



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

UIT-T

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

P.11

(03/93)

**QUALITÉ DE LA TRANSMISSION TÉLÉPHONIQUE
VOCABULAIRE ