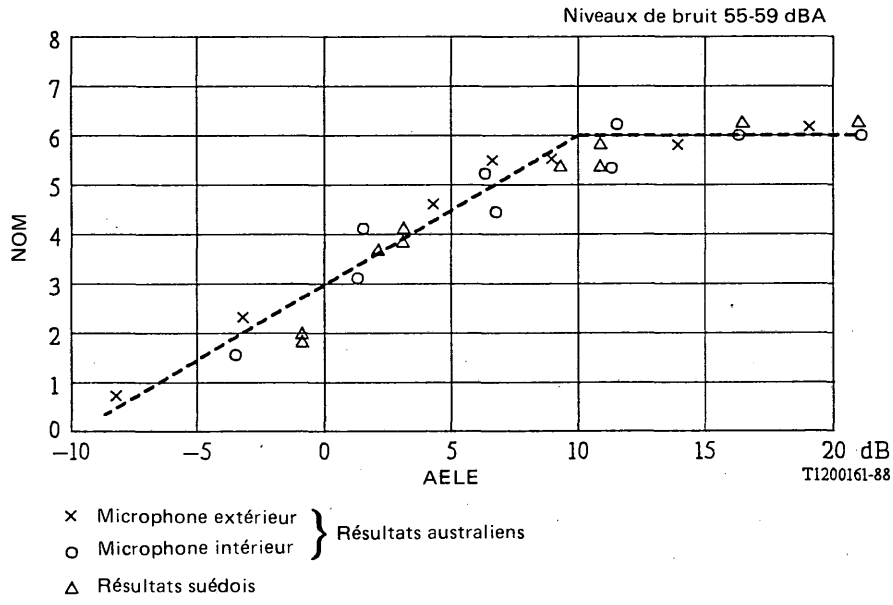


FIGURE 3

NOM en fonction de l'AELE calculée à partir des résultats d'essais australiens et suédois

Références

[1] CCITT – Contribution COM XII-N° 50 (ITT), période d'études 1977-1980.

[2] CCITT – Contribution COM XII-N° 171, période d'études 1977-1980.

[3] CCITT – Contribution COM XII-N° 199 (Australie), période d'études 1977-1980.

[4] CCITT – Contribution COM XII-N° 116 (Hongrie), période d'études 1977-1980.

[5] CCITT – Contribution COM XII-N° 152 (NTT), période d'études 1981-1984.

[6] Résultats de tests de conversation envoyés directement au Rapporteur spécial pour la Question 9/XII, British Telecom, 1978.

[7] Contribution CCITT COM XII-N° 151 (Australie), période d'études 1981-1984.

[8] Contribution CCITT COM XII-N° 76 (Suède), période d'études 1985-1988.

Supplément n° 13

SPECTRES DE BRUIT

(Malaga-Torremolinos, 1984)

(cité dans les Recommandations P.44 et P.45, Livre orange, vol. V et dans la Question 24/XII)

(Contribution de British Telecom)

1 Introduction

Le présent supplément décrit les spectres de bruit utilisés pour évaluer la qualité de transmission téléphonique, qui sont recommandés par le CCITT ou qui ont servi à étudier les Questions confiées à la Commission d'études XII.

On se sert du bruit ambiant contrôlé dans les évaluations subjectives comme par exemple:

a) des déterminations des AEN qui sont décrites dans les Recommandations P.44 [1] et P.45 [2];

b) des expériences de conversation et d'écoute qui sont décrites, par exemple, dans le Supplément n° 2 [3].

On trouvera ci-après la description des spectres de deux milieux différents, l'un pour le bruit de salle, l'autre pour le bruit à l'intérieur d'un véhicule.

2 Bruit de salle

Pour le bruit de salle, le spectre de la densité de puissance devrait correspondre à celui publié par Hoth [4]. Le tableau 1 donne la densité spectrale dont le niveau a été réglé pour donner 50 dBA sur un sonomètre conforme à la Recommandation de la CEI (publication 179) [5]. La figure 1 illustre ce procédé. le spectre est indépendant du niveau, c'est-à-dire que pour 40 dBA, le niveau dans chaque bande sera inférieur de 10 dB à celui indiqué dans le tableau 1. Des informations complémentaires concernant la puissance dans chaque bande d'un tiers d'octave sont également données dans le tableau 1.

3 Bruit à l'intérieur de véhicules

L'utilisation de deux spectres représentant le bruit à l'intérieur de véhicules [6] et [7] a été recommandée pour l'étude de la Question 24/XII [8] en vue de l'évaluation de systèmes radioélectriques mobiles. Ces spectres sont représentés de façon adéquate par des courbes simplifiées [9]; l'un d'eux se rapporte à des véhicules en mouvement, l'autre à des véhicules en stationnement. Le tableau 2 donne les densités spectrales ainsi que des informations complémentaires sur la puissance de chaque bande d'un tiers d'octave. La densité spectrale pour des véhicules en mouvement est indiquée dans la figure 2 *a)*, celle de véhicules en stationnement dans la figure 2 *b)*. Ces spectres sont indépendants du niveau.

Le tableau 3 donne les valeurs des niveaux de pression acoustique (NPA) non pondérés pour différentes vitesses, calculées pour les bandes d'un tiers d'octave de l'ISO centrées sur 63 Hz à 8000 Hz.

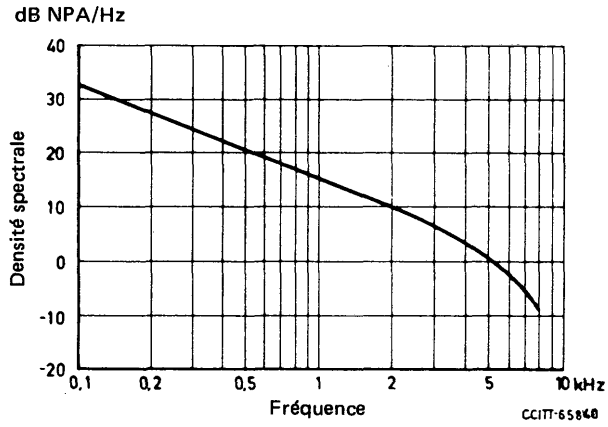
TABLEAU 1

Spectre de bruit de salle

Fréquence (Hz)	Densité spectrale (dB NPA/Hz)	Largeur de la bande $10 \log_{10} \Delta f$ (dB)	Puissance totale dans chaque bande d'un tiers d'octave (dB NPA)	Tolérance (dB)
100	32,4	13,5	45,9	
125	30,9	14,7	45,5	
160	29,1	15,7	44,9	
200	27,6	16,5	44,1	
250	26,0	17,6	43,6	
315	24,4	18,7	43,1	
400	22,7	19,7	42,3	
500	21,1	20,6	41,7	
630	19,5	21,7	41,2	
800	17,8	22,7	40,4	± 3
1000	16,2	23,5	39,7	
1250	14,6	24,7	39,3	
1600	12,9	25,7	38,7	
2000	11,3	26,5	37,8	
2500	9,6	27,6	37,2	
3150	7,8	28,7	36,5	
4000	5,4	29,7	34,8	
5000	2,6	30,6	33,2	
6300	−1,3	31,7	30,4	
8000	−6,6	32,7	26,0	

Remarque 1 – Le signal électrique d'entrée, par exemple un bruit blanc, est limité aux bandes d'un tiers d'octave centrées sur les fréquences préférées de l'ISO (IXO 266), de 100 Hz à 8000 Hz, les bords des bandes étant conformes aux filtres décrits dans la publication 225 de la CEI.

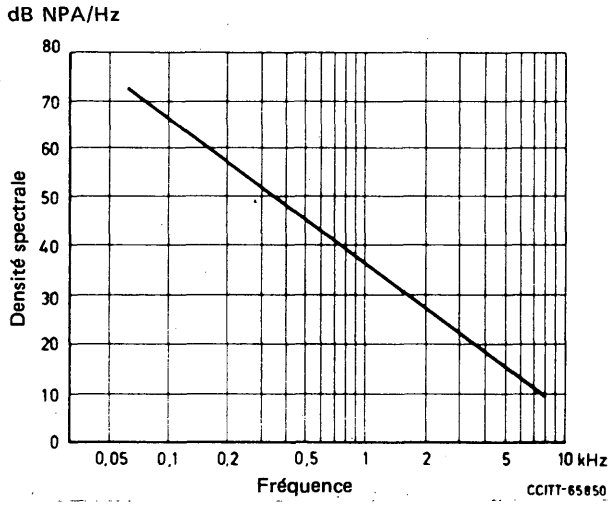
Remarque 2 – Il est difficile de limiter le bruit de salle acoustique à basses fréquences, en particulier dans la région non spécifiée au-dessous de 100 Hz, à cause des dimensions des coffrets typiques d'essai, de l'affaiblissement médiocre de ces coffrets et de l'influence des bruits ambiants, par exemple celui d'un appareil de climatisation. Par conséquent, on a intérêt à choisir un coffret d'essai où ces niveaux de pression acoustique (NPA) parasite en basses fréquences sont réduits à un minimum.



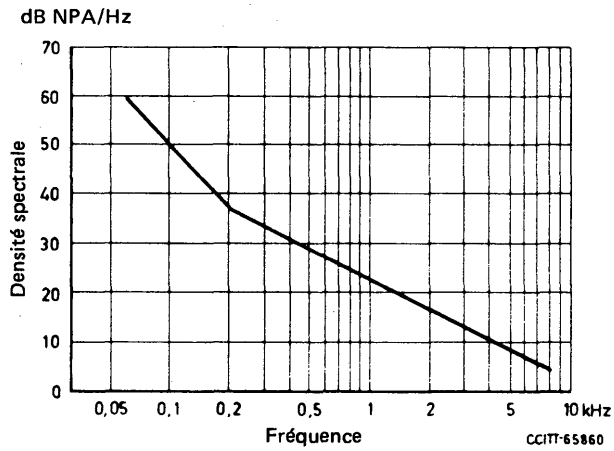
NPA Niveau de pression acoustique

FIGURE 1

Densité spectrale de bruit de salle



a) Densité spectrale pour des véhicules en mouvement



b) Densité spectrale pour des véhicules en stationnement

FIGURE 2

TABLEAU 2

Spectre de bruit à l'intérieur de véhicules

Fréquence (Hz)	Densité spectrale (dB NPA/Hz)		Largeur de la bande $10 \log_{10} \Delta f$ (dB)	Puissance totale dans chaque bande d'un tiers d'octave (dB NPA)		Tolérance (dB)
	en mouvement	en stationnement		en mouvement	en stationnement	
63	72,3	58,3	11,7	84,0	70,0	
80	69,3	55,0	12,7	82,0	66,7	
100	66,5	49,8	13,5	80,0	63,3	
125	63,3	45,1	14,7	78,0	60,0	
160	60,3	42,0	15,7	76,0	56,7	
200	57,5	36,8	16,5	74,0	53,3	
250	54,4	34,7	17,6	72,0	52,3	
315	51,3	32,6	18,7	70,0	51,3	
400	48,3	30,6	19,7	68,0	50,3	
500	45,4	28,7	20,6	66,0	49,3	
630	42,3	26,6	21,7	64,0	48,3	
800	39,3	24,6	22,7	62,0	47,3	± 3
1000	36,5	22,8	23,5	60,0	46,3	
1250	33,3	20,6	24,7	58,0	45,3	
1600	30,3	18,6	25,7	56,0	44,3	
2000	27,5	16,8	26,5	54,0	43,3	
2500	24,4	14,7	27,6	52,0	42,3	
3150	21,3	12,6	28,7	50,0	41,3	
4000	18,3	10,6	29,7	48,0	40,3	
5000	15,4	8,7	30,6	46,0	39,3	
6300	12,3	6,6	31,7	44,0	38,3	
8000	9,3	4,6	32,7	42,0	37,3	

TABLEAU 3

Niveaux calculés de la pression acoustique des spectres

Spectres		Niveau de pression acoustique non pondéré (dB NPA)
En mouvement	30 km/h	80
	80 km/h	85
	110 km/h	90
En stationnement		75

Remarques aux tableaux 2 et 3:

Remarque 1 – Ces valeurs s'entendent pour des véhicules types. On peut ajuster les niveaux à discrétion vers le bas pour des véhicules de luxe et vers le haut pour des véhicules plus bruyants.

Remarque 2 – A cause de la difficulté pratique de générer de si hauts niveaux de pression acoustique à basses fréquences et parce que la parole normale ne contient pas d'énergie apparente au-dessous d'environ 63 Hz, bande de fréquences à laquelle l'oreille est aussi relativement insensible, il conviendrait probablement de restreindre le spectre de bruit recommandé à des fréquences supérieures à 63 Hz. Toutefois, il ne faut pas oublier que les vibrations à basses et moyennes fréquences ont des effets physiologiques et psychologiques importants qui devraient faire l'objet d'une étude à part.

Remarque 3 – Le signal électrique d'entrée, par exemple un bruit blanc, est limité à des bandes d'un tiers d'octave centrées sur les fréquences préférées de l'ISO, de 63 Hz à 8000 Hz (ISO 266), et dont les bords sont conformes aux filtres décrits dans le document CEI 225.

Remarque 4 – Il est difficile de limiter le bruit de salle acoustique à basses fréquences, en particulier dans la région non spécifiée au-dessous de 63 Hz, à cause des dimensions des coffrets typiques d'essai, de l'affaiblissement médiocre de ces coffrets et de l'influence des bruits ambiants, par exemple celui d'un appareil de climatisation. Par conséquent, on a intérêt à choisir un coffret d'essai où ces niveaux de pression acoustique parasite en basses fréquences sont réduits à un minimum.

Références

[1] Recommandation du CCITT *Description et réglage du système de référence pour la détermination des affaiblissements équivalents pour la netteté*, Livre jaune, tome V, Rec. P.44, UIT, Genève, 1981.

[2] Recommandation du CCITT *Mesure de l'AEN d'un système téléphonique commercial (à l'émission et à la réception) par comparaison avec le SRAEN*, Livre jaune, tome V, Rec. P.45, UIT, Genève, 1981.

[3] *Méthodes employées pour déterminer la qualité de transmission téléphonique*, Supplément n° 2, Livre jaune, tome V, UIT, Genève, 1981.

[4] HOTH (D. F.): Room noise spectra at subscribers' telephone locations, *J.A.S.A.*, tome 12, p. 499-504, avril 1941.

[5] Recommandation de la CEI, publication 179 *Sonomètres de précision*, 1965.

[6] CCITT – Question 24/XII, contribution COM XII-N° 120 (Bruit à l'intérieur de véhicules automobiles légers), période d'études 1981-1984.

[7] CCITT – Question 24/XII, contribution COM XII-N° 134 (Internal vehicle noise spectra), période d'études 1981-1984.

[8] CCITT – Question 24/XII, contribution COM XII-N° 1 (Liaisons avec des stations mobiles), période d'études 1981-1984.

[9] CCITT – Contribution COM XII-N° 208 (Comparison of the results of vehicle noise submitted by France and BT), période d'études 1981-1984.

Supplément n° 14

ÉVALUATION SUBJECTIVE DU FONCTIONNEMENT DES DISPOSITIFS NUMÉRIQUES À L'AIDE DE L'APPAREIL DE RÉFÉRENCE POUR LE BRUIT MODULÉ (ARBM)

(Malaga-Torremolinos, 1984; modifié à Melbourne, 1988)

(cité dans la Recommandation P.81)

1 Introduction

L'objectif principal du présent supplément est de définir une méthode d'essai subjectif permettant d'évaluer les dispositifs numériques de manière que l'on puisse tenir compte, dans la mise au point du réseau téléphonique international, des effets de la distorsion de quantification de ces dispositifs sur la qualité de transmission. Cela suppose à la fois la possibilité d'assigner une contribution numérique à chaque dispositif numérique et la possibilité d'utiliser cette contribution conjointement avec d'autres dégradations pour évaluer la qualité d'une communication téléphonique.

Ce supplément a pour objectif secondaire de proposer des modalités de traitement des résultats d'essais subjectifs afin d'obtenir le niveau de dégradation attribué à un dispositif numérique donné et la manière d'utiliser ce niveau de dégradation pour analyser la qualité de transmission.

2 Echelle de référence des dégradations pour les dispositifs numériques

Les deux échelles de référence utilisées pour l'évaluation de la qualité des dispositifs numériques sont a) le bruit aléatoire continu (bruit additif) et b) le bruit aléatoire dont l'amplitude est proportionnelle à l'amplitude instantanée du signal (bruit multiplicatif). Il convient d'utiliser ce dernier bruit aléatoire en fonction de Q, conformément à l'ARBM spécifié dans la Recommandation P.81.

Cette proposition s'appuie sur deux considérations:

1) le signal traité par l'ARBM est très semblable du point de vue de la perception au signal traité par divers dispositifs numériques, ce qui, en principe, facilite la tâche d'évaluation pour les sujets participant aux essais; et
2) on a acquis avec l'ARBM une expérience considérable et rassemblé un grand nombre de renseignements.

Remarque – On n'a pas pu démontrer que Q constitue une échelle de référence convenant mieux que le bruit aléatoire continu.

3 Analyse des méthodes

Plusieurs méthodes sont appropriées pour caractériser la performance des processus numériques sous forme de valeurs *Q*. Les méthodes dont il est question dans le présent supplément ne concernent que les essais d'écoute. Elles sont résumées dans le tableau 1.

D'autres méthodes possibles peuvent aussi être mentionnées:

1) comparaisons de paires multiples entre tous les systèmes soumis aux essais et toutes les conditions de référence $/X_1/X_2 \ldots X_i/X_j \ldots X_j/R_i$,
2) essais de netteté des conditions ARBM et des systèmes numériques utilisés au cours de la même expérience.

Ces méthodes ne sont pas décrites ici.

TABLEAU 1

Comparaison indirecte avec ARBM				Comparaison directe avec ARBM	
Méthode ECA		Méthode ECD		Seuil d'égalité	
X_1 X_2 . . . X_n R_i	(ESS)	X_0/X_1 X_0/X_1 . . . X_0/X_n X_0/R_i	(CP)	X_1/R_i X_2/R_i . . . X_n/R_i	(CP)
Annexe A		Annexe B		Annexe C	

$X_1, X_2, \ldots\ldots X_n$ Systèmes numériques soumis aux essais

X_0 Système non traité (référence)

R_i Référence ARBM (niveau *Q* «i»)

CP Comparaison par paires

ESS Evaluation pour un seul stimulus

ECA Evaluation par catégories absolues

ECD Evaluation par catégories de dégradation

4 Renseignements généraux sur les méthodes d'essais

4.1 *Renseignements généraux sur la méthode d'essai ECA décrite dans l'annexe A*

La méthode est fondée sur la procédure utilisée lors d'une expérience effectuée par un Groupe de travail de l'IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) à laquelle ont participé des représentants de sept pays (Canada, France, Italie, Japon, Norvège, Royaume-Uni et Etats-Unis) [2]. Cette expérience avait pour but de déterminer s'il est possible d'obtenir des résultats comparables quand le même essai est effectué dans plusieurs pays. Des échantillons de sons vocaux émis par les participants dans leur langue maternelle ont été traités dans un centre par l'intermédiaire de 38 circuits de communication. Les enregistrements ont été renvoyés après traitement à chaque pays afin que des auditeurs les évaluent d'après une échelle d'évaluation à cinq notes.

Les circuits de communication comprenaient 22 références (bruit aléatoire continu, ARBM, MIC μ255) et 16 systèmes à modulation par impulsion et codage différentielle adaptative (MICDA). (Le système MICDA utilisé comportait un prédicteur fixe du premier ordre [3].) L'analyse des données était constituée en grande partie par une estimation de la qualité des 16 MICDA dans un pays, compte tenu de mesures de la qualité de fonctionnement des MICDA dans d'autres pays.

Les résultats (notes d'opinion moyenne: NOM) obtenus dans les divers pays étaient différents [2]. Néanmoins, il ressort de l'analyse des résultats qu'une estimation raisonnablement précise de la qualité des systèmes MICDA dans le pays B correspond à la qualité mesurée dans le pays A, corrigée par addition d'une constante.

Des modifications à la méthodologie ont été étudiées lors d'une réunion du Groupe de travail de l'IEEE qui s'est tenue à Paris en mai 1982. La méthodologie ainsi modifiée a été recommandée en juin 1982 par la Commission d'études XII, comme base d'évaluation de plusieurs algorithmes à 32 kbit/s susceptibles d'être normalisés par le CCITT (voir la Recommandation G.721 [1]). A la fin de 1982, des essais subjectifs appliquant cette méthodologie ont été effectués sous les auspices de la Commission d'études XVIII, avec les résultats suivants: choix d'un algorithme pour codecs et spécification de certains perfectionnements (sans rapport avec les questions de la transmission téléphonique de la parole). Une deuxième série d'essais subjectifs effectués fin 1983 a confirmé que l'algorithme modifié était satisfaisant au point de vue de la transmission téléphonique de la parole. (Les essais exécutés en 1982 et 1983 par le CCITT ont aussi mis en évidence des différences entre les résultats expérimentaux obtenus par les diverses organisations participantes.)

Il ne faut pas déduire de ce qui précède que la méthode d'essai subjective est totalement satisfaisante: on n'a pas pu expliquer encore les différences constatées entre les pays [2] et [4]. Toutefois, la méthode d'essai présente l'avantage d'avoir été utilisée par plusieurs pays.

4.2 *Renseignements généraux sur la méthode d'essai ECD de l'annexe B*

L'annexe B du présent supplément décrit une méthode d'essai ECA modifiée, évaluation de la catégorie de dégradation (ECD). Cette méthode, qui repose sur les résultats d'une Administration, assure une plus grande discrimination entre les conditions que la méthode d'essai ECA [5].

Les résultats des essais effectués par une autre Administration ne concordent pas avec cette conclusion [16].

5 Analyse des résultats des essais

Les essais des dispositifs numériques ont pour but de déterminer si ces dispositifs se prêtent à l'utilisation dans les réseaux téléphoniques. Une méthode qui a été utilisée consiste à attribuer aux dispositifs des valeurs de Q déterminées sur la base du système de référence de la Recommandation P.81. Plusieurs méthodes d'analyse des données sont envisageables, mais il semble souhaitable d'en définir une seule, afin d'harmoniser l'expression des résultats. La méthode provisoire proposée est fondée sur l'emploi de valeurs des notes d'opinion moyenne (NOM), obtenues par application des procédures décrites dans l'annexe A.

Les résultats hypothétiques obtenus dans un essai subjectif réalisé selon la méthode de l'annexe A au présent supplément sont présentés aux figures 1 à 4. (Les lignes droites servent uniquement à relier les points représentant des données.) D'une manière générale, ces résultats font apparaître un effet de saturation lorsque les conditions sont bonnes, voire très bonnes (notes d'opinion moyenne élevées) et lorsqu'elles sont très mauvaises (notes d'opinion moyenne faibles). [Dans le cas d'une note d'opinion moyenne élevée, la saturation est imputable à l'échelle à 5 notes et peut-être au bruit de circuit au repos du système d'essai subjectif sans adjonction de dégradations (bruit de circuit au repos, rapport Q, distorsion de quantification du codec, etc.). En ce qui concerne une note d'opinion moyenne faible, la saturation est imputable à l'échelle à 5 notes.] L'expérience [2] a montré qu'en raison de cet effet de saturation, on obtient une précision acceptable pour la détermination de Q dans une gamme comprise approximativement entre 5 dB et 25 dB.

Un des buts de cette étude consiste à définir une fonction $Q_2 = F(L)$ dans laquelle Q_2 est la valeur Q pour le codec et L le débit binaire de ligne. Une méthode simple pour déterminer cette fonction utilise les valeurs NOM indiquées sur les figures 2 et 3; elle permet de produire une courbe de cette fonction (figure 5). Cette méthode est représentée sur la figure 6, où on a choisi comme débit binaire de ligne une valeur, par exemple L_2 et où on détermine la valeur NOM correspondante. Cette valeur NOM est ensuite utilisée pour introduire la courbe de droite et trouver la valeur de Q, en l'occurrence Q_2, correspondant à cette valeur NOM. Des valeurs Q pour toutes les autres valeurs L sont obtenues de la même manière et l'ensemble des gains (L_i, Q_i) qui en résultent sont tracés comme sur la figure 5.

L'analyse des résultats d'essai devra inclure une analyse statistique pour établir que les valeurs obtenues pour les notes d'opinion moyenne sont dues aux conditions d'essai et pas à d'autres facteurs. Le test de Student pourrait être applicable, mais on a des raisons de penser qu'il serait préférable d'effectuer une analyse de variance.

L'annexe D au présent supplément expose les principes d'une méthode d'analyse appliquée par une organisation. Dans cette méthode, on utilise des valeurs analytiques (appelées moyennes d'ajustement) qui sont calculées à partir de résultats d'essais subjectifs; ces valeurs analytiques sont similaires à des notes d'opinion moyenne calculées d'après des résultats d'essai. Un des résultats souhaitables de l'essai consiste à obtenir des évaluations de la valeur Q des dispositifs soumis aux essais. L'annexe D expose une méthode d'obtention de ces évaluations.

Les valeurs de NOM en fonction de Q (voir figure 2) obtenues au cours d'essais effectifs sont données dans les références [5], [17] et [18] et dans l'annexe B.

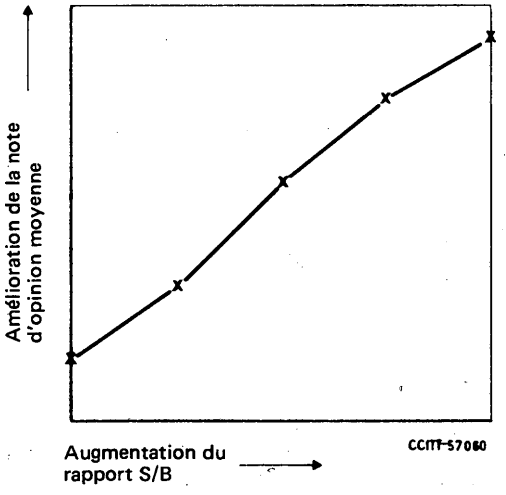


FIGURE 1

Notes d'opinion moyenne pour le rapport S/B; puissance des sons vocaux en dBm, puissance du bruit de circuit au repos en dBmp

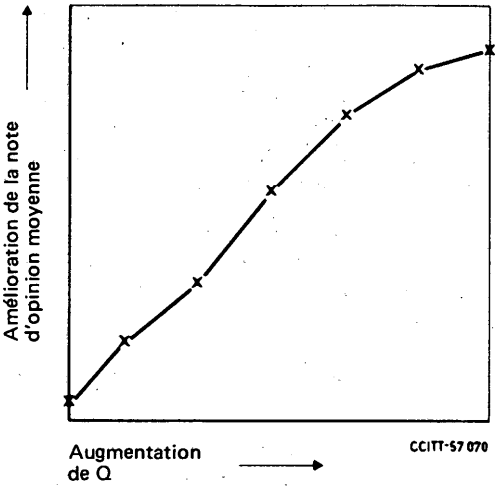


FIGURE 2

Notes d'opinion moyenne pour Q; Q représente le réglage de l'ARBM

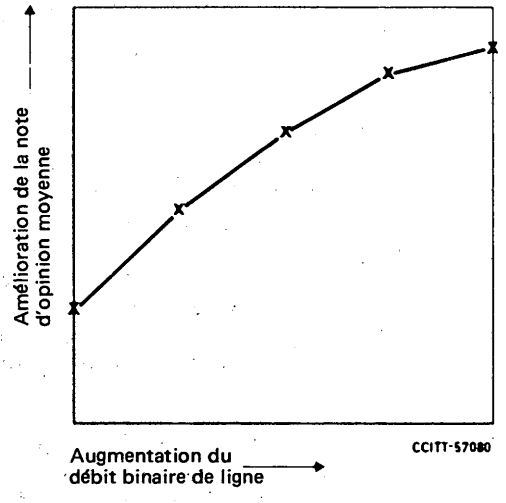


FIGURE 3

Notes d'opinion moyenne pour un codec unique à différents débits binaires en ligne

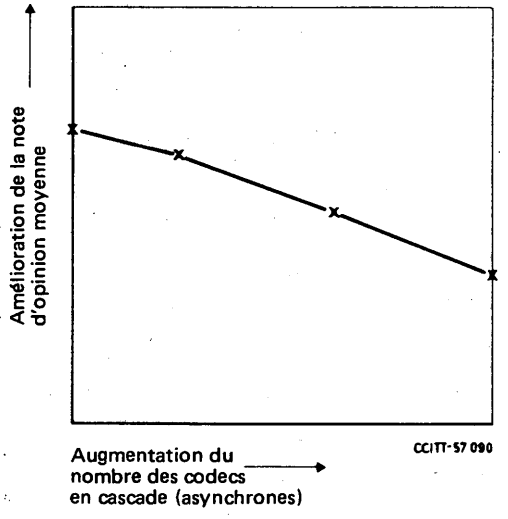


FIGURE 4

Notes d'opinion moyenne pour des codecs en cascade

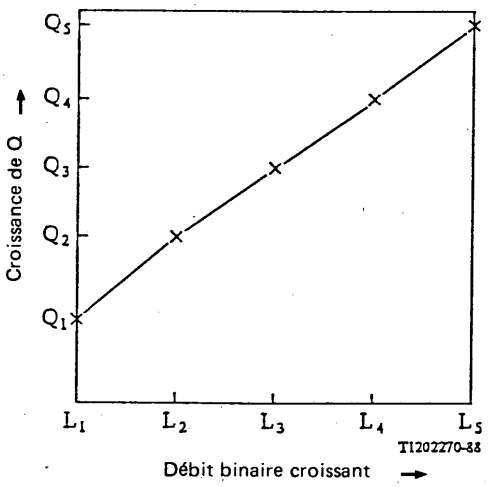


FIGURE 5

Q en fonction du débit binaire de ligne pour un seul codec

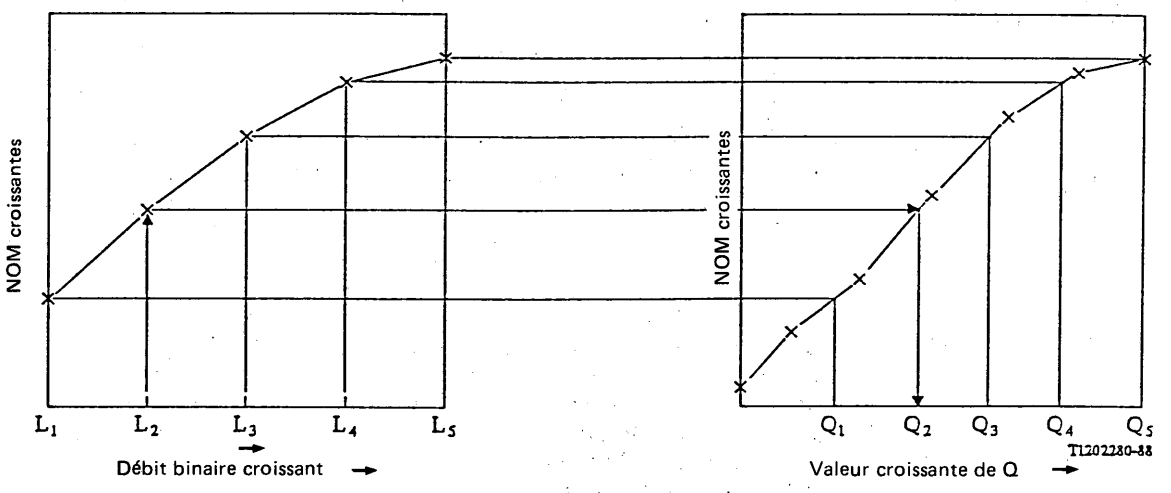


FIGURE 6

Méthode graphique d'obtention de la figure 5 à partir des figures 2 et 3 actuelles

ANNEXE A

(au Supplément n° 14)

Méthode d'évaluation par catégories absolues (ECA) pour les essais subjectifs des dispositifs numériques

A.1 *Introduction*

La méthode d'essai par écoute exclusive comprend en principe trois phases: préparation des bandes magnétiques sources de signaux; traitement de ces bandes afin d'obtenir des bandes de signaux d'excitation correspondant aux conditions d'essai à étudier; exécution d'essais subjectifs à l'aide des bandes traitées. On peut combiner certaines phases s'il n'y a pas d'échange des bandes sources/bandes traitées entre différents lieux d'essai.

Cette méthode a pour principe la simulation d'une communication comprenant un système émetteur, un système récepteur et un système d'interconnexion qui assure l'insertion des dégradations intéressantes (bruit de circuit au repos et distorsion de quantification provenant de l'ARBM et des dispositifs numériques).

Lors des essais subjectifs, plusieurs éléments variables influent sur la réaction de la personne qui écoute (contenu de la parole, caractéristiques de la voix du locuteur, ordre de présentation, délais, etc.). Ces éléments, s'ils ne sont pas maîtrisés d'une façon ou d'une autre, peuvent influer sur les résultats de l'expérimentation. Il est donc recommandé d'utiliser un procédé d'expérimentation approprié afin de tenir compte de cet aspect. On trouvera dans les manuels de statistiques les principes de mise au point de ces procédés expérimentaux.

A.2 *Préparation d'une ou de plusieurs bandes sources de signaux*

Le système d'enregistrement comprend un enregistreur magnétique, des dispositifs permettant d'injecter des tonalités d'étalonnage et un système émetteur convenablement défini.

A.2.1 *Enregistreur à bande magnétique*

L'enregistreur sera un appareil à deux pistes de qualité élevée (studio). Il convient d'indiquer le type d'égalisation, mais c'est l'égalisation CEI qui a la préférence. L'une des pistes sera utilisée pour l'enregistrement des échantillons de sons vocaux, la seconde, par exemple, pour les signaux de repérage permettant la mise en marche ou l'arrêt de l'enregistreur par ordinateur. La vitesse de défilement de la bande sera de 19 cm/s.

On utilisera une bande à faible bruit et à impression faible que l'on stockera «à l'envers» de manière qu'il faille la rebobiner avant de l'écouter.

Remarque – Il convient d'envisager l'emploi d'un convertisseur analogique/numérique et d'un magnétoscope à cassette pour l'enregistrement et la mise en mémoire de bandes sources et de bande d'essai de haute qualité.

A.2.2 *Tonalités d'étalonnage*

Il est recommandé d'enregistrer sur la ou les bandes sources des tonalités d'étalonnage afin de pouvoir vérifier la caractéristique efficacité en fonction de la fréquence de la communication simulée depuis l'entrée de l'enregistreur des bandes sources jusqu'à la sortie de l'enregistreur des bandes traitées. Il convient d'enregistrer les tonalités en séquences de 5 secondes chacune à 250, 500, 1000, 2000, 3000 et 4000 Hz, le niveau étant de 6 dB inférieur au niveau efficace maximum à l'entrée de l'enregistreur. Ces tonalités seront suivies d'un enregistrement de 15 secondes d'une tonalité d'essai à 1 kHz au niveau efficace maximum à l'entrée pour permettre l'étalonnage des systèmes d'interconnexion et d'écoute, puis de plusieurs mètres de bande d'amorce.

A.2.3 *Système émetteur*

Il est probable que les caractéristiques efficacité en fonction de la fréquence des systèmes émetteurs varient d'un pays à l'autre et que, par conséquent, les résultats seront différents en raison de la distorsion d'affaiblissement. En outre, la qualité des algorithmes de codecs numériques complexes pourra dépendre des caractéristiques d'efficacité en fonction de la fréquence du système émetteur. Les caractéristiques du système émetteur devront donc être celles qu'indique le tableau A-1 ci-après (simulation de la partie émettrice du SRI sans filtre), au moins pour certaines des conditions de l'essai.

TABLEAU A-1

Caractéristiques du SRI avant l'introduction du filtre SRAEN

Fréquence (Hz)	S_{MJ} (dB V/Pa)	S_{je} (dB Pa/V)
100	−22,00	−21,00
125	−18,00	−17,00
160	−14,00	−13,00
200	−10,00	− 9,00
250	− 6,80	− 5,70
315	− 4,60	− 2,90
400	− 3,30	− 1,30
500	− 2,60	− 0,60
630	− 2,20	− 0,10
800	− 1,20	+ 0,00
1000	+ 0,00	+ 0,00
1250	+ 1,20	+ 0,20
1600	+ 2,80	+ 0,40
2000	+ 3,20	+ 0,40
2500	+ 4,00	− 0,30
3150	+ 4,30	− 0,50
4000	+ 0,00	−11,00
5000	− 6,00	−23,00
6300	−12,00	−35,00
8000	−18,00	−53,00

Il sera peut-être souhaitable de prévoir des conditions dans lesquelles le système émetteur représente un système local type (moyen) correspondant au réseau et/ou aux besoins de l'organisme (ou du pays) qui procède aux essais. Ce système comprend un combiné téléphonique, une paire en câble physique simulée, un pont d'alimentation et une résistance terminale (par exemple, de 600 ohms ou de 900 ohms sur laquelle est bouclé l'enregistreur de bandes sources). L'appareil téléphonique peut être muni d'un microphone linéaire dont la caractéristique d'efficacité en fonction de la fréquence est celle de la voix humaine, de manière que les caractéristiques de acoustiques à électriques du système d'émission correspondent au système local moyen de l'organisation. Il peut y avoir intérêt également à inclure des conditions obtenues avec un microphone à charbon représentatif du ou des types de microphone utilisé(s) dans le réseau de l'organisation (ou du pays) (voir la Recommandation P.64). Les caractéristiques et le courant d'alimentation doivent être indiqués et peut-être également la caractéristique mesurée au moyen d'une source sonore artificielle (voir les Recommandations P.51 et P.64).

A.2.4 *Conditions ambiantes pour l'enregistrement*

L'enregistrement devra être effectué dans un salon ou dans un bureau peu bruyant. Le niveau de bruit de salle devra être compris entre 25 et 30 dBA. Le spectre du bruit devra, si possible, avoir la forme du spectre de Hoth (voir le Supplément n° 13). Des essais spéciaux pourront être nécessaires avec d'autres niveaux de bruit et/ou caractéristiques spectrales (par exemple, bruit de machine à écrire, etc.).

La caractéristique de bruit de salle devra être indiquée d'une manière aussi complète que possible [par exemple, dBA, spectre à long terme, distribution amplitude/temps, etc.].

Un enregistrement de 30 secondes du bruit de salle avec le système local doit suivre les tonalités d'étalonnage; pour cela, le locuteur tient le combiné de la manière habituelle (il faudra peut-être prendre des précautions spéciales si l'on désire éliminer les bruits de respiration).

A.2.5 *Echantillons de parole*

Une bande source comprend des échantillons 4 × C (4 locuteurs, échantillons de conditionnement, conditions de référence et d'essai). Chaque échantillon comprend 2 ou 3 phrases séparées entre elles par un intervalle d'au moins une seconde.

Tous les échantillons devront être différents, afin d'éviter la répétition des phrases pendant un essai. Lorsque les résultats des essais sont fournis, il sera peut-être souhaitable de fournir la liste des phrases utilisées (8 × C ou 12 × C).

Il est prévu que chaque échantillon dure de 6 à 10 secondes. Les échantillons seront séparés entre eux par une période de silence de 5 secondes pour permettre les commandes (par exemple, la mise en marche et l'arrêt de l'enregistreur) et pour donner aux sujets le temps de procéder au vote.

Le niveau efficace des échantillons de parole (puissance de la parole active) doit être inférieur de 12 dB au niveau efficace de la tonalité d'étalonnage de 1 kHz afin d'éviter l'écrêtage des échantillons de parole par l'enregistreur et de mesurer facilement le niveau efficace des sons vocaux.

A.2.6 *Locuteurs*

Participeront aux essais au moins 4 locuteurs différents (deux femmes, deux hommes) dont les caractéristiques vocales sont différentes. Le choix des locuteurs sera laissé à l'appréciation du responsable de l'expérience.

A.3 *Préparation de la ou des bandes «traitées»*

Le système d'interconnexion comprendra l'enregistreur de bandes magnétiques sources (résistance de 600 ou 900 ohms), un filtre d'entrée, un dispositif d'insertion des conditions d'essai, un filtre de sortie et l'enregistreur de bande traitée (résistance de 600 ou 900 ohms). Les caractéristiques des filtres doivent être indiquées.

A.3.1 *Conditions d'essai*

Les conditions d'essai concernent le ou les codecs numériques étudiés. Ceux-ci devront être définis de façon aussi simple et aussi complète que possible (loi A/loi μ, MICDA à prédicteur fixe du premier ordre, etc.), afin qu'une spécification unique de qualité puisse être établie pour des codecs de même type.

Comme la qualité des codecs peut varier avec le niveau d'entrée de la parole, il est préférable de les mesurer non seulement à leur niveau nominal (pleine charge) mais également à des niveaux inférieurs et supérieurs à cette valeur, par exemple, ± 10 dB. Ces variations du niveau d'entrée des codecs doivent être «compensées» par des réglages correspondant à la sortie des codecs afin de maintenir un niveau de sortie à peu près constant pendant l'essai. (Le niveau d'écoute peut aussi influer sur les qualités relatives des différents dispositifs numériques. Voir également le § A.4.4.)

Il faut mesurer le ou les codecs séparément (un couple codage/décodage) puis 2, 4 et éventuellement 8 codecs asynchrones en cascade. (Il sera peut-être également souhaitable de prévoir des codecs synchrones en cascade.) Le support des codecs pourra être matériel ou logiciel; dans ce dernier cas, on devra inclure le bruit de circuit auquel les codecs sont probablement soumis dans la pratique.

Pour mesurer un ou plusieurs codecs individuels, le débit binaire en ligne doit être le débit nominal et, si possible, un débit supérieur (pour assurer une saturation subjective) et inférieur (pour assurer une qualité dégradée). Ces conditions peuvent être utiles pour pouvoir attribuer un ou plusieurs niveaux de qualité au(x) codec(s). (Par exemple, on pourra également essayer un algorithme MICDA dont la valeur nominale est de 32 kbit/s à 16, 24, 40 et 48 kbit/s.)

S'agissant de codecs en cascade, le ou les codecs doivent être utilisés au(x) débit(s) de ligne nominal (nominaux).

On prévoira aussi pour les codecs des conditions avec erreurs sur la ligne et on utilisera des taux d'erreur sur les bits compris entre 10^{-6} et 10^{-3}.

A.3.2 *Conditions de référence*

Les conditions de référence à inclure sont des valeurs de Q dans la gamme 5 dB à 25 dB avec un minimum de 4 échelons. (Il sera peut-être souhaitable de prévoir aussi des valeurs de Q égales à 0 dB et à 30 dB.)

Il y a intérêt à prévoir des valeurs de bruit de circuit injecté pour que le rapport S/B se situe entre 5 dB et 45 dB, avec un minimum de 4 échelons. (Il s'agit du rapport en dB de la puissance de la parole émise en milliwatts au bruit de circuit injecté en milliwatts; la bande du bruit de circuit devra être limitée par des filtres de mêmes caractéristiques que le filtre de l'ARBM.) A noter que le rapport 45 dB peut dépendre du bruit propre du système (par exemple, du bruit causé par le traitement de la bande source ou du bruit de l'enregistreur de bandes sources).

Il convient d'inclure aussi les conditions à la source (obtenues en éliminant le bruit injecté de circuit au repos).

La condition avec injection de bruit de circuit a pour but de permettre d'établir une relation entre les résultats d'essai et les résultats dont on dispose sur les effets de l'affaiblissement et du bruit de circuit (Question 4/XII), et d'autoriser l'emploi des résultats des essais dans des études sur des modèles d'appréciation subjective (Question 7/XII).

D'autres conditions de référence peuvent être incluses, s'il le désire, par l'organisme qui procède aux essais. Par exemple, certains organismes peuvent disposer de renseignements provenant d'essais antérieurs de systèmes MIC avec compresseur-extenseur et conversion loi A/loi μ et il peut être souhaitable de prévoir certaines conditions MIC pour permettre une comparaison avec les résultats antérieurs.

A.3.3 *Etalonnage*

L'affaiblissement d'insertion du circuit d'interconnexion doit être de 0 dB à 1 kHz entre la résistance de la source et la résistance terminale. Cela doit s'appliquer aux meilleures conditions, par exemple, Q = 25 dB, rapport S/B = 45 dB, quand le ou les codec(s) soumis aux essais fonctionne(nt) au(x) débit(s) de ligne nominal (nominaux).

Le niveau efficace de la tonalité d'étalonnage de 1 kHz à l'entrée du circuit d'interconnexion doit être inférieur de 3 dB au niveau de saturation du ou des codec(s) (qui doit être indiqué). Cela garantit que le niveau quadratique moyen de l'échantillon de parole soit inférieur de 15 dB au niveau efficace de saturation du signal sinusoïdal du ou des codec(s).

Pour cet étalonnage, le niveau en dBm du bruit de circuit injecté aux bornes de la résistance de sortie doit être convenablement réglé par rapport au niveau (en dBm) de la tonalité d'étalonnage de 1 kHz à la sortie. On notera, en particulier, que la dégradation due au bruit de circuit doit être présente pendant les périodes de silence intervenant dans les échantillons de parole mais non avant et après ces échantillons.

Pour l'étalonnage de l'enregistreur de bandes «traitées», on procédera de la même manière que pour l'enregistreur de bandes sources.

A.3.4 *Bandes traitées*

Les bandes traitées doivent contenir d'abord la tonalité d'étalonnage de 1 kHz sans dégradations, suivie de 12 conditions de «formation» des sujets et des conditions d'essai et de référence.

On choisira les conditions de «formation» de façon à familiariser les sujets avec la présentation de l'essai et la gamme de qualité de la parole. Ces conditions s'appliqueront 3 fois à chacun des 4 locuteurs.

Les conditions d'essai et de référence de base seront quadruplées (soit pour 4 locuteurs) par rapport au nombre de conditions nominales. Elles interviendront dans un ordre aléatoire. Il conviendra de soumettre au moins 2 bandes traitées dans un ordre aléatoire différent (ces bandes pourront être utilisées pour des essais différents avec des groupes de sujets différents).

Il sera peut-être également souhaitable de répéter une partie au moins des conditions d'essai et de référence, mais cela pourrait se révéler impossible dans la pratique, étant donné la nécessité de respecter certaines limites pour les essais subjectifs.

La chronologie des conditions dans les bandes traitées sera la même que pour les bandes sources, par exemple, 6 à 10 secondes environ (2 ou 3 phrases) pour chaque condition, suivies d'une période de silence de 5 secondes.

Il est inutile de reproduire les tonalités d'étalonnage de la bande source sur la bande traitée (à l'exception de la tonalité d'étalonnage de 1 kHz, comme indiqué plus haut). Néanmoins, les niveaux de la tonalité d'étalonnage doivent être mesurés à la résistance terminale de sortie du système d'interconnexion de façon que l'on puisse mesurer et indiquer les caractéristiques d'efficacité en fonction de la fréquence du système pour tous les types de conditions.

A.4 *Règles suivies pour procéder aux essais*

A.4.1 *Auditeurs*

On choisira de préférence 32 auditeurs, qu'on répartira également par bande magnétique, mais leur nombre ne doit pas être inférieur à 12. Il est souhaitable que les sujets choisis représentent des catégories d'abonnés types (par exemple, le groupe sera composé en parties égales de femmes et d'hommes, dont l'âge correspond approximativement à la répartition démographique des âges, d'acuité auditive normale, etc.).

A.4.2 *Système d'écoute*

Pour les raisons exposées au premier alinéa du § A.2.3, la caractéristique du système de réception doit être celle qu'indique le tableau A-1 (simulation de la partie réception du SRI sans filtre).

Il serait souhaitable que le système d'écoute simule le système local type (par exemple, moyen) de l'organisme, comprenant l'impédance du générateur du central, un pont d'alimentation, une paire en câble physique et le combiné téléphonique. Il y a lieu de déterminer la caractéristique d'efficacité en fonction de la fréquence de électrique à acoustique du système d'écoute (voir la Recommandation P.64). L'effet local doit être éliminé du système d'écoute.

A.4.3 *Conditions d'écoute*

Le ou les combinés seront installés dans une pièce dont le niveau de bruit ambiant est $\leqslant$ 40 dBA, de préférence de 25 à 30 dBA (niveau correspondant à celui d'un bureau ou d'un salon calme). Le spectre du bruit doit, si possible, être de la même forme que le spectre de Hoth mentionné dans le Supplément n° 13. Le niveau et le spectre effectifs du bruit de salle doivent être indiqués s'ils diffèrent de ces conditions.

A.4.4 *Niveau de la parole*

Quand on fait entendre, par l'intermédiaire du système d'écoute, la tonalité d'étalonnage de 1 kHz enregistrée sur la bande traitée, il convient de la régler pour reproduire un niveau de -3 dBPa, niveau mesuré avec l'oreille artificielle recommandée par le CCITT (voir la Recommandation P.51). On obtiendra ainsi un niveau de parole d'environ -15 dBPa, qui est proche du meilleur niveau. Il pourra être également souhaitable de prévoir un niveau de puissance inférieur de 10 dB et un niveau supérieur de 10 dB, car le niveau d'écoute peut influer sur les performances respectives de dispositifs numériques différents.[1)]

A.4.5 *Directives pour les essais*

On fournira aux sujets des directives écrites qui leur seront également lues (soit par le responsable de l'essai soit par l'intermédiaire d'un enregistrement sur bande). Ces directives doivent être données avant les conditions destinées à les familiariser avec les essais. Il faut préciser aux sujets que les conditions de familiarisation ne représentent pas la gamme totale de qualités qu'ils rencontreront dans l'essai. Après l'application de ces conditions, il faut prévoir un intervalle de temps suffisant pour répondre aux questions éventuelles des sujets.

Les sujets doivent être priés d'évaluer les conditions d'après l'échelle de qualité à cinq notes ci-dessous:

Note	*Niveau de qualité*
5	Excellent
4	Bon
3	Passable
2	Médiocre
1	Mauvais

Dans les pays où l'anglais n'est pas la langue maternelle des habitants, les termes appropriés à la langue maternelle doivent être utilisés.

Avant de procéder à l'essai d'audition, il faut faire des séances d'entraînement pour adapter complètement les auditeurs aux conditions d'essai et pour obtenir une évaluation stable.

[1)] Certains résultats semblent indiquer qu'un niveau de parole de -5 dBPa (niveau de $+7$ dBPa de la tonalité de 1 kHz) convient mieux que -15 dBPa pour faire la discrimination entre les conditions de fonctionnement des codecs.

A.4.6 *Rassemblement des données*

Les réponses des sujets peuvent être écrites à la main, enregistrées sur ordinateur ou par d'autres moyens appropriés. Dans le premier cas, il convient de mentionner sur une carte distincte la réponse pour chaque condition, de façon que le sujet, lorsqu'il exprimera une opinion, ne soit pas influencé par les opinions précédentes.

A.5 *Communication des résultats*

Il peut être souhaitable de communiquer toutes les données brutes mais la documentation risque d'être trop volumineuse. En conséquence, il y aura peut-être lieu de combiner les données des locuteurs et d'indiquer le nombre d'opinions correspondant à chacune des cinq notes et pour chaque type de condition, par exemple, Q = 15 dB, rapport S/B = 25 dB, etc. (On indiquera les conclusions résultant d'une analyse visant à déterminer l'incidence éventuelle du comportement du locuteur.) En outre, on indiquera les notes d'opinion moyenne, l'écart type, les intervalles de confiance à 95% ainsi que d'autres statistiques calculées par l'organisme au cours de l'analyse des données.

Les autres éléments qu'il convient d'indiquer sont les suivants:

a) type de microphone;
b) caractéristique d'efficacité en fonction de la fréquence du système d'émission (voir la Recommandation P.64);
c) description de la salle d'enregistrement et des niveaux de bruit ambiant;
d) méthode de mesure et de réglage du niveau des sons vocaux;
e) caractéristique d'efficacité en fonction de la fréquence du système d'interconnexion pour tous les types de conditions d'essai et de référence;
f) caractéristique d'efficacité en fonction de la fréquence du système d'écoute (voir la Recommandation P.64);
g) description de la salle d'écoute et du niveau de bruit ambiant;
h) méthode d'enregistrement des opinions des sujets;
i) description des groupes de sujets: âge, sexe, nombre de sujets, expérience acquise précédemment et, le cas échéant, seuil audiométrique;
j) dimensions du combiné.

Bibliographie pour l'annexe A

KIRK (R. E.): Experimental Design Procedures for the behavioral Sciences, *Brooks/Cole Publishing Company*, Belmont California, 1968.

Recommandation du CCITT P.64.

Recommandation du CCITT P.74.

ANNEXE B

(au Supplément n° 14)

Evaluation subjective de la qualité de codeurs numériques par la procédure d'évaluation par catégories de dégradation (ECD)

(Contribution de l'Administration française)

B.1 *Introduction*

Une méthode de test d'écoute a été recommandée par la Commission XII du CCITT pour évaluer la qualité subjective des codeurs numériques (voir l'annexe A). Cette procédure, test d'évaluation par catégories absolues (ECA), conduit à une faible sensibilité pour différencier les codeurs de bonne qualité téléphonique (domaine de qualité du MIC à 6 ou 8 éléments binaires). Si une sensibilité plus forte est désirée, nous proposons d'utiliser une version modifiée de cette procédure, que nous appellerons test de jugement par catégories de dégradation. Pour l'évaluation des images le CCIR [6] recommande deux procédures, les tests par catégories absolues ou les tests par catégories de dégradation. La procédure ECD, qui utilise une échelle de gêne et une référence de bonne qualité devant chaque jugement, semble être bien adaptée pour évaluer les images de bonne qualité. Aussi, cette méthode a été transposée pour évaluer la qualité de la parole.

Cette annexe décrit l'adaptation de la procédure ECD à l'évaluation de la parole. Puis la sensibilité de cette procédure est comparée avec celle des catégories absolues pour l'évaluation des mêmes circuits. Seules les différences entre les procédures ECA et ECD sont présentées ici. On se référera utilement à l'annexe A pour la définition des points communs qui ne sont pas couverts dans la présente annexe.

B.2 *La procédure d'évaluation par catégories de dégradation (ECD)*

B.2.1 *Echantillons de parole*

Chaque configuration est évaluée à l'aide des jugements de qualité sur quatre locuteurs lisant deux échantillons différents. Chaque échantillon devrait comprendre deux phrases séparées par au moins une seconde. Les deux échantillons (S1, S2), donc les quatre phrases différentes, devraient être choisis à partir d'un corpus plus grand composé de phrases phonétiquement équilibrées de façon que la note moyenne obtenue en évaluant les références ARBM à l'aide de ces quatre phrases soit à peu près la même que celle obtenue à l'aide du corpus complet. Donc le corpus est formé par huit échantillons définis comme suit:

locuteur L1 lisant les deux échantillons S1, S2,

locuteur L2 lisant les deux échantillons S1, S2,

locuteur L3 lisant les deux échantillons S1, S2,

locuteur L4 lisant les deux échantillons S1, S2.

On obtient de la sorte une répétition des deux échantillons durant tout le test. Mais nous pensons que ceci n'est pas critique pour une procédure dans laquelle une dégradation est évaluée par rapport à une référence surtout pour les bonnes qualités téléphoniques où l'intelligibilité de la parole est toujours parfaite. L'utilisation d'échantillons, tous différents, dans la procédure ECA peut être une des raisons de son manque de sensibilité.

B.2.2 *Conditions de référence*

Les conditions de référence devraient comprendre du bruit multiplicatif (ARBM) avec des valeurs de Q allant de 10 à 30 dB pour un minimum de cinq valeurs (il peut aussi être utile d'inclure des valeurs de Q de 5 et 35 dB).

Une référence de bonne qualité doit être choisie pour être insérée devant chaque jugement (habituellement les conditions sources sont utilisées, c'est-à-dire des échantillons sans dégradation rajoutée à celles introduites par les systèmes d'émission et les limitations de bande de fréquences). En outre, quatre paires «nulles» (A-A) sont incluses dans le test pour estimer la qualité de l'ancrage du jugement des auditeurs.

B.2.3 *Présentation des stimuli*

Les stimuli sont présentés aux auditeurs par paire (A-B) ou par paires répétées (A-B-A-B) où A est l'échantillon de référence de bonne qualité et B le même échantillon traité par un codeur. Le but de la référence est d'ancrer chaque jugement des auditeurs. L'utilisation d'une référence et de jugements subjectifs par rapport à cette référence est une procédure très courante en psychoacoustique. Cela vise à améliorer la sensibilité de l'évaluation globale des auditeurs. Les échantillons A et B devraient être séparés par 0,75 s et dans une procédure à paires répétées (A-B-A-B) la séparation entre les deux paires devrait être de l'ordre de 2 s.

Il semble que l'effet d'ordre habituellement observé dans les tests d'opinion à un seul échantillon (test ECA par exemple) soit beaucoup moins marqué pour la procédure ECD. Donc, un seul ordre aléatoire de présentation peut être utilisé. On obtient donc pour le test huit fois (quatre locuteurs que multiplient deux échantillons) le nombre de conditions nominales.

Le temps de réponse des auditeurs est limité comme pour le test ECA, à savoir cinq secondes entre chaque présentation (paire ou paires répétées).

B.2.4 *Instructions de test*

On doit inviter les auditeurs à juger les conditions suivant une échelle de gêne à cinq notes définie comme suit:

5 – Dégradation inaudible

4 – Dégradation audible mais non gênante

3 – Dégradation légèrement gênante

2 – Dégradation gênante

1 – Dégradation très gênante.

B.3 *Comparaison entre les sensibilités respectives des procédures ECA et ECD sur les mêmes configurations de codeurs*

Les tableaux B-1 et B-2 résument les résultats obtenus par des tests ECA et ECD respectivement pour l'évaluation de trois algorithmes MICDA(V) à 32 kbit/s.

Les figures B-1, B-2 et B-3 montrent les notes d'opinion moyenne (NOM) et les notes d'opinion moyenne de dégradation (NOMD) obtenues par les mêmes conditions avec les deux procédures (ECA et ECD respectivement).

A partir des figures on peut faire les remarques suivantes:

- On obtient un bon accord d'ensemble entre les résultats fournis par les deux procédures.
- On obtient un étalement plus grand des notes d'opinion (NOMD) obtenues par les circuits ARBM avec des valeurs de Q allant de 10 à 35 dB avec la méthode ECD qu'avec la méthode ECA. Un bon ancrage des jugements des auditeurs peut être observé pour la méthode ECD (les paires «nulles» obtiennent un score de 4,98).
- La méthode d'ECD est plus sensible dans la zone des bonnes qualités téléphoniques ($20 < Q < 35$ dB) que la méthode ECA.

Ces sensibilités peuvent être quantifiées à l'aide de tests statistiques de comparaisons multiples. Si l'on désire une comparaison a *posteriori*, un test de Tuckey [7] (différence honnêtement significative: HSD) peut être utilisé. Le test «HSD» est fait pour faire toutes les comparaisons par paire entre k moyennes et déterminer le degré de signification (α) des différences entre ces k moyennes. Dans des conditions identiques ($\alpha = 0{,}01$, $k = 2$, $N = 225$ modèle fixe) la valeur limite pour HSD ($q_{\alpha,k,N}$) est 3,70 et comme les erreurs résiduelles des procédures ECA et ECD sont à peu près les mêmes (0,42) deux moyennes sont déclarées significativement différentes si:

$$\Delta = | \overline{X_i} - \overline{X_j} | > 0{,}21$$

Cette différence, exprimée en rapport Q, correspond à:

gamme de Q (dB)	test ECA Δ	gamme de Q (dB)	test ECD Δ
15 à 20	1,48	15 à 20	1,07
20 à 25	1,87	20 à 25	1,14
25 à 30	3,00	25 à 30	1,36

Ceci signifie que la résolution des tests ECD peut être deux fois plus grande que celle des tests ECA en terme de Q dans le domaine des bonnes qualités téléphoniques.

B.4 *Conclusion*

Un bon accord entre les résultats obtenus avec les deux procédures de test (ECA et ECD) a été trouvé. La présence d'une référence devant chaque jugement pour la procédure ECD assure un bon ancrage des jugements des auditeurs et par conséquent un meilleur étalement des notes d'opinion moyenne de dégradation (NOMD) obtenues par les codeurs. L'évaluation des codeurs pour les mêmes échantillons de parole conduit à une meilleure précision de la procédure ECD au prix, bien sûr, d'une diminution du poids de l'effort de compréhension dans le jugement global de qualité. C'est pourquoi la procédure des catégories de dégradation semble être bien adaptée pour évaluer les codeurs de bonne qualité téléphonique.

TABLEAU B-1

Notes d'opinion moyenne (NOM) et intervalles de confiance à 95% (INT) pour essai ECA

Conditions de l'essai	X		Y		Z	
	NOM	INT	NOM	INT	NOM	INT
MIC	3,81	0,45	3,89	0,13	4,16	0,13
MIC 2A	3,99	0,13	4,10	0,13	3,90	0,14
MIC 4A	3,35	0,12	4,02	0,14	3,70	0,14
MIC 8A	3,39	0,14	3,48	0,14	3,46	0,12
MIC 10^{-4}	3,31	0,15	3,55	0,14	3,15	0,16
MIC 10^{-5}	1,90	0,15	1,78	0,13	2,10	0,17
MIC + 10 dB	3,94	0,15	4,02	0,12	4,14	0,11
MIC − 15 dB	3,49	0,16	3,60	0,14	3,41	0,16
MICDA(V)	3,60	0,15	3,41	0,13	3,65	0,12
MICDA(V) 2A	3,72	0,13	3,30	0,12	3,38	0,13
MICDA(V) 4A	3,14	0,13	2,85	0,13	2,63	0,13
MICDA(V) 8A	2,51	0,14	2,09	0,14	2,23	0,15
MICDA(V) 2T	3,77	0,12	3,33	0,13	3,42	0,13
MICDA(V) 4T	3,86	0,14	3,01	0,14	3,80	0,13
MICDA(V) 10^{-4}	3,54	0,11	3,28	0,12	2,81	0,15
MICDA(V) 10^{-3}	2,88	0,16	2,55	0,15	1,93	0,13
MICDA(V) + 10 dB	3,80	0,14	3,55	0,14	3,61	0,13
MICDA(V) − 15 dB	3,20	0,15	3,02	0,15	2,92	0,14
MICDA(V) C 2A	2,44	0,16	2,62	0,16	2,23	0,14
MICDA(V) C 4A	2,13	0,15	2,14	0,13	1,90	0,13
MICDA(V) C 8A	1,98	0,14	1,84	0,13	1,59	0,12
S/B 40	3,52	0,15				
S/B 35	3,18	0,17				
S/B 25	2,04	0,15				
S/B 15	1,23	0,09				
Q 10	1,41	0,10				
Q 15	2,34	0,11				
Q 20	3,04	0,10				
Q 25	3,61	0,09				
Q 30	3,96	0,09				

Remarque 1 – Notes moyennées sur les quatre locuteurs et les deux phrases.

Remarque 2 – Nombre de votes $N = 128$ sauf pour Q où $N = 256$.

TABLEAU B-2

Notes d'opinion moyenne de dégradation (NOMD) et intervalles de confiance à 95% (INT) – Essai ECD

Conditions de l'essai	X		Y		Z	
	NOMD	INT	NOMD	INT	NOMD	INT
MIC	4,35	0,10			4,41	0,11
MIC 8A	3,48	0,16			3,33	0,15
MIC 10^{-3}	2,21	0,11			2,25	0,14
MICDA(V)	4,33	0,11	4,22	0,11	4,05	0,12
MICDA(V) 8A	2,63	0,14	2,35	0,14	2,38	0,17
MICDA(V) 10^{-3}	3,14	0,16	2,83	0,14	1,85	0,14
MICDA(V) 4T	4,29	0,10	3,69	0,14	4,09	0,13
Q 15	1,99	0,15				
Q 20	2,97	0,17				
Q 25	3,89	0,18				
Q 30	4,66	0,10				
Q 35	4,81	0,09				
Origine	4,98	0,03				

Remarque 1 – Votes combinés sur quatre locuteurs et deux phrases.

Remarque 2 – Nombre de votes = 128.

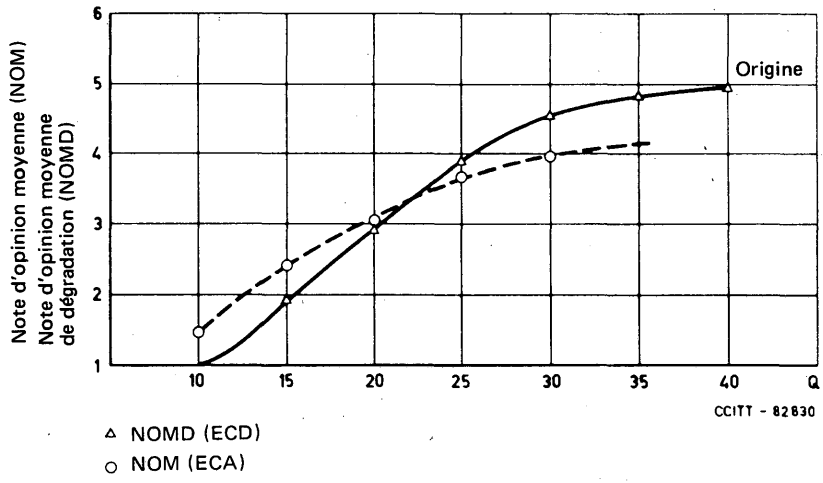
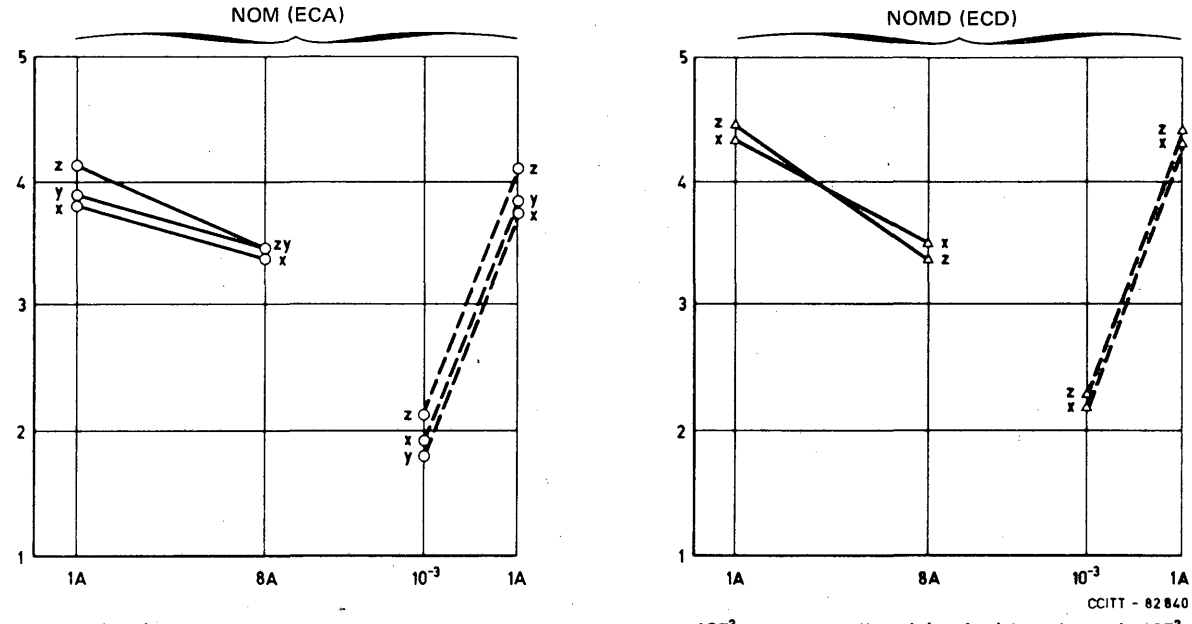


FIGURE B-1

Conditions de référence de l'ARBM

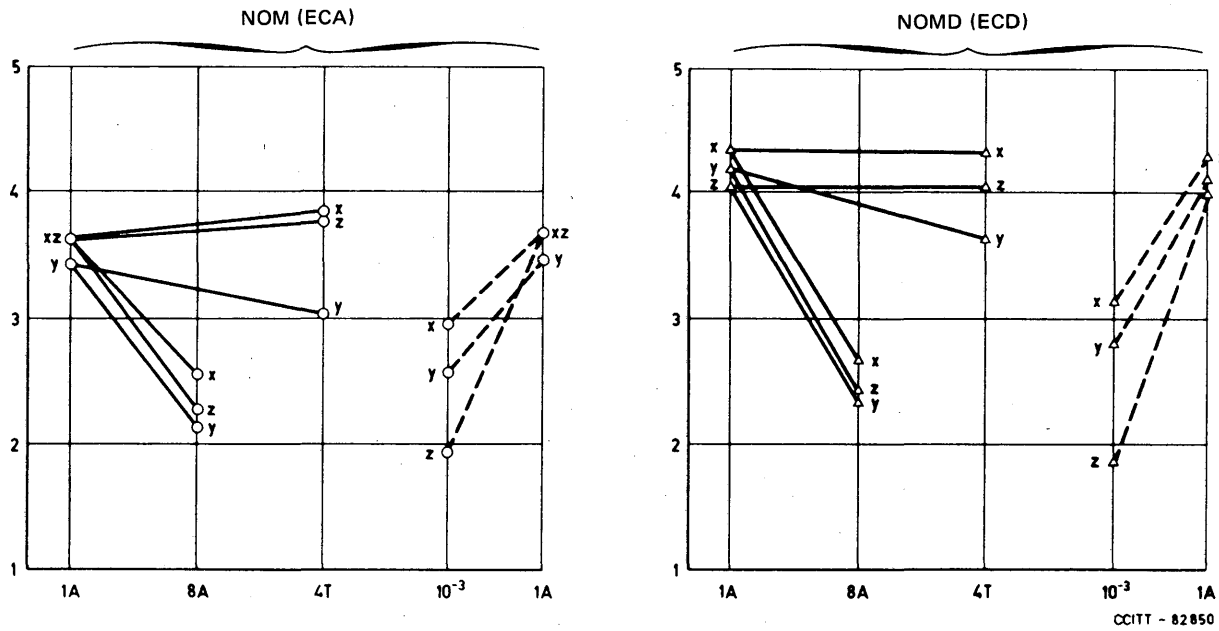


1A = 1 codage
8A = 8 codages asynchrones

10^{-3} : erreurs en ligne injectées à la cadence de 10^{-3}

FIGURE B-2

Conditions de référence MIC



1A = 1 codage
8A = 8 codages asynchrones

4T = 4 transcodages (synchrones)
10^{-3} : erreurs en ligne injectées à la cadence de 10^{-3}

FIGURE B-3

Conditions de fonctionnement des codeurs MICDA

ANNEXE C

(au Supplément n° 14)

Méthode du seuil pour la comparaison directe de codeurs numériques avec un appareil de référence pour le bruit modulé (ARBM)

C.1 *Introduction*

La comparaison directe d'un système numérique avec un ARBM permet d'évaluer la valeur Q qui correspond à la performance du système soumis aux essais. La méthode décrite ici donne un seuil d'égalité défini comme le niveau de préférence de 50% entre l'ARBM et le système numérique.

On pense que la méthode du seuil devrait donner des résultats stables et précis, même dans le cas de processus numériques de haute qualité. Dans le cas de codeurs numériques à large bande, l'emploi d'un ARBM à large bande du type décrit dans l'annexe A à la Recommandation P.81 est recommandé.

C.2 *Procédure à suivre pour les essais*

Une procédure d'essai d'écoute seulement est présentée. Une paire de signaux comprenant un signal de référence et un signal d'essai est présentée aux auditeurs qui sont priés d'indiquer lequel des deux ils estiment présenter la meilleure qualité (évaluation de préférence). L'équivalent subjectif RSB (Q) est défini comme le rapport signal sur bruit (RSB) de référence correspondant au point d'intersection de la courbe de régression des notes de préférence au niveau de préférence de 50%. Un exemple de Q obtenu avec des notes de préférence fictives est représenté à la figure C-1.

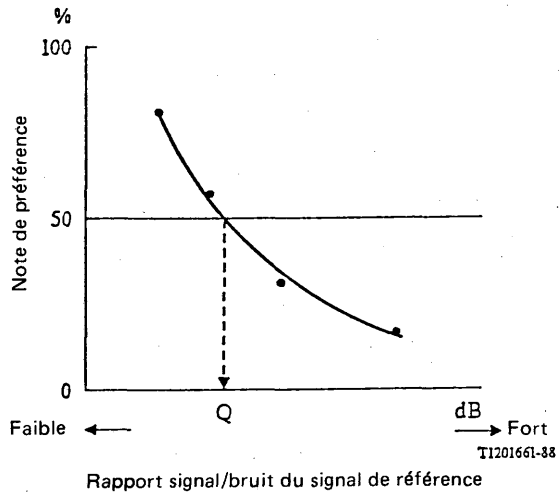


FIGURE C-1

Exemple de Q avec note de préférence fictive

C.3 *Présentation des signaux*

Un signal de référence A et un signal d'essai B sont présentés en un nombre égal de paires A-B et de paires B-A selon un ordre aléatoire. Différents niveaux de distorsion séparés, par exemple, par des intervalles de 2 dB, sont introduits sur le signal de référence en sorte que la gamme des notes de préférence s'étage de 20% à 80%, le niveau de préférence de 50% se trouvant au milieu de la gamme des distorsions. Un diagramme temporel de la présentation est représenté à la figure C-2.

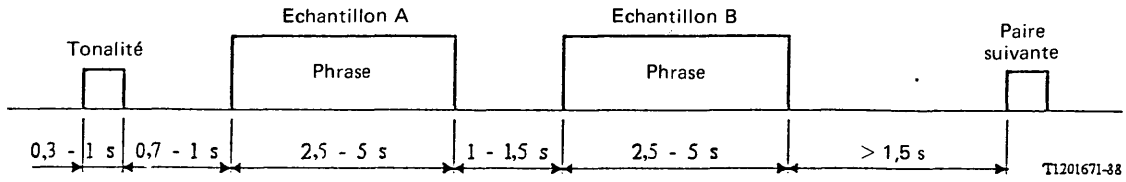


FIGURE C-2

Diagramme temporel de la présentation

Le sujet doit formuler un jugement et répondre en disant «A est meilleur» ou «B est meilleur» (choix forcé). La réponse «A égale B» ou «aucune différence» est interdite. La durée de la présentation devrait être limitée à 6 minutes environ afin de ne pas fatiguer la personne qui écoute. Un plus grand nombre d'échantillons d'écoute sont présentés après une période de repos appropriée. Au moins 2, mais de préférence 4 ou 5 répétitions (reprises de présentations identiques) sont recommandées.

Remarque – Si l'ARBM est disponible sous forme de matériel et si RSB peut être facilement changé entre les présentations, on peut utiliser une procédure simplifiée. Dans ce cas, l'équilibre entre des perceptions de qualité égale est effectué par le sujet. L'ajustement se fait pendant la pause entre les paires de signaux qui lui sont présentés. La présentation se poursuit jusqu'au moment où le sujet indique que le seuil d'égalité a été atteint.

C.4 *Sources de paroles*

Il est nécessaire d'utiliser des phrases courtes prononcées au moins par 2 hommes et par 2 femmes (de préférence 4 ou 6). Chaque personne qui parle doit prononcer des phrases différentes. La durée doit être de 2,5 à 5 secondes pour la parole et de moins de 10 à 15 secondes pour des signaux de musique. Il faut éviter que se produisent des clics au début et à la fin des échantillons. Un microphone linéaire ayant une largeur de bande suffisante devrait être utilisé pour enregistrer les signaux source dans une salle anéchoïque où le bruit ambiant est inférieur à 20 dBA avec un temps de réverbération inférieur à 0,3 seconde dans la bande de 125 à 8000 Hz. Si l'on utilise un équipement d'enregistrement numérique, le niveau du bruit de quantification devrait être inférieur au niveau de bruit calculé sur 14 bits linéaires MIC.

C.5 *Environnement d'écoute*

Pour les essais d'écoute, il convient d'utiliser un système de lecture du son haute fidélité. Si l'écoute se fait par haut-parleurs, l'équipement de reproduction devrait être de qualité studio et la salle d'écoute devrait être conforme aux dispositions du Rapport 797 du CCIR. Si l'écoute se fait par casque, il faut donner la préférence à une écoute diotique (binaurale). La largeur de bande devrait être au moins égale à celle du système numérique soumis aux essais.

C.6 *Personnes qui écoutent*

S'il est préférable que les participants qui écoutent soient choisis conformément à la description faite pour la méthode ECA (voir le § A.4.1), il ne s'agit cependant pas là d'une condition stricte dans l'essai de comparaison par paires. Si les essais d'écoute ont pour but de recueillir les opinions de personnes non averties, il faut utiliser des sujets non avertis. Mais, si tel n'est pas le cas, il faut utiliser des sujets informés et la fiabilité de l'essai d'écoute peut être améliorée en augmentant le nombre de répétitions de l'essai par sujet. Le nombre minimal de participants est de 6; de préférence, on en utilisera 12 ou plus. Plusieurs sujets peuvent écouter simultanément le même essai, mais il faut s'assurer qu'ils répondent bien indépendamment les uns des autres.

C.7 *Fiabilité*

Etant donné que l'on admet par hypothèse que les variations des notes de préférence dans les essais subjectifs obéissent à une distribution t, la variation de la note avec r qui donne une fiabilité de 95% à la note u ($0 \leqslant u \leqslant 1$) sur l'ensemble des essais (nombre de répétitions pour chaque paire de présentations multiplié par le nombre de sujets et par le nombre de signaux source) est présentée sur la formule (C-1):

$$r = \pm\, t(n - 1,\, 0{,}05) \cdot \sqrt{u(1 - u)/(n - 1)} \qquad \text{(C-1)}$$

Si $n = 96$ et $u = 0{,}5$ (la note de préférence est 50%), $r = \pm\, 10\%$.

ANNEXE D

(au Supplément n° 14)

Principes de la méthode utilisée par un organisme pour analyser la qualité de fonctionnement des codecs numériques (Bell Communications Research, Inc.)

Les résultats hypothétiques (notes d'opinion moyenne) obtenus lors d'un essai subjectif réalisé selon la méthode de l'annexe A sont présentés dans la figure 1 à 4 du présent supplément. (Les lignes droites servent uniquement à relier les points représentant des données.) D'une manière générale, ces résultats font apparaître un effet de saturation dans des conditions bonnes, voire très bonnes (notes d'opinion moyenne élevées) et dans des conditions très mauvaises (notes d'opinion moyenne faibles). [Dans le cas d'une note d'opinion moyenne élevée, la saturation est imputable à l'échelle à 5 notes et éventuellement au bruit de circuit au repos du système d'essai subjectif sans adjonction de dégradations (bruit de circuit au repos, valeur de Q, distorsion de quantification du codec, etc.). Dans le cas d'une note d'opinion moyenne faible, la saturation est imputable à l'échelle à 5 notes.]

Une méthode d'analyse des données appliquée par Bell Communications Research, Inc. fournit une valeur appelée «moyenne d'ajustement» pour chaque condition d'essai [8]. Ces moyennes d'ajustement sont utilisées pour analyser les données. (Ces moyennes sont sensiblement égales aux notes d'opinion moyenne dans la gamme médiane de ces notes moyennes; par contre, les valeurs des moyennes d'ajustement ne sont pas bornées pour les conditions extrêmement bonnes et extrêmement mauvaises, comme le sont les notes d'opinion moyenne.) Les représentations graphiques des résultats d'essai exprimés en moyenne d'ajustement ont la même allure que celles des figures 1 à 4, mais elles présentent une dispersion numérique moins grande.

L'analyse vise à déterminer une fonction:

$$Q_s = f(L) \tag{D-1}$$

où

Q_s est la valeur de Q pour la distorsion de quantification du codec,

L est le débit en ligne (par exemple en kbit/s).

(Dans certains cas, une relation linéaire simple suffira, dans d'autres cas, une fonction plus complexe sera nécessaire.)

On peut alors évaluer la valeur Q du codec d'après la formule (D-1).

Pour déterminer la formule (D-1), il faut tenir dûment compte des effets de saturation mentionnés plus haut. Par exemple, le débit en ligne nominal du codec peut correspondre au point milieu des données de la figure 3, où l'effet de saturation semble faible.

De même, il peut être nécessaire d'examiner la fonction d'équivalence interne (S/B en fonction de Q) dans le cadre de l'essai. [Cette fonction est déterminée à partir de fonctions appropriées ajustées à des courbes (moyennes d'ajustement) semblables aux courbes des figures 1 et 2 du présent supplément.]

La méthode d'analyse a pour avantage important de fournir des valeurs de qualité prévues (moyennes d'ajustement, Q) aussi proches que possible des valeurs réelles de la qualité de fonctionnement (moyennes d'ajustement conformes aux figures 3 et 4 du présent supplément ou valeurs de Q obtenues en convertissant les moyennes d'ajustement en valeurs de Q à l'aide d'une fonction ajustée aux moyennes d'ajustement et semblable aux données de la figure 2). (Dans le cas présent, on suppose que pour les codecs en cascade asynchrones, la loi de combinaison est $15 \log_{10} n$, où n est le nombre de codecs identiques en cascade. Il pourra être également souhaitable d'inclure la détermination de la loi de combinaison dans l'analyse.)

On peut utiliser de diverses manières les valeurs de Q obtenues pour un dispositif numérique selon la procédure décrite ci-dessus afin d'évaluer l'effet de distorsion de quantification sur la qualité de fonctionnement d'une communication téléphonique. Le modèle d'appréciation subjective du Supplément n° 3 porte sur l'équivalent de référence corrigé et sur le niveau de bruit du circuit au repos, d'où la nécessité de convertir la valeur de Q pour une communication globale en un rapport S/B équivalent, lequel peut être alors converti en un niveau de bruit de circuit au repos fondé sur la connaissance des niveaux de la parole dans les communications considérées.

On a constaté que les fonctions d'équivalence utilisées à cette fin sont variables [9], [10], [11], [12] et [13]. Il n'est pas certain que l'on puisse adopter une fonction d'équivalence unique et on ne sait pas, dans l'alternative, quelle serait cette fonction d'équivalence. (Cette fonction devra peut-être être fondée sur les résultats d'essais de conversation.)

On peut également utiliser les valeurs de Q obtenues pour les dispositifs numériques pour spécifier des règles d'utilisation des codecs dans les réseaux, en fonction du nombre de codecs μ-255 à 8 bits unis en cascade en mode asynchrone. Pour le modèle du Supplément n° 3, on a la relation suivante entre Q (d'après la loi 15 $\log_{10} n$) et le nombre de ces codecs:

Nombre[2)]	1	2	3	4	5	6	8	10	12	14
Q (dB)	37	32,5	30	28	26,5	25,5	23,5	22	21	20

D'après le modèle du Supplément n° 3, un codec MIC μ-255 à 7 bits correspondrait à environ 2,5 codecs μ-255 à 8 bits montés en cascade en mode asynchrone. (A noter que la valeur Q = 37 dB est de 3 à 4 dB supérieure aux valeurs minimales signal/distorsion de la Recommandation G.712 [15]; on suppose que des systèmes *moyens* à 8 bits fonctionnent à la valeur supérieure.)

Références

[1] Recommandation du CCITT *Modulation par impulsion et codage différentiel adaptatif à 32 kbit/s (MICDA)*, tome III, Rec. G.721.

[2] GOODMAN (D. J.), NASH (R. D.): Subjective quality of the same speech transmission conditions in seven different countries, *Proc. ICASSP 82* (International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing), vol. 2, Paris, mai 1982.

[3] DAUMER (W. R.), CAVANAUGH (J. R.): A subjective comparison of selected digital codecs for speech, *Bell System Technical Journal*, vol. 57, n° 9, novembre 1978.

[4] RICHARDS (D. L.), BARNES (G. J.): Pay-off between quantizing distortion and injected circuit noise, *Proc. ICASSP 82* (International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing), vol. 2, Paris, mai 1982.

[5] COMBESCURE (P.) *et autres*: Quality evaluation of speech coded at 32 kbit/s by means of degradation category ratings, *Proc. ICASSP 82* (International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing), vol. 2, Paris, mai 1982.

[6] Document du CCIR 11/17 *Evaluation subjective de la qualité des images de télévision* (UER), période d'études 1978-1982.

[7] TUCKEY: The problem of multiple comparisons, *Ditton*, Princeton University, Ed. 1953.

[8] CAVANAUGH (J. R.), HATCH (R. W.), SULLIVAN (J. L.): Models for the subjective effects of loss, noise and echo on telephone connections, *Bell System Technical Journal*, vol. 55, novembre 1976.

[9] CCITT – Contribution COM XII-N° 24 (Etude de la détermination du bruit subjectivement équivalent – NTT), période d'études 1981-1984.

[10] CCITT – Contribution COM XII-N° 61 (Subjectively equivalent noise for linear and carbon microphone originated speech signals – Bell Northern Research, Canada), période d'études 1981-1984.

[11] CCITT – Contribution COM XII-N° 124 (Application de l'indice d'information au bruit de quantification en MIC – France), période d'études 1981-1984.

[12] CCITT – Contribution COM XII-N° 130 (Subjective equivalence functions for consideration in a quantization distortion opinion model – Bell Northern Research, Canada), période d'études 1981-1984.

[13] CCITT – Contribution COM XII-N° 162 (Qualité de transmission des systèmes numériques – COMSAT), période d'études 1981-1984.

[14] Recommandation du CCITT *Réductions de qualité de transmission*, Livre jaune, tome III, fascicule III.1, Rec. G.113, UIT, Genève, 1981.

[15] Recommandation du CCITT *Caractéristiques de qualité des voies MIC aux fréquences vocales*, Livre jaune, tome III, fascicule III.3, Rec. G.712, UIT, Genève, 1981.

[16] CCITT – Contribution COM XII-N° 222, Evaluation of speech transmission quality by ECA and ECD methods (USSR Telecommunications Administration), période d'études 1985-1988.

[17] CCITT – Contribution COM XII-N° 223, Results of determination of typical dependence of average subscriber's evaluation from Q values (USSR Telecommunications Administration), période d'études 1985-1988.

[18] CCITT – Rapport COM XII-N° R5, pp. 49, 76-78, juin 1985.

[2)] Cela ne doit pas être interprété comme le nombre d'unités de distorsion de quantification (dq) [14] à utiliser pour la planification internationale; la relation entre le nombre de codecs et le coefficient s'applique au modèle spécifié dans le Supplément n° 3, qui a servi dans des études de planification effectuées aux Etats-Unis.

APPAREIL DE RÉFÉRENCE POUR LE BRUIT MODULÉ (ARBM) À LARGE BANDE (7 kHz) AVEC MISE EN FORME DU BRUIT

(Melbourne, 1988)

(mentionné dans la Recommandation P.81)

(Contribution de NTT Japon)

1 Introduction

La configuration d'un ARBM à large bande tient compte des trois points suivants concernant son utilisation en tant que signal de référence commun:

a) la procédure permettant d'émettre le signal de référence doit être simple et claire;

b) les caractéristiques de qualité vocale du signal de référence doivent être semblables à celles des signaux d'essai;

c) il doit être possible de contrôler arbitrairement les degrés de dégradation.

Par rapport à l'ARBM à bande étroite, l'ARBM à large bande a une plus grande largeur de bande (de 70 à 7000 Hz) et un filtre de mise en forme du spectre du bruit fixe qui diminue le bruit dans la gamme des fréquences élevées, de sorte que le spectre de bruit dans le signal de référence ressemble à celui que l'on rencontre dans les codeurs à large bande.

2 Configuration de l'ARBM à large bande

La configuration de base de l'ARBM à large bande est présentée à la figure 1. Le bruit gaussien à large bande multiplié instantanément par la parole source est introduit dans un filtre de mise en forme du spectre. La parole source et le bruit du spectre mis en forme sont limités au niveau de la bande et atténués ou amplifiés pour obtenir le RSB souhaité, puis les deux sont ajoutés pour donner le signal avec distorsion.

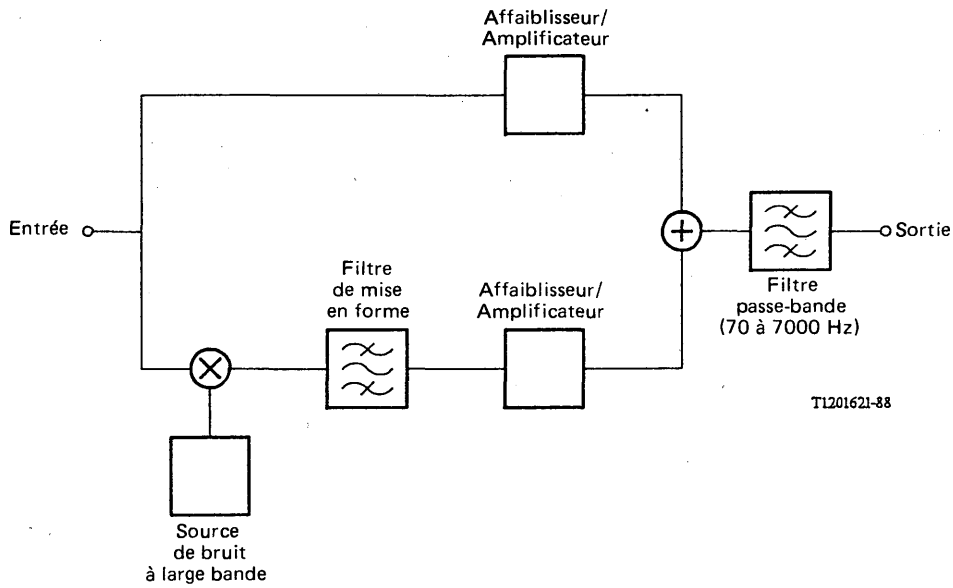
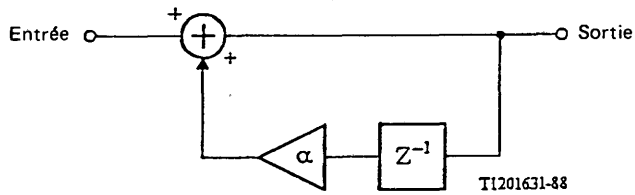


FIGURE 1

Configuration de l'ARBM à large bande avec mise en forme du bruit

3 Filtre de mise en forme du spectre

Le spectre de bruit est mis en forme avec un filtre auto-régressif de premier ordre, dont le diagramme est présenté à la figure 2. Une simulation par ordinateur utilisant une fréquence d'étalonnage de 16 kHz et une largeur de bande de 7 kHz donne un coefficient de filtre de 0,8 qui s'approche de l'enveloppe du spectre de la parole à long terme des signaux sources à large bande.



Fréquence d'étalonnage = 16 kHz
$\alpha = 0,8$

FIGURE 2

Filtre de mise en forme du bruit

4 Filtre passe-bande

La largeur de bande de l'ARBM à large bande doit correspondre à celle des codeurs de signaux vocaux à large bande. Les conditions de réponse en fréquence provisoires pour le filtre passe-bande de 7 kHz sont présentées à la figure 3 en fonction du filtre de sortie actuel de la Recommandation P.81.

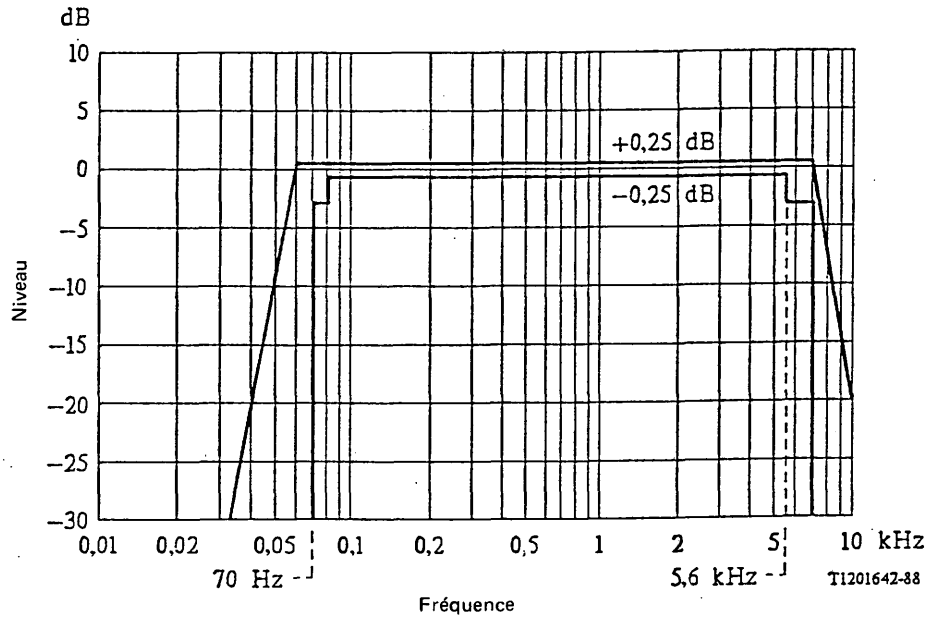


FIGURE 3

Conditions applicables au filtre de sortie utilisé dans l'ARBM à large bande

5 Rapport signal/bruit

Dans une simulation par ordinateur, on peut calculer le RSB en utilisant la puissance moyenne avec une constante de temps de 8 à 20 millisecondes après le filtrage passe-bande de la parole source et du bruit. Si le RSB est réglé à l'aide d'un signal source sinusoïdal pour l'équipement ARBM, il faudra effectuer la mesure de la puissance du bruit en utilisant un voltmètre de valeur efficace, et non en étalonnant simplement l'affaiblissement ou le gain de la voie de bruit fondée sur le signal sinusoïdal.

6 Autres spécifications

Fréquence d'étalonnage: Il est recommandé que la fréquence d'étalonnage soit supérieure à deux fois la fréquence la plus élevée de la bande passante; concernant l'essai des codeurs conforme à la Recommandation G.722, on recommande d'utiliser une fréquence d'étalonnage de 16 kHz.

Source de bruit: Pour l'équipement ARBM, il convient d'utiliser un bruit gaussien à large bande suffisant. Si le bruit est produit par ordinateur, un spectre entièrement uniforme sur la moitié de la bande de fréquences d'étalonnage est nécessaire. Les amplitudes supérieures à trois fois la valeur efficace doivent être supprimées.

Supplément n° 16 [1)]

DIRECTIVES POUR L'EMPLACEMENT DES MICROPHONES ET DES HAUT-PARLEURS DANS LES SALLES POUR CONVERSATIONS CONFÉRENCES [1] ET POUR DES TERMINAUX AUDIO POUR GROUPE DE PERSONNES (TAGP)

(Malaga-Torremolinos, 1984; modifié à Melbourne, 1988)

(cité dans les Recommandations G.172 et P.30)

1 Considérations générales

Les directives suivantes concernent les règles de base pour l'évaluation de l'acoustique des salles pour conversations conférences en vue du choix de l'emplacement des terminaux audio pour groupe de personnes afin d'aboutir à un maximum d'intelligibilité des signaux vocaux et à la possibilité de reconnaître aisément les interlocuteurs.

2 Acoustique de la salle – Exigences de base

La conception et l'agencement d'une salle pour conversations conférences de prix raisonnable et dont les performances sont satisfaisantes impliquent de nombreux choix et compromis. Ces directives permettront au planificateur et à l'ingénieur chargé de l'installation d'évaluer l'acoustique de la salle, de faire les choix et de prendre les décisions nécessaires pour installer le matériel approprié de manière conforme, ceci en vue d'obtenir un service satisfaisant.

La partie acoustique d'un terminal audio pour groupe de personnes est formée d'un équipement terminal comportant des microphones et des haut-parleurs installés dans la salle et interconnectés au moyen d'un système de transmission acoustique. Ce dernier peut être soit une connexion téléphonique publique à commutation, soit des lignes privées.

Dans le système public comme dans le système privé, la transmission est souvent interconnectée par l'intermédiaire d'un pont de raccordement de conférence multipoint de telle manière que chaque poste puisse communiquer simultanément avec n'importe lequel des autres. Si tel est le cas, il est extrêmement important que le pont soit situé au point central de l'affaiblissement électrique du réseau afin de réduire au minimum la différence de niveau entre les conversations provenant des différents postes.

[1)] Anciennement Supplément n° 25 du fascicule III.1 (*Livre rouge*).

Contrairement aux conversations entre combinés, les propriétés acoustiques de la salle pour conversations conférences et l'emplacement des microphones ont une influence décisive sur le niveau, le rapport du signal vocal au bruit ambiant et la qualité de réverbération (effet de tonneau) des signaux vocaux transmis. En particulier dans les conversations multipoint, ces trois facteurs sont très exposés à l'évaluation et aux critiques des utilisateurs.

Généralement, plus une pièce est grande, bruyante et réverbérante, moins elle convient aux communications de groupe. La présence de bruit et/ou de réverbération dans la conversation transmise rend les performances du système insatisfaisantes. Dans les cas extrêmes, l'expérience a montré qu'un excès de bruit dans une des salles, par exemple, le passage d'un avion, peut temporairement bloquer la transmission entre tous les postes d'un système multipoint. Un excès de réverbération rend les signaux vocaux reçus à ce point caverneux qu'il devient difficile de reconnaître et de comprendre les personnes qui parlent, ce qui entraîne une fatigue rapide des utilisateurs et le refus d'utiliser le système.

En principe, tout local peut convenir aux communications téléphoniques de groupe si l'on suit les présentes directives. Cependant, ces directives dicteront que dans une pièce bruyante et à forte réverbération, les personnes devront se rapprocher à ce point des microphones qu'elles pourraient tout aussi bien utiliser des combinés. L'utilisateur qui demande l'installation doit alors faire l'un des choix suivants:

1) trouver un autre local;
2) procéder à l'aménagement acoustique du local, ou
3) accepter les distances réduites entre les personnes et les microphones, conformément aux directives.

Il est nécessaire de répondre simultanément à divers critères très importants pour aboutir aux performances acoustiques satisfaisantes nécessaires à un système de conférence téléphonique. La suite du présent supplément décrit l'établissement de ces critères. En résumé, ils se présentent comme suit:

1) Il est nécessaire de choisir un local convenant à une conférence normale face à face.
2) La distance entre locuteur et microphone doit être déterminée en fonction du bruit.
3) La distance entre locuteur et microphone doit être déterminée en fonction de la réverbération.
4) Les microphones et haut-parleurs doivent être positionnés en fonction de ces deux distances.

3 Considérations sur le niveau de bruit ambiant

Les limites du niveau de bruit ambiant des salles de conférence, pour des dimensions et un nombre de participants croissants, sont données dans le tableau 1. A mesure que les dimensions de la salle et le nombre de participants augmentent, ces participants seront de plus en plus éloignés les uns des autres. Par conséquent, pour que la parole et l'écoute soient agréables, le bruit ambiant de la pièce doit diminuer à mesure que l'importance du groupe croît.

TABLEAU 1

Limites de niveau du bruit ambiant des salles de conférence

Description de la salle de conférence	Niveau sonore maximal mesuré, en dBA	Ambiance acoustique
Salle pour 50 personnes	35	Très silencieuse, convenant pour les conférences importantes à des tables d'une longueur de 6 à 9 m
Salle pour 20 personnes	40	Silencieuse, convenant pour les conférences à des tables d'une longueur de 4,5 m
Salle pour 10 personnes	45	Satisfaisante, pour conférences à des tables d'une longueur de 1,5 à 2,5 m
Salle pour 6 personnes	50	Satisfaisante, pour conférences à des tables d'une longueur de 1 à 1,5 m

Les mesures de bruit telles que stipulées dans le tableau 1 devraient être faites sur la table conférence, la salle se trouvant dans les conditions de fonctionnement normales mais inoccupée. Ces mesures de bruit devraient être faites à 0,6 m au moins de toute surface.

Les mesures de bruit en dBA peuvent être faites au moyen d'un sonomètre à pondération A, une pression de référence de 20 µPa et en conformité avec la Recommandation P.54. La pondération A s'utilise dans ces directives étant donné qu'elle se rapproche du niveau de gêne du bruit pour l'oreille humaine.

La distance maximale du microphone par rapport à la personne qui parle est limitée par le bruit ambiant. La figure 1 montre la distance maximale entre une personne qui parle et un microphone qui assure un rapport signal/bruit marginalement acceptable de 20 dB dans les signaux vocaux transmis. Aucune tentative ne doit être faite d'ignorer ou d'augmenter cette distance au-delà de celle déterminée dans la figure 1. A titre d'exemple, pour un niveau de bruit ambiant de 50 dBA, la figure 1 montre la distance *maximale* (D_{max}) entre la personne qui parle et le microphone pour une acceptabilité *marginale* de 0,5 m. La figure 1 s'applique aux microphones omnidirectionnels. Dans le cas de microphones directionnels, par exemple, cardioïdes ou bidirectionnels, la valeur D_{max} déterminée dans la figure 1 peut être augmentée de 50%.

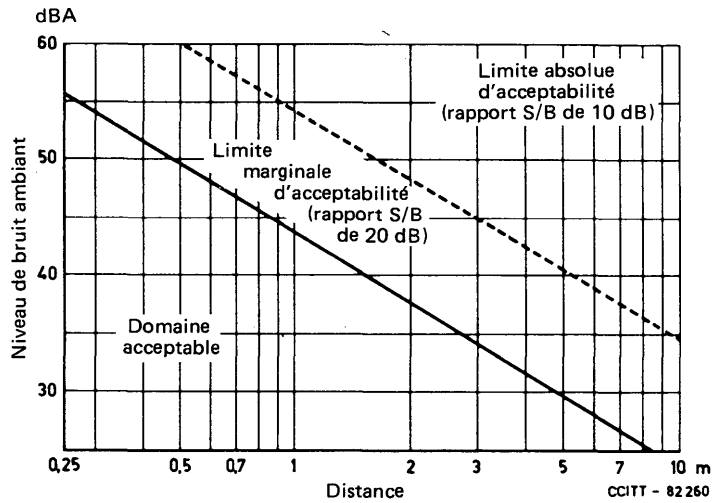


FIGURE 1

Distance maximale (D_{max}) entre la personne et le microphone

Si l'on utilise plusieurs microphones pour plus de deux ou trois personnes et que tous les microphones fonctionnent simultanément, le bruit de salle capté par ces microphones et transmis sur le circuit augmente. L'importance de cet accroissement n'est pas complètement prévisible, mais une approximation utile est que le niveau de bruit apparent augmente de 3 dB chaque fois que le nombre de microphones double. On peut tenir compte de cette augmentation apparente du niveau effectif du bruit en l'ajoutant au niveau de bruit mesuré avant d'utiliser la figure 1 pour déterminer D_{max}.

4 Considérations sur la réverbération

Dans la plupart des salles pour conférence téléphonique qui ont des caractéristiques acoustiques qui ne peuvent pas être modifiées, la qualité du son émis dépend directement de l'emplacement du microphone. Lorsque celui-ci est proche de la personne qui parle, le plus grand pourcentage du son capté vient directement de cette personne; la réverbération de la salle exerce dès lors une influence très faible. A mesure que la distance entre le microphone et la personne augmente, le niveau du son direct atteignant le microphone décroît de 6 dB chaque fois que la distance double, alors que le niveau moyen du son réverbéré reste pratiquement constant.

Un concept utile pour décrire une pièce est sa distance critique (D_c). C'est la distance de la source sonore (personne qui parle, haut-parleur) à laquelle l'énergie du son direct provenant de la source est égale à l'énergie de réverbération réfléchie par toutes les surfaces de la pièce (murs, plafond, meubles, sol). Les distances critiques des salles de conférence sont généralement de l'ordre de 0,2 à 1,5 m.

La distance critique en mètres peut s'exprimer par:

$$D_c = 0{,}056 \sqrt{\frac{V}{T_R}} \qquad \text{(voir ISO 35u)}$$

où

V est le volume de la salle exprimé en mètres cubes,

T_R est la durée de la réverbération de la salle exprimée en secondes.

A mesure que le rapport de l'énergie du son direct au son réverbéré décroît par augmentation de la distance du microphone à la personne qui parle, les signaux sonores reproduits deviennent moins compréhensibles, de moindre qualité, difficiles à reconnaître et fatigants à écouter. Les sons deviennent caverneux, comme si la personne parlait depuis le fond d'un tonneau. Pour obtenir de bons résultats, les microphones devraient être placés à une distance qui n'est pas supérieure à la moitié de la distance critique (0,5 D_c). Ceci nécessite généralement l'installation de microphones multiples sur la table de conférence ou des microphones lavallière[2)] portés par chacune des personnes et exclut définitivement les microphones situés dans le plafond. De nombreuses installations pour communications téléphoniques de groupe se sont avérées inutilisables parce que les microphones étaient placés dans le plafond à la suite de l'inobservation des exigences acoustiques ci-dessus.

Lorsqu'on utilise des microphones directionnels (cardioïdes ou bidirectionnels), la distance entre les microphones et les personnes peut être augmentée de 50%, soit jusqu'aux trois quarts de la distance critique (0,75 D_c). Des meilleurs résultats s'obtiennent lorsque les personnes qui parlent font face au microphone cardioïde (en forme de cœur); elles peuvent également être assises de part et d'autre d'un microphone bidirectionnel, placé verticalement, à modèle de sensibilité de fonction cosinus (en forme de huit). Le tableau 2 donne des distances types entre microphone et locuteur pour les salles réduites (60 à 300 m^2 de murs, de plafond et de sol) et grandes (300 à 1000 m^2), de forme rectangulaire, accompagnées des distances critiques (D_c) estimées. On a choisi les mesures en surface étant donné qu'elles sont plus significatives pour l'acoustique des salles de conférence que ne le sont les mesures en volume habituelles.

TABLEAU 2

Distances types entre microphone et locuteur (mètres)

Salle de conférence	Microphone omnidirectionnel	Microphone directionnel	Distance critique
Petite (60 à 300 m^2)			
faiblement aménagée [a)]	0,3	0,5	0,6
Grande (300 à 1000 m^2)			
moyennement aménagée [a)]	0,6	0,9	1,2
très aménagée [a)]	0,9	1,4	1,8

[a)] Dans ce contexte, une pièce moyennement aménagée aurait, par exemple, un plafond insonorisé et une moquette; faiblement aménagée signifie, par exemple, soit un plafond insonorisé, soit une moquette; une pièce bien aménagée aurait, par exemple, des tentures lourdes doublées couvrant la moitié de la surface des murs en plus d'un faux plafond à très bonne insonorisation et d'une moquette à couche sous-jacente.

[2)] Microphone à lanière réglable qui s'accroche au cou.

5 Type de microphone et emplacement

Si l'on utilise des microphones directionnels, la distance du microphone à la personne qui parle doit être inférieure à la distance maximale (D_{max}) déterminée à partir de la figure 1 afin d'obtenir un rapport signal/bruit adéquat. Lorsque l'on utilise des microphones directionnels, la distance peut être augmentée, tout en restant inférieure à 1,5 D_{max}.

De même, lorsqu'on utilise des microphones omnidirectionnels, la distance du microphone au locuteur doit être inférieure à la moitié de la distance critique pour obtenir des signaux vocaux hautement intelligibles, aisément reconnaissables et exempts de réverbération. Lorsque l'on utilise des microphones directionnels, la distance qui les sépare des locuteurs peut être augmentée, tout en restant inférieure à 0,75 D_c.

Les microphones doivent être placés de manière à satisfaire *les deux* conditions ci-dessus; autrement dit, la distance qui sépare le microphone de la personne qui parle ne doit pas être supérieure à la plus petite de ces deux distances.

Pour que ces conditions puissent être respectées par tous les participants, il est généralement nécessaire d'utiliser deux ou plusieurs microphones. Généralement, on utilise un microphone pour 3 personnes. Chaque fois que le nombre de microphones double, le niveau de bruit effectif dans la salle augmente de 3 dB. Aussi, dans l'exemple du § 3, l'emploi de quatre microphones porterait la valeur mesurée de 50 dBA à une valeur effective de 56 dBA. La distance déterminée D_{max} à partir de la figure 1 serait donc réduite à 25 cm. Autrement dit, des microphones lavallière constitueraient une solution pratique pour maintenir les personnes qui parlent à moins de 25 cm du microphone.

6 Emplacement des haut-parleurs

L'emplacement des haut-parleurs dans une salle de conférence est nettement moins critique que celui des microphones. Généralement, on considère qu'il faut limiter la distance séparant un participant du haut-parleur le plus proche à moins de deux fois la distance critique.

Des haut-parleurs devraient être répartis sur le plafond, sur les murs, ou sur la table de conférence, ceci pour garantir un niveau de pression acoustique minimal de 65 dBA aux positions des personnes qui écoutent. En cas de bruit significatif, le niveau de pression acoustique devrait être de 20 dB au-dessus du niveau du bruit ambiant. Une meilleure «présence» et moins d'effet d'éloignement sont obtenus si les haut-parleurs sont placés sur ou dans les bords de la table de conférence.

Les haut-parleurs situés au plafond sont généralement plus simples à monter et moins apparents. En général, les haut-parleurs placés sur une grille visible dans un faux plafond insonorisé devraient se trouver à environ 0,6 m à l'extérieur du bord de la table de conférence. De meilleurs résultats s'obtiennent lorsque les haut-parleurs ne sont *pas* placés de manière symétrique mais quelque peu au hasard. Ceci empêche l'excitation de vibrations propres à la pièce.

Référence

[1] *Teleconference center construction guidelines*, Bell System Technical Reference, PUB 42903, mai 1980, AT&T Co.

Supplément n° 17

ÉQUILIBRE DIRECT DE LA SONIE PAR RAPPORT AU SYSTÈME DE RÉFÉRENCE INTERMÉDIAIRE (SRI) POUR LA DÉTERMINATION SUBJECTIVE DES ÉQUIVALENTS POUR LA SONIE

(Melbourne, 1988)

(mentionné dans la Recommandation P.78)

(Contribution de la Chine)

1 Introduction

Pour déterminer de façon subjective les équivalents pour la sonie, conformément à la Recommandation P.78, il faut utiliser le système de référence fondamental à large bande NOSFER en plus du système de référence intermédiaire (SRI). Il convient d'utiliser la méthode indirecte pour la détermination subjective des équivalents pour la sonie essentiellement parce qu'il est difficile de tenir deux combinés, un du SRI et l'autre d'un système étudié, dans une seule main pendant l'équilibrage. Depuis 1982, le Laboratoire du CCITT et d'autres

laboratoires ont essayé d'appliquer la méthode d'équilibre direct de la sonie pour la détermination subjective des équivalents pour la sonie en utilisant un combiné démontable. Les résultats montrent que non seulement l'essai peut être simplifié, mais aussi que les écarts entre les résultats des essais peuvent être considérablement réduits. Généralement, l'écart type entre les résultats des essais correspond seulement à la moitié de celui que l'on obtient en utilisant la technique de la Recommandation P.78. De plus, l'introduction du NOSFER dans la détermination subjective des équivalents pour la sonie n'est plus nécessaire.

Le présent supplément décrit la disposition principale utilisée dans la méthode d'équilibre direct pour la sonie.

2 Méthode

2.1 *Combiné*

Le combiné d'émission SRI avec son microphone est fixé sur un support permettant d'obtenir la position de l'anneau de garde pour l'évaluation de l'équivalent pour la sonie (PGES). Cependant, la poignée ainsi que le support du microphone du combiné de réception du SRI peuvent être enlevés si nécessaire pour permettre de mieux tenir dans une main un combiné étudié et le récepteur démonté du SRI pendant l'équilibrage subjectif pour l'ESR et l'EGS.

2.2 *Volume des sons vocaux*

L'expérience montre que la lecture moyenne d'un vumètre relié à la sortie du système émetteur du SRI est d'environ $-1{,}7$ dB lorsqu'un opérateur parle dans le microphone du combiné d'émission SRI à la PGES en utilisant le «volume étalonné» (voir la Recommandation P.72 du *Livre rouge*). Cette valeur sera différente si l'on utilise un volumètre différent. Les résultats de l'expérience montrent qu'il n'est pas nécessaire d'établir une relation individuelle entre le «volume étalonné» et la lecture d'un appareil de mesure relié à la sortie du système émetteur du SRI pour chacun des opérateurs.

Etant donné que la largeur de bande du système émetteur du SRI est limitée, les variations de l'aiguille de l'appareil de mesure sont plus importantes que dans le cas d'un système à large bande lorsque le locuteur parle. Toutefois, il n'est pas difficile pour l'opérateur de régler son volume à l'intérieur d'une marge de 1 ou 2 dB en utilisant sa propre règle de lecture.

2.3 *Niveau d'écoute*

L'affaiblissement introduit dans la communication globale du SRI est fixé à 18 dB car cette valeur est proche de la valeur «X2» (voir la Recommandation P.78) déterminée au cours des récents essais subjectifs effectués par l'équipe du Laboratoire ainsi que par d'autres laboratoires.

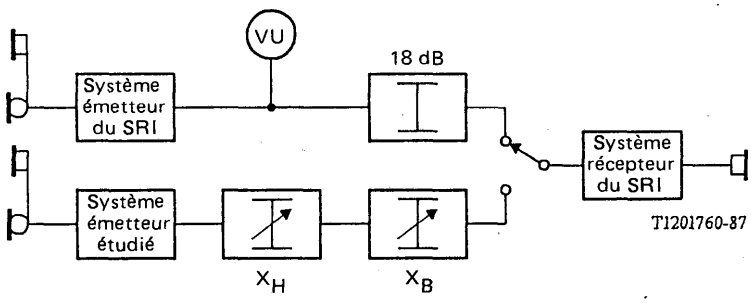
2.4 *Dispositions pour l'essai*

Les dispositions relatives à l'essai pour la détermination de ESE, ESR, EGS et ESJ sont présentées dans les figures 1 à 4.

2.5 *Méthode d'équilibrage*

On utilise la méthode dite des «marges». Les détails sont semblables à ceux de la détermination subjective de l'équivalent R25 (voir la Recommandation P.72 du *Livre rouge*). .

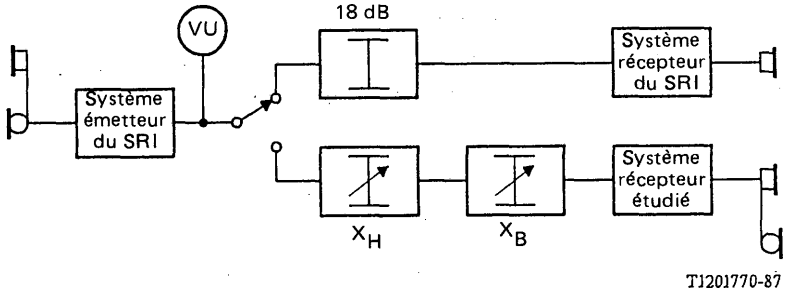
Pour la détermination de ESR et EGS, l'opérateur tente automatiquement d'appliquer plus de force au combiné démonté adapté à son oreille car il le tient directement avec ses doigts, tout en tenant la poignée du combiné étudié. C'est pourquoi les résultats de l'essai de ESR et EGS obtenus dans certains laboratoires sont supérieurs de 1 à 2 dB environ (plus calme) à ceux obtenus à l'aide de la méthode décrite dans la Recommandation P.78. Cet effet peut être supprimé si nous attirons l'attention de l'opérateur sur le fait que son oreille doit sentir la même force quel que soit l'écouteur appliqué à son oreille, celui du combiné d'un système étudié ou celui du combiné démonté SRI.



$ESE = 18 - (X_B + X_H)$

FIGURE 1

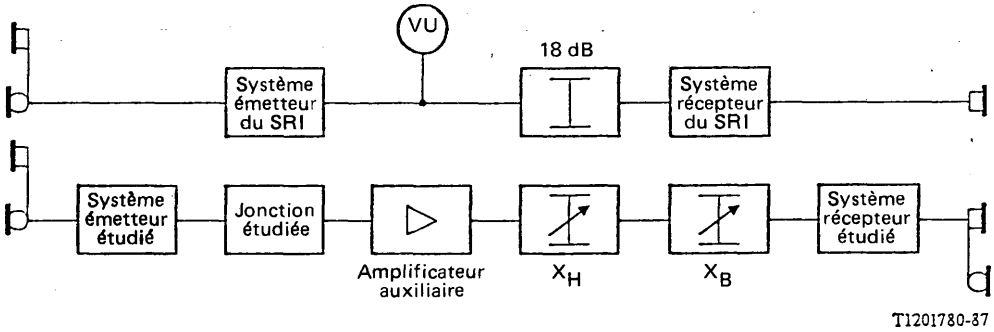
Détermination de l'équivalent pour la sonie à l'émission (ESE)



$ESR = 18 - (X_B + X_H)$

FIGURE 2

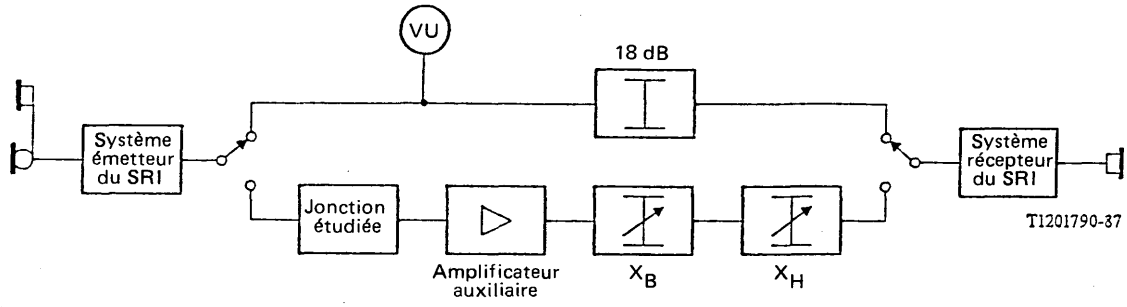
Détermination de l'équivalent pour la sonie à la réception (ESR)



$EGS = 18 - (X_B + X_H)$ + Gain de l'amplificateur auxiliaire

FIGURE 3

Détermination de l'équivalent global pour la sonie (EGS)



ESJ = 18 – (X_B + X_H) + Gain de l'amplificateur auxiliaire

FIGURE 4

Détermination de l'équivalent pour la sonie du circuit de jonction (ESJ)

Supplément n° 18

COMPARAISON DES LECTURES DE SIGNAUX VOCAUX CONTRÔLÉES PAR DES APPAREILS DE MESURE CONFORMES AUX RECOMMANDATIONS P.52 ET P.56

1 Introduction

Le présent supplément donne des renseignements sur une expérience coordonnée au niveau international dans le cadre de laquelle on a comparé les lectures des enregistrements normalisés faites à l'aide d'un vumètre [1], d'un volumètre de l'ARAEN [2] et d'un indicateur de crête [3] conformes à la Recommandation P.52 et du voltmètre vocal conforme à la Recommandation P.56.

2 Composition des bandes

Les enregistrements ont été réalisés en trois langues: anglais, polonais et cingalais. Des voix d'homme et de femme ont été enregistrées pour offrir une plus large gamme de fréquences et de timbres de voix.

Chaque locuteur a enregistré 5 phrases courtes avec un intervalle d'environ 5 secondes entre chaque phrase. Il a ensuite lu un court passage de prose d'environ 1 minute. Chaque couple de locuteurs a ensuite tenu une conversation dans sa langue maternelle pendant plusieurs minutes. Pour stimuler la conversation, chaque locuteur a reçu un jeu normalisé d'images normalement utilisées dans les expériences faites sur la conversation (voir le Supplément n° 2).

Les niveaux enregistrés n'ont pas été modifiés car les bandes étaient censées contrôler les possibilités des divers appareils de mesure et les différentes méthodes utilisées. Dans la pratique, cela a donné une gamme d'environ 15 dB.

3 Réponses en fréquence

Deux réponses en fréquence ont été choisies pour cette expérience: celle de l'extrémité émettrice du SRI (Rec. P.48) et une réponse uniforme large bande (± 0,5 dB au-dessus de la gamme de fréquences de 100 à 6300 Hz).

4 Renseignements sur les bandes

Les bandes ont été préparées sur un enregistreur à 2 pistes (2 voies) avec égalisation CEI à une vitesse de 7,5 pouces par seconde.

Le format de chaque piste était le suivant:

Au début de chaque bande, il y avait une tonalité de 1 kHz qui durait environ 12 s (correspondant au niveau de référence). Cette tonalité était suivie d'une période de silence d'environ 5 s, puis venait la première période de parole à mesurer. Chaque période de parole était suivie d'un silence de 5 s puis d'une tonalité de 4 s, pour indiquer que la période de parole suivante commençait après quelques secondes de silence supplémentaires.

Le contenu des bandes est présenté en détail dans le tableau 1.

La sortie du magnétophone était réglée de telle façon que le niveau de la tonalité de 1 kHz au début de chaque piste entrait dans la gamme suivante: 0 dBm à −10 dBm dans 600 ohms (c'est-à-dire de −2,2 dBV à −12,2 dBV).

5 Résultats

Lorsqu'on utilise le vumètre pour mesurer la parole de façon continue, on doit lire les indications données en prenant la moyenne des déflections de crête toutes les 10 s environ après avoir exclu les deux ou trois plus élevées. En ce qui concerne le volumètre de l'ARAEN, les lectures doivent être interprétées conformément à la règle prescrite par le CCITT, à savoir observer la lecture qui est dépassée en moyenne, une fois toutes les trois secondes.

Bien sûr, il y a l'erreur due à l'élément humain dans l'interprétation de toute lecture.

Les résultats de l'expérience indiquée sont présentés dans le tableau 2. Aucune différence évidente n'a été observée entre les variables pendant l'expérience concernant la langue, la largeur de bande, le type de parole, les locuteurs et les résultats présentés dans le tableau 1 correspondent à la moyenne calculée pour toutes les variables et pour tous les observateurs. Toutes les lectures faites par des appareils de mesure conformes à la Recommandation P.52 sont comparées à celles faites avec un appareil de mesure conforme à la Recommandation P.56.

Comme le montrent les résultats, il y a d'importantes variations. Pour le vumètre, la gamme est d'environ 6 dB. Il ne faut pas oublier que cette gamme est plus étendue si les différentes lectures des observateurs sont prises en considération, en particulier du fait que certains laboratoires font appel à plusieurs observateurs. En fait, la gamme totale est légèrement supérieure à 8 dB. Ces résultats sont compatibles avec ceux indiqués en [4].

En général, il semble qu'il y ait compatibilité à l'intérieur d'un laboratoire mais incompatibilité entre plusieurs laboratoires. Par exemple, aux Etats-Unis, il y a une différence moyenne entre laboratoires de presque 6 dB.

Les résultats sont semblables pour les volumètres de l'ARAEN et les indicateurs de crête.

Concernant les résultats obtenus avec les appareils de mesure conformes à la Recommandation P.56, on constate en général une variation de moins de 1 dB entre tous les observateurs.

Ces résultats peuvent être comparés avec d'anciennes données [5] fournies par British Telecom et montrent que la moyenne «mondiale» pour le vumètre est compatible mais que pour le volumètre de l'ARAEN, il y a une différence d'environ 3 dB. Toutefois, les nouveaux résultats communiqués par British Telecom sont compatibles avec ces anciennes données.

Il est évident qu'il faut faire preuve de prudence lorsque l'on compare les résultats des différents pays utilisant des appareils de mesure conformes à la Recommandation P.52; les résultats de l'expérience décrite donnent des indications sur les différences auxquelles on peut s'attendre.

TABLEAU 1

Contenu des bandes

Condition	Locuteur	Langue	Type de parole
Bande 1 — Piste 1 (large bande)			
tonalité 1 kHz			
1	homme	anglais	phrases courtes
2	homme	anglais	narration
3	homme	anglais	conversation
4	femme	polonais	phrases courtes
5	femme	polonais	narration
6	femme	polonais	conversation
7	femme	cingalais	phrases courtes
8	femme	cingalais	narration
9	femme	cingalais	conversation
Bande 1 — Piste 2 (large bande)			
tonalité 1 kHz			
10	femme	anglais	phrases courtes
11	femme	anglais	narration
12	femme	anglais	conversation
13	homme	polonais	phrases courtes
14	homme	polonais	narration
15	homme	polonais	conversation
16	homme	cingalais	phrases courtes
17	homme	cingalais	narration
18	homme	cingalais	conversation
Bande 2 — Piste 1 (émission SRI)			
tonalité 1 kHz			
19	homme	anglais	phrases courtes
20	homme	anglais	narration
21	homme	anglais	conversation
22	femme	polonais	phrases courtes
23	femme	polonais	narration
24	femme	polonais	conversation
25	femme	cingalais	phrases courtes
26	femme	cingalais	narration
27	femme	cingalais	conversation
Bande 2 — Piste 2 (émission SRI)			
tonalité 1 kHz			
28	femme	anglais	phrases courtes
29	femme	anglais	narration
30	femme	anglais	conversation
31	homme	polonais	phrases courtes
32	homme	polonais	narration
33	homme	polonais	conversation
34	homme	cingalais	phrases courtes
35	homme	cingalais	narration
36	homme	cingalais	conversation

TABLEAU 2

Compensation des lectures faites sur des appareils de mesure conformes aux Recommandations P.52 et P.56 (lectures, dB par rapport à la Recommandation P.56)

Pays	Vumètre	Volumètre de l'ARAEN	Indicateur de crête
USA			
AT&T	+4,5		
Bell Labs.	−1,2		
Suède			
Administration des télécommunications	+0,7		
LME	−1,1	+0,3	
Australie			
Télécom Australie	+0,3		
Norvège			
Administration des télécommunications	+0,4		
République populaire de Chine			
1er Institut de recherche	+2,9		
Royaume Uni			
STL	−1,3	+1,4	
British Telecom		+5,0	+10,3
CCITT	0,0	+1,8	
France			
CNET	−2,1 [a] A-pondéré +1,7 corrigé		
Japon			
NTT		+3,0	
Moyenne	+0,7 [b]	+2,3	+10,3

[a] Les résultats de la France ont été indiqués avec «A-pondération» et une correction a été apportée pour éliminer cet effet.

[b] La moyenne «mondiale» tient compte du résultat corrigé de la France.

Références

[1] CCITT – *Volumètre normalisé aux Etats-Unis d'Amérique, appelé vumètre*, Supplément n° 11, Livre blanc, tome V, 1969.

[2] CCITT – *Volumètre de l'ARAEN ou voltmètre vocal*, Supplément n° 10, Livre blanc, tome V, 1969.

[3] CITT – *Indicateur de crête utilisé par la British Broadcasting Corporation*, Supplément n° 12, Livre blanc, tome V, 1969.

[4] CCITT – *Comparaison des lectures faites avec des volumètres de types différents au cours de conversations*, Supplément n° 14, Livre blanc, tome V, 1969.

[5] RICHARDS (D. L.): Telecommunication by Speech, page 59, *Butterworths*, Londres, 1973.

RENSEIGNEMENTS SUR LES ÉQUIVALENTS LIÉS À L'AFFAIBLISSEMENT EN SONIE

(Melbourne, 1988)

(mentionné dans les Recommandations P.79 et G.111)

Introduction

Il est important de déterminer la qualité électroacoustique des postes téléphoniques sous forme de norme universellement reconnue. La Recommandation P.79 donne l'algorithme approuvé par le CCITT pour le calcul des équivalents pour la sonie des postes téléphoniques. Afin d'éviter toute confusion, cet algorithme ne doit pas être modifié pendant la présente période d'études. Toutefois, il ressort aussi de plusieurs études indépendantes que la Recommandation P.79 ne représente qu'avec une précision limitée les caractéristiques de la parole et de l'écoute de «personnes ordinaires». Le présent Supplément donnera au lecteur des Recommandations de la série P la possibilité d'étudier les données fondamentales des problèmes et fournira des renseignements sur d'autres systèmes d'équivalents pour la sonie qui ont été utilisés.

Les § 1, 7 et 8 en particulier donnent des exemples d'algorithmes jugés utiles par certaines Administrations pour leur propre planification nationale.

Pour éviter toute confusion lors de l'étude des équivalents pour la sonie, le lecteur devra aussi prendre connaissance des renseignements donnés dans les notes liminaires au présent tome.

Les résultats des équivalents pour la sonie et des R25E (CCITT) calculés à l'aide de l'algorithme chinois décrit dans le § 3 ont été jugés compatibles avec les valeurs déterminées subjectivement par le Laboratoire du CCITT, par le passé. Le Laboratoire du CCITT utilisera cet algorithme pour la détermination objective des R25E pour les Administrations et les autres organisations.

1 L'algorithme utilisé par l'IEEE pour calculer les «équivalents objectifs pour la sonie» (Contribution de BNR, Canada)

Résumé

On trouvera ci-après la description d'un algorithme permettant de calculer les équivalents pour la sonie. Cet algorithme est fondé sur des calculs et des mesures objectives effectués de telle façon que les résultats numériques obtenus reflètent l'attribut subjectif de la sonie, mais il utilise certaines hypothèses de simplification pour obtenir en plus de la simplicité une compatibilité assez satisfaisante entre les réponses déterminées objectivement et les réponses subjectives.

1.1 *Introduction*

L'algorithme décrit ci-dessous est fondé sur une méthode [1] qui est largement utilisée en Amérique du Nord depuis plusieurs années. La méthode s'est avérée efficace à la fois pour la planification des réseaux téléphoniques et pour la caractérisation de différents éléments.

La méthode décrite peut servir à déterminer l'équivalent pour la sonie des chaînes de connexions complètes ou partielles. Pour les chaînes de connexions complètes, comprenant des trajets de transmission d'effet local ou global, la méthode prévoit la mesure des pressions acoustiques d'entrée et de sortie. Pour les connexions téléphoniques partielles comprenant des trajets de connexions d'émission, de réception ou électriques, la méthode prévoit la mesure des pressions acoustiques et des tensions électriques. Cette méthode offre un avantage particulier pour la planification étant donné que la somme des affaiblissements en sonie déterminés pour les différentes parties d'une connexion s'approche étroitement de la sonie de la connexion globale.

1.2 *Définitions*

1.2.1 **équivalent pour la sonie**

Gain indépendant de la fréquence qui doit être inséré dans un système faisant l'objet d'un essai de façon que les sons vocaux provenant du système soumis aux essais et d'un système de référence soient égaux en sonie (voir le § 1.3.2).

1.2.2 **système de référence**

Système qui offre un gain acoustique de 0 dB entre un point de référence bouche situé à 25 mm en face des lèvres de la personne qui parle et un point de référence oreille situé à l'entrée du canal auditif d'un auditeur, lorsque ce dernier utilise un écouteur. Ce système a un équivalent pour la sonie de 0 dB. La caractéristique de fréquence du système doit être uniforme sur la gamme de 300 à 3300 Hz et présenter un affaiblissement infini à l'extérieur de cette gamme.

1.2.3 **équivalent objectif pour la sonie (EOS)**

Equivalent d'une communication ou de ses composants lorsqu'il est mesuré conformément à la méthode décrite dans le § 1.

1.2.4 **équivalent objectif global pour la sonie (EOGS)**

$$EOGS = -20 \log_{10} \frac{S_E}{S_M} \tag{1-1}$$

où

S_M est la pression acoustique au point de référence bouche (en pascals)

S_E est la pression acoustique au point de référence oreille (en pascals).

1.2.5 **équivalent objectif pour la sonie à l'émission (EOSE)**

$$EOSE = -20 \log_{10} \frac{V_T}{S_M} \tag{1-2}$$

où

S_M est la pression acoustique au point de référence bouche (en pascals)

V_T est la tension de sortie de l'élément émetteur (en millivolts).

1.2.6 **équivalent objectif pour la sonie à la réception (EOSR)**

$$EOSR = -20 \log_{10} \frac{S_E}{\frac{1}{2} V_W} \tag{1-3}$$

où

V_W est la tension en circuit ouvert de la source électrique (en millivolts)

S_E est la pression acoustique au point de référence oreille (en pascals).

1.2.7 **équivalent objectif électrique pour la sonie (EOES)**

Pour un réseau électrique,

$$EOES = -20 \log_{10} \frac{V_T}{\frac{1}{2} V_W} \tag{1-4}$$

où

V_W est la tension en circuit ouvert de la source électrique (en millivolts)

V_T est la tension de sortie du réseau (en millivolts).

1.2.8 *Formule de la sonie*

Les tensions (en millivolts) et les pressions (en pascals) en sonie sont déterminées conformément à la formule (1-5).

$$X = \left\{ \frac{\sum_{j=2}^{N} \left(\log_{10} \frac{f_j}{f_{j-1}} \right) \left[\frac{\left(10^{\frac{x_j}{20}}\right)^{1/2,2} + \left(10^{\frac{x_{j-1}}{20}}\right)^{1/2,2}}{2} \right]}{\log_{10} f_N / f_1} \right\}^{2,2} \qquad (1\text{-}5)$$

où

x_j est le niveau du signal de S_E, S_M, V_W ou V_T (en dBPa ou dBmV) à la fréquence f_j

X est la valeur S_E, S_M, V_W ou V_T selon la valeur utilisée pour x_j

f_j sont les fréquences spécifiques des N fréquences choisies pour l'analyse.

Les tensions et les pressions en sonie sont exprimées sous une forme ressemblant aux décibels à l'aide de la formule (1-6).

$$S'_E,\ S'_M,\ V'_W \text{ ou } V'_T = 20 \log_{10} X \qquad (1\text{-}6)$$

1.3 *Considérations pratiques*

1.3.1 *Niveaux de tension et de pression*

Les niveaux de tension et de pression (V_T, V_W, S_M et S_E) tels qu'ils sont utilisés dans les définitions ci-dessus peuvent être mesurés exactement avec la même méthode que celle employée pour mesurer les niveaux correspondants (c'est-à-dire V_j, E_j, P_M, P_E) dans la Recommandation P.64.

1.3.2 *Largeur de bande d'analyse*

La formule pour la sonie indiquée ci-dessus (1-5), s'applique généralement à toute largeur de bande arbitraire. Toutefois, dans la plupart des cas de planification de transmission, la largeur de bande est généralement choisie entre 300 et 3300 Hz. Cela vient du fait que l'utilisation d'équivalents d'une chaîne de connexion partielle, en tant qu'outils d'ingénierie, exige implicitement que pour toute connexion donnée, la somme des équivalents partiels (par exemple, émission plus réception) soit approximativement égale à l'équivalent global. Ainsi, la largeur de bande utilisée pour obtenir ces équivalents doit être proche de la largeur de bande du ou des élément(s) les plus restrictifs afin d'éviter d'accumuler les inconvénients dus à la largeur de bande en cas d'addition d'équivalents partiels. Les limites spécifiques de 300 Hz et 3300 Hz ont été choisies en grande partie en fonction des capacités des largeurs de bande des systèmes à courants porteurs à large bande avec un espacement des voies de 4 kHz. Dans certains cas, par exemple pour l'évaluation d'un trajet téléphonique d'effet local, une bande d'analyse plus large (par exemple de 100 à 5000 Hz) peut permettre une meilleure estimation de l'affaiblissement en sonie. La méthode décrite ci-dessus peut encore être utilisée en pareil cas.

Il convient de noter que si un système de référence réel est établi aux fins de comparaison subjective, la réponse du système à 300 et 3300 Hz sera inférieure à 3 ± 1 dB par rapport à la réponse au milieu de la bande. Le gain du système doit être réglé de façon à compenser la pente déterminée des bords du filtre (par rapport à la pente indéterminée inhérente à la définition du § 1.2.2) et l'écart du manque d'uniformité dans la bande passante. On peut déterminer cet ajustement en calculant d'abord l'EGS (voir le § 1.2.3) sur une gamme de fréquences qui comprend au moins les points −50 dB de la réponse réelle, puis en calculant l'EGS de la réponse idéale sur la même gamme de fréquences. La différence entre les EGS est l'ajustement de gain requis.

1.3.3 *Nombre de points de fréquence*

A titre pratique, les fréquences de mesure à partir desquelles on calcule la sonie peuvent être espacées régulièrement sur une échelle de fréquence linéaire (1) ou une échelle de fréquence logarithmique (2). Pour (1), il faut utiliser au moins 31 fréquences. Pour (2), il faut utiliser au moins 12 fréquences, mais il n'y a pas d'amélioration sensible de la précision si l'on utilise plus de 20 fréquences.

1.3.4 *Facteurs de conversion entre les équivalents pour la sonie IEEE et la Recommandation P.79*

Les facteurs de conversion empiriques suivants ont été jugés utiles par des Administrations d'Amérique du Nord pour convertir les équivalents pour la sonie obtenus conformément à la méthode de l'IEEE décrite ci-dessus et les équivalents pour la sonie obtenus conformément aux dispositions de la Recommandation P.79, pour les postes téléphoniques de type 500 (ou équivalent) utilisant le combiné G.

Emission: ESE (Rec. P.79) = EOSE (IEEE) + 56 dB

Réception: ESR (Rec. P.79) = EOSR (IEEE) − 50 dB

Global: EGS (Rec. P.79) = EOGS (IEEE) + 6 dB

Effet local: AELM (Rec. P.79) = EOSEL + 8 dB

EOSEL Equivalent objectif pour la sonie de l'effet local.

Pour l'émission, la réception et au niveau global, ces relations établissent un accord entre les différents équivalents avec une tolérance d'environ ± 1 dB; pour l'effet local la tolérance est d'environ ± 2 dB.

1.4 *Conclusions*

Un autre algorithme permettant de calculer les équivalents pour la sonie a été décrit. Cet algorithme est largement utilisé en Amérique du Nord depuis plusieurs années et a été jugé très satisfaisant pour la planification de la transmission et la caractérisation des différents éléments du réseau. Un de ses principaux avantages est sa simplicité relative.

2 **Algorithmes pour le calcul des équivalents pour la sonie** (Contribution de l'Administration australienne)

2.1 *Introduction*

Il est de plus en plus évident (voir le § 4) que l'algorithme, défini dans la Recommandation P.79 pour le calcul des équivalents pour la sonie, n'est pas optimal: il donne en effet une prépondérance excessive aux basses fréquences. Cette constatation a amené Telecom Australia à rechercher un meilleur algorithme. Il s'agissait d'établir l'équivalent pour la sonie d'un certain nombre de trajets téléphoniques et d'optimiser ensuite les paramètres de l'algorithme de façon à obtenir la meilleure concordance possible entre les valeurs subjectives et les valeurs calculées.

Un casque d'écoute et un (pseudo) téléphone à haut-parleur étaient également inclus dans le programme de travail. Compte tenu des différences physiques que présentent ces équipements par rapport aux combinés téléphoniques, notamment en ce qui concerne la réception, il était prévisible que plusieurs algorithmes seraient nécessaires.

2.2 *Algorithme de base*

La méthode de calcul des équivalents pour la sonie exposée dans la Recommandation P.79 repose sur la formule suivante:

$$LR = -10/m \log \Sigma\, 10^{(S_i - W_{oi})m/10}$$

où

m est le coefficient d'accroissement de la sonie

S_i est l'efficacité acoustique-acoustique globale, en dB, du trajet téléphonique inconnu (complété, le cas échéant, par le SRI)

W_{oi} est la fonction (négative) de pondération de la fréquence, en dB

i est le numéro de l'échelon de fréquence à ⅓ d'octave (plus exactement 1/10 de décade).

Dans le calcul, S_i correspond à l'efficacité d'un système à bouche et à oreille réelles, mais en incorporant dans la définition de W_{oi} les coefficients de correction applicables aux équivalents artificiels, on peut redéfinir S_i qui représente alors l'efficacité mesurée avec une bouche et une oreille artificielles. W_{oi} inclut également d'autres composantes, notamment la densité spectrale de la voix humaine, la sensibilité en fréquence de l'oreille humaine et un facteur de normalisation tel que l'équivalent pour la sonie calculé pour la connexion SRI + SRI est égal à 0 dB.

2.3 *Calcul de la valeur des paramètres*

On obtient la fonction de pondération définie dans la Recommandation P.79 en calculant puis en combinant les composantes précitées. Dans la présente étude, la fonction de pondération a été calculée directement. Cette approche directe conduit tout naturellement à étudier le cas des téléphones qui ne se présentent pas sous forme de combinés, tels que les casques avec récepteurs à embout ou les téléphones à haut-parleur de type «mains-libres». Dans ce dernier cas, la fonction de pondération doit également tenir compte de la diffraction du son au voisinage de la tête humaine, de l'effet de l'écoute avec deux oreilles au lieu d'une, enfin de l'utilisation d'une oreille ouverte et non plus occluse.

Le montage utilisé faisait intervenir une série de cinq filtres passe-bas et cinq filtres passe-haut insérés dans diverses connexions téléphoniques; on mesurait l'équivalent pour la sonie de façon subjective puis on optimisait les paramètres pour faire concorder au mieux les valeurs obtenues et les valeurs calculées (au sens de l'erreur obtenue par la méthode des moindres carrés). L'efficacité acoustique-acoustique globale de chaque connexion était tout d'abord mesurée au moyen d'une bouche artificielle (de type B&K 4219) et d'une oreille artificielle (IEC type 318 B&K) pour les combinés et IEC type 711 (B&K type 4157) pour le récepteur à embout.

2.4 *Trajets téléphoniques*

Les trajets téléphoniques ont été étudiés avec les divers appareils utilisés en Australie et énumérés à la première colonne des tableaux 2-1 à 2-5. Au besoin, la connexion était complétée par un système de référence intermédiaire (SRI) adapté. Le téléphone de type 802 étant doté d'un microphone à charbon, on mesurait les efficacités à l'émission et à la réception au moyen d'un signal de bruit aléatoire pondéré en fonction des fréquences vocales. De même, les mesures effectuées avec le pseudo-téléphone à haut-parleur visaient à réduire l'effet des ondes stationnaires dans le local d'essai. Dans tous les autres cas, les mesures ont été faites avec des ondes sinusoïdales. La correction des connexions SRI s'effectuait en deux phases: tout d'abord, une égalisation pour obtenir une efficacité globale relativement uniforme (mesure objective), puis l'adjonction de correcteurs complémentaires en vue d'obtenir une réponse décroissante ou une réponse croissante (avec, dans l'un et l'autre cas, une pente d'environ 6 dB/octave). Le casque de type «Feathersert» est pourvu d'un récepteur à embout et d'un microphone à électret à suppression de bruit qu'une perche permet de positionner près de la bouche, latéralement.

Le pseudo-téléphone à haut-parleur utilisé pour les mesures à l'émission se composait d'un microphone à condensateur d'½ pouce et d'un amplificateur de mesure à sonomètre avec pondération de type A. Le microphone était monté sur une perche souple permettant de le maintenir juste au-dessus du plan de travail. Pour les mesures à la réception, l'équipement consistait en un amplificateur de puissance et un petit haut-parleur monté dans une enceinte posée de chant, l'axe étant horizontal et dirigé vers l'auditeur. On n'a pas utilisé de véritable téléphone à haut-parleur pour éviter les complications inhérentes à la commutation des fréquences vocales.

2.5 *Forme de la fonction de pondération*

Diverses formes paramétriques de fonction de pondération ont été essayées, mais il est apparu que les paraboles donnaient des résultats presque aussi bons que les fonctions plus complexes, notamment les polynômes d'ordre élevé. Une parabole peut être ramenée aux coordonnées de son minimum (dans ce cas) et à un coefficient qui détermine sa largeur (on dit alors qu'on complète le carré) à l'aide de la formule:

$$W_{oi} = A + C(i - B)^2$$

Pour comparer les fonctions de pondération obtenues avec diverses valeurs du coefficient de croissance de la sonie m, le mieux est de considérer le produit $W_{oi}m$; on peut interpréter cette grandeur comme étant proportionnelle à la valeur négative de l'équivalent en décibel de la fonction de pondération qui multiplie l'intensité sonore (à ne pas confondre avec la puissance observée) dans chaque bande de fréquences d'⅓ d'octave (1/10 de décade).

La valeur de i est comprise entre 0 et 17 pour les fréquences allant de 100 à 5012 Hz.

2.6 *Valeurs optimales des paramètres*

Le tableau 2-1 indique les valeurs optimales de m, Am, B, C et Cm pour les divers trajets téléphoniques étudiés. Il précise par ailleurs l'écart type de l'erreur entre valeur subjective et valeur objective (moyenne: 0 dB) et la valeur calculée de l'équivalent pour la sonie de la connexion SRI + SRI (qui, dans un cas idéal, devrait être de 0 dB).

L'écart type est compris entre 0,1 et 0,4 dB, ce qui prouve que le modèle est bien adapté lorsqu'il est optimisé pour le trajet considéré. L'examen de la distribution des erreurs individuelles ne révèle aucune tendance par rapport aux fréquences de coupure. Les valeurs de B, Cm et m varient assez peu d'un trajet à l'autre, les

écarts les plus importants, pour B, correspondant aux diverses réponses des correcteurs du système de référence intermédiaire. Bien que le téléphone du type «Featherset» et le téléphone à haut-parleur présentent des caractéristiques de réception assez différentes, il convient de noter que les valeurs de B, Cm et m sont comprises dans les limites observées avec les combinés classiques. Toutefois, la valeur de Am est sensiblement différente, ce qui reflète l'erreur de l'équivalent pour la sonie calculé pour la connexion SRI + SRI. Il en résulte qu'une forme unique de courbe de pondération de fréquence pourrait convenir, quel que soit le type d'appareil utilisé (combiné, casque ou téléphone à haut-parleur), pour autant que l'on applique, dans certains cas, un coefficient de correction constant.

A noter qu'on considère maintenant que la valeur de A (et, partant, de Am) dans le cas du téléphone à haut-parleur (et à la réception) est erronée. Se reporter à ce sujet au § 2.11 ci-après.

TABLEAU 2-1

Paramètres optimaux pour chaque trajet et coefficients d'erreur

Trajet	Paramètre						Erreur	
	m	A	Am	B	C	Cm	Ecart type	SRI
802 émission	0,255	39,67	10,12	9,64	1,225	0,312	0,2	−0,6
802 réception	0,249	42,72	10,63	9,04	0,889	0,221	0,3	0,1
Téléphone à haut-parleur émission	0,308	34,72	10,69	9,35	0,732	0,226	0,3	−1,6
Téléphone à haut-parleur réception	0,286	40,69	11,63	8,85	0,513	0,147	0,4	0,5
807 émission	0,315	36,38	11,46	9,66	0,648	0,204	0,2	−0,3
807 réception	0,263	43,37	11,41	8,95	0,533	0,140	0,1	0,1
Commande T210 émission	0,312	33,84	10,56	9,45	0,934	0,291	0,5	−0,9
Commande T210 réception	0,279	38,28	10,68	8,72	0,704	0,196	0,4	−0,9
Siemens Trans. Cour. émission	0,290	35,83	10,39	9,50	1,119	0,325	0,4	−0,2
Siemens Trans. Cour. réception	0,337	35,69	12,03	9,33	0,751	0,253	0,3	2,3
SRI. correction uniforme	0,270	42,47	11,47	9,64	0,581	0,157	0,3	−0,1
SRI. correction décroissante	0,299	40,21	12,02	10,31	0,398	0,119	0,2	−0,6
SRI correction croissante	0,300	35,07	10,52	6,66	0,496	0,149	0,3	0,3
Casque, Featherset émission	0,285	36,48	10,40	9,55	0,684	0,195	0,3	−3,2
Casque, Featherset réception	0,330	42,63	14,07	9,28	0,525	0,173	0,3	6,9
Pseudo téléphone à haut-parleur émission	0,244	40,29	9,83	8,89	0,776	0,189	0,4	−3,8
Pseudo téléphone à haut-parleur réception	0,232	27,36	6,35	9,40	0,352	0,082	0,3	−23,4

2.7 *Optimisation globale*

Les paramètres A, B et C dépendent en partie des valeurs spécifiques de l'équivalent pour la sonie, mais m correspond à un phénomène purement psycho-acoustique. Le tableau 2-1 fait apparaître que la valeur moyenne de m est de 0,2855 (valeur médiane: 0,29). En conséquence, on a utilisé, pour l'optimisation, une valeur constante de $m = 0{,}2855$, et obtenu les résultats qui figurent au tableau 2-2. Les écarts types n'ont augmenté que légèrement (environ 0,1 dB), ce qui prouve qu'il est possible de s'en tenir à une valeur unique de m.

TABLEAU 2-2

Paramètres optimaux et coefficients d'erreur pour m = 0,2855

Trajet	Paramètre					Erreur	
	A	Am	B	C	Cm	Ecart type	SRI
802 émission	39,91	10,25	9,64	1,208	0,345	0,3	−0,4
802 réception	37,68	10,76	9,08	0,901	0,257	0,4	0,3
Téléphone à haut-parleur émission	37,31	10,65	9,29	0,712	0,203	0,3	−1,7
Téléphone à haut-parleur réception	40,70	11,62	8,85	0,513	0,147	0,4	0,5
807 émission	39,76	11,35	9,57	0,603	0,172	0,3	−0,5
807 réception	40,17	11,47	9,03	0,569	0,162	0,2	0,3
Commande T210 émission	36,55	10,44	9,38	0,919	0,262	0,5	−1,1
Commande T210 réception	37,46	10,69	8,74	0,711	0,203	0,4	−0,8
Siemens Trans. Cour. émission	36,42	10,40	9,49	1,111	0,317	0,4	−0,2
Siemens Trans. Cour. réception	41,05	11,72	9,21	0,691	0,197	0,5	1,9
SRI. correction uniforme	40,16	11,47	9,63	0,606	0,173	0,3	−0,1
SRI. correction décroissante	42,03	12,00	10,43	0,373	0,107	0,3	−0,6
SRI. correction croissante	36,92	10,54	6,56	0,476	0,136	0,3	0,3
Casque, Featherset émission	36,42	10,40	9,55	0,685	0,196	0,3	−3,1
Casque, Featherset réception	47,08	13,44	9,06	0,490	0,140	0,4	6,4
Pseudo téléphone à haut-parleur émission	34,42	9,83	9,02	0,817	0,233	0,5	−3,4
Pseudo téléphone à haut-parleur réception	18,75	5,35	9,28	0,390	0,111	0,4	−23,1

On a ensuite optimisé globalement les paramètres m, B et C tout en donnant à A des valeurs individuelles, afin de savoir s'il serait possible d'utiliser une fonction de pondération présentant la même forme pour tous les types de téléphone (combinés, casques et téléphones à haut-parleur), tout en prévoyant, lorsque cela serait nécessaire, une constante de correction. Les valeurs optimisées suivantes ont été obtenues: $m = 0{,}2855$, $B = 9{,}19$ et $C = 0{,}7723$; le tableau 2-3 indique les valeurs de A et les erreurs correspondantes. Dans ce cas, les écarts types augmentent sensiblement, la valeur la moins bonne correspondant au système de référence intermédiaire avec une réponse en fréquence croissante. Les erreurs observées avec ce trajet font également apparaître une influence manifeste de la fréquence de coupure du filtre, ce qui montre que le modèle n'est pas bien adapté. Toutefois, il convient de noter que les écarts types obtenus pour le casque et le téléphone à haut-parleur sont encore, en général, comparables à ceux obtenus pour les combinés téléphoniques. La valeur de A qui permet d'obtenir un équivalent pour la sonie calculé de 0 dB pour le SRI est de 38,45.

Le tableau 2-4 indique les erreurs observées avec un nouvel algorithme (que nous appellerons, pour plus de commodité, D4) reposant sur les données précitées. Les erreurs moyennes les plus significatives sont de −22,4 dB (se reporter toutefois au § 2.11) pour la réception dans le cas du téléphone à haut-parleur, de 6,9 dB pour la réception avec un casque et de respectivement −3,6 dB et −3,0 dB à l'émission avec le téléphone à haut-parleur et le casque. Les raisons pour lesquelles les erreurs moyennes à la réception ne sont pas nulles sont évidentes, mais il semble qu'à l'émission les erreurs observées tiennent principalement du fait que la distribution de la pression acoustique est incorrecte en fonction de la distance par rapport à la bouche artificielle (B&K type 4219). Il se pourrait aussi que l'embouchure du microphone du combiné téléphonique modifie la pression au niveau du microphone du circuit de retour de la bouche artificielle, alors que l'on n'observe aucun effet significatif avec le casque ou le téléphone à haut-parleur. Les erreurs observées avec les combinés téléphoniques, bien que moins grandes, ne sont malheureusement pas négligeables. On pense qu'elles résultent essentiellement des limitations inhérentes à la bouche et à l'oreille artificielles, notamment de l'effet des fuites dans le pavillon, qui ne sont pas prises en compte dans le modèle et qu'il convient d'inclure dans la fonction de pondération.

TABLEAU 2-3

Valeurs optimales de A et erreurs observées pour une optimalisation globale des autres paramètres

Trajet	A	Filtre passe-haut (Hz)					Filtre passe-bas (Hz)					Erreur	
		158	225	380	630	1020	630	780	1260	2040	3120	Ecart type	SRI
802 émission	38,03	-0,3	-0,6	-0,2	-0,2	-0,6	2,2	0,7	-0,2	-0,4	-0,5	0,9	-0,4
802 réception	38,62	-0,6	0,1	0,3	0,6	0,9	0,0	-0,8	-0,1	-0,5	-0,1	0,5	0,2
Téléphone à haut-parleur émission	36,82	0,0	0,0	-0,2	0,0	-0,8	0,3	0,2	0,4	-0,3	0,5	0,4	-1,6
Téléphone à haut-parleur réception	38,95	0,3	0,0	-0,3	0,9	-0,3	-0,3	-0,5	0,5	0,5	-0,7	0,5	0,5
807 émission	38,42	-0,4	-0,2	-0,3	-0,5	-1,9	1,2	1,1	0,6	0,5	0,1	0,9	-0,1
807 réception	38,84	-0,2	-0,2	0,1	0,2	0,2	-0,3	0,1	0,5	-0,1	-0,5	0,3	0,4
Commande T210 émission	37,27	-0,3	0,2	0,5	0,7	-1,0	0,8	-0,1	-0,3	-0,2	-0,3	0,6	-1,2
Commande T210 réception	37,30	0,0	0,4	0,2	1,3	0,9	-1,0	-1,4	-0,1	-0,3	-0,1	0,8	-1,2
Siemens Trans. Cour. émission	38,25	-0,1	-0,3	-0,1	0,4	-0,9	1,5	0,4	-0,6	-0,1	0,0	0,7	-0,2
Siemens Trans. Cour. réception	40,53	1,0	0,0	0,1	-0,2	-0,8	-0,3	0,0	0,1	-0,2	0,2	0,5	2,1
SRI. correction uniforme	38,89	-0,5	0,0	-0,9	-0,7	-1,1	1,0	0,9	1,2	0,5	-0,4	0,8	0,4
SRI. correction décroissante	39,37	0,1	0,1	-0,1	-0,1	-2,2	0,1	1,0	0,8	0,6	-0,3	0,9	0,9
SRI. correction croissante	37,39	0,8	1,2	2,1	3,8	5,4	-7,1	-4,2	-1,8	0,0	-0,2	3,7	-1,1
Casque, Featherset émission	35,47	-0,3	-0,3	0,0	-0,4	-1,4	1,6	0,8	0,6	0,4	-1,0	0,9	-3,0
Casque, Featherset réception	45,31	0,2	0,0	0,2	0,3	-1,5	-0,1	0,8	0,3	0,2	-0,3	0,6	6,9
Pseudo téléphone à haut-parleur émission	34,81	-0,2	-0,3	0,3	0,9	0,9	-0,1	-0,7	0,2	-0,8	0,0	0,6	-3,6
Pseudo téléphone à haut-parleur réception	16,07	-0,4	-0,5	-0,6	0,3	0,0	-0,4	0,9	0,9	0,4	-0,4	0,6	-22,3

TABLEAU 2-4

Erreurs correspondant à l'algorithme D4

Trajet	Filtre passe-haut (Hz)					Filtre passe-bas (Hz)					Erreur	
	158	225	380	630	1020	630	780	1260	2040	3120	Moy.	Ecart type
802 émission	-0,7	-1,0	-0,6	-0,7	-1,0	1,8	0,3	-0,7	-0,8	-0,9	-0,4	0,9
802 réception	-0,4	0,2	0,5	0,7	1,1	0,2	-0,6	0,1	-0,3	0,1	0,2	0,5
Téléphone à haut-parleur émission	-1,6	-1,7	-1,9	-1,6	-2,4	-1,4	-1,4	-1,2	-1,9	-1,1	-1,6	0,4
Téléphone à haut-parleur réception	0,8	0,5	0,2	1,4	0,2	0,2	0,0	1,0	1,0	-0,2	0,5	0,5
807 émission	-0,5	-0,3	-0,4	-0,5	-2,0	1,1	1,0	0,5	0,4	0,1	-0,1	0,9
807 réception	0,2	0,2	0,5	0,6	0,6	0,1	0,5	0,9	0,3	-0,1	0,4	0,3
Commande T210 émission	-1,4	-0,9	-0,7	-0,5	-2,1	-0,4	-1,3	-1,5	-1,4	-1,4	-1,2	0,5
Commande T210 réception	-1,1	-0,8	-1,0	0,2	-0,2	-2,1	-2,5	-1,2	-1,5	-1,2	-1,1	0,8
Siemens Trans. Cour. émission	-0,3	-0,5	-0,3	0,2	-1,1	1,3	0,2	-0,8	-0,3	-0,2	-0,2	0,7
Siemens Trans. Cour. réception	3,1	2,1	2,1	1,9	1,2	1,8	2,1	2,2	1,9	2,3	2,1	0,5
SRI. correction uniforme	0,0	0,4	-0,4	-0,2	-0,6	1,4	1,4	1,7	1,0	0,0	0,5	0,8
SRI. correction décroissante	1,0	1,0	0,8	0,8	-1,3	1,1	1,9	1,7	1,6	0,6	0,9	0,9
SRI. correction croissante	-0,3	0,1	1,1	2,7	4,3	-8,2	-5,2	-2,8	-1,1	-1,3	-1,1	3,7
Casque, Featherset émission	-3,2	-3,3	-3,0	-3,4	-4,4	-1,4	-2,1	-2,4	-2,6	-4,0	-3,0	0,9
Casque, Featherset réception	7,0	6,9	7,0	7,1	5,4	6,7	7,7	7,1	7,1	6,6	6,9	0,6
Pseudo téléphone à haut-parleur émission	-3,9	-3,9	-3,3	-2,8	-2,7	-3,8	-4,4	-3,4	-4,4	-3,7	-3,6	0,6
Pseudo téléphone à haut-parleur réception	-22,8	-22,9	-23,0	-22,1	-22,3	-22,8	-21,5	-21,5	-22,0	-22,8	-22,4	0,6

2.8 *Comparaison avec les autres algorithmes*

Le tableau 2-5 permet de comparer l'algorithme D4 aux autres algorithmes. La formule D2 repose sur des travaux préliminaires: dans ce cas, $m = 0{,}2976$, et la fonction de pondération est définie par $A = 40{,}50$, $B = 9{,}867$ et $C = 0{,}423$. La Recommandation actuelle porte le numéro P.79 et la Recommandation P.XXE est le projet sur la base duquel elle a été établie. Il convient de noter que le projet de Recommandation P.XXE, tel que publié en [2], comporte une erreur. En effet, on peut lire, à la page 184, que la valeur moyenne de LRME est de $-4{,}72$ dB, alors qu'en fait, elle devrait être de $-0{,}1$ dB. Il convient donc de soustraire 4,6 dB si l'on veut utiliser les données fournies dans ce tableau. La formule Zw est un algorithme complexe fondé sur les travaux de E. Zwicker et publié par l'ISO sous la cote R532B.

Les trajets sont ceux qui ont été décrits plus haut, mais la première rubrique concerne l'ensemble de 14 réponses d'effet local dont il a été fait état antérieurement [3].

Les erreurs moyennes de groupe correspondant aux combinés téléphoniques sont assez faibles dans tous les algorithmes, mais l'écart type de groupe obtenu avec l'algorithme de la Recommandation P.79 est approximativement deux fois plus important que les autres. Il faut noter ici que la méthode complexe fondée sur l'algorithme Zw ne semble pas présenter d'avantages significatifs et que, dans ce cas, les erreurs correspondant aux connexions SRI + SRI + correcteur sont encore assez importantes. Naturellement l'algorithme D4 est raisonnablement adapté puisqu'il a été optimisé pour ces conditions.

La figure 2-1 indique les valeurs de $W_{oi}m$ en fonction de la fréquence pour les algorithmes P.XXE, Rec. P.79, D2 et D4. A noter que les valeurs P.XXE et D4 sont très semblables et que la pondération correspondant à la Recommandation P.79 est très inférieure (négative) aux basses fréquences.

TABLEAU 2-5

Comparaison des erreurs observées avec 5 algorithmes

Trajet	D2		D4		P.79		P.XXE		Zw	
	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type
Effet local [3]	-1,2	0,5	-1,2	0,7	1,9	1,4	-0,8	0,6	-0,6	0,7
802 émission	-0,7	0,9	-0,4	0,8	-1,4	3,4	-1,0	1,2	-0,4	1,8
802 réception	-0,4	1,5	0,2	0,5	0,1	2,2	-0,1	0,5	0,6	0,9
Téléphone à haut-parleur émission	-2,2	1,0	-1,6	0,4	-1,9	3,0	-1,9	0,7	-1,1	1,7
Téléphone à haut-parleur réception	0,1	1,6	0,5	0,5	-0,5	2,6	0,2	0,5	1,3	1,3
807 émission	-0,6	0,5	0,0	0,9	-0,5	3,6	-0,3	1,1	0,7	2,1
807 réception	-0,2	1,2	0,4	0,3	-0,3	2,6	0,0	0,3	1,0	1,4
Commande T210 émission	-1,6	1,4	-1,2	0,5	-2,7	2,5	-1,6	0,8	-0,6	1,7
Commande T210 réception	-2,1	1,7	-1,2	0,8	-1,3	1,8	-1,5	0,6	-0,7	1,0
Siemens Trans. Cour. émission	-0,9	1,0	-0,2	0,6	-0,6	3,1	-0,6	1,0	0,0	2,1
Siemens Trans. Cour. réception	1,1	1,0	2,1	0,4	2,1	2,7	1,8	0,8	2,8	1,3
SRI. correction uniforme	0,0	0,4	0,4	0,8	3,2	3,6	0,5	0,9	1,4	2,1
SRI. correction décroissante	0,1	0,5	0,9	0,8	4,7	3,8	0,9	1,2	2,1	2,2
SRI. correction croissante	-1,1	4,7	-1,1	3,5	0,3	1,5	-1,0	3,4	-0,5	2,5
Casque, Featherset émission	-3,3	0,8	-3,0	0,8	-4,1	3,1	-3,3	1,0	-2,4	2,0
Casque, Featherset réception	6,2	1,1	6,9	0,6	5,0	2,5	6,3	0,8	7,2	1,6
Pseudo téléphone à haut-parleur émission	-4,4	1,6	-3,6	0,6	-4,3	1,8	-4,0	0,5	-3,3	0,9
Pseudo téléphone à haut-parleur réception	-23,4	0,7	-22,4	0,5	-22,0	2,5	-22,7	0,6	-21,9	1,0
Combiné	-0,61	0,95	-0,09	1,02	-0,09	2,09	-0,35	1,06	0,51	1,19

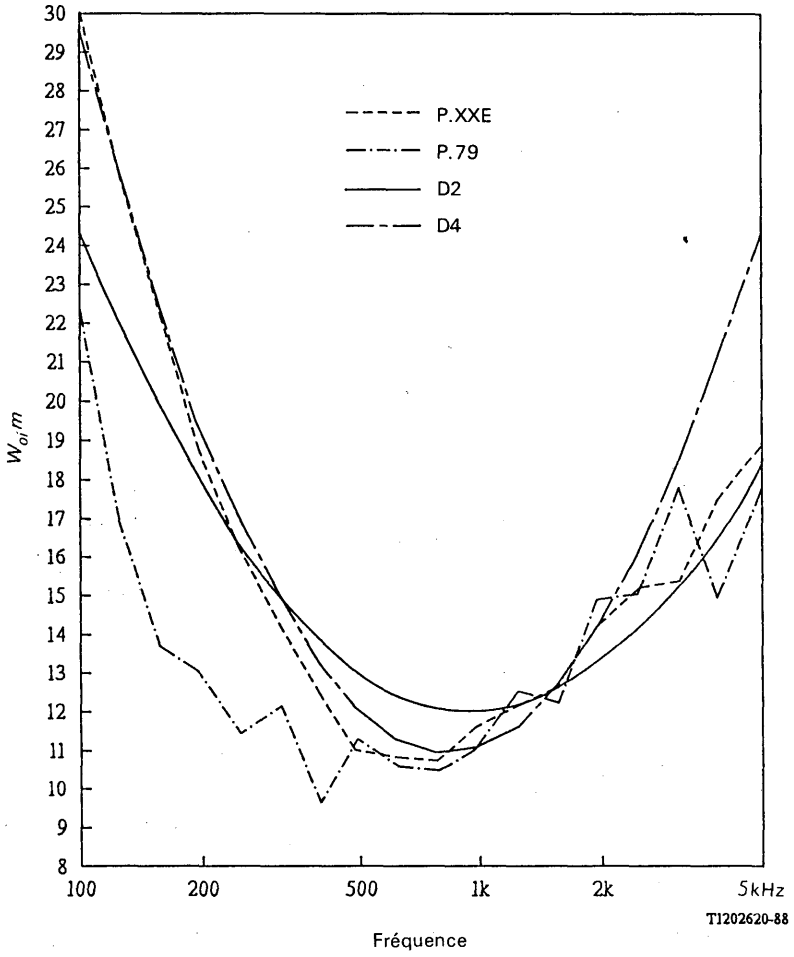


FIGURE 2-1

Fonctions de pondération de la force du son $W_{oi}m$ en fonction de la fréquence

2.9 *Validation du nouvel algorithme*

Le tableau 2-6 indique les erreurs subjectives-objectives des résultats d'essai qui n'ont pas été utilisés dans le calcul de D4. Deux téléphones modèle 802 (désignation locale 82/YA et 82/IA) ont été pourvus chacun d'un microphone (d'un autre type que le microphone à charbon) pris dans une série de quatre appareils de type 20E (désignés 101, 165, 310 et 313) en vue de mesures à l'émission. Une seule mesure à la réception a été faite pour chaque téléphone. Trois lignes ont été utilisées: zéro, 1,6 km et 4,2 km, en conducteurs de 0,4 mm de diamètre.

On observe une tendance constante: les erreurs sont d'autant plus positives que la ligne est longue et vont de 0,6 dB avec l'algorithme D2 à 1,2 dB avec la formule de la Rec. P.79 en passant par 0,9 dB avec l'algorithme D4, P.XXE ou Zw. Cette tendance pourrait tenir à l'affaiblissement progressif qui se produit aux fréquences élevées lorsqu'on allonge la ligne, et au fait que les modèles d'équivalents pour la sonie ne permettent pas de compenser ce phénomène de façon adéquate. Cela explique également les erreurs associées aux résultats SRI corrigés du tableau 2-5, qui montre que, pour les trois valeurs considérées, l'erreur est la plus positive lorsque la réponse est décroissante et la plus négative lorsque la réponse est croissante.

TABLEAU 2-6

Erreurs correspondant à un montage téléphone 802 (20E microphones autres qu'à charbon) plus lignes pour cinq algorithmes

Algorithme	Ligne (km)	82/YA					82/IA					Moyenne	Ecart type
		Emission				Réception	Emission				Réception		
		Microphone					*Microphone*						
		101	165	310	313		101	165	310	313			
D2	Zéro	0,2	0,0	-0,4	-0,5	-0,1	0,1	-0,1	-0,9	-0,1	-0,5	-0,2	0,3
	1,6	-0,2	0,1	0,3	-0,1	-0,3	0,8	-0,3	-0,1	0,6	0,5	0,1	0,4
	4,2	0,8	0,7	0,6	0,5	0,2	0,4	-0,1	0,1	0,6	0,0	0,4	0,3
D4	Zéro	0,8	0,6	0,2	0,0	-0,3	0,7	0,6	-0,2	0,5	-0,6	0,2	0,5
	1,6	0,5	0,8	1,0	0,5	-0,4	1,5	0,4	0,7	1,2	0,5	0,7	0,5
	4,2	1,7	1,6	1,5	1,3	0,5	1,3	0,9	1,1	1,4	0,2	1,1	0,5
Rec. P.79	Zéro	1,1	1,0	0,5	0,2	0,1	1,1	0,9	0,2	0,8	-0,2	0,6	0,4
	1,6	0,9	1,2	1,4	0,8	0,2	1,9	0,8	1,1	1,5	1,1	1,1	0,4
	4,2	2,3	2,2	2,1	1,7	1,3	1,9	1,5	1,7	2,0	1,1	1,8	0,4
P.XXE	Zéro	0,5	0,4	-0,1	-0,4	-0,3	0,4	0,3	-0,6	0,1	-0,6	0,0	0,4
	1,6	0,2	0,5	0,6	0,1	-0,4	1,2	0,2	0,3	0,8	0,5	0,4	0,4
	4,2	1,4	1,3	1,1	0,9	0,4	1,0	0,6	0,7	1,1	0,2	0,9	0,4
Zw	Zéro	0,2	0,1	-0,4	-0,7	0,0	0,1	0,1	-0,8	-0,2	0,0	-0,2	0,3
	1,6	0,0	0,3	0,3	-0,2	-0,2	1,0	-0,1	0,0	0,5	1,0	0,3	0,4
	4,2	1,2	1,1	0,9	0,6	0,5	0,8	0,4	0,5	0,8	0,5	0,7	0,3

2.10 *Comment réduire l'erreur*

Pour savoir si une autre fonction de pondération produirait simultanément de faibles erreurs pour le seul téléphone de type 802 muni de ses filtres et lignes, on a combiné les données relatives à l'équipement 802 + lignes décrites ci-dessus avec les données relatives à l'équipement 802 + filtres exposées auparavant. On a ensuite optimisé une nouvelle fonction de pondération, A étant limité de façon à donner une erreur de 0 dB pour l'équivalent pour la sonie du SRI. Toutefois, il est apparu que les paramètres optimaux ne différaient pas sensiblement des paramètres de l'algorithme D4 et que la fourchette d'erreur en fonction de la longueur de la ligne n'était réduite que de 0,1 dB, de 0,8 dB.

On a estimé que cette médiocre concordance tenait peut-être au fait d'avoir imposé une forme de polynôme à la fonction de pondération et on a donc fait l'essai d'une fonction linéaire définie sur des intervalles formés, les fréquences de coupure étant fixées à $i = 4$, 7, 10 et 13 (soit respectivement f 250, 500, 1000 et 2000 Hz). Il est apparu que la fourchette d'erreur en fonction de la longueur de la ligne était toujours de 0,8 dB. Il faut donc en déduire que la forme de la fonction de pondération ne semble pas être en cause.

Tous les algorithmes, du P.XXE au D4, reposent sur une simplification, à savoir que la fonction de pondération n'entraîne aucun masquage de bande de fréquences alors que l'on suppose, dans le calcul des modèles, que seules les valeurs sonores supérieures au seuil contribuent au volume sonore. On a donc modifié la formule de base en y incluant un seuil plutôt qu'une fonction de pondération. La sommation ne porte donc que sur les bandes situées au-dessus du seuil. Toutefois, cet algorithme présente un inconvénient, en ce sens qu'il n'est plus possible de faire porter la formule sur l'équivalent pour la sonie lui-même et qu'il est nécessaire de procéder par itération. On a supposé que la fonction de seuil est de type parabolique et il est apparu que la gamme d'erreurs de 0,7 dB en fonction de la longueur de la ligne n'était réduite à nouveau que de 0,1 dB. Cette amélioration marginale ne justifie donc aucunement la complexité supplémentaire de la méthode.

Enfin, pour tenir compte de l'effet de masquage des fréquences, on a cherché à savoir s'il serait possible de mieux utiliser l'algorithme de sonie de Zwicker. Outre la sensibilité de l'ouïe dont il est tenu compte spécifiquement dans cet algorithme, un algorithme d'équivalent pour la sonie doit également couvrir la densité spectrale et le niveau du signal vocal, l'affaiblissement dû aux fuites au niveau du pavillon de l'écouteur et l'affaiblissement de jonction si l'on veut obtenir la même sonie avec le trajet SRI + SRI qu'avec le système NOSFER (25 dB à la jonction). Ces éléments peuvent être combinés et former une fonction auxiliaire analogue à un signal d'entrée sur le trajet téléphonique, l'algorithme de Zwicker étant appliqué à la sortie. Si l'on suppose que cette fonction auxiliaire est de forme parabolique, il apparaît que la fourchette des erreurs moyennes en fonction de la longueur de la ligne est de 0,8 dB; il s'agit donc d'une valeur comparable à celle que l'on obtient avec les algorithmes précédemment étudiés, tels que l'algorithme D4.

Si aucune des méthodes examinées n'a permis de ramener les erreurs à des valeurs à la fois faibles et aléatoires (ne faisant donc apparaître aucune tendance par rapport à la longueur de la ligne), c'est peut-être que les sujets modifiaient leurs conditions d'écoute selon le filtre utilisé. Un sujet n'écoute pas nécessairement l'ensemble d'un signal, fondant plutôt sa comparaison sur une ou quelques bandes plus étroites, où se concentre l'énergie (formants). L'emplacement de cette ou de ces bandes peut varier selon les fréquences de coupure des filtres. Zwicker a établi sa méthode sur la base de données subjectives concernant des signaux non vocaux, mais on sait qu'une personne n'écoute pas la parole comme les autres sons, ce qui peut modifier l'évaluation de la sonie. Les écarts observés peuvent également tenir à d'autres causes, notamment l'effet du changement de combinaisons voix-oreille en cours d'essai.

2.11 *Postface concernant les coefficients de correction applicables à la réception dans le cas d'un téléphone à haut-parleur*

Le facteur de correction à la réception établi initialement pour le haut-parleur combiné à son amplificateur était d'environ −22,4 dB mais, lors de travaux ultérieurs, on a observé une dérive de cette valeur. S'agissait-il d'erreurs de montage de l'expérience, de problèmes d'équipement ou d'une modification des bases d'évaluation de l'équivalent pour la sonie selon la combinaison voix-oreille considérée? Cette question n'as pas encore été résolue. Des essais ultérieurs identiques aux expériences décrites plus haut et d'autres études ont permis d'établir un coefficient de correction d'environ −14,0 dB, qui semble plus correct (l'algorithme D4 a toujours donné des résultats cohérents dans cette série d'essais, avec un écart type de 0,7 dB entre les valeurs extrêmes de filtrage).

2.12 *Conclusions*

On a pu établir un algorithme révisé remarquablement similaire au projet qui sous-tend l'actuelle Recommandation P.79. L'application de l'une ou l'autre des méthodes en question donne des écarts types entre mesures subjectives et mesures objectives réduits de moitié environ par rapport à ce que l'on obtiendrait avec la Recommandation P.79. On peut donc s'attendre à une précision globale d'environ ± 2 dB, qui correspond à l'ordre de précision des essais subjectifs, mais avec une régularité supérieure et pour un coût inférieur.

On s'attendait à ce que des fonctions de pondération différentes soient nécessaires pour les téléphones à casque et à haut-parleur, mais il est apparu, en fait, qu'une correction constante pour chaque type de trajet suffisait parfaitement dans la pratique. Il conviendrait notamment d'ajouter les corrections suivantes aux équivalents pour la sonie calculés:

Casque

Emission: −3,0 dB
Réception: 6,9 dB (récepteur à embout seulement)

Téléphone à haut-parleur

Emission: − 3,6 dB
Réception: −14,0 dB

En ce qui concerne la révision de la Recommandation P.79, deux méthodes semblent envisageables. Il serait préférable:

i) de rassembler toutes les données disponibles dans le monde entier et de calculer une moyenne globale en appliquant les principes qui viennent d'être décrits,

mais on pourrait aussi:

ii) revenir aux coefficients de pondération du projet de Recommandations P.XXE.

3 Algorithme uniforme pour le calcul des équivalents R25 et des équivalents pour la sonie (Contribution du Ministère des postes et télécommunications de la République populaire de Chine)

3.1 *Introduction*

Depuis 1985, l'équipe d'essais subjectifs du Laboratoire du CCITT a changé. A partir des rapports de contrôle périodique de stabilité du Laboratoire du CCITT, on peut établir que la valeur de x_2 qui a récemment été déterminée de façon subjective (voir Recommandation P.78) est de 18 dB environ, ce qui est proche de la valeur déterminée dans d'autres laboratoires et différent de la valeur de 12 dB, qui avait été déterminée antérieurement. En outre, les valeurs ER25E et ER25R des systèmes téléphoniques déterminées récemment par le Laboratoire du CCITT sont inférieures de plusieurs dB aux résultats obtenus antérieurement et voisins de ceux mesurés par d'autres laboratoires.

A cet égard, il est possible d'utiliser un algorithme uniforme, semblable à l'algorithme simple de la Recommandation P.79, pour le calcul des équivalents R25 et des équivalents pour la sonie, avec des valeurs pour le paramètre de pente m et les fonctions G différentes de celles données dans la Recommandation P.79.

Afin d'obtenir un algorithme et des paramètres appropriés, quatre algorithmes différents ont été utilisés pour calculer les valeurs R25E et ES, et les résultats ont été comparés entre eux. Trois des résultats obtenus sont similaires à celui utilisé pour le calcul des équivalents pour la sonie décrits dans la Recommandation P.79 hormis le fait que des valeurs différentes sont utilisées pour le paramètre de pente m et les fonctions G.

Ces valeurs:

- proviennent du projet de Recommandation P.XXE [2];
- correspondent à celles de l'équipe d'essais chinoise;
- correspondent à celles de l'ancienne équipe d'essais du Laboratoire du CCITT, la valeur L_E ayant toutefois été corrigée dans le système de réception NOSFER.

Le quatrième algorithme utilisé est l'algorithme ISO-532B (Zwicker).

3.2 *Comparaison de divers algorithmes*

Les quatre algorithmes utilisés dans ce Supplément sont le P.XXE, l'algorithme chinois, le P.79 Cor. et l'ISO-532B.

3.2.1 *CEF du système de référence*

3.2.1.1 Les données de caractéristique d'efficacité en fonction de la fréquence (CEF) du système d'émission et du système de réception (sans fuite acoustique) du NOSFER proviennent de la Recommandation P.42 du *Livre rouge*. L'affaiblissement de couplage à la partie réceptrice du NOSFER est inclus dans les calculs des CEF de réception.

Il y a plusieurs années, l'Administration chinoise avait relevé que les données CEF du système de réception NOSFER, mesurées par l'oreille artificielle IEC 318 avec la plaque plane, différaient considérablement de celles mesurées par l'oreille de l'opérateur, et avait mesuré les valeurs de L_E correspondant au type d'écouteur DR-701 utilisé par l'équipe chinoise dans le système de réception du NOSFER.

Ce point de vue a été vérifié par de nombreuses Administrations et a été accepté dans l'ensemble par la Commission d'études XII du CCITT. Les valeurs de L_E utilisées dans ce Supplément sont celles correspondant aux valeurs utilisées par l'équipe d'essais du Laboratoire du CCITT, comme indiqué par l'Administration française (contribution COM XII-111, 1985-1988) (voir tableau 3-1).

3.2.1.2 Les données CEF du SRI proviennent de la Recommandation P.48, et les valeurs CEF du système de réception sont corrigées par l'utilisation des valeurs L_E données dans la Recommandation P.79.

3.2.2 *Paramètre de pente m et fonctions G*

Les méthodes d'estimation de m et de G sont décrites dans les contributions COM XII-3 et COM XII-10 (1981-1984).

3.2.2.1 *Algorithme P.79 Cor. (m = 0,175)*

Les valeurs du paramètre de pente m et des fonctions G dans la Recommandation P.79 sont dérivées des résultats de l'essai d'affaiblissement en sonie par filtrage qu'avait obtenus l'ancienne équipe d'essais du Laboratoire du CCITT, et il n'est pas tenu compte de la fuite acoustique entre l'oreille de l'opérateur et l'écouteur du NOSFER. Les valeurs des fonctions G données dans la Recommandation P.79 doivent donc être corrigées. Les résultats des fonctions G après correction du L_E sont donnés au tableau 3-2.

TABLEAU 3-1

Affaiblissement de couplage acoustique L_E utilisé dans les calculs

Fréquence	L_E NOSFER	L_E P.79
100	0,9	20,0
125	0,2	16,5
160	−0,6	12,5
200	−1,6	8,4
250	−2,9	4,9
315	−4,2	1,0
400	−5,3	−0,7
500	−5,4	−2,2
630	−4,9	−2,6
800	−4,6	−3,2
1000	−4,5	−2,3
1250	−3,9	−1,2
1600	−4,6	−0,1
2000	−3,3	3,6
2500	−3,2	7,4
3150	−3,3	6,7
4000	−3,7	8,8
5000	−2,9	10,0
6300	−0,8	12,5
8000	−0,8	15,0

TABLEAU 3-2

10 $\log_{10}$ G de divers algorithmes

Fréquence	P.79 Cor.	P.XXE	Chinois
100	−31,86	−35,90	−30,67
125	−28,58	−34,11	−30,63
160	−27,14	−32,94	−30,68
200	−28,13	−31,50	−30,81
250	−28,48	−30,96	−31,02
315	−31,22	−31,21	−31,35
400	−30,10	−31,15	−31,79
500	−33,02	−30,97	−32,33
630	−33,46	−32,13	−33,00
800	−34,34	−33,05	−33,83
1000	−35,51	−34,50	−34,74
1250	−37,97	−35,91	−35,78
1600	−38,60	−37,14	−37,10
2000	−41,22	−38,50	−38,46
2500	−41,66	−39,66	−39,96
3150	−45,77	−41,11	−41,70
4000	−43,54	−43,45	−43,68
5000	−47,03	−45,37	−45,71
6300	−48,03		−48,01
8000	−46,32		−50,60

3.2.2.2 *Algorithme P.XXE (m = 0,225)*

Les valeurs du paramètre de pente m et des fonctions G proviennent du tableau 1 de la page 185 du document COM XII-1 [2]. Voir également le tableau 3-2 du présent Supplément.

3.2.2.3 *Algorithme chinois (m = 0,2)*

On utilise ici les résultats des fonctions G lissées [voir contribution COM XII-233 (1981-1984)]. Voir également le tableau 3-2.

L'affaiblissement de couplage de l'écouteur NOSFER n'a pas été inclus dans l'estimation des fonctions G, mais cela n'a que peu d'effets sur le résultat lissé des fonctions G.

3.2.3 *Facteurs de pondération W pour le calcul de l'équivalent R25*

Les méthodes permettant de déterminer les facteurs de pondération W sont décrites dans les contributions COM XII-3 et COM XII-10 (1981-1984).

3.2.3.1 *Algorithme P.79 Cor.*

Les facteurs de pondération W sont obtenus à partir des données CEF du NOSFER décrites dans le § 3.2.1.1 et des données correspondant au paramètre m et aux fonctions G données dans le § 3.2.2.1.

3.2.3.2 *Algorithme P.XXE*

Les facteurs de pondération W sont obtenus à partir des données CEF du NOSFER décrites dans le § 3.2.1.1 et des données correspondant au paramètre m et aux fonctions G données dans le § 3.2.2.2. En l'absence d'un jeu complet de données pour les fonctions G aux fréquences hautes et basses, il a fallu choisir pour la contribution du présent § 3 un certain nombre de valeurs arbitraires.

3.2.3.3 *Algorithme chinois*

Les facteurs de pondération W sont obtenus à partir des données CEF du NOSFER décrites dans le § 3.2.1.1 et des données correspondant au paramètre m et aux fonctions G données dans le § 3.2.2.3.

Les facteurs de pondération W obtenus des trois algorithmes mentionnés ci-dessus pour le calcul de l'équivalent R25 sont donnés au tableau 3-3.

3.2.4 *Facteurs de pondération W pour le calcul des équivalents pour la sonie*

Les méthodes de détermination des facteurs de pondération W pour les trois algorithmes sont similaires à celles décrites dans le § 3.2.3, hormis le fait que les données CEF du SRI (avec la valeur L_E de la Recommandation P.79) sont utilisées à la place des données CEF du NOSFER.

Les facteurs de pondération W obtenus des trois algorithmes mentionnés ci-dessus pour le calcul des équivalents pour la sonie sont donnés dans le tableau 3-4.

3.2.5 *Source de données destinées aux caractéristiques d'efficacité en fonction de la fréquence (CEF) des systèmes téléphoniques et valeurs de l'équivalent R25 et de l'équivalent pour la sonie (ES) déterminées subjectivement*

Pour la comparaison entre les résultats déterminés subjectivement et les résultats obtenus par calculs, seules les données relatives aux postes téléphoniques avec des valeurs déterminées subjectivement par la nouvelle équipe d'essais du CCITT et les valeurs de CEF correspondantes peuvent être utilisées.

3.2.5.1 *Dans le cas de l'équivalent R25 à l'émission (ER25E)*

Il n'existe que six ensembles de données de CEF à l'émission fournies par trois postes téléphoniques linéaires dans des conditions de ligne 0/L (c'est-à-dire avec ou sans ligne). Ces données sont tirées du Rapport technique N° 808 du Laboratoire du CCITT (Document temporaire 84, GT XII/1, avril 1987); l'autre ensemble de valeurs déterminées subjectivement est tiré du Rapport technique N° 797 du Laboratoire du CCITT (Document temporaire 78, GT XII/1, avril 1987).

3.2.5.2 *Dans le cas de l'équivalent R25 à la réception (ER25R)*

Les valeurs de ER25R déterminées subjectivement pour certains systèmes téléphoniques sont tirées du Rapport technique N° 797 du Laboratoire du CCITT et les données correspondantes de CEF ont été fournies en octobre 1986 par le Chef du Laboratoire du CCITT.

TABLEAU 3-3

Coefficients de pondération W pour l'équivalent R25

	P.79 Cor.		P.XXE		Chinois	
Fréquence	W_S	W_R	W_S	W_R	W_S	W_R
100	109,6	116,6	106,9	113,9	92,2	99,2
125	82,4	89,8	92,1	99,5	84,5	91,9
160	67,2	75,2	81,2	89,2	78,5	86,5
200	66,6	76,3	69,5	79,2	73,4	83,1
250	60,6	72,7	60,4	72,5	67,2	79,3
315	67,6	82,2	54,3	68,9	61,0	75,6
400	53,8	70,2	47,9	64,3	56,6	73,0
500	63,5	80,8	41,3	58,6	52.9	70,2
630	60,5	75,5	42,4	57,4	51,5	66,5
800	60,8	74,3	42,9	56,4	51,6	65,1
1000	62,6	75,1	45,5	58,0	51,9	64,4
1250	70,5	81,9	47,2	58,6	51,9	63,3
1600	67,3	79,9	47,1	59,7	52,3	64,9
2000	78,4	90,1	50,3	62,0	55,8	67,5
2500	74,8	86,6	50,6	62,4	57,9	69,7
3150	93,2	102,1	53,5	62,4	62,3	71,2
4000	76,7	84,6	61,3	69,2	69,2	77,1
5000	88,8	103,3	63,2	77,7	72,2	86,7
6300	84,9	110,0	92,2	117,3	74,9	100,0
8000	80,4	99,1	102,7	121,4	93,8	112,5
	$m = 0{,}175$		$m = 0{,}225$		$m = 0{,}2$	

3.2.5.3 *Dans les cas de l'équivalent pour la sonie à l'émission (ESE) et de l'équivalent pour la sonie à la réception (ESR)*

Les valeurs déterminées subjectivement sont tirées du Rapport technique N° 771 du Laboratoire du CCITT (Document temporaire 42, GT XII/1, mai 1986) et les données correspondantes de CEF (données d'émission mesurées à la position de l'anneau de garde pour l'évaluation de l'équivalent pour la sonie – PGES) ont également été fournies par le Laboratoire du CCITT.

3.2.6 *Méthode de calcul*

3.2.6.1 Pour les algorithmes P.79 Cor., P.XXE et l'algorithme chinois, les équations utilisées pour le calcul de ER25E, ER25R, ESE et ESR sont les suivantes:

$$ER25E = -\frac{10}{m}\log_{10}\sum_{i}^{N} 10^{m(SUMJ-WS)/10}$$

$$ER25R = -\frac{10}{m}\log_{10}\sum_{i}^{N} 10^{m(SUJE-WR)/10}$$

$$ESE = -\frac{10}{m}\log_{10}\sum_{i}^{N} 10^{m(SUMJ-WS)/10}$$

$$ESR = -\frac{10}{m}\log_{10}\sum_{i}^{N} 10^{m(SUJE-WR)/10}$$

TABLEAU 3-4

Coefficients de pondération W pour le calcul de l'équivalent pour la sonie (ES)

	P.79 Cor.		P.XXE		Chinois	
Fréquence	W_S	W_R	W_S	W_R	W_S	W_R
100	149,3	147,6	150,0	150,0	135,7	134,0
125	111,4	112,2	150,0	150,0	117,2	118,0
160	85,3	87,6	150,0	150,0	100,3	102,5
200	74,4	82,5	82,5	90,6	85,0	93,1
250	61,5	73,6	66,7	78,8	71,9	84,0
315	62,2	79,2	54,0	71,0	59,3	76,3
400	46,0	65,0	45,1	64,1	52,4	71,4
500	54,6	75,0	37,4	57,8	47,6	68,0
630	49,4	70,0	36,1	56,7	44,2	64,8
800	48,2	68,6	35,5	55,9	42,6	63,0
1000	50,6	69,2	38,8	57,4	43,6	62,2
1250	59,0	75,0	41,0	57,0	44,2	60,2
1600	57,3	71,0	42,3	56,0	45,8	59,5
2000	71,5	80,7	48,6	57,8	52,5	61,7
2500	71,8	75,7	52,7	56,6	58,8	62,7
3150	88,5	92,6	54,0	58,1	61,5	65,6
4000	116,7	113,5	106,5	103,3	112,7	109,5
5000	155,9	143,2	150,0	150,0	143,0	130,3
6300	170,0	163,6	150,0	150,0	163,8	157,4
8000	180,0	165,0	150,0	150,0	196,7	181,7
	m = 0,175		m = 0,225		m = 0,2	

Il convient de noter que:

- des valeurs différentes de m et de coefficients de pondération W sont utilisées pour les trois différents algorithmes susmentionnés;
- les valeurs de W_S pour le calcul de ER25E sont différentes de celles utilisées pour le calcul de ESE dans le même algorithme. Il en est de même pour les valeurs de W_R par rapport aux valeurs de ER25R et de ESR;
- S_{UMJ} correspond aux valeurs de CEF d'émission des systèmes téléphoniques mesurées à la position de conversation pour l'équivalent de référence (PCER) et à la PGES pour le calcul de, respectivement, ER25E et ESE; et
- les valeurs de L_E énumérées dans la Recommandation P.79 servent à corriger les systèmes de réception téléphoniques pour le calcul de ER25R et de ESR.

3.2.6.2 *Méthode utilisant l'algorithme ISO-532B*

a) signal d'entrée: on utilise le spectre de la parole à long terme indiqué dans la Recommandation P.50 et des données correspondant au 1/3 de l'octave;

b) système de référence: *émission du NOSFER + 25 dB + réception du NOSFER* pour ER25 et *émission du SRI + 18 dB + réception du SRI* pour l'équivalent pour la sonie (ES);

c) système soumis à l'essai: il varie selon les éléments d'essais. Par exemple, dans le cas de ER25E, émission soumise à l'essai + affaiblisseur variable (X) + réception du NOSFER.

Procéder comme suit:

1) calcul de la sonie du système de référence au moyen de l'algorithme ISO-532B sur la base des niveaux de sortie dans les bandes au 1/3 d'octave du système de référence;

2) calcul de la sonie du système soumis à l'essai au moyen de l'algorithme ISO-532B sur la base des niveaux de sortie dans les bandes au 1/3 d'octave du système soumis à l'essai, modification de la valeur d'affaiblissement X de l'affaiblisseur variable jusqu'à ce que la sonie calculée soit identique à celle du système de référence;

3) on a alors:

$$ER25 = 25 - X$$

$$ES = 18 - X$$

Avec le calcul de ER25 et de ES au moyen de l'algorithme ISO-532B, les données de CEF des systèmes de référence et des systèmes téléphoniques sont identiques aux données utilisées dans les autres algorithmes susmentionnés.

3.2.7 *Résultats obtenus par calculs*

On trouvera aux tableaux 3-5a) à 3-5d) les valeurs déterminées subjectivement de ER25E, ER25R, ESE et ESR, les résultats obtenus par calculs au moyen de divers algorithmes ainsi que les différences entre les valeurs déterminées subjectivement et les résultats obtenus par calculs.

Afin de permettre des comparaisons, les résultats moyens calculés par l'application des quatre algorithmes sont résumés au tableau 3-6.

3.3 *Discussion*

Avant d'analyser les résultats obtenus par calculs, il est nécessaire de garder à l'esprit l'effet de la diffraction produit par la tête de l'opérateur et la réverbération de la salle d'essais sur la CEF d'émission du NOSFER. Suite à cet effet, la différence constatée dans la CEF d'émission entre le point de référence de la bouche du système NOSFER et un point situé à 140 mm devant les lèvres de l'opérateur est inférieure à 13,46 dB dans des conditions idéales, c'est-à-dire que la source sonore humaine réelle est considérée comme une source sonore virtuelle située à 6 mm derrière les lèvres et avec l'hypothèse que le son est émis dans un champ libre. Dans la salle d'essais subjectifs utilisée en Chine, cette différence a été mesurée avec une correction moyenne de 1 à 1,5 dB pour chaque fréquence [voir la contribution COM XII-209 (1985-1988)]. Cet effet n'a été inclus dans aucun des quatre algorithmes étudiés ci-dessus.

3.3.1 Les résultats de ER25E et ER25R calculés avec l'algorithme Rec. P.79 Cor. sont d'environ 1,5 à 2 dB supérieurs aux valeurs déterminées subjectivement. Cela peut se comprendre puisque les valeurs du paramètre de pente m et les fonctions G ont été estimées sur la base des résultats d'essais de filtre obtenus par l'ancienne équipe d'essais du CCITT.

3.3.2 L'algorithme P.XXE et l'algorithme chinois peuvent tous deux servir d'algorithmes uniformes pour le calcul de ER25 et de ES. Le ER25E calculé par l'algorithme P.XXE est d'environ 1 dB inférieur au résultat subjectif, mais après correction de la différence due à la diffraction par la tête de l'opérateur et à la réverbération de la salle d'essais, comme étudié au § 3.3, les valeurs subjectives et objectives de ER25E peuvent assez bien concorder. Etant donné qu'à des fréquences élevées et basses, certaines valeurs des fonctions G et des coefficients de pondération W utilisées dans l'algorithme P.XXE ont été choisies arbitrairement et qu'il convient d'effectuer une correction des CEF d'émission du NOSFER, l'algorithme chinois pourrait être meilleur que l'algorithme P.XXE utilisé actuellement.

3.3.3 Les résultats calculés avec l'algorithme ISO-532B sont conformes aux résultats d'essais subjectifs correspondants. On a noté toutefois que l'écart type pour les valeurs moyennes des différences de ER25E, ESE et ESR est supérieur à celui que l'on observe avec les autres algorithmes. De plus, l'algorithme ISO-532B est bien plus compliqué que les autres algorithmes. C'est pourquoi il ne constitue peut-être pas le meilleur choix.

3.3.4 La différence entre les résultats de ESE et ESR calculés avec l'algorithme Rec. P.79 Cor. et les mêmes résultats calculés avec l'algorithme Rec. P.79 d'origine est en général inférieure à 0,1 dB.

3.3.5 Il n'est pas conseillé d'utiliser l'algorithme Rec. P.79 Cor. pour calculer les valeurs d'équivalent R25 en raison de la différence considérable constatée entre les valeurs calculées et les valeurs déterminées subjectivement.

La différence entre les valeurs de ER25E pour un appareil téléphonique déterminées subjectivement par, respectivement, l'ancienne équipe d'essais et la nouvelle, est comprise entre environ 4 et 6 dB, alors que la différence calculée par l'algorithme Rec. P.79 Cor., d'une part, et par l'algorithme chinois, d'autre part, est d'environ 2 dB.

La valeur de ER25 calculée par l'algorithme Rec. P.79 Cor. n'est pas plus conforme à la valeur déterminée subjectivement par l'ancienne équipe d'essais.

3.4 *Conclusions*

Un algorithme simple, tel que l'algorithme chinois, peut servir d'algorithme normalisé pour le calcul de ER25 et de ES. Les résultats calculés et les résultats déterminés subjectivement par la nouvelle équipe d'essais du Laboratoire du CCITT concordent bien.

Il convient de réviser la notion apparaissant dans certaines Recommandations selon laquelle un algorithme simple ne peut être utilisé pour la comparaison de la sonie des systèmes à large bande.

4 **Coefficients d'équivalent pour la sonie provenant d'évaluations subjectives de la parole avec filtres passe-haut et passe-bas** (Contribution d'ELLEMTEL, Suède)

4.1 *Introduction*

La forme exacte de la pondération en fréquence de l'algorithme de calcul des équivalents pour la sonie n'a pas une très grande importance pour calculer des valeurs d'équivalent pour la sonie destinées à des évaluations de planification courante. Néamoins, des coefficients d'une valeur raisonnablement proche de la réalité sont nécessaires pour une analyse plus détaillée, par exemple des effets de la distorsion d'affaiblissement et des limitations de largeur de bande.

On peut établir les paramètres des équivalents pour la sonie à partir des statistiques connues du spectre de puissance «moyen» de la parole et des courbes de réponse en fréquence pour le seuil d'audibilité «moyen».

Un autre procédé direct consiste à faire des essais d'écoute subjectifs pour déterminer l'influence des filtres passe-bas et passe-haut variables dans un circuit de type NOSFER. Des mesures de ce type ont été faites bien des fois dans le passé. Le présent § 4 utilise quatre séries de données dont trois émanent de STL [4] et une de la République populaire de Chine [5].

On sait que l'évaluation subjective de la sonie présente des difficultés. Une condition essentielle est que l'équipe d'essai se compose de «gens ordinaires» pour ce qui est de l'élocution et de l'audition. Par ailleurs, l'équipe doit avoir pour instruction de juger «l'impression de sonie» et non «l'impression de qualité» de la limitation de largeur de bande. L'équipe d'essai du CCITT ne semble pas avoir rempli ces conditions lors des mesures qu'elle a faites pour établir l'algorithme P.79.

4.2 *Obtention des coefficients d'équivalents pour la sonie*

Pour les spectres de bruit complexes avec constante de temps, les effets de masque entre bandes de fréquences doivent être pris en considération, c'est-à-dire qu'il convient d'utiliser l'algorithme de Zwicker pour évaluer la sonie. Cependant, on peut douter que cette méthode complexe soit vraiment nécessaire (voire simplement appropriée) pour les signaux vocaux. Nous appliquerons plutôt le modèle classique d'«impression de sonie physiologique», qui est plus simple, pour essayer d'interpréter les résultats subjectifs.

Nous donnerons l'expression pour l'équivalent pour la sonie A résultant de l'insertion d'un filtre dans la partie électrique du trajet de transmission des sons vocaux de la bouche à l'oreille. Pour faciliter le traitement mathématique, la sommation habituelle dans les bandes à un tiers d'octave est remplacée par une intégration continue sur une échelle de fréquence logarithmique.

TABLEAU 3-5

a) **Comparaison des résultats subjectifs et des résultats calculés avec l'algorithme Rec. P.79 Cor.**

ER25E

Ensemble	Subjectif 1	Subjectif 2	Calculé	Différence 1	Différence 2
F6/0	+3,35	+2,45	+4,37	+1,02	+1,92
F6/L	+10,97	+10,93	+13,29	+2,32	+2,36
Q1/0	+5,62	+5,33	+6,52	+0,90	+1,19
Q1/L	+15,72	+14,85	+16,01	+0,29	+1,16
E5/0	+11,23	+11,23	+13,39	+2,16	+2,16
E5/L	+20,85	+20,85	+23,52	+2,67	+2,67
Moyenne				+1,56 dB	+1,91 dB
Ecart type				0,87 dB	0,57 dB

ER25R

Ensemble	Subjectif	Calculé	Différence
D3/0	−5,45	−2,37	+3,08
D3/L	+0,15	+2,35	+2,20
E5/0	−4,98	−2,97	+2,01
E5/L	+1,58	+2,49	+0,91
F6/0	−1,55	+1,80	+3,35
F6/L	+7,00	+9,47	+2,47
G5/0	−6,67	−5,59	+1,08
G5/L	−0,23	+0,43	+0,66
Q1/0	−2,35	−1,12	+1,23
Q1/L	+6,48	+6,87	+0,39
R2/0	−8,80	−6,95	+1,85
R2/L	−1,13	+0,43	+1,56
T1/0	−2,98	−0,44	+2,54
T1/L	+1,88	+3,82	+1,94
U1/0	−5,25	−2,54	+2,71
U1/L	−1,03	+0,37	+1,40
V1/0	−8,95	−7,25	+1,70
V1/L	−1,75	+0,09	+1,84
Moyenne			+1,83 dB
Ecart type			0,79 dB

ESE

Ensemble	Subjectif	Calculé	Différence
D3/0	+4,45	+3,11	−1,34
D3/L	+5,75	+4,16	−1,59
D4/0	+2,55	+2,28	−0,27
D4/L	+3,65	+3,42	−0,23
F6/0	−0,55	+0,64	+1,19
F6/L	+8,95	+9,26	+0,31
F7/0	+1,10	+0,83	−0,27
F7/L	+10,20	+9,59	−0,61
T1/0	+7,80	+8,40	+0,60
T1/L	+12,00	+12,25	+0,25
T2/0	+10,45	+9,12	−1,33
T2/L	+15,00	+13,09	−1,91
U1/0	+5,55	+5,52	−0,03
U1/L	+10,30	+10,02	−0,28
Moyenne			−0,39 dB
Ecart type			0,85 dB

ESR

Ensemble	Subjectif	Calculé	Différence
D3/0	−6,85	−6,31	+0,54
D3/L	−1,45	−1,41	+0,04
D4/0	−9,15	−6,98	+2,17
D4/L	−3,75	−2,08	+1,67
F6/0	−2,45	−2,76	−0,31
F6/L	+5,55	+5,04	−0,51
F7/0	−1,50	−2,88	−1,38
F7/L	+6,05	+4,95	−1,10
T1/0	−5,55	−4,17	+1,38
T1/L	−0,30	+0,12	+0,42
T2/0	−3,75	−4,05	−0,30
T2/L	+2,25	+0,78	−1,47
U1/0	−6,85	−6,65	+0,20
U1/L	−2,30	−3,52	−1,22
Moyenne			+0,01 dB
Ecart type			1,11 dB

TABLEAU 3-5 *(suite)*

b) **Comparaison des résultats subjectifs et des résultats calculés avec l'algorithme P.XXE**

ER25E

Ensemble	Subjectif 1	Subjectif 2	Calculé	Différence 1	Différence 2
F6/0	+3,35	+2,45	+0,92	−2,43	−1,53
F6/L	+10,97	+10,93	+10,61	−0,36	−0,32
Q1/0	+5,62	+5,33	+4,33	−1,29	−1,00
Q1/L	+15,72	+14,85	+14,02	−1,70	−0,83
E5/0	+11,23	+11,23	+9,54	−1,69	−1,69
E5/L	+20,85	+20,85	+19,84	−1,01	−1,01
Moyenne				−1,41 dB	−1,06 dB
Ecart type				0,64 dB	0,45 dB

ER25R

Ensemble	Subjectif	Calculé	Différence
D3/0	−5,45	−4,79	+0,66
D3/L	+0,15	+0,68	+0,53
E5/0	−4,98	−5,87	−0,89
E5/L	+1,58	−0,08	−1,66
F6/0	−1,55	−1,58	−0,03
F6/L	+7,00	+6,69	−0,31
G5/0	−6,67	−7,34	−0,67
G5/L	−0,23	−1,00	−0,77
Q1/0	−2,35	−3,08	−0,73
Q1/L	+6,48	+5,00	−1,48
R2/0	−8,80	−8,87	−0,07
R2/L	−1,13	−1,10	+0,03
T1/0	−2,98	−2,91	+0,07
T1/L	+1,88	+1,91	+0,03
U1/0	−5,25	−5,11	+0,14
U1/L	−1,03	−1,43	−0,40
V1/0	−8,95	−9,35	−0,40
V1/L	−1,75	−1,79	−0,04
Moyenne			−0,33 dB
Ecart type			0,60 dB

ESE

Ensemble	Subjectif	Calculé	Différence
D3/0	+4,45	+3,81	−0,64
D3/L	+5,75	+4,64	−1,11
D4/0	+2,55	+3,08	+0,53
D4/L	+3,65	+3,95	+0,30
F6/0	−0,55	+0,09	+0,64
F6/L	+8,95	+9,46	+0,51
F7/0	+1,10	+0,29	−0,81
F7/L	+10,20	+9,80	−0,40
T1/0	+7,80	+9,02	+1,22
T1/L	+12,00	+13,38	+1,38
T2/0	+10,45	+9,70	−0,75
T2/L	+15,00	+14,13	−0,87
U1/0	+5,55	+6,16	+0,61
U1/L	+10,30	+11,32	+1,02
Moyenne			+0,12 dB
Ecart type			0,82 dB

ESR

Ensemble	Subjectif	Calculé	Différence
D3/0	−6,85	−5,61	+1,24
D3/L	−1,45	−0,01	+1,44
D4/0	−9,15	−6,22	+2,93
D4/L	−3,75	−0,53	+3,22
F6/0	−2,45	−2,77	−0,32
F6/L	+5,55	+5,69	+0,14
F7/0	−1,50	−2,86	−1,36
F7/L	+6,05	+5,54	−0,51
T1/0	−5,55	−3,63	+1,92
T1/L	−0,30	+1,25	+1,55
T2/0	−3,75	−3,42	+0,33
T2/L	+2,25	+2,01	−0,24
U1/0	−6,85	−6,06	+0,79
U1/L	−2,30	−2,18	+0,12
Moyenne			+0,80 dB
Ecart type			1,27 dB

TABLEAU 3-5 *(suite)*

c) **Comparaison des résultats subjectifs et des résultats calculés avec l'algorithme chinois**

ER25E

Ensemble	Subjectif 1	Subjectif 2	Calculé	Différence 1	Différence 2
F6/0	+3,35	+2,45	+1,78	−1,57	−0,67
F6/L	+10,97	+10,93	+11,52	+0,55	+0,59
Q1/0	+5,62	+5,33	+5,00	−0,62	−0,33
Q1/L	+15,72	+14,85	+14,82	−0,90	−0,03
E5/0	+11,23	+11,23	+10,37	−0,86	−0,86
E5/L	+20,85	+20,85	+20,85	+0,00	+0,00
Moyenne				−0,57 dB	−0,22 dB
Ecart type				0,68 dB	0,48 dB

ER25R

Ensemble	Subjectif	Calculé	Différence
D3/0	−5,45	−3,89	+1,56
D3/L	+0,15	+1,54	+1,39
E5/0	−4,98	−4,72	+0,26
E5/L	+1,58	+1,16	−0,42
F6/0	−1,55	−0,44	+1,11
F6/L	+7,00	+7,91	+0,91
G5/0	−6,67	−6,33	+0,34
G5/L	−0,23	+0,07	+0,30
Q1/0	−2,35	−2,18	+0,17
Q1/L	+6,48	+6,01	−0,47
R2/0	−8,80	−8,02	+0,78
R2/L	−1,13	−0,11	+1,02
T1/0	−2,98	−2,10	+0,88
T1/L	+1,88	+2,75	+0,87
U1/0	−5,25	−4,17	+1,08
U1/L	−1,03	−0,47	+0,56
V1/0	−8,95	−8,41	+0,54
V1/L	−1,75	−0,67	+1,08
Moyenne			+0,67 dB
Ecart type			0,54 dB

ESE

Ensemble	Subjectif	Calculé	Différence
D3/0	+4,45	+3,72	−0,73
D3/L	+5,75	+4,61	−1,14
D4/0	+2,55	+3,01	+0,46
D4/L	+3,65	+3,96	+0,31
F6/0	−0,55	+0,12	+0,67
F6/L	+8,95	+9,55	+0,60
F7/0	+1,10	+0,28	−0,82
F7/L	+10,20	+9,83	−0,37
T1/0	+7,80	+9,02	+1,22
T1/L	+12,00	+13,44	+1,44
T2/0	+10,45	+9,71	−0,74
T2/L	+15,00	+14,21	−0,79
U1/0	+5,55	+6,08	+0,53
U1/L	+10,30	+11,31	+1,01
Moyenne			+0,12 dB
Ecart type			0,83 dB

ESR

Ensemble	Subjectif	Calculé	Différence
D3/0	−6,85	−5,82	+1,03
D3/L	−1,45	−0,26	+1,19
D4/0	−9,15	−6,42	+2,73
D4/L	−3,75	−0,77	+2,98
F6/0	−2,45	−2,83	−0,38
F6/L	+5,55	+5,70	+0,15
F7/0	−1,50	−2,90	−1,40
F7/L	+6,05	+5,56	−0,49
T1/0	−5,55	−3,90	+1,65
T1/L	−0,30	+1,00	+1,30
T2/0	−3,75	−3,71	+0,04
T2/L	+2,25	+1,75	−0,50
U1/0	−6,85	−6,24	+0,61
U1/L	−2,30	−2,34	−0,04
Moyenne			+0,63 dB
Ecart type			1,21 dB

TABLEAU 3-5 *(suite)*

d) **Comparaison des résultats subjectifs et des résultats calculés avec l'algorithme ISO-532B**

ER25E

Ensemble	Subjectif 1	Subjectif 2	Calculé	Différence 1	Différence 2
F6/0	+3,35	+2,45	+0,33	−3,02	−2,12
F6/L	+10,97	+10,93	+10,62	−0,35	−0,31
Q1/0	+5,62	+5,33	+4,87	−0,75	−0,46
Q1/L	+15,72	+14,85	+14,79	−0,93	−0,06
E5/0	+11,23	+11,23	+9,74	−1,49	−1,49
E5/L	+20,85	+20,85	+20,49	−0,36	−0,36
Moyenne				−1,15 dB	−0,06 dB
Ecart type				0,92 dB	1,05 dB

ER25R

Ensemble	Equivalent R25	Calculé	Différence
D3/0	−5,45	−4,33	+1,12
D3/L	+0,15	+1,14	+0,99
E5/0	−4,98	−5,14	−0,16
E5/L	+1,58	+0,70	−0,88
F6/0	−1,55	−1,61	−0,06
F6/L	+7,00	+6,95	−0,05
G5/0	−6,67	−6,78	−0,11
G5/L	−0,23	−0,35	−0,12
Q1/0	−2,35	−2,28	+0,07
Q1/L	+6,48	+5,78	−0,70
R2/0	−8,80	−8,35	+0,45
R2/L	−1,13	−0,54	+0,59
T1/0	−2,98	−2,39	+0,59
T1/L	+1,88	+2,45	+0,57
U1/0	−5,25	−4,45	+0,80
U1/L	−1,03	−0,75	+0,28
V1/0	−8,95	−8,83	+0,12
V1/L	−1,75	−1,16	+0,59
Moyenne			+0,23 dB
Ecart type			0,52 dB

ESE

Ensemble	Subjectif	Calculé	Différence
D3/0	+4,45	+4,13	−0,32
D3/L	+5,75	+5,03	−0,72
D4/0	+2,55	+3,36	+0,81
D4/L	+3,65	+4,34	+0,69
F6/0	−0,55	−0,86	−0,31
F6/L	+8,95	+9,21	+0,26
F7/0	+1,10	−0,70	−1,80
F7/L	+10,20	+9,56	−0,64
T1/0	+7,80	+9,15	+1,35
T1/L	+12,00	+13,72	+1,72
T2/0	+10,45	+9,89	−0,56
T2/L	+15,00	+14,53	−0,47
U1/0	+5,55	+5,79	+0,24
U1/L	+10,30	+11,48	+1,18
Moyenne			+0,10 dB
Ecart type			0,93 dB

ESR

Ensemble	ESR	Calculé	Différence
D3/0	−6,85	−5,87	+0,98
D3/L	−1,45	+0,04	+1,49
D4/0	−9,15	−6,37	+2,78
D4/L	−3,75	−0,37	+3,38
F6/0	−2,45	−3,51	−1,06
F6/L	+5,55	+5,51	−0,04
F7/0	−1,50	−3,60	−2,10
F7/L	+6,05	+5,36	−0,69
T1/0	−5,55	−4,03	+1,52
T1/L	−0,30	+1,26	+1,56
T2/0	−3,75	−3,67	+0,08
T2/L	+2,25	+2,16	−0,09
U1/0	−6,85	−5,88	+0,97
U1/L	−2,30	−1,66	+0,64
Moyenne			+0,67 dB
Ecart type			1,42 dB

TABLEAU 3-6

Résumé des résultats indiquant les différences moyennes entre les ER25 et ES subjectifs et les ER25 et ES calculés avec divers algorithmes ainsi que les écarts types

	ER25E		ER25R		ESE		ESR	
	Moyenne [a]	Ecart type [a]	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type
Chinois	−0,57 −0,22	0,68 0,48	+0,67	0,54	+0,12	0,83	+0,63	1,21
P.XXE	−1,41 −1,06	0,64 0,45	−0,33	0,60	+0,12	0,82	+0,80	1,27
P.79 Cor.	+1,56 +1,91	0,87 0,57	+1,83	0,79	−0,39	0,85	+0,01	1,11
ISO-532B	−1,15 −0,06	0,92 1,05	+0,23	0,52	+0,10	0,93	+0,67	1,42

[a] Les deux valeurs dans chaque case correspondent aux résultats d'essais subjectifs indiqués dans différents rapports techniques du Laboratoire du CCITT.

L'affaiblissement en sonie devient ainsi:

$$A = -\frac{10}{m} \log_{10} \int_{-\infty}^{\infty} K(X) \cdot 10^{-0{,}1 m L(X)} \, dX \qquad (4\text{-}1)$$

où

m	est le facteur d'augmentation de la sonie	
X	est égal à $\log_{10} \{ F/F_0 \}$; $F_0 = 1$ kHz	
$K(X)$	représente les facteurs de pondération de la sonie	(4.2)
$L(X)$	est l'affaiblissement du filtre.	

Pour $K(X)$, il est stipulé que:

$$\int_{-\infty}^{\infty} K(X) = 1 \qquad (4\text{-}3)$$

Autrement, $K(X)$ reste à déterminer ainsi que la valeur de m [néanmoins, dans la formule (4-1), la valeur exacte de m n'a qu'un effet de second ordre, comme cela a été expliqué dans d'autres contributions].

Pour un filtre *passe-haut* donnant lieu à une perte négligeable dans la bande passante et à une coupure brusque à $F = F_c$ ($X = X_c$), on aura

$$A_H = -\frac{10}{m} \log_{10} \int_{X_c}^{\infty} K(X) \, dX \qquad (4\text{-}4)$$

Et de même, pour un filtre *passe-bas:*

$$A_L = -\frac{10}{m} \log_{10} \int_{-\infty}^{X_c} K(X) \, dX \qquad (4\text{-}5)$$

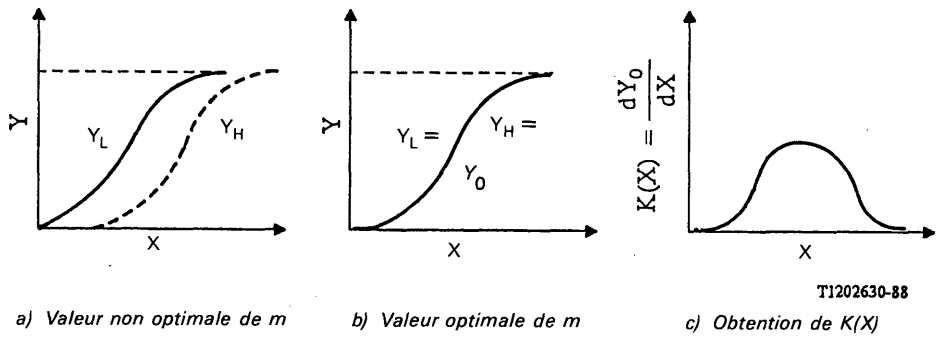
Si on utilise la formule (4-3), on aura:

$$Y = \int_{-\infty}^{X_c} K(X)\,dX = 10^{-0,1mA_L(X_c)} = 1 - 10^{-0,1mA_H(X_c)} \tag{4-6}$$

Pour une valeur choisie de m, on peut alors tracer, en fonction de X_c:

$$\left.\begin{aligned} Y_L &= 10^{-0,1mA_L(X_c)} \\ Y_H &= 1 - 10^{-0,1mA_H(X_c)} \end{aligned}\right\} \tag{4-7}$$

On obtient les courbes en S de la figure 4-1a). Si les deux courbes coïncident à peu près comme sur la figure 4-1b), on aura trouvé la «meilleure» valeur de m. On cherchera ensuite une expression mathématique pour une courbe Y_0 qui concorde relativement bien avec la courbe coïncidente. La dérivée de Y_0 donne ainsi $K(X)$.



a) *Valeur non optimale de m* b) *Valeur optimale de m* c) *Obtention de K(X)*

FIGURE 4-1

Calcul graphique du facteur de pondération de l'affaiblissement en sonie K(X)

Il est vrai que les courbes en S peuvent être décrites par un nombre infini de fonctions mathématiques. Mais l'intégrale d'erreur normale se révèle être un choix judicieux. En traçant $Y(A)$ sur un «diagramme de distribution normal», on obtient des lignes à peu près droites.

Les figures 4-2, 4-3 et 4-4 présentent les résultats obtenus avec les données mentionnées en [4] (les mesures ont été faites chez STL en janvier 1986, mai 1975 et février 1975). Il est intéressant de noter que les points sont bien regroupés autour des lignes droites, notamment sur la figure 4-2. Les courbes $K(X)$ correspondantes sont tracées sur la figure 4-5, ainsi qu'une courbe obtenue à partir de [5], comme présenté en [6].

4.3 *Discussion et conclusions*

Il est remarquable que les courbes de pondération décrites sur la figure 4-5 coïncident aussi bien, alors qu'elles ont été obtenues par des équipes d'essai très différentes.

La courbe 4 de la figure 4-5 a été utilisée comme une sorte de référence pour la mise au point ultérieure d'un algorithme P.79A «simplifié». Les mesures avec filtres passe-haut et passe-bas faites par STL semblent confirmer que cette «référence de pondération» convient tout à fait. Ainsi, l'algorithme P.79A donnera une estimation raisonnable des effets de la distorsion d'affaiblissement et de la limitation de bande.

Autre conclusion: on peut expliquer l'affaiblissement en sonie dû à la distorsion d'affaiblissement et à la limitation de bande par le simple modèle d'équivalent pour la sonie sans recourir à l'algorithme de Zwicker.

La courbe 4 de la figure 4-5 a servi à calculer les 20 coefficients de pondération K_i correspondants pour les fréquences à 1/3 d'octave dans la sommation pour la bande de 0,1 à 8 kHz (voir [6]). Ils sont représentés sur la figure 4-6 avec les valeurs K_i équivalentes pour la Rec. P.79. On voit que la courbe de la Rec. P.79 présente plusieurs points absurdes et qu'elle insiste davantage sur les basses fréquences que sur les fréquences plus élevées. On peut donc considérer que la Recommandation P.79 sous-estime l'influence de la pente d'affaiblissement en fonction de la fréquence sur l'affaiblissement en sonie d'une communication. Cela semble se vérifier expérimentalement, comme mentionné en [7].

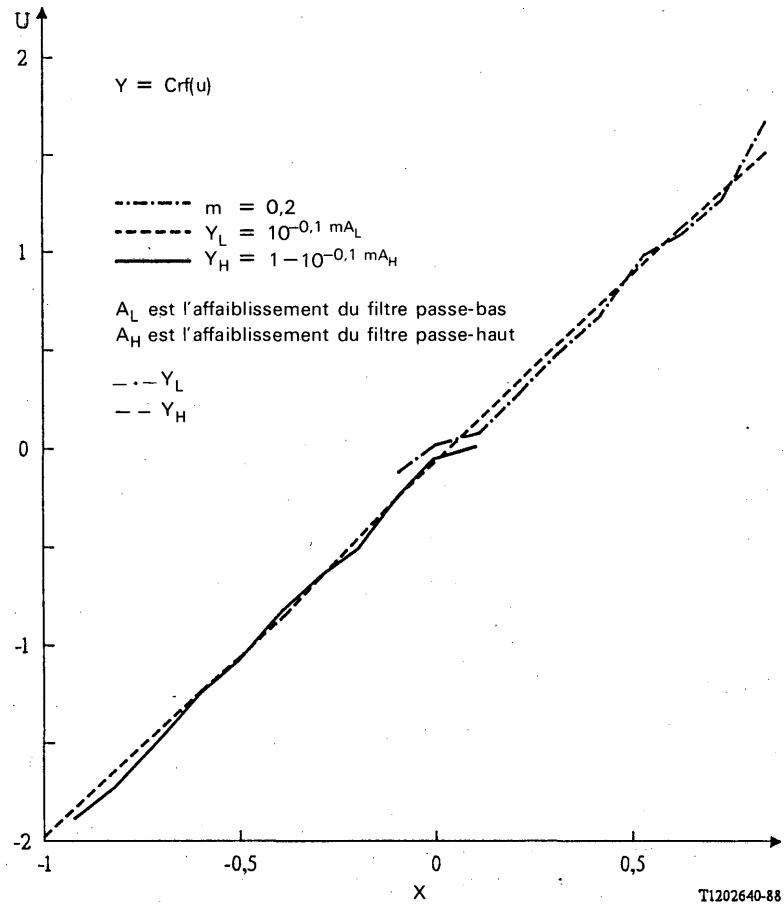


FIGURE 4-2

(de STL; janvier 1986)

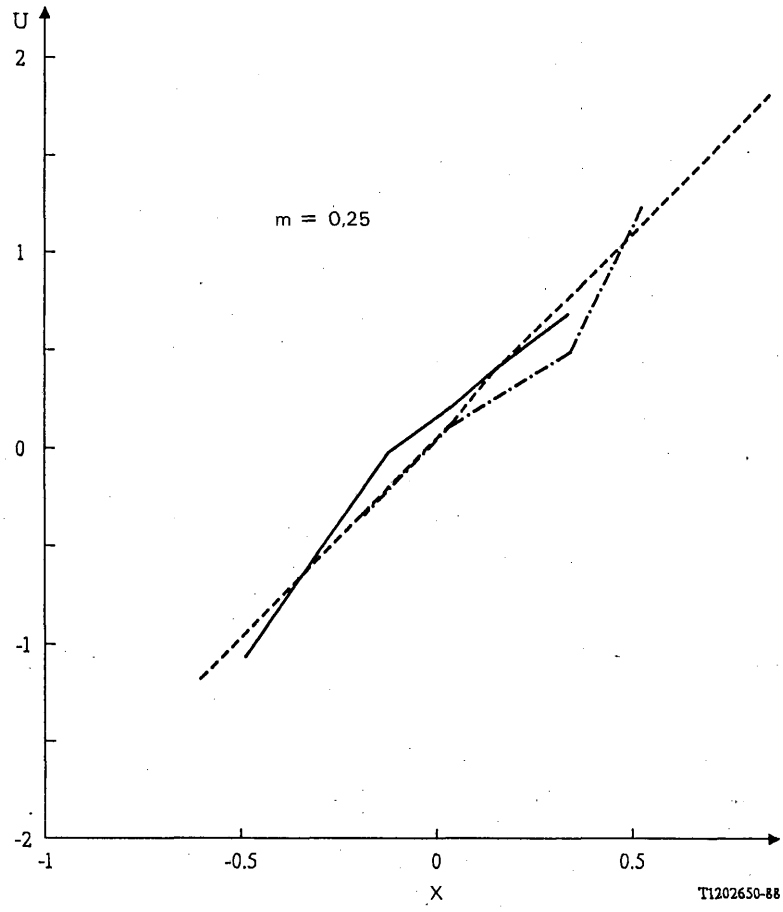


FIGURE 4-3

(de STL; mai 1975)

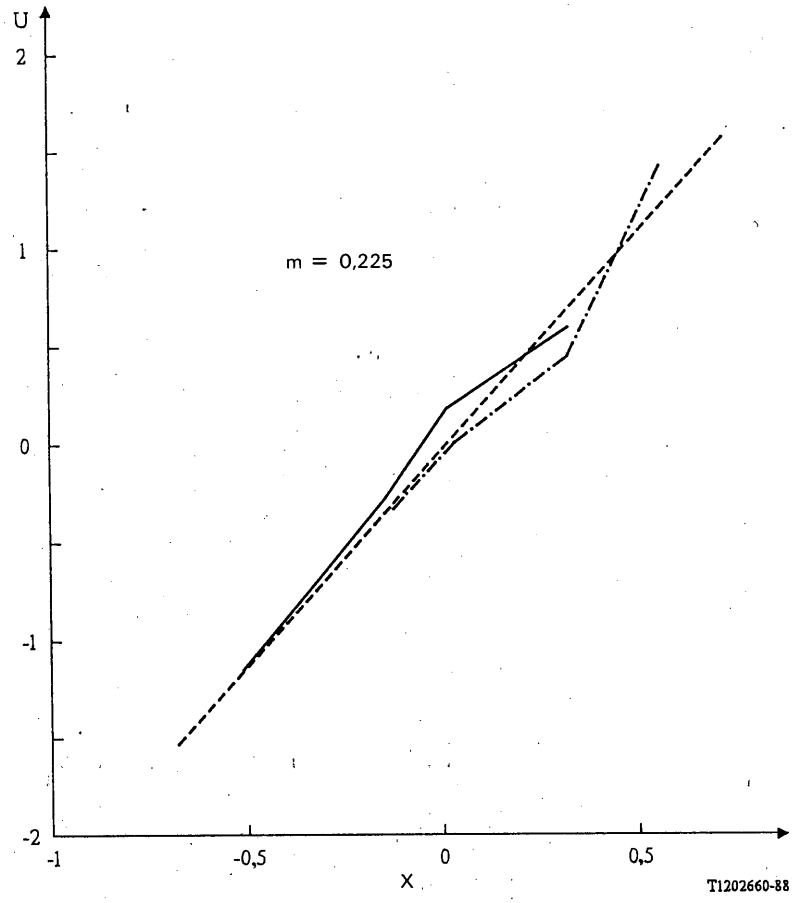
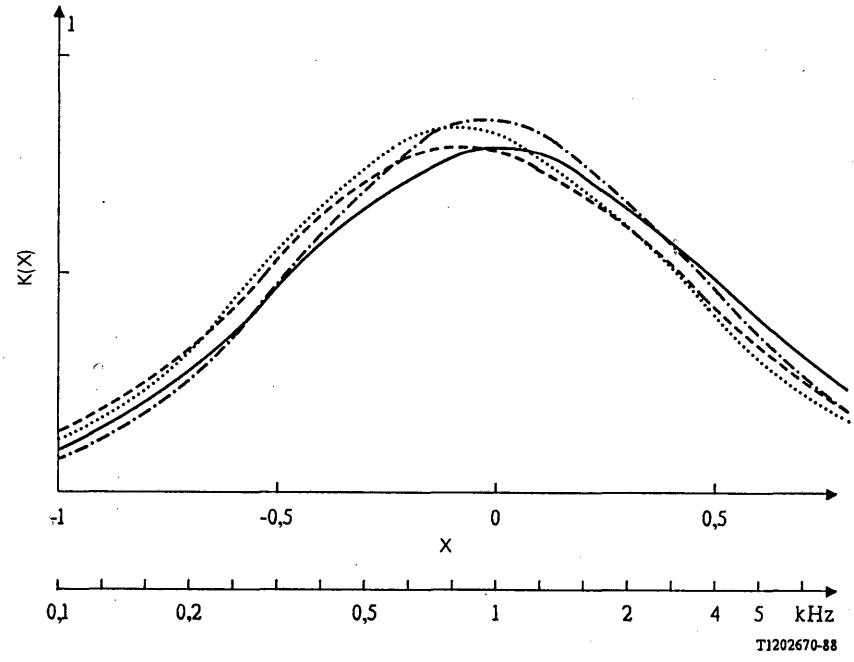


FIGURE 4-4

(de STL; février 1975)



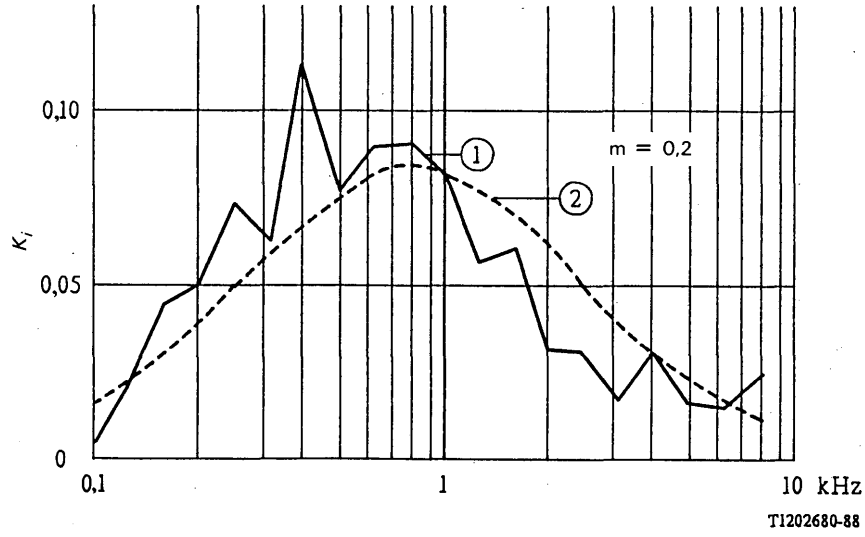
STL; janvier 1986

STL; mai 1975

STL; février 1975

République populaire de Chine [5]

FIGURE 4-5



Courbe 1 : Rec. P.79
Courbe 2 : De courbe 4 sur la figure 4-5

FIGURE 4-6

Coefficients K_i de pondération de l'équivalent pour la sonie
Fréquences à 1/3 d'octave de 0,1 à 8 kHz

5 **Indices de sonie et largeur de bande dans la planification de la transmission** (Contribution d'ELLEMTEL, Suède)

La présente contribution démontre que l'on peut définir les équivalents pour la sonie comme des paramètres «fondamentaux» dans la «bande commune» de 0,3 à 3,4 kHz auxquels on ajoute un facteur E pour les limites inférieure (0,2 kHz) et supérieure (4 kHz) de la bande. Le facteur E peut être déterminé numériquement en utilisant des valeurs d'affaiblissement ou quelques règles simples relatives au réseau. Cette méthode présente l'avantage de simplifier la tâche du planificateur de la transmission.

5.1 *Introduction*

Beaucoup d'Administrations cherchent à maintenir de bonnes caractéristiques de transmission dans une voie téléphonique en utilisant une bande comprise entre 200 et 4000 Hz, au moins sur le réseau d'abonnés. Dès lors, il peut sembler naturel de calculer l'équivalent pour la sonie (ES) en utilisant des paramètres définis pour ladite bande [8]. Comme, dans ce cas, la distorsion d'affaiblissement est limitée à l'intérieur de la bande, les propriétés d'additivité des ES seront satisfaisantes. On peut donc écrire:

$$EGS = ESE + ESJ + ESR$$

Toutefois, il n'est pas rare qu'une connexion comporte des liaisons ayant une importante distorsion d'affaiblissement aux limites de la bande, qui est alors quasiment limitée entre 300 et 3400 Hz (c'est le cas pour un grand nombre de communications internationales). Une limitation aussi sévère de la bande correspond à un accroissement de l'équivalent pour la sonie de plusieurs décibels. Si les ES sont calculés pour la bande de 0,1 à 8 kHz, voire pour la bande de 0,2 à 4 kHz, il n'est plus possible de les additionner sans commettre d'erreurs notables [9] pouvant entraîner des malentendus dans la planification de la transmission.

A priori, plusieurs solutions sont offertes. La première solution revient à ignorer l'amélioration de quelques décibels dont bénéficient éventuellement certaines connexions locales «à large bande». C'est ainsi qu'aux Etats-Unis, la méthode choisie par l'IEEE pour évaluer objectivement l'équivalent pour la sonie (ES) consiste à calculer (ou à mesurer) les ES en utilisant la bande de 0,3 à 3,4 kHz.

La deuxième solution est l'application de facteurs de correction de largeur de bande aux équivalents pour la sonie. On peut faire le rapprochement avec les «équivalents de référence corrigés» (ERC), qui sont adaptés à la perception réelle de la sonie de l'abonné. Un circuit fonctionnant entre 200 et 4000 Hz aura une valeur d'ERC inférieure à celle des circuits qui fonctionnent entre 300 et 3400 Hz et qui présentent le même affaiblissement au milieu de la bande. On tient compte des effets dus à la limitation de bande en corrigeant les valeurs relatives à la bande large par addition de «facteurs D» d'après certaines règles (cependant, il peut arriver que les facteurs D du CCITT ne soient pas tout à fait corrects puisqu'ils résultent de mesures effectuées avec des filtres SRAEN. Ces facteurs ne sont pas vraiment représentatifs des circuits modernes de transmission [10]).

Etant donné que l'on tente actuellement d'améliorer la réponse des voies téléphoniques aux basses fréquences, il semble opportun de calculer les équivalents pour la sonie au moyen d'une méthode qui consiste à utiliser une «bande large» et à faire des corrections.

On trouvera plus loin la description de cette méthode, qui peut être appliquée à la planification de la transmission.

Il s'agit essentiellement de calculer les ES pour la «bande commune» étroite de 0,3 à 3,4 kHz. Les valeurs ainsi obtenues peuvent être additionnées sans perte de précision. Le facteur E, qui sert de correction, est calculé pour la transmission aux limites de la bande et retranché de l'EGS pour la «bande commune» afin d'obtenir l'indice global de sonie en «bande large» [$EGS(W)$].

5.2 *Utilisation du facteur E comme correction de l'équivalent pour la sonie aux limites de la bande*

D'une manière générale, un équivalent pour la sonie peut être assimilé à la «moyenne pondérée en fréquence» d'un affaiblissement électroacoustique.

Selon la Recommandation P.79, les propriétés électroacoustiques doivent être évaluées dans la bande de 0,1 à 8 kHz. Pour des raisons d'ordre pratique, on limite souvent les calculs à la bande de 0,2 à 4 kHz (en retranchant ensuite 0,3 dB des coefficients de pondération du type W_i). Toutefois, seule la bande de 0,3 à 3,4 kHz permet d'assurer un transfert réel des signaux en toutes circonstances. Aux limites de la bande de 0,2 à 0,3 kHz et de 3,4 à 4 kHz, il peut arriver que l'affaiblissement d'une liaison spécifique dans une connexion donnée soit suffisamment important pour interrompre quasiment la transmission. D'où la possibilité d'une mesure réduite de plusieurs décibels dans l'évaluation subjective de la sonie pour un signal vocal.

La méthode adéquate consiste à distinguer l'affaiblissement électroacoustique pour la «bande commune» de 0,3 à 3,4 kHz de l'affaiblissement aux limites de la bande.

Dans la bande commune, chaque liaison est caractérisée par la moyenne pondérée de l'affaiblissement électroacoustique (c'est-à-dire ESE, ESR ou ESJ) et il est possible d'additionner les ES. Par exemple, pour un circuit comme celui présenté à la figure 5-1, qui comprend deux appareils téléphoniques interconnectés par un certain nombre de liaisons de transmission, les relations suivantes s'appliquent à toute interface P entre les liaisons:

$$ESE_P = ESE_0 + \sum_{i=1}^{P} EST_i$$
$$ESR_P = \sum_{i=P+1}^{P} EST_i + ESR_0 \qquad (5\text{-}1)$$

(Tout effet d'affaiblissement par défaut d'adaptation aux interfaces peut être traité comme une forme spéciale d'ESJ.)

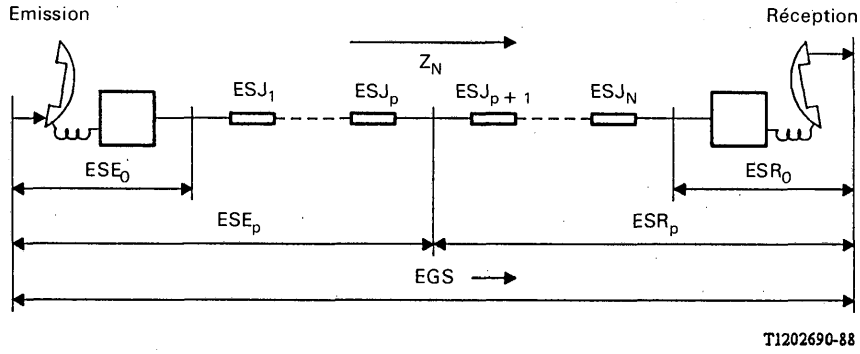


FIGURE 5-1

Equivalents pour la sonie pour des liaisons en cascade

Aux limites de la bande, la communication est caractérisée par son aptitude à transmettre des signaux vocaux, par exemple, le facteur *E*. Pour des affaiblissements nuls aux limites de la bande, la valeur de *E* est de 2,5 dB. (Des détails seront donnés plus loin.)

Pour une communication complète comme le montre la figure 5-1, l'équivalent global pour la sonie est le suivant:

dans la bande commune de 0,3 à 3,4 kHz $EGS = ESE + ESR$ (5-2)

dans la bande entière de 0,2 à 4 kHz $EGS(W) = EGS - E$ (5-3)

On trouvera ci-après les expressions mathématiques générales des équivalents pour la sonie et du facteur *E*. Les § 5.4, 5.5 et 5.6 expliquent comment les appliquer aux appareils téléphoniques et à diverses liaisons de transmission.

Le facteur *E* peut être appelé l'«amélioration de la sonie».

5.3 *Expressions mathématiques générales*

Dans la bande commune de 0,3 à 3,4 kHz, l'algorithme général pour les équivalents pour la sonie peut être exprimé comme suit:

$$ES = L_0 + \overline{L} \qquad (5\text{-}4)$$

$$\overline{L} = -\frac{10}{m} \log_{10} \sum_{i=1}^{N} K_i \cdot 10^{-0,1mL_i} \qquad (5\text{-}5)$$

(La sommation étant faite pour f_i = 0,315 ... 3,15, avec des fréquences de l'ISO espacées d'un tiers d'octave)

où

L_i est l'affaiblissement électroacoustique valable pour l'équivalent pour la sonie

L_0, K_i et m représentent des constantes qui seront définies plus loin.

Remarque – Comme expliqué en [11], les expressions (5-4) et (5-5) sont mathématiquement équivalentes à l'«algorithme de type W_i», mais leur utilisation se prête mieux à l'analyse qui suit.

Lorsque l'étalement entre le minimum et le maximum des L_i est raisonnable, on peut utiliser pour $\overline{L}$ l'algorithme suivant:

$$\overline{L} = \sum_{i=1}^{11} K_i L_i \qquad (5\text{-}6)$$

L'équivalent global pour la sonie dans la bande entière de 0,2 à 4 kHz a été donné par l'expression (5-3), c'est-à-dire:

$$EGS(W) = EGS - E$$

L'expression du facteur E est la suivante:

$$E = C_1 \cdot 10^{-0,1m(L_{01}-\overline{L})} + C_2 \cdot 10^{-0,1m(L_{02}-\overline{L})} + C_3 \cdot 10^{-0,1m(L_{03}-\overline{L})} \qquad (5\text{-}7)$$

où

L_{01}, L_{02}, L_{03} sont les affaiblissements aux limites de la bande à 0,2, 0,25 et 4 kHz

C_1, C_2 et C_3 représentent des constantes qui seront définies plus loin. (Se reporter à l'annexe A pour les calculs.)

En principe, les constantes des expressions (5-4) et (5-5) peuvent être obtenues avec n'importe quel algorithme défini pour le calcul de l'équivalent pour la sonie. Toutefois, l'algorithme de la Recommandation P.79 se prête moins à une utilisation dans le contexte de la planification de la transmission parce qu'il manque de précision, comme le font remarquer les références [11] et [7]. L'algorithme très simple appelé algorithme «C» en [11] semble être au moins aussi précis que tous les autres algorithmes étudiés jusqu'à présent et c'est donc lui qui a été choisi ici (il présente également l'avantage d'être très voisin de l'équivalent objectif pour la sonie de l'IEEE).

Les constantes des expressions (5-4), (5-5), (5-6) et (5-7) figurent aux tableaux 5-1 et 5-2.

TABLEAU 5-1

Constantes des expressions (5-4), (5-5) et (5-6)

K_i = 0,05 pour f_i = 0,315 et 3,15 kHz
K_i = 0,1 pour f_i = 0,4, 0,5 ... 2, 2,5 kHz
m = 0,2

ES	ESE	ESR	EGS	ESJ
L_0	−3	12	9	0

TABLEAU 5-2

Constantes de l'expression (5-7)

$C_1 = 0,5$	$C_2 = 1$	$C_3 = 1$

Ainsi, pour une réponse acoustique en fréquence bouche-oreille parfaitement uniforme dans la bande de 0,2 à 4 kHz, le facteur E est égal à 2,5 dB (0,5 + 1 + 1), c'est-à-dire que l'$EGS(W)$ est inférieur de 2,5 dB à l'EGS correspondant à une voie «uniforme» limitée de 0,3 à 3,4 kHz.

Dans l'analyse qui suit, le facteur E est calculé dans un certain nombre de cas, notamment pour des appareils téléphoniques «à large bande» et «à bande étroite» qui sont utilisés en combinaison avec différents types de liaisons de transmission. Il ressort de cette analyse que l'on peut élaborer quelques règles assez simples pour faire un calcul approximatif du facteur E.

5.4 *Appareils téléphoniques*

Soit une voie de transmission uniforme dans la bande de 0,2 à 4 kHz entre les appareils téléphoniques émetteur et récepteur et soit E_T le facteur E (amélioration de la sonie) qui représente les caractéristiques de largeur de bande des appareils. Le tableau 5-3 donne quelques exemples de valeurs. Il vaut la peine de noter que les variations de E autour de la valeur moyenne (1,3) sont minimes.

TABLEAU 5-3

Exemples de facteurs E pour certains appareils téléphoniques

Type d'appareil	E_T
1) Ancien type avec microphone à charbon	1,9
2) Ancien type avec microphone à charbon	1,5
3) Ancien type avec microphone à charbon	1,1
4) W.E. type 500	1,3
5) Microphone à électret	1,8
6) Appareil numérique; nouvelle spécification	0,8
7) Moyenne de 90 types d'appareils	1,3

5.5 *Liaisons de transmission*

Pour représenter les caractéristiques propres des liaisons de transmission sur le plan de l'amélioration de la sonie, il est pratique de déterminer le facteur E en supposant que les appareils téléphoniques ont une réponse uniforme en fréquence dans la bande de 0,2 à 4 kHz. Désignons le facteur E des voies de transmission par E_C. Dans le § 5.6, la valeur du facteur E sera calculée pour différentes combinaisons types de E_T et E_C.

Le fait de connecter plusieurs liaisons de transmission en cascade peut entraîner un défaut d'adaptation. Toutefois, il est possible de réduire ces effets en utilisant des impédances nominales complexes dans les réseaux d'abonnés, ce que beaucoup d'Administrations font déjà.

D'une manière générale, on peut connaître les affaiblissements dus à un défaut d'adaptation en calculant leur ESJ.

Les caractéristiques des liaisons dans la «bande commune» sont caractérisées par $ESJ = \overline{L}$ conformément aux expressions (5-4), (5-5) et au tableau 5.1. Comme les distorsions d'affaiblissement importantes dans cette bande ne sont pas admises, on peut utiliser l'expression très simple (5-6) pour calculer $\overline{L}$. (Il est intéressant de noter que cela correspond en fait à prendre la moyenne de l'affaiblissement sur une échelle logarithmique de fréquence, méthode vérifiée empiriquement il y a longtemps.)

Quand plusieurs liaisons sont connectées en cascade, on peut naturellement calculer E_C à partir des affaiblissements totaux aux limites de la bande. Néanmoins, il est possible d'utiliser quelques règles simples d'approximation pour la combinaison des différents facteurs E_C dans le cas des ESJ.

5.5.1 *Câbles d'abonné*

Curieusement, la courbe d'affaiblissement type d'un câble d'abonné non chargé fait apparaître la même amélioration de la sonie que pour une voie exploitée dans la bande entière (E_C = 2,5 dB). Cela est dû au fait qu'à la limite inférieure de la bande, l'affaiblissement est inférieur à la valeur moyenne de $\overline{L}$, compensant ainsi la valeur plus élevée de l'affaiblissement à la limite supérieure de la bande.

Quand un câble d'abonné est connecté en cascade avec un appareil à bande étroite, il se trouve que le facteur E_C relatif à cet appareil est d'application.

5.5.2 *Equipement de limitation de bande*

La limitation de bande dans une communication téléphonique peut être obtenue avec des câbles d'abonné fortement chargés, des équipements MRF et des équipements MIC. La figure 5-2 donne quelques exemples théoriques de courbes d'affaiblissement pour lesquelles les facteurs E_C ont été calculés.

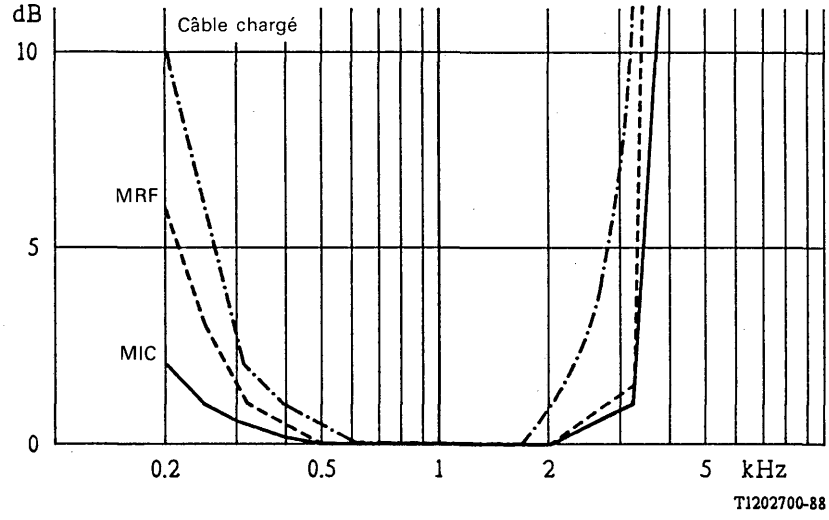


FIGURE 5-2

Exemples de moyens de limitation de bande: Courbes théoriques d'affaiblissement pour des équipements MIC, MRF et une ligne d'abonné fortement chargée

Aux courbes d'affaiblissement de la figure 5-2 correspondent les valeurs suivantes de E_C:

	E_C
Ligne d'abonné fortement chargée	1,2 dB
Une liaison à multiplexage par répartition en fréquence (MRF)	1,4 dB
Une liaison à multiplexage par impulsions et codage (MIC)	1,9 dB

Si l'on connecte en cascade plusieurs liaisons MIC et MRF, E_C prend les valeurs indiquées dans le tableau 5-4.

5.6 *Communications complètes*

L'amélioration de la sonie (facteur E) a été calculée avec un certain nombre de combinaisons d'appareils téléphoniques et de liaisons de transmission. Pour chaque caractéristique téléphonique, on a exprimé le facteur E «total» en fonction du facteur E_C relatif aux «voies». Les courbes correspondantes sont représentées aux figures 5-3 et 5-4.

TABLEAU 5-4

Valeurs de E_C pour des liaisons MIC et MRF en cascade

Nombre de liaisons MIC / Nombre de liaisons MRF	0	1	2	3	4	5
0	2,5	1,9	1,6	1,4	1,3	1,2
1	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0	1,0
2	1,1	1,0	1,0	0,9	0,9	0,8
3	0,9	0,9	0,8	0,8	0,7	0,7
4	0,8	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6
5	0,7	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5

Les courbes de la figure 5-3 donnent les valeurs du facteur *E* obtenues pour l'appareil téléphonique analogique «moyen» et l'appareil téléphonique «numérique» (l'appareil «moyen» correspond à la moyenne de 90 modèles différents en vente dans le commerce. Quant à l'appareil «numérique», il s'agit de nouvelles spécifications du CCITT relatives aux appareils numériques).

Les courbes de la figure 5-4 montrent les variations du facteur *E* autour de la moyenne pour un certain nombre de caractéristiques téléphoniques analogiques très différentes (il vaut la peine de noter qu'en définitive les écarts sont assez raisonnables).

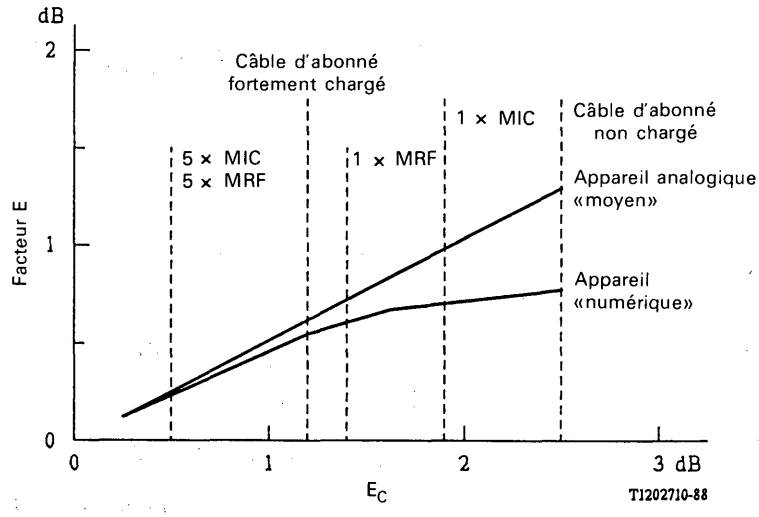


FIGURE 5-3

Relation entre le facteur E et le facteur de voie E_C pour un appareil analogique «moyen» et un appareil «numérique»

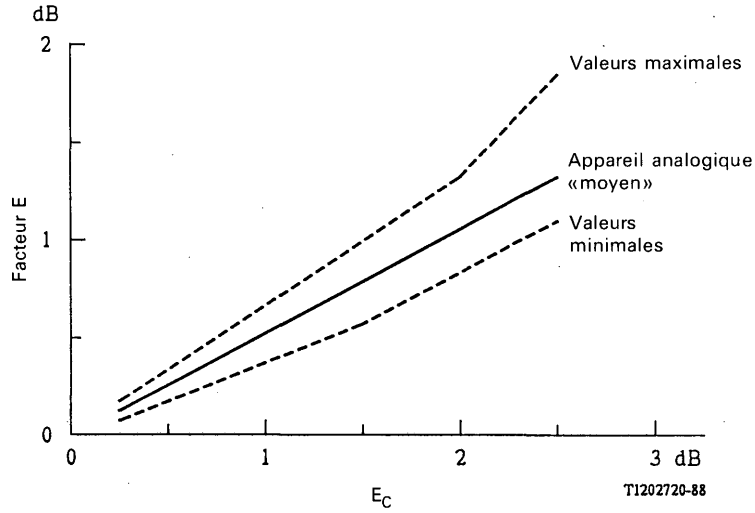


FIGURE 5-4

Relation entre le facteur E et le facteur de voie E_C pour des appareils analogiques «types»

Si l'on tient compte de la condition générale imposée par la planification de la transmission, il n'est guère nécessaire de spécifier l'amélioration de la sonie, c'est-à-dire le facteur *E*, de façon plus précise qu'avec des échelons de 0,5 dB. En conséquence, au lieu de calculer la valeur de *E* dans chaque application, on peut appliquer les règles données dans les tableaux 5-5 et 5-6 respectivement pour les appareils analogiques et numériques.

TABLEAU 5-5

Facteur E, appareils analogiques

E	Liaisons en cascade
1,5	Câble d'abonné, non chargé
1,0	1 × MIC, . . ., 3 × MIC 1 × MRF
0,5	Câble d'abonné, fortement chargé
	4 × MIC 2 × MRF
0	5 × MIC + 5 × MRF

Remarque – Les sections de câble d'abonné non chargées n'ont pas d'influence sur le facteur *E*.

TABLEAU 5-6

Facteur E, appareils numériques

E	Liaisons en cascade
1,0	Communication entièrement numérique
0,5	Communications 1 D/A-A/D à 6 D/A-A/D
0	Communications 7 D/A-A/D

5.7 *Conclusions*

Le planificateur de la transmission peut calculer l'équivalent pour la sonie en utilisant des méthodes numériques fort simples qui consistent à déterminer et à additionner les différents équivalents pour la sonie pour la «bande commune» de 0,3 à 3,4 kHz et à apporter une correction pour la transmission aux limites de la bande en retranchant le facteur *E*. Le facteur *E* peut être calculé au moyen de quelques règles simples.

Il est probable que les résultats seront plus précis que ceux des calculs fondés sur la Recommandation P.79.

6 Algorithmes pour la planification de la transmission (Contribution d'ELLEMTEL, Suède)

Le présent § 6 compare les équivalents pour la sonie, calculés à l'aide d'algorithmes définis dans les normes de l'IEEE, l'OREM-B et la Recommandation P.79 avec la norme P.79A, adaptation de la Recommandation P.79 pour la planification de la transmission. Pour faire les calculs, on a considéré 71 caractéristiques différentes de postes téléphoniques et 27 cas de distorsion d'affaiblissement des lignes d'abonné en câble.

Les résultats montrent que, dans les cas typiques de planification de la transmission, les équivalents pour la sonie mesurés à l'aide de la norme P.79A sont très proches de ceux obtenus en appliquant les autres normes. En outre, l'additivité de la norme P.79A est la plus précise et sa forme est la plus simple. Les Administrations sont donc priées de faire des études comparatives en appliquant cet algorithme P.79A dans la planification de la transmission.

6.1 *Introduction*

La présente contribution contient quelques comparaisons préliminaires entre différentes méthodes d'évaluation des équivalents pour la sonie, applicables à la planification de la transmission dans le réseau téléphonique (il n'est toutefois pas question des algorithmes de l'effet local). Les méthodes examinées ici sont toutes fondées sur des mesures objectives effectuées sur des appareils téléphoniques.

Le planificateur de la transmission doit satisfaire à quelques conditions fondamentales:

1) obtenir une indication significative et fiable de la qualité de transmission téléphonique en ce qui concerne l'affaiblissement acoustique entre la bouche de l'abonné qui parle et l'oreille de l'abonné qui écoute;
2) caractériser les différentes parties d'une communication par des valeurs numériques de façon que leur somme soit égale à la mesure de l'affaiblissement acoustique sur l'ensemble de la communication;
3) s'assurer que les valeurs numériques peuvent être déterminées d'une manière fiable, peu coûteuse et avec une précision suffisante d'après les mesures.

Autrement dit, pour satisfaire à cette dernière condition, seules les mesures électroacoustiques objectives peuvent être prises en considération pour le contrôle de la qualité et l'utilisation journalière. Il va sans dire que les mesures subjectives ont été absolument nécessaires dans le passé pour définir le niveau général de référence mais elles sont plus coûteuses à effectuer et les résultats qu'elles donnent sont beaucoup moins reproductibles même lorsque les conditions sont favorables. Par exemple, le Laboratoire du CCITT a fait périodiquement des mesures subjectives de l'équivalent de référence sur le même poste téléphonique stable depuis la fin de l'année 1981. Les valeurs semblent fluctuer lentement en fonction du temps dans les limites d'une gamme de 3 dB. Voir [12].

6.2 *Différentes méthodes d'évaluation des équivalents pour la sonie*

Les mesures objectives de l'affaiblissement électroacoustique (ou efficacité) constituent la base de plusieurs méthodes de planification qu'utilisent les Administrations pour leurs réseaux nationaux. Les «équivalents pour la sonie» plus importants sont énumérés ci-après, dans l'ordre décroissant de leur utilisation; il s'agit des normes suivantes:

1) *Norme de l'IEEE.* Elle est maintenant utilisée aux Etats-Unis et au Canada. Elle est bien documentée et les instruments utilisés sont fiables (voir le § 1 et [1]).

2) *Norme OREM-B* (dans différentes versions). La version avec laquelle il y a lieu de faire la comparaison est actuellement redéfinie de manière plus précise par un organisme de normalisation de la République fédérale d'Allemagne.

3) *Equivalents de référence*, mais déterminés objectivement par certains instruments. Il y a lieu de noter que «l'affaiblissement de référence» d'un circuit de jonction est souvent déterminé par la moyenne en dB sur une échelle de fréquence logarithmique.

4) Recommandation P.79. C'est la norme la «plus jeune». Son application est la plus étendue au Royaume-Uni. Du point de vue d'un planificateur de la transmission, elle laisse à désirer et une modification possible est décrite en [13].

Il est évident que pour assurer une bonne qualité de sonie téléphonique dans les communications internationales, il est vivement recommandé que les Administrations emploient des méthodes d'évaluation de l'équivalent pour la sonie qui soient compatibles entre elles ou, de préférence, identiques. La présente contribution a pour objet de démontrer que, pour les besoins de la planification de la transmission, une version modifiée ou remaniée de la Recommandation P.79 est compatible avec celle de l'IEEE, l'OREM-B et la norme initiale de la Recommandation P.79, ainsi qu'avec certains aspects des mesures de l'équivalent de référence. En outre, cette norme modifiée Rec. P.79 demande beaucoup moins de calcul (les principes sont exposés en [13] et au § 5).

Pour un planificateur de la transmission, les paramètres de sonie les plus importants sont les équivalents pour la sonie à l'émission, à la réception et de la ligne de jonction. Il convient de noter que pour la planification de la transmission, il n'est pas nécessaire que les deux premiers paramètres soient en relation biunivoque avec les valeurs subjectives déterminées par comparaison avec un certain système téléphonique de référence. Il importe en effet que les équivalents pour la sonie (à l'émission + à la réception + de la ligne de jonction) s'ajoutent pour donner l'indice global correct de sonie qui, de son côté, doit avoir une bonne corrélation avec une mesure subjective. (Cela ne saurait signifier cependant que plusieurs pays peuvent utiliser des équivalents différents dans lesquels l'EGS serait subdivisé de façon différente!)

Quel est le degré de précision nécessaire des calculs? En ce qui concerne l'additivité des équivalents pour la sonie ainsi que la fixation des limites dans un plan de transmission national, une précision de 0,5 dB serait probablement appropriée. Une valeur de 1,5 dB semble suffisante pour passer d'une norme à l'autre. (Il faut toutefois que les tolérances de fabrication des postes téléphoniques, du point de vue de l'équivalent pour la sonie, soient beaucoup plus grandes.)

6.3 *Principes fondamentaux des méthodes d'évaluation des équivalents pour la sonie*

Les méthodes d'évaluation des équivalents pour la sonie s'appuient sur les données physiologiques suivantes:

L'oreille fonctionne comme une batterie de filtres passe-bande étroits. (Près de 64 filtres équivalents ont des largeurs de bande comprises entre 50 et 500 Hz, appelées «bandes de fréquences critiques».) Dans une bande donnée, seule la portion de l'énergie acoustique qui se situe au-dessus du seuil d'audibilité est transmise au cerveau sous la forme d'un stimulus. Le cerveau combine toutes les sorties de filtre d'un son complexe (tel que la voix humaine) en une impression de sonie.

Chaque filtre contribue pour une part à un exposant m qui représente la puissance de sortie, m étant de l'ordre de 0,2 à 0,3 pour les niveaux vocaux normaux. Pour les niveaux très faibles, proches du seuil d'audibilité, ainsi que pour les niveaux très élevés, m est égal à 1, ce qui correspond à une addition en puissance. Toutefois, il est important de noter, en ce qui concerne la conversation téléphonique normale, que des composantes spectrales plus faibles contribuent davantage à l'impression totale de sonie que si elles s'additionnaient directement sur la base des puissances. En réalité, elles s'ajoutent en première approximation sur une échelle linéaire en dB.

Il existe une théorie plus complète de l'audition, celle de Zwicker qui prend également en compte certains effets de masque entre les stimuli provenant des différentes bandes de fréquences. Toutefois, pour les besoins de la téléphonie, il ne semble pas que la méthode de Zwicker permette d'obtenir une meilleure concordance avec les valeurs subjectives. Voir [11] et [7].

Dans une communication téléphonique active, l'impression de sonie de la personne qui écoute est influencée par sa propre courbe d'efficacité d'audition en fonction de la fréquence et par le spectre vocal de la personne qui parle. Par conséquent, dans un équivalent général pour la sonie il faut tenir compte de la moyenne statistique de la population humaine.

Les algorithmes mentionnés de l'équivalent pour la sonie peuvent tous être exprimés sous la forme suivante:

$$LR = L_0 + \overline{L} \tag{6-1a}$$

$$\overline{L} = -\frac{10}{m} \log_{10} \sum_{i=1}^{N} K_i \cdot 10^{-0,1 m L_i} \tag{6-1b}$$

où

$$\sum_{i=1}^{N} K_i = 1 \tag{6-2}$$

L_0, m et K_i sont des constantes. L'indice «i» se rapporte à la fréquence f_i.

L_i est l'affaiblissement électroacoustique approprié (valeur mesurée et/ou calculée en dB) de l'équivalent pour la sonie à l'émission, l'équivalent pour la sonie à la réception, l'équivalent global pour la sonie et l'équivalent pour la sonie de la ligne de jonction, respectivement.

Les coefficients K_i dépendent des propriétés «moyennes» vocales et auditives, de certaines caractéristiques moyennes de transmission d'un circuit typique ainsi que de l'espacement entre les fréquences f_i. Par conséquent, les coefficients K_i sont généralement liés à la fréquence, les valeurs proportionnellement plus faibles se situant aux limites de la bande (un exemple de calcul de ces coefficients est donné en [6]). Toutefois, la forme exacte de la variation de K_i n'est pas très importante, comme cela est démontré plus loin.

Pour bien comprendre le comportement mathématique de la formule de l'équivalent pour la sonie, il est utile de considérer un développement en série de Taylor. Soit

$$L_m = \sum_{i=1}^{N} K_i \cdot L_i \tag{6-3}$$

L'expression (6-1b) peut maintenant s'écrire:

$$\overline{L} = L_m - a \sum_{i=1}^{N} K_i (L_i - L_m)^2 \tag{6-4}$$

sans tenir compte des termes d'ordre supérieur. Ici

$$a = \frac{m}{20} \ln (10) = 0,115\ m \tag{6-5}$$

Le coefficient a est petit, dans la gamme de 0,02 à 0,03 pour m de 0,175 à 0,3.

Par conséquent, la valeur exacte de m est tout à fait sans importance, comme cela sera démontré ci-dessous par des exemples numériques. En réalité, le deuxième terme de l'expression (6-4) peut être pratiquement négligé si les valeurs L_i ne s'écartent que faiblement de la moyenne L_m, ce qui est le cas pour la plupart des caractéristiques à l'émission et à la réception du poste téléphonique.

On comprend alors pourquoi on peut additionner l'équivalent pour la sonie à l'émission, l'équivalent pour la sonie à la réception et l'équivalent pour la sonie de la ligne de jonction en vue d'obtenir l'équivalent global pour la sonie, du moins s'il n'y a pas de limitation de bande importante dans la gamme de fréquences.

Il se peut naturellement que les variations modérées des coefficients K_i entre différents algorithmes soient interprétées comme de petites corrections à ajouter aux L_i. Par conséquent, on peut s'attendre à ce que les résultats d'algorithmes différents ne diffèrent que de quelques constantes, qui sont assez indépendantes des caractéristiques du poste téléphonique.

De même, d'autres corrections qui supposent une faible variation en fonction de la fréquence peuvent également être traitées comme des constantes ajoutées aux équivalents pour la sonie. (Par exemple, fuite acoustique au pavillon de l'écouteur, différence entre les dispositifs de mesure, etc.)

Dans la pratique, la largeur de bande de transmission d'une communication téléphonique peut évidemment différer, selon le type de liaisons que comporte la communication. Les solutions envisagées en vue de déterminer l'équivalent pour la sonie sont examinées en [13] et au § 5 qui proposent une modification de la norme Rec. P.79.

Pour étudier les propriétés de divers algorithmes de l'équivalent pour la sonie, il est utile de faire des calculs sur un certain nombre de caractéristiques typiques des postes téléphoniques. Afin d'obtenir une représentation statistique, on a utilisé 71 caractéristiques très différentes dans la démonstration qui suit (voir l'annexe B pour les détails).

6.4 *Caractéristiques de certains algorithmes*

Seuls les aspects mathématiques des algorithmes sont pris en compte; il n'est pas question, par exemple, des différences relevées entre les dispositifs de mesure. Les données statistiques correspondent aux calculs effectués à l'aide de 71 caractéristiques différentes des postes téléphoniques, comme nous l'avons déjà indiqué. Les résultats des calculs sont donnés avec une précision de 0,01 dB, dans le seul but d'indiquer clairement les différences. Il est évident que cette «précision» n'est absolument pas nécessaire ou utile dans la réalité.

6.4.1 *Norme IEEE*

Le domaine de calcul est compris entre 0,3 et 3,4 kHz avec $m = 0{,}22$. La pondération par les K_i est uniforme sur une échelle logarithmique de fréquence, c'est-à-dire que tous les coefficients K_i sont égaux à l'exception des extrémités qui ne représentent que la moitié de la valeur. (D'un point de vue physiologique, la pondération devrait en fait diminuer légèrement aux extrémités de la bande.)

Dans les calculs présentés ici, 43 fréquences ont été utilisées.

6.4.2 *Norme OREM-B*

Les mesures des valeurs de l'OREM ont généralement été faites à l'aide d'instruments électroacoustiques spéciaux. Récemment, toutefois, le FTZ de la République fédérale d'Allemagne a jugé possible de calculer les valeurs de l'OREM-B d'après l'expression (6-1) en utilisant des courbes d'efficacité mesurées [14].

Le domaine de calcul est compris entre 0,2 et 4 kHz avec $m = 0{,}3$. La pondération par les K_i est uniforme sur une échelle logarithmique de fréquence comme pour la méthode de l'IEEE, mais dans le cas de l'équivalent pour la sonie à l'émission et de l'équivalent global pour la sonie, on a ajouté à L_i la valeur d'affaiblissement d'un filtre SFERT dans l'expression (6-1); 53 fréquences ont été utilisées.

6.4.3 *Norme Rec. P.79*

Le domaine de calcul le plus souvent utilisé est compris entre 0,2 et 4 kHz avec $m = 0{,}175$. Les constantes L_0 et K_i sont transformées en coefficients dits de pondération W_i qui sont ajoutés aux L_i. Il est tenu compte de la fuite acoustique au pavillon, L_E pour les valeurs d'ESR et d'EGS.

Les coefficients W_i sont évidemment présentés sous forme de tableaux dans la Recommandation P.79 et les constantes correspondantes K_i sont indiquées sur des diagrammes en [7]. 14 fréquences, espacées d'un tiers d'octave, sont utilisées.

Les constantes Rec. P.79 ont été choisies de telle manière qu'il existe une concordance entre les équivalents pour la sonie calculés et les valeurs subjectives correspondantes obtenues il y a quelques années par une équipe d'essai spécifique du CCITT. Par conséquent, à certains égards, la norme Rec. P.79 ne représente pas tout à fait les valeurs subjectives obtenues par l'homme moyen. La norme Rec. P.79 accorde trop d'importance aux basses fréquences et les coefficients de pondération présentent quelques irrégularités singulières (voir [11] et [7] qui traitent de ce point). De même, si une communication comprend des liaisons dont les largeurs de bande sont différentes, il peut se produire une certaine ambiguïté.

Lorsqu'on applique la norme Rec. P.79 dans la réalité, on utilise le plus souvent des programmes informatiques. Les courbes d'efficacité du poste téléphonique et les données matricielles de la chaîne de transmission des différentes liaisons sont les entrées. Quant à l'ESE et à l'ESR, ils sont calculés pour une interface fermée sur une impédance de 600 ohms (qui n'est pas nécessairement l'impédance nominale à ce point). La valeur d'ESJ n'est pas calculée très souvent.

6.4.4 *Une norme Rec. P.79 modifiée: P.79A*

Les détails concernant cette proposition sont donnés en [13].

On utilise 11 fréquences espacées d'un tiers d'octave. Les fréquences employées pour les calculs vont de 0,315 à 3,15 kHz, de sorte que la gamme choisie s'étend pratiquement de 0,3 à 3,4 kHz.

Toutes les valeurs de K_i sont égales à 0,1 sauf aux extrémités où elles sont égales à 0,05. Cette pondération trapézoïdale tient donc compte en partie des éléments physiologiques du spectre vocal et des courbes d'efficacité de l'audition.

La question de l'équivalent pour la sonie dans le cas des liaisons connectées en cascade dont les largeurs de bande sont supérieures à la bande de 0,3 à 3,4 kHz est résolue grâce au facteur E, «facteur d'amélioration pour la sonie», que l'on soustrait de l'EGS.

Dans la version plus «exacte» de la modification, $m = 0{,}2$. Elle est désignée par «P.79A1».

Une méthode plus simple consiste à poser $m = 0$, c'est-à-dire à utiliser la moyenne pondérée des pertes conformément à l'expression (6-3). Cette version est désignée ici par «P.79A».

Dans l'expression (6-1), la constante L_0 a les valeurs suivantes:

Pour ESE: − 3

Pour ESR: 12

Pour EGS: 9

Pour ESJ: 0

Avec P.79A1 ou P.79A, il n'est pas autant nécessaire d'utiliser des programmes d'ordinateurs complexes. On peut additionner avec une grande exactitude les équivalents pour la sonie des différentes liaisons.

6.4.5 *Influence de la valeur m*

L'emploi de «d» sert à illustrer la variation d'un équivalent pour la sonie en fonction du coefficient m. La valeur «normalisée» d'une norme particulière correspond à $d = 0$.

On peut voir d'après le tableau 6-1 que le choix de m est tout à fait sans importance. Cela explique pourquoi P.79A1 avec $m = 0{,}2$ et P.79A avec $m = 0$ sont pratiquement équivalents.

TABLEAU 6-1

Valeurs de d (variation de l'équivalent pour la sonie) en fonction de m

(Données statistiques obtenues avec 71 postes téléphoniques)

Norme	m	Emission		Réception	
		Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type
IEEE	0,175 0,2 0,22	−0,15 −0,05 0	0,05 0,02 0	−0,22 −0,08 0	0,02 0,01 0
OREM-B	0,175 0,2 0,3	−0,21 −0,13 0	0,13 0,10 0	−0,22 −0,14 0	0,11 0,08 0
P.79A1	0,02 0,175 0,2	0,33 0,05 0	0,21 0,03 0	0,07 0,01 0	0,07 0,01 0

6.4.6 *Propriétés d'additivité*

On saura si un certain algorithme est adapté aux besoins de la planification d'après la façon dont la somme de l'équivalent pour la sonie à l'émission, l'équivalent pour la sonie de la ligne de jonction et l'équivalent pour la sonie à la réception correspond à l'équivalent global. La différence entre EGS et la somme de ESE + ESJ + ESR est désignée par «*D*».

Il est particulièrement intéressant de voir comment sont traitées des liaisons ayant des largeurs de bande différentes. Dans un réseau analogique local, on peut considérer que la gamme de transmission est comprise entre 0,2 et 4 kHz. Dans un réseau à grande distance (y compris les liaisons internationales), on ne peut guère être assuré d'une transmission en dehors de la gamme de 0,3 à 3,4 kHz. Les systèmes modernes MIC, les centraux numériques, etc., peuvent avoir une bande efficace de 0,2 à 3,4 kHz.

La norme de l'IEEE utilise seulement la «bande étroite» de 0,3 à 3,4 kHz.

La norme Rec. P.79 modifiée (P.79A1 et P.79A) utilise la même «bande étroite» pour les calculs de l'ESE, l'ESR et l'ESJ. Si la bande de transmission effective est plus large, on diminue la somme d'un «facteur d'amélioration de la sonie» *E* pour obtenir un EGS qui offre une bonne corrélation avec les impressions de sonie subjectives (voir [13] et § 5).

Pour les cas pratiques, la norme Rec. P.79 non modifiée utilise la gamme de 0,2 à 4 kHz. Une certaine ambiguïté peut donc se produire selon la largeur de bande des liaisons et l'interface choisies pour les calculs de l'ESE et de l'ESR.

Dans le tableau 6-2, les valeurs de *D* sont données et on admet, pour plus de simplicité, que la ligne de jonction a une réponse en fréquence uniforme dans la bande de fréquences considérée.

Il convient de noter que des erreurs importantes se produisent lorsque la Recommandation P.79 est appliquée à une communication «à bande étroite», comme celle que l'on peut s'attendre à trouver dans les liaisons internationales.

La norme de l'IEEE arrive en avant-dernière position en ce qui concerne les résultats de l'additivité (mais elle est évidemment satisfaisante dans la réalité).

TABLEAU 6-2

Valeurs de D = EGS-ESE-ESR avec ESJ = 0

(Données statistiques obtenues à partir de 71 caractéristiques de postes téléphoniques)

Algorithme	Bande (kHz)	D (moyenne)	Ecart type	D (max.)	D (min.)
IEEE	0,3 à 3,4	0,84	0,24	1,42	0,08
OREM-B	0,2 à 4	0,19	0,24	0,62	−0,48
P.79	0,2 à 4	−0,48	0,19	−0,11	−0,98
P.79	0,2 à 3,4	−0,12	0,13	0,17	0,56
P.79	0,3 à 3,4	−1,78	0,09	−1,60	−2,09
P.79A1	0,3 à 3,4	−0,06	0,20	0,45	−0,70
P.79A	0,3 à 3,4	0	0	0	0

6.5 *Comparaisons numériques entre les équivalents pour la sonie de différentes normes*

6.5.1 *Algorithme P.79*

Du point de vue d'un planificateur de la transmission, il semble intéressant d'utiliser l'algorithme simple P.79A d'équivalent pour la sonie. Il est alors particulièrement instructif de faire une comparaison avec les résultats obtenus lorsqu'on applique l'algorithme de la Recommandation P.79 «normal».

Le tableau 6-3 indique les différences qui existent en ce qui concerne l'ESE, l'ESR et l'EGS pour des communications ayant des largeurs de bande différentes. (On suppose toutefois que la réponse en fréquence est uniforme à l'intérieur de la bande passante.)

TABLEAU 6-3

Valeurs de D = ES(P.79)-ES(P.79A)

(Données statistiques obtenues d'après 71 caractéristiques de postes téléphoniques)

ES	Bande (kHz)	D (moyenne)	Ecart type	D (max.)	D (min.)
ESE	0,2 à 4	−1,12	0,53	0,15	−2,61
	0,2 à 3,4	−0,93	0,55	0,32	−2,47
	0,3 à 3,4	1,0	0,38	1,68	−0,03
ESR	0,2 à 4	−0,65	0,46	0,43	1,95
	0,2 à 3,4	−0,46	0,47	0,61	−1,73
	0,3 à 3,4	1,52	0,31	2,06	0,55
EGS	0,2 à 4	−0,85	0,69	0,58	−2,57
	0,2 à 3,4	−0,77	0,71	0,72	−2,54
	0,3 à 3,4	0,75	0,54	1,78	−0,59

D'après le tableau 6-3, on voit que les algorithmes P.79 et P.79A sont sensiblement égaux, compte tenu de l'ambiguïté de la Recommandation P.79 en ce qui concerne la largeur de bande. Il semble qu'ils permettent d'obtenir les mêmes valeurs numériques (en moyenne) dans le cas d'une communication ayant une bande efficace légèrement plus étroite que de 0,2 à 3,4 kHz mais plus large que de 0,3 à 3,4 kHz, c'est-à-dire un cas qui se présentera souvent dans la pratique.

Comme indiqué précédemment, l'équivalent pour la sonie de la ligne de jonction (ESJ) est moins important lorsqu'on utilise la norme P.79 dans la pratique. En réalité, ESJ (P.79) peut donner lieu à des résultats trompeurs en raison des particularités des limites de bande dans cet algorithme (voir plus haut).

Les valeurs d'ESJ calculées à l'aide des algorithmes P.79A1 et P.79A sont plus utiles pour le planificateur du réseau, cela pour plusieurs raisons. Les propriétés d'additivité sont meilleures et, d'après certaines études antérieures, on obtiendrait une bonne concordance avec les mesures subjectives de l'affaiblissement en sonie [15]. (En fait, l'Administration suédoise utilise des algorithmes semblables depuis 20 ans.)

On peut raisonnablement admettre que l'algorithme plus «complet» P.79A1 permet d'obtenir la concordance la plus étroite avec les mesures subjectives d'ESJ. Il est intéressant, pour le planificateur de la transmission, d'effectuer une comparaison avec:

a) les résultats d'ESJ lorsqu'on utilise l'algorithme plus simple P.79A,

b) les affaiblissements dus au circuit tels qu'ils sont définis par la différence entre les niveaux relatifs ($= L_1$).

Lorsque la courbe de la réponse en fréquence est uniforme, il va de soi que toutes ces grandeurs sont identiques. Toutefois, les câbles d'abonné typiques non chargés introduisent une grande distorsion d'affaiblissement dans la voie téléphonique. Des recherches ont été faites sur un certain nombre de cas (27 cas) dans lesquels les diamètres des câbles, la résistance en courant continu (longueur) et les terminaisons étaient différents.

Les données relatives aux câbles étaient les suivantes: capacité 45 nF/km; diamètres 0,4, 0,5 et 0,7 mm; longueurs correspondant à une résistance en courant continu de 300, 600 et 1200 ohms. Il y avait deux terminaisons (600 et 900 ohms) et une impédance complexe typique (200 ohms en série avec une combinaison parallèle de 820 ohms et 115 nF).

La différence d'ESJ calculée en utilisant deux algorithmes est présentée sur la figure 6-1 en fonction de la distorsion d'affaiblissement de la ligne en câble, c'est-à-dire la différence entre l'affaiblissement à 4 kHz et l'affaiblissement à 0,2 kHz. (Pour la même longueur de câble, l'impédance terminale complexe donne la distorsion la plus importante. Dans la pratique, il faut éviter une distorsion supérieure à 15 dB, pour différentes raisons.)

Comme le montre la figure 6-1, l'algorithme P.79A est suffisamment précis pour qu'on puisse l'utiliser dans les calculs d'ESJ, la différence étant inférieure à 0,3 dB pour une distorsion pouvant atteindre 15 dB.

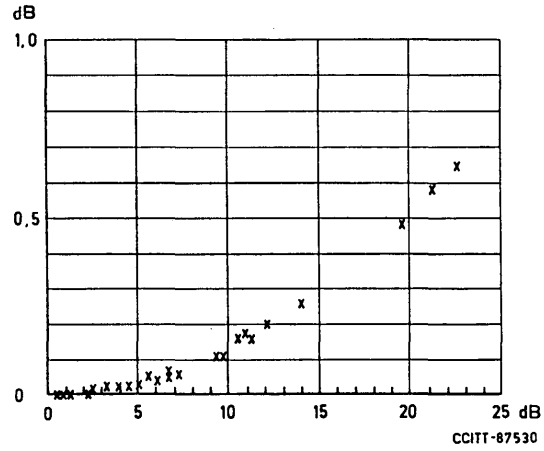


FIGURE 6-1

D = ESJ (P.79A) – ESJ (P.79A1) pour les lignes d'abonné en câble

L'affaiblissement du câble d'abonné, défini par L_1, différence entre les niveaux relatifs, est simplement l'affaiblissement (composite) à 1 kHz conformément à la définition du CCITT (même pour une impédance terminale complexe). La figure 6-2 montre que la différence par rapport à la valeur «vraie» d'ESJ est toujours inférieure à 1 dB, et sera vraisemblablement inférieure à 0,5 dB dans la majorité des cas rencontrés dans la pratique.

Par conséquent, on peut aussi utiliser la différence entre les niveaux relatifs, L_1, avec une grande exactitude, pour mesurer la variation de l'équivalent pour la sonie, ESJ. Cela facilite la tâche du planificateur de réseau.

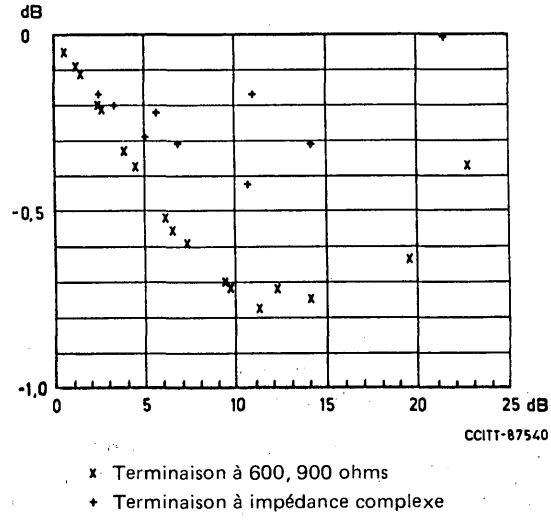


FIGURE 6-2

D = L_1 – ESJ (P.79A1) pour les lignes d'abonné en câble
(L_1, la différence entre les niveaux relatifs, égale à l'affaiblissement à 1 kHz)

6.5.2 *Algorithme de l'IEEE et de l'OREM-B*

Dans quelle mesure sera-t-il possible de faire des conversions simples entre la norme P.79A et les normes IEEE et OREM-B? C'est-à-dire, quelle est la différence

$$D = \text{ES} - \text{ES(P.79A)} \ ? \tag{6-6}$$

La moyenne D et l'écart type sont des grandeurs intéressantes en ce qui concerne les caractéristiques typiques d'un poste téléphonique. Etant donné que l'on n'a pas encore étudié les différences pouvant exister entre les dispositifs de mesure, il faut se borner pour le moment à examiner les écarts types.

Les résultats des calculs sont donnés dans le tableau 6-4. Les écarts types sont très faibles, ce qui permet de penser qu'il sera effectivement possible de procéder à des conversions simples.

TABLEAU 6-4

Ecart type de [ES-ES(P.79A)]

(Données statistiques de 71 caractéristiques de postes téléphoniques)

Norme	ES	Bande (kHz)	Ecart type
IEEE	Emission Réception Global	0,3 à 3,4	0,31 0,1 0,4
OREM-B	Emission Réception Global	0,2 à 4	0,52 0,38 0,5

6.6 *Conclusions*

Un projet de modification P.79A à la Recommandation P.79 sur l'équivalent pour la sonie a été étudié et a été jugé applicable à la planification de la transmission. (L'algorithme P.79A correspond en principe à l'établissement d'une moyenne pondérée en dB sur une échelle logarithmique de fréquence.) Voir le § 6.4.4 et [13].

Il a été démontré que l'algorithme P.79A donnait, avec une précision suffisante, des valeurs numériques égales à celles de la Recommandation P.79 dans des cas typiques de planification de la transmission. On a de bonnes raisons d'espérer que P.79A donnera une meilleure concordance avec les valeurs subjectives que la Recommandation P.79.

Il semble également possible de faire des conversions simples entre les équivalents pour la sonie évalués d'après les normes P.79A, IEEE et OREM-B.

La norme P.79A a la meilleure précision d'additivité mais aussi la forme la plus simple.

Les Administrations sont donc priées de faire des études comparatives en appliquant cet algorithme P.79A à la planification de la transmission.

7 **Renseignements sur la méthode de mesure de l'affaiblissement en sonie de Zwicker utilisée par l'Administration française** (Contribution de l'Administration française)

7.1 *Introduction*

La méthode recommandée pour évaluer la qualité d'une communication en termes de force sonore est celle des équivalents pour la sonie (ES). La Recommandation P.78 décrit leur détermination subjective. La Recommandation P.79 décrit leur détermination objective.

Cependant, d'autres paramètres (équivalent R25, par exemple) ont été ou sont utilisés. Comme il n'existe pas de formule universelle pour transformer ces paramètres en équivalents pour la sonie, il sera utile de disposer de données montrant comment l'on peut mesurer objectivement les deux valeurs (équivalent R25 et ES, par exemple) d'un équipement donné.

L'objet du présent § 7 est de décrire une méthode d'évaluation objective des affaiblissements en sonie (équivalent R25 et ES) telle qu'elle est pratiquée par l'Administration française, ainsi que le prévoyait le rapport du GT XII/3, à Boglàrlelle, mai 1987 (TD 64 révisé).

7.2 *Propriétés de la méthode*

Le calcul de la sonie de signaux de type stationnaire d'après l'algorithme de Zwicker, appliqué à la mesure objective des équivalents R25 et des ES, conduit à des résultats en accord satisfaisant avec ceux des méthodes d'évaluation subjective correspondantes [16].

Cet algorithme présente la particularité de permettre la comparaison de sonies entre des systèmes dont la bande de fréquences n'est pas limitée à la bande de 300 à 3400 Hz.

Des adaptations de l'algorithme de Zwicker au mode d'écoute monaurale et binaurale permettent respectivement l'évaluation de différents types de terminaux: postes à combiné [16], casques d'opérateurs [17] et postes à haut-parleurs [18].

L'utilisation de voix «complexes» telles que définies dans la Recommandation P.51 s'avère indispensable pour la mesure de systèmes non linéaires. Cet algorithme a permis d'obtenir des résultats satisfaisants dans le cas particulier de l'évaluation des postes mains-libres soumis à de tels signaux [19].

7.3 *Principe de l'algorithme de Zwicker pour le calcul de la sonie*

La méthode est fondée sur l'utilisation de la méthode B de la Rec. ISO 532 (méthode de Zwicker).

7.3.1 *Phénomènes essentiels pris en compte dans le calcul de la sonie*

L'algorithme établit des relations entre le stimulus (physique) et la sensation auditive (physioacoustique). Trois phénomènes essentiels contribuent à la sonie: les bandes critiques, l'effet de masque et les niveaux d'isosonie.

7.3.1.1 *Bandes critiques*

Pour l'oreille humaine, les sons à large bande semblent plus forts que les sons purs ou bruits à bande étroite de même niveau de pression acoustique; de plus, on peut mettre en évidence que, autour d'une fréquence donnée et pour un niveau de pression acoustique fixe, la sonie reste constante tant que la largeur de bande du son ne dépasse une certaine valeur nommée bande critique. Si la largeur de bande du son dépasse cette valeur, on constate une augmentation nette de la sonie. L'oreille divise le domaine des fréquences audibles en 24 bandes dites bandes critiques. Ainsi la mesure de la sonie est-elle fondée sur une analyse spectrale des sons.

7.3.1.2 *Effet de masque*

L'effet de masque consiste en l'élévation du seuil d'audibilité d'un son (de référence) quand on émet un autre son ou un bruit (masquant) de fréquence plus grave (ou plus aiguë, mais dans des proportions moindres). Ceci peut s'expliquer à partir de la notion de sonie spécifique.

7.3.1.2.1 *Sonie spécifique*

Un bruit à bande étroite ou un son pur, dont l'énergie spectrale est concentrée en un point précis de l'échelle des fréquences, engendre une vibration sur une large portion de la membrane basilaire, un des organes essentiels de l'audition, donnant lieu à une excitation centrale de cœur mais également à des excitations de flanc particulièrement importantes dans les zones de fréquence situées au-delà de la fréquence du signal et dont l'influence se manifeste à travers l'effet de masque (les excitations de cœur et de flanc contribuent à la sonie spécifique du signal).

7.3.1.2.2 *Sonie masquée ou partiellement masquée*

Si par ailleurs, un son de faible niveau tombe dans la zone des fréquences élevées telle que définie ci-dessus, il peut être masqué partiellement, voire totalement par ces excitations de flanc, c'est-à-dire qu'il ne produit aucune sonie spécifique.

7.3.1.3 *Niveaux d'isosonie*

L'oreille est inégalement sensible aux différentes fréquences; les courbes d'isosonie qui, sur un diagramme «niveau de pression acoustique en fonction de la fréquence», relient des points correspondant à une sensation égale de force sonore, y compris ceux situés au seuil d'audibilité, permettent à partir d'une mesure physique de niveau de comparer les sensations de force sonore produites par des sons de différentes fréquences.

7.3.2 *Sonie globale d'un son complexe*

La méthode de Zwicker décrite dans [20] permet, à partir d'une analyse spectrale en tiers d'octave[1)], de calculer la sonie des signaux stationnaires moyennant une double correction:

- transformation du niveau de pression dans chaque bande d'un tiers d'octave en une sonie spécifique,
- sommation en sonie spécifique pondérée par l'effet de masque.

7.3.3 *Mesure de la sonie par calcul*

Elle est rendue possible lorsque l'on connaît le niveau de pression acoustique dans chaque tiers d'octave. Le programme en FORTRAN permettant ce calcul de sonie est produit dans [21].

Remarque – L'algorithme de Zwicker contient deux variantes: l'une pour l'écoute en champ libre, l'autre pour l'écoute en champ diffus. Les résultats donnés en [16], [17] sont relatifs à la première. Les deux donnent des résultats corrects quand on les applique à la détermination des équivalents R25 et des ES.

7.4 *Application de la méthode de Zwicker à la mesure des affaiblissements en sonie (AS): équivalents R25 (ER 25) et équivalents pour la sonie (ES)*

7.4.1 *Principe fondamental de la méthode de mesure objective des AS*

C'est sur des principes similaires à ceux des méthodes subjectives de détermination des équivalents R25 et des ES, illustrés par les figures 7-1 et 7-2, que repose la méthode instrumentale dans laquelle:

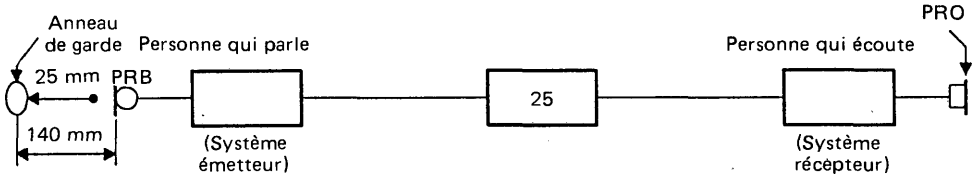
a) Les signaux de parole sont remplacés par une voix artificielle acoustique dont les caractéristiques spectrales sont indiquées par la Recommandation P.51.

b) Les signaux et paramètres de référence sont calculés à partir des caractéristiques nominales d'efficacité en fonction de la fréquence des systèmes NOSFER et SRI définis dans la Recommandation P.42 du *Livre rouge* et la Recommandation P.48. Ce sont:
   - les voix artificielles électriques résultant de l'émission de la voix artificielle acoustique au travers des systèmes émetteurs de référence,
   - la sonie de référence (SR) du système NOSFER,
   - l'affaiblissement x_2 résultant de la comparaison et de l'égalisation des sonies des trajets NOSFER et SRI.

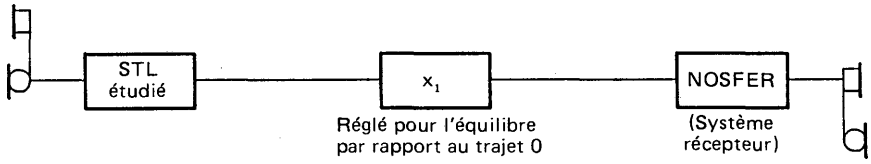
c) Les valeurs de «*LE*» relatives aux fuites acoustiques sont utilisées comme termes correcteurs oreille artificielle/oreille réelle.

d) L'évaluation de la force sonore par un opérateur est remplacée par un calcul de sonie de bruit stationnaire capté par une oreille artificielle normalisée, et effectuée suivant l'algorithme de Zwicker.

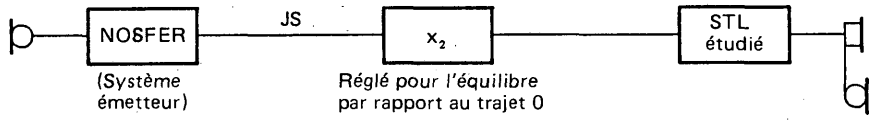
[1)] Le tiers d'octave est une bonne approximation de la largeur des bandes critiques moyennant un regroupement approprié des bandes de tiers d'octave en dessous de la fréquence 280 Hz.



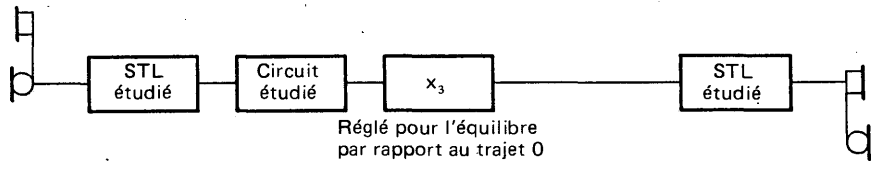
Trajet 0 — Système de référence NOSFER



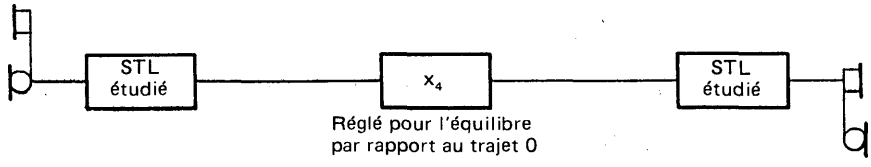
Trajet 1 — Pour la détermination d'un équivalent à l'émission



Trajet 2 — Pour la détermination d'un équivalent à la réception



Trajet 3 — Pour la détermination de l'équivalent global (EQG)



T1202730-88

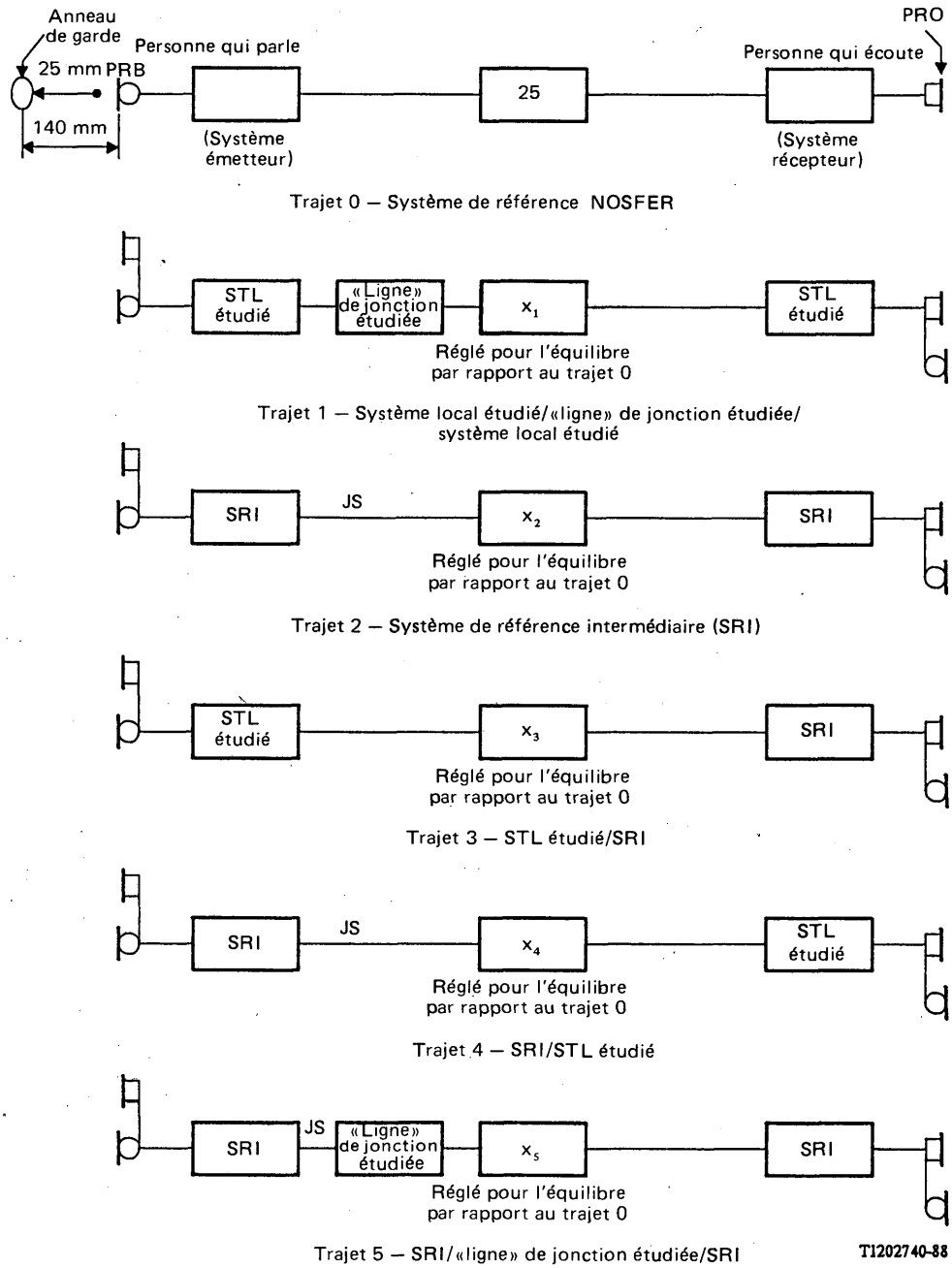
Trajet 4 — Pour la détermination de l'équivalent d'un système complet
[global: émission + réception (GER)]

ER25E = 25 − x_1
ER25R = 25 − x_2
EQG = 25 − x_3
GER = 25 − x_4

STL Système téléphonique local

FIGURE 7-1

Constitution des systèmes pour méthode subjective de détermination des équivalents R25 suivant Rec. P.72 du Livre rouge



$EGS = x_2 - x_1$
$ESE = x_2 - x_3$
$ESR = x_2 - x_4$
$ESJ = x_2 - x_5$

FIGURE 7-2

Constitution des systèmes pour méthode subjective de détermination des équivalents pour la sonie suivant Rec. P.78

7.4.2 *Signaux et paramètres de référence: caractéristiques*

Les signaux et paramètres de référence qui caractérisent objectivement les trajets pour la parole des figures 7-1 et 7-2 sont définis ci-après.

Remarque – Qu'il s'agisse de bouches et oreilles humaines ou artificielles, la définition des points référence bouche et oreille (PRB et PRO) reste la même (voir l'annexe A de la Recommandation P.64) et les positions normalisées de «conversation» sont identiques.

– *Voix artificielle acoustique:* définie au PRB. Pour les caractéristiques spectrales, voir le tableau 2/P.51.

– *Voix artificielles électriques:* se substituent, aux points JS dans les figures 7-1 et 7-2, à l'ensemble voix humaine/systèmes émetteurs NOSFER ou SRI. Pour les caractéristiques spectrales, voir les tableaux 7-1 et 7-2 (colonnes N_T et N_S, respectivement).

– *Sonie de référence (SR):* Sonie du signal acoustique au PRO du «trajet 0» lorsque la voix artificielle acoustique est appliquée au PRB.

$$SR = 21{,}1 \text{ sones}$$

– x_2: Affaiblissement calculé suivant l'organigramme de la figure 7-4, de telle sorte que les sonies des trajets 0 et 2 (figure 7-2) soient égales.

$$x_2 = 21{,}5 \text{ dB}$$

– *Fuites acoustiques «LE»:* définies en deux cas:

i) pour l'écouteur du combiné téléphonique (tableau 4/P.79),

ii) pour l'écouteur du NOSFER (tableau 7-3, LE_R).

TABLEAU 7-1

Voix artificielle électrique NOSFER

(sortie du système émetteur NOSFER)

Fréquence (Hz)	N_T (dBV)	Fréquence (Hz)	N_T (dBV)
100	−29,7	1000	−20,3
125	−24,7	1250	−22,1
160	−21,4	1600	−24,3
200	−19,2	2000	−26,0
250	−18,6	2500	−27,8
315	−18,4	3150	−28,1
400	−18,7	4000	−29,9
500	−18,7	5000	−34,8
630	−18,8	6300	−42,7
800	−19,4	8000	−46,4

TABLEAU 7-2

Voix artificielle électrique SRI

(sortie du système émetteur SRI)

Fréquence (Hz)	N_S (dBV)	Fréquence (Hz)	N_S (dBV)
100	−68,9	1000	−22,6
125	−55,3	1250	−23,3
160	−42,0	1600	−23,6
200	−33,6	2000	−24,8
250	−27,7	2500	−25,1
315	−23,8	3150	−26,8
400	−21,7	4000	−67,0
500	−21,0	5000	−82,8
630	−21,5	6300	−104,5
800	−21,9	8000	−120,5

TABLEAU 7-3

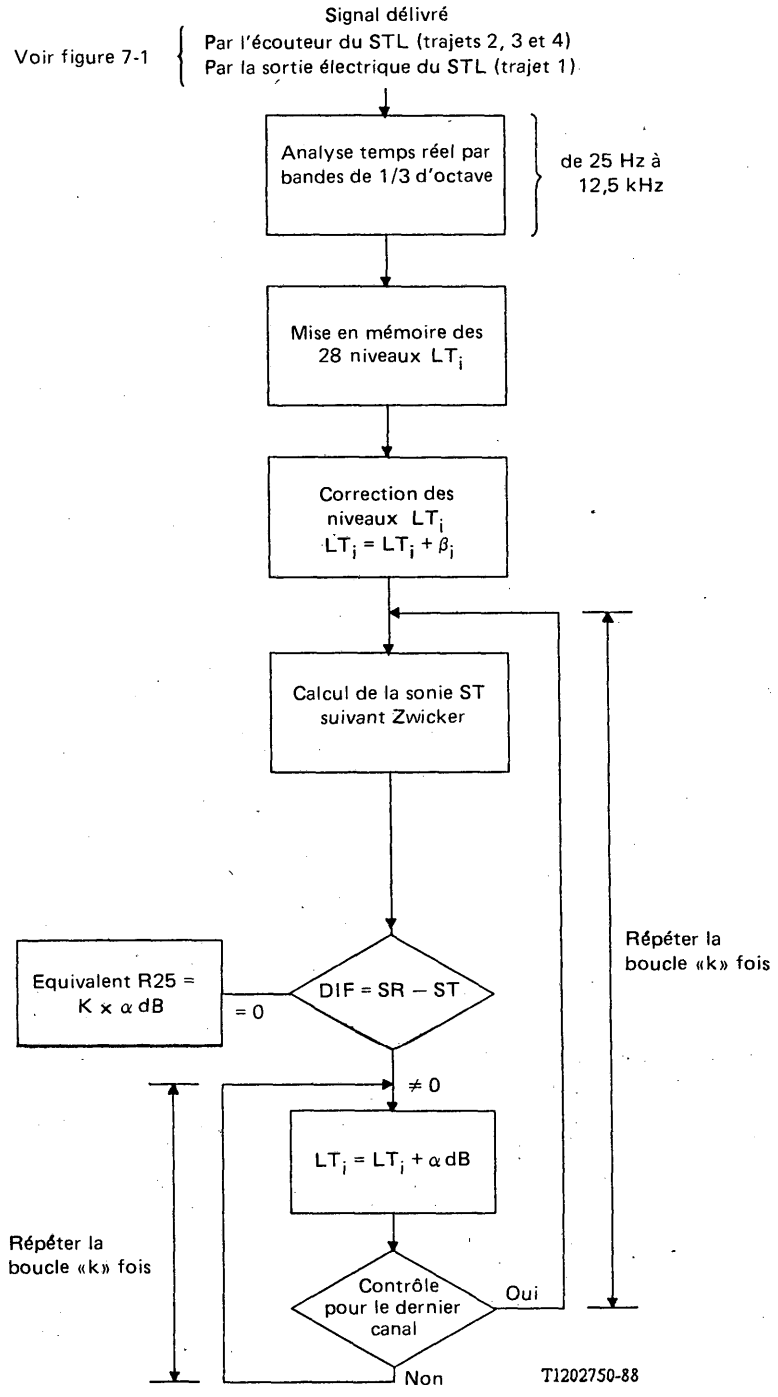
Fuites acoustiques de l'écouteur NOSFER

Fréquence (Hz)	LE_R (dB)	Fréquence (Hz)	LE_R (dB)
100	0,9	1000	−4,5
125	0,2	1250	−3,9
160	−0,6	1600	−4,6
200	−1,6	2000	−3,3
250	−2,9	2500	−3,2
315	−4,2	3150	−3,3
400	−5,3	4000	−3,7
500	−5,4	5000	−2,9
630	−4,9	6300	−0,8
800	−4,6	8000	−0,8

7.4.3 *Calcul des affaiblissements pour la sonie*

D'une manière générale, la mesure consiste à comparer et à égaliser la sonie de référence (SR) à celle des différents trajets à l'étude (figures 7-1 et 7-2). Cependant, compte tenu des modifications apportées à la structure de ces trajets (voir § 7.4.2), l'analogie entre les méthodes subjective et objective n'est rendue possible que si les signaux qui caractérisent ces liaisons sont corrigés (termes β_i des figures 7-3 et 7-4: fuites acoustiques, efficacités nominales en fonction de la fréquence des systèmes de référence à la réception) avant que leur sonie ne soit calculée et comparée à celle de référence.

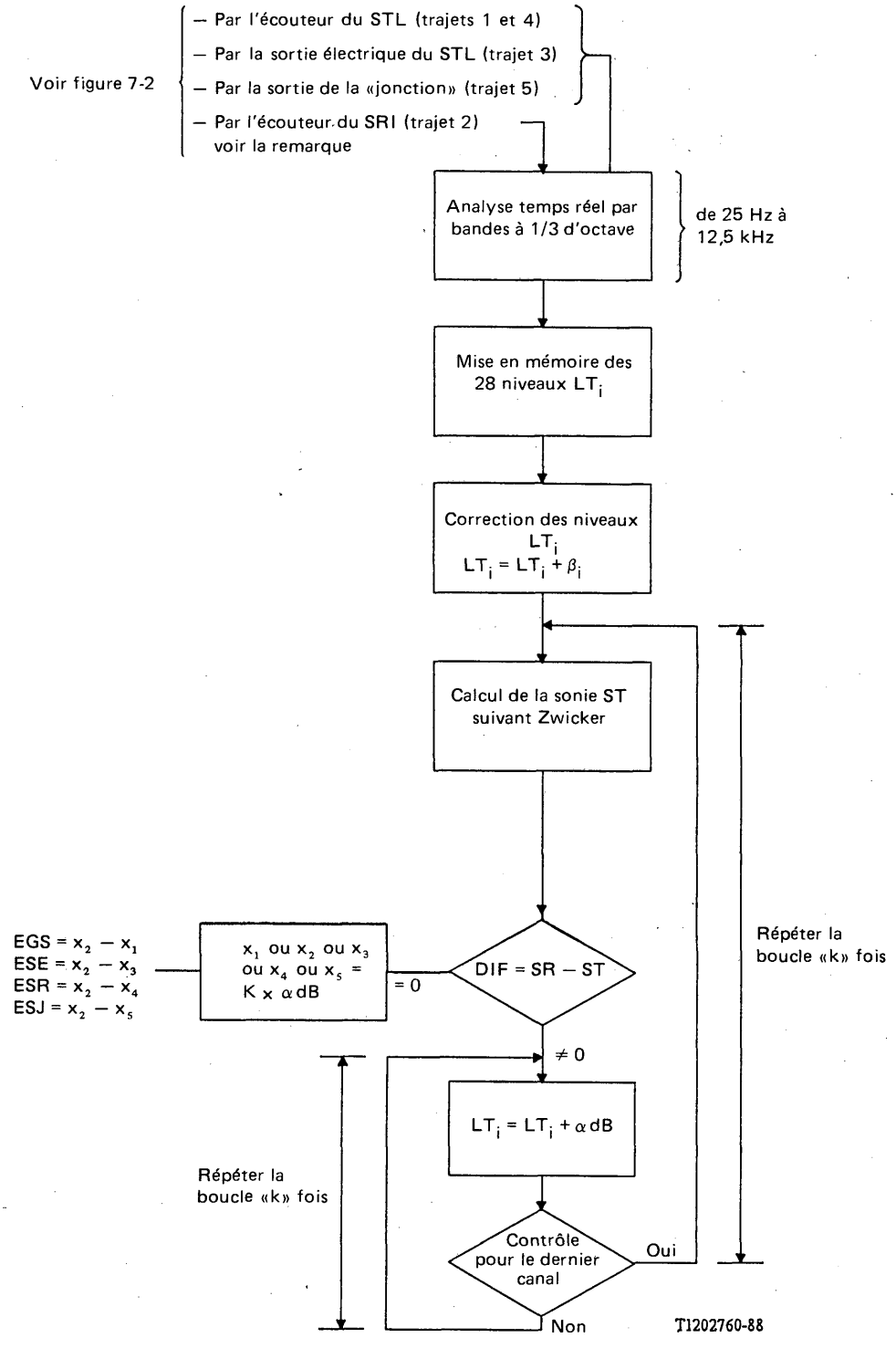
Les équivalents R25 et les ES sont alors calculés suivant les organigrammes des figures 7-3 et 7-4.



ST: Sonie du trajet à l'étude
SR: Sonie de référence
i: Varie de 1 à 28
α dB: Pas de variation en dB des niveaux LT_i (positif ou négatif)
k: Nombre de séquences proportionnel à l'équivalent R25
β_i: Si réception ou global: fuites LE (Rec. P.79)
Si émission: efficacité NOSFER à la réception; fuites écouteur NOSFER; efficacité du système NOSFER: 25 dB

FIGURE 7-3

Organigramme de calcul des équivalents R25



ST: Sonie du trajet à l'étude
SR: Sonie de référence
i: Varie de 1 à 28
α dB: Pas de variation en dB des niveaux LT_i (positif ou négatif)
k: Nombre de séquences proportionnel à la valeur de x_i
β_i: Si réception et global: fuites LE (Rec. P.79)
Si émission et jonction: efficacité réception du SRI; fuites LE (Rec. P.79)

Remarque – La procédure de calcul de x_2 est montrée à titre d'exemple, x_2 = 21,5 dB constant.

FIGURE 7-4

Organigramme de calcul des équivalents pour la sonie

7.5 *Structure générale de l'appareil CERF de l'Administration française*

Le bloc diagramme de la figure 7-5 indique comment sont associés entre eux les éléments principaux constituant l'appareil de mesure effectuant les opérations décrites ci-dessus. [22] indique plus en détail les fonctions et les caractéristiques de l'appareil.

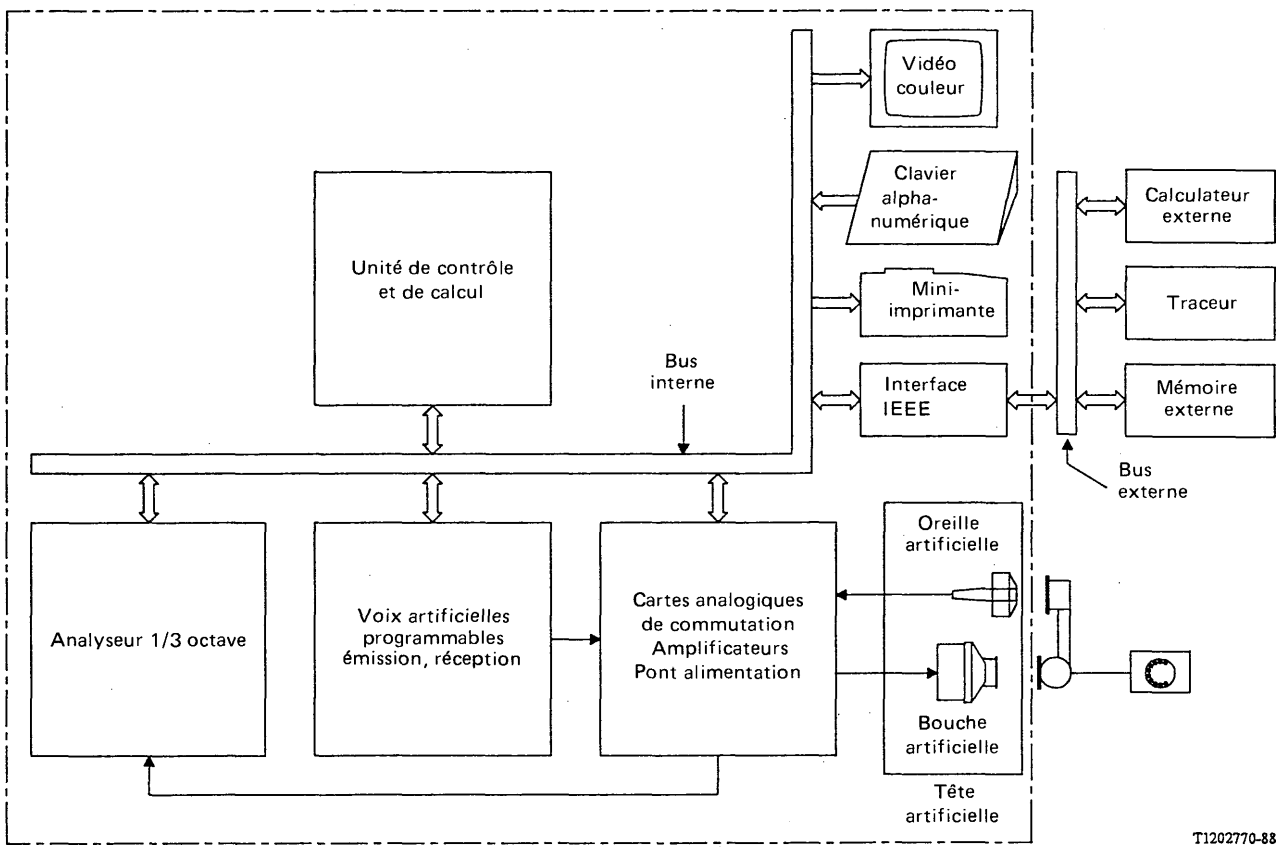


FIGURE 7-5

Bloc diagramme du système CERF de l'Administration française

8 Renseignements sur la méthode de mesure de l'affaiblissement en sonie OREM-B utilisée par l'Administration de la République fédérale d'Allemagne (Contribution de l'Administration de la République fédérale d'Allemagne)

8.1 *Définition*

A la Deutsche Bundespost, les mesures des équivalents pour la sonie sont effectuées conformément à DIN 44013: configuration et application du dispositif de mesure de l'équivalent de référence objectif, OREM-B.

8.1.1 *Equivalents liés à la sonie OREM-B, BD*

Par définition, le BD pour la sonie est égal à zéro si l'on atteint une pression acoustique de 1,6 Pa au microphone SFERT dans l'oreille Braun et une pression acoustique de 1,07 Pa dans les conditions de mesure spécifiées dans DIN 44013.

8.1.2 *Sonie à l'émission OREM-B, SBD*

On détermine la sonie à l'émission, SBD, en utilisant le point de mesure – par exemple, un appareil téléphonique avec le pont d'alimentation, éventuellement avec des lignes et d'autres équipements connectés – comme émetteur électrique et en comparant la tension mesurée à une impédance de terminaison de 600 ohms avec la tension de référence.

Par définition, la «SBD» est égale à zéro si la tension de sortie au microphone SFERT en présence d'une pression acoustique de 1,07 Pa est de 285 mV (voir la figure 8-1).

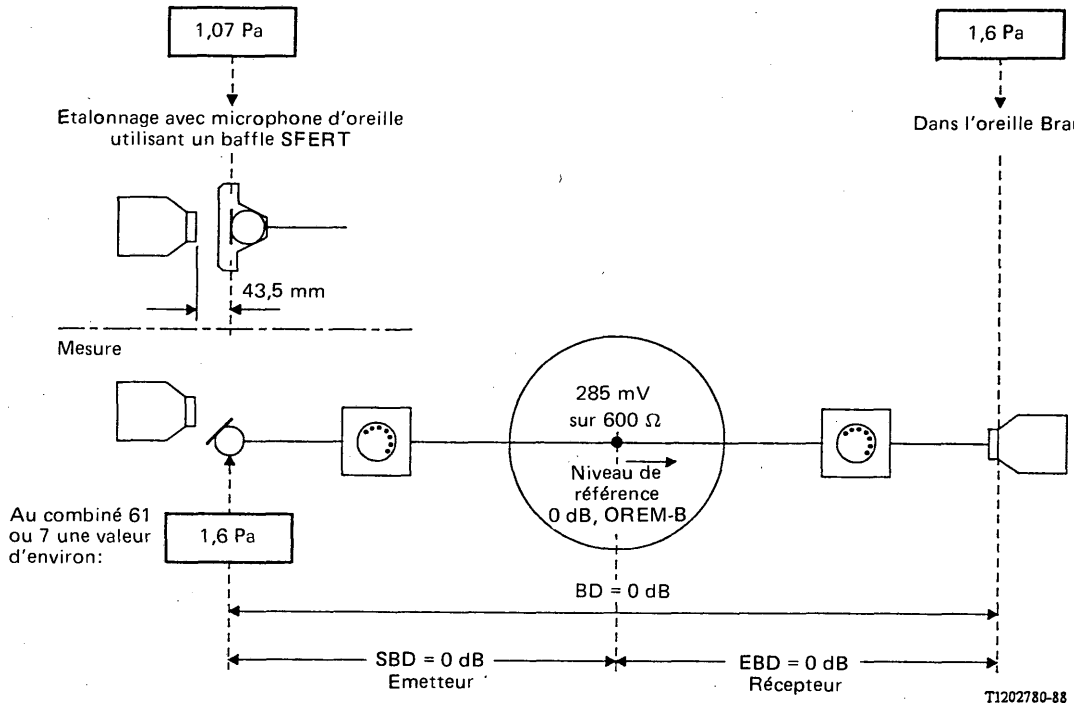


FIGURE 8-1

Schéma du dispositif OREM-B

8.1.3 *Sonie à la réception OREM-B, EBD*

On détermine la sonie à la réception en utilisant le point de mesure (par exemple, un poste téléphonique avec le pont d'alimentation, éventuellement avec des lignes et d'autres dispositifs connectés) comme récepteur électrique et en comparant la pression acoustique mesurée dans l'oreille Braun avec la pression acoustique de référence.

Par définition, l'«EBD» est égale à zéro si la pression acoustique mesurée à une tension de circuit ouvert de l'émetteur de 570 mV (résistance interne: 600 ohms) est de 1,6 Pa (voir la figure 8-1).

8.1.4 *Sonie globale OREM-B, OBD*

La sonie globale (OBD) d'une communication téléphonique est l'équivalent de référence que l'on détermine en comparant une communication téléphonique complète, éventuellement avec des lignes et d'autres dispositifs interposés, avec la référence OREM-B émetteur et récepteur (voir la figure 8-1).

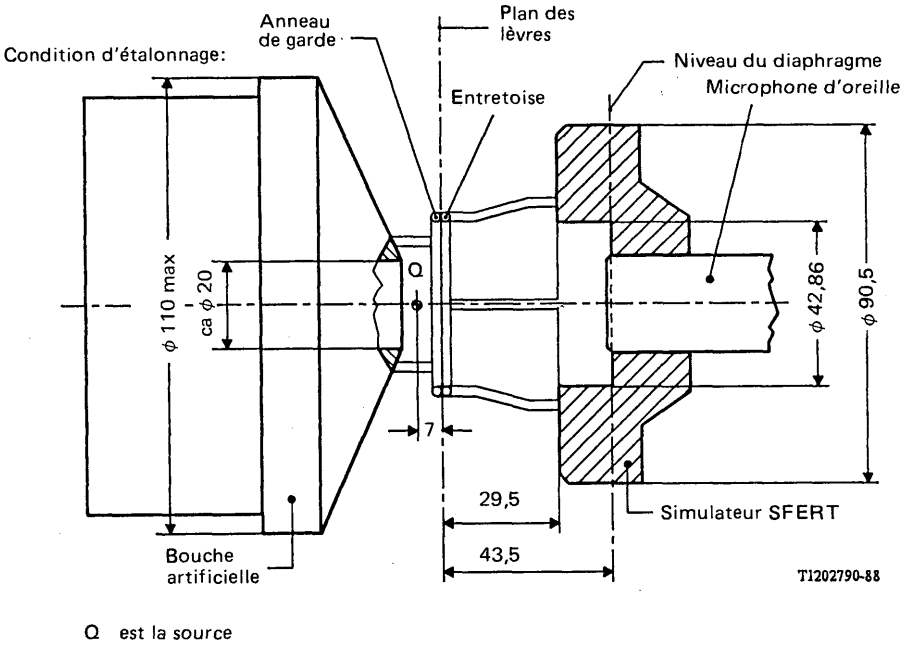
8.1.5 *Sonie de l'effet local OREM-B, RBD*

On détermine la sonie de l'effet local en comparant – dans les transmissions allant du microphone à la capsule du récepteur du même point de mesure, par exemple, un poste téléphonique avec une impédance de terminaison spécifique – la pression acoustique du récepteur avec la pression acoustique de référence.

Par définition, RBD est égale à zéro si la pression acoustique mesurée dans l'oreille Braun est de 1,6 Pa en présence d'une pression acoustique de 1,07 Pa au microphone SFERT.

8.2 *Conditions de mesure qui ne suivent pas la Recommandation P.64*

- Au lieu d'adopter la position du combiné décrite dans l'annexe A de la Recommandation P.76/PGES, on adopte une position conforme à la Recommandation P.72 du *Livre rouge* (PCER).
- Au lieu du coupleur CEI, on utilise un coupleur Braun.
- On utilise une bouche artificielle conforme aux dispositions de la Recommandation P.51.
- L'étalonnage de la bouche artificielle n'est pas assuré dans des conditions de champ libre mais à l'aide du baffle SFERT. La pression acoustique accumulée dans le baffle SFERT est compensée par un filtre adéquat dans la section du générateur. Au diaphragme du microphone dans le baffle SFERT (figure 8-2), qui se trouve à 43,5 mm du plan des lèvres, la pression acoustique est réglée à 1,07 Pa (niveau de pression acoustique: 94,6 dB). Entre 200 Hz et 4000 Hz, la pression acoustique doit être aussi indépendante que possible de la fréquence. Dans ce processus, le filtre SFERT est activé.
- Grâce à une boucle de régulation, on garde une pression acoustique constante égale à la valeur de l'étalonnage (indépendamment du point de mesure).



Q est la source

FIGURE 8-2

Bouche artificielle avec étalonnage

8.3 *Algorithme*

Les tensions successives U_1, U_2 ... U_n du signal sinusoïdal balayé sont ajoutées conformément à la loi suivante:

$$U^m = (U_1^m \cdot t_1 + U_2^m \cdot t_2 + U_3^m \cdot t_3 + \ldots U_n^m \cdot t_n) \cdot \frac{1}{\sum t_i}$$

pour t_i tendant vers 0:

$$U^m = (1/T) \int_0^T [U(t)]^m \, dt$$

L'exposant m est égal à 0,6.

Le temps transitoire statique de l'indicateur est 3,5 s.

Le balayage de fréquences 200 ... 4000 ... 200 Hz est logarithmique par rapport au temps avec un cycle de balayage complet par seconde.

ANNEXE A

(au § 5.3 du Supplément n° 19)

Les coefficients du facteur E

Les valeurs d'affaiblissement L_i sont données pour la bande «large» $f_1 \ldots f_N$. L'équivalent pour la sonie pour la «bande large», $ES(W)$, est calculé avec l'algorithme suivant:

$$\left.\begin{aligned} ES(W) &= L_0(W) + L_m(W) \\ L_m(W) &= -(1/b) \log_{10} \sum_{i=1}^{N} K_{wi}\, 10^{-bL_i} \end{aligned}\right\} \quad \text{(A-1)}$$

Par souci de brièveté, on utilise la notation suivante:

$$b = m/10 \quad \text{(A-2)}$$

L'équivalent pour la sonie pour la bande «commune» est calculé dans la gamme de fréquences plus étroite:

$$f_{N1} \ldots f_{N2} \qquad f_{N1} > f_1;\ f_{N2} < f_N$$

$$\left.\begin{aligned} ES &= L_0 + L_m \\ L_m &= -(1/b) \log_{10} \sum_{i=N1}^{N2} K_i\, 10^{-bL_i} \end{aligned}\right\} \quad \text{(A-3)}$$

La définition des coefficients de type K_i permet d'écrire:

$$\left.\begin{aligned} \sum_{i=1}^{N} K_{wi} &= 1 \\ \sum_{i=N1}^{N2} K_i &= 1 \end{aligned}\right\} \quad \text{(A-4)}$$

Les relations entre les deux algorithmes sont définies de la manière suivante:

Pour un système à limitation de bande stricte, c'est-à-dire lorsque $L_1 \ldots L_{N1} = \infty$, il est établi que:

$$ES(W) = ES \quad \text{(A-5)}$$

et que:

$$K_{wi} / K_i = D;\ \text{une constante.} \quad \text{(A-6)}$$

d'où:

$$D = \sum_{i=N1}^{N2} K_{wi} \quad \text{(A-7)}$$

et

$$L_0 = L_0(W) - (1/b) \log_{10} D \quad \text{(A-8)}$$

La notation suivante sera utilisée:

$$\Sigma' = \sum_{i=1}^{N1-1} + \sum_{i=N2+1}^{N} \tag{A-9}$$

Dans le cas général, on obtient:

$$ES(W) = L_0(W) - (1/b)\log_{10}\left\{\sum_{i=N1}^{N2} K_{wi}\,10^{-bL_i} + \Sigma' K_{wi}\,10^{-bL_i}\right\} \tag{A-10}$$

d'où:

$$ES(W) = ES - (1/b)\log_{10}\left\{1 + \Sigma'(K_{wi}/D)\,10^{-bL_i}\right\} \tag{A-11}$$

Comme les termes de la somme Σ' de l'expression (A-11) sont peu importants, il est possible de faire un développement en série. Ainsi,

$$ES(W) = ES - \Sigma' C_i\,10^{-bL_i} \tag{A-12}$$

où

$$C_i = K_{wi}/(bD \ln 10) \tag{A-13}$$

Le dernier terme de l'expression (A-12) représentera l'amélioration de la sonie, c'est-à-dire le facteur E.

$$E = \Sigma' C_i\,10^{-bL_i} \tag{A-14}$$

Dans la pratique, on peut considérer que la bande «large» va de 200 Hz (f_1) à 4000 Hz (f_{14}) et que la bande «commune» est comprise entre 315 Hz (f_3) et 3150 Hz (f_{13}). Les fréquences «aux limites» de la bande sont de 200, 250 et 4000 Hz.

Les coefficients C_i ont été calculés pour quelques-uns des algorithmes d'équivalent pour la sonie abordés ici en utilisant les valeurs K_{wi} qui correspondent à l'EGS, comme indiqué au tableau A-1 (se reporter aux références [11] et [7] pour une présentation détaillée des algorithmes et de la méthode de conversion des coefficients de pondération du type W_i en coefficients de pondération du type K_i). Les valeurs de C_i sont reprises dans le tableau A-2.

Ni l'algorithme P.79 ni sa version lissée P.79/S ne se prêtent à une analyse des caractéristiques de fonction aux limites de la bande car il a été établi que leur pondération de fréquence est moins correcte: elle fait trop ressortir les fréquences inférieures [7].

Il ressort du tableau A-2 que les coefficients C_i obtenus avec les trois algorithmes ne diffèrent pas tellement l'un de l'autre. Etant donné que, chez l'homme, on peut s'attendre à ce que les caractéristiques vocales et auditives aux limites de la bande varient beaucoup, il est impossible de choisir des valeurs réelles critiques pour le coefficient C_i. Il est donc raisonnable de choisir les valeurs «arrondies».

$$C(0{,}2) = 0{,}5; \qquad C(0{,}25) = 1; \qquad C(4) = 1 \text{ dB} \tag{A-15}$$

avec $m = 0{,}2$.

Quel algorithme faut-il utiliser pour calculer l'équivalent pour la sonie dans la «bande commune»? Comme l'indiquent les références [11] et [7], plusieurs algorithmes concordent de manière à peu près identique avec les mesures subjectives. L'algorithme le plus simple est l'algorithme «C», et c'est donc lui qui a été choisi.

TABLEAU A-1

Algorithme	m	K_{wi}		
		0,2 kHz	0,25 kHz	4 kHz
P.XXE	0,225	0,0227	0,0389	0,0292
CH	0,2	0,0306	0,0439	0,0324
B	0,2	0,031	0,042	0,042
P.79/S	0,175	0,0536	0,0765	0,0243

TABLEAU A-2

Algorithme	C_i			$\sum C_i$
	0,2 kHz	0,25 kHz	4 kHz	
P.XXE	0,48	0,83	0,62	1,93
CH	0,74	1,06	0,79	2,59
B	0,76	1,03	1,03	2,82
Moyenne	0,66	0,97	0,81	2,45

ANNEXE B

(au § 6.3 du Supplément n° 19)

Provenance des 71 caractéristiques des postes téléphoniques:

a) 13 du CCITT, COM XII-N° 164: 1977-1980 et

b) 58 de J. Barnes, communication privée.

Les données statistiques des courbes d'efficacité à l'émission et à la réception sont représentées sur les figures B-1 et B-2. On a normalisé les courbes en soustrayant l'efficacité «moyenne» calculée à l'aide de l'expression (6-1b).

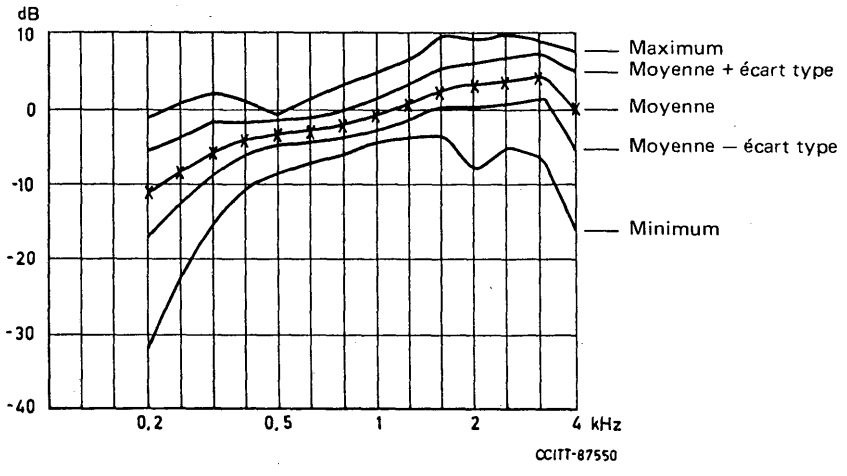


FIGURE B-1

Données statistiques des courbes normalisées à l'émission

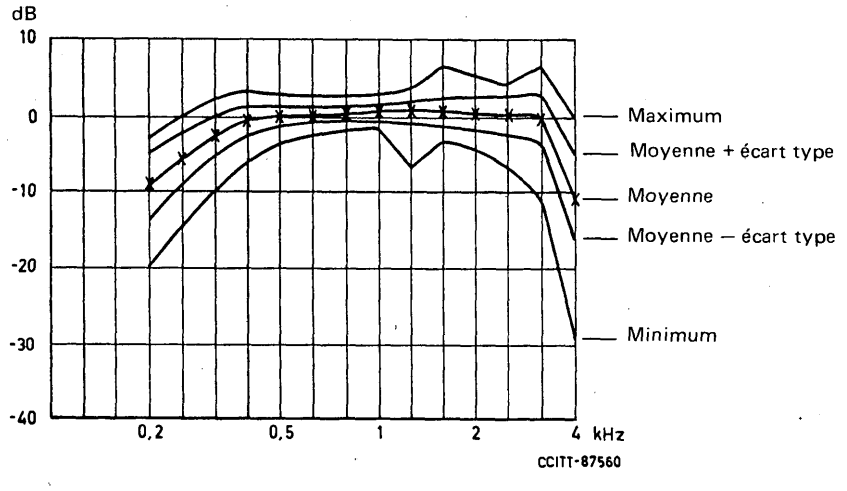


FIGURE B-2

Données statistiques des courbes normalisées à la réception

Références

[1] Norme IEEE 661-1979, Méthode normalisée pour déterminer les équivalents subjectifs pour la sonie des communications téléphoniques, *IEEE*, New York.

[2] CCITT – Projet de Recommandation P.XXE, Question 15/XII, annexe 2, Contribution COM XII-N° 1, période d'études 1977-1980, Genève, 1976.

[3] CCITT – Contribution COM XII-N° 160 (Application de la méthode de Zwicker aux calculs de la sonie – Australie), période d'études 1981-1984, Genève, 1983.

[4] BARNES (J.): Communication privée, STL.

[5] CCITT – Contribution COM XII-N° 10 (République populaire de Chine), période d'études 1981-1984.

[6] CCITT – Contribution COM XII-N° 55 (Simplified Loudness Calculations – ELLEMTEL), période d'études 1981-1984.

[7] CCITT – Contribution COM XII-N° 194 (Etude comparative des algorithmes de calcul de la sonie – ELLEMTEL), période d'études 1981-1984, Genève, 1984.

[8] CCITT – Contribution COM XII-N° 98 (Calcul des indices de force des sons pour différentes largeurs de bande – British Telecom), période d'études 1981-1984, Genève, 1982.

[9] CCITT – Contribution COM XII-N° 78 (Additivité des indices de force des sons – ELLEMTEL), période d'études 1981-1984, Genève, 1982.

[10] CCITT – Contribution COM XII-N° 111 (Choix de caractéristiques affaiblissement/fréquence représentatives pour les éléments électriques – ITT/STL), période d'études 1981-1984, Genève, 1983.

[11] CCITT – Contribution COM XII-N° 176 (Algorithmes des équivalents pour la sonie appliqués à certains résultats publiés. Une étude comparative – ELLEMTEL), période d'études 1981-1984, Genève, 1984.

[12] CCITT – Contribution COM XII-N° 4 (La stabilité de l'équipe d'essai du CCITT. Quelques commentaires – ELLEMTEL), période d'études 1985-1988, Genève, 1985.

[13] CCITT – Contribution COM XII-N° 1, Question 15/XII, annexe 2 (Adaptation des équivalents pour la sonie aux fins de la planification de la transmission), période d'études 1985-1988.

[14] Communication privée de FTZ (République fédérale d'Allemagne).

[15] CCITT – Contribution COM XII-N° 15 (Mesure objective et calcul de l'équivalent de référence de câbles urbains – Suède), période d'études 1964-1968.

[16] CCITT – Contribution COM XII-N° 111 [Comparaison de résultats subjectifs et objectifs concernant les affaiblissements pour la sonie (ES) et les équivalents R25 (ER25)], période d'études 1985-1988.

[17] CCITT – Contribution COM XII-N° 58 (Détermination des AES et des équivalents R25 de casques d'opérateurs en tenant compte des fuites acoustiques), période d'études 1985-1988.

[18] CCITT – Contribution COM XII-D.44 – Groupe de travail XII/2 – Rapport sur l'état de la question 17 «Téléphonie mains-libres» (inclus dans le Rapport R20), Shanghai, 12-16 octobre 1987, période d'études 1985-1988.

[19] CCITT – Contribution COM XII-N° 235 (Mesure objective des postes mains-libres à l'émission. Influence des caractéristiques des voix artificielles), période d'études 1985-1988.

[20] ZWICKER (E.), FELDTKELLER (R.): Psychoacoustique: l'oreille, récepteur d'information. Editeur Masson, *S. Hirzel Verlag*, Stuttgart.

[21] PAULUS (E.), ZWICKER (E.): Programme pour la détermination automatique de la sonie à partir des niveaux par tiers d'octave ou des niveaux dans les bandes critiques, *Acustica*, vol. 27, pp. 253 à 266, 1972.

[22] CCITT – Manuel sur les mesures téléphonométriques, le système CERF: un dispositif utilisé par l'Administration française pour les mesures objectives de différents types d'affaiblissement en sonie, UIT, Genève, 1987.

ISBN 92-61-03442-X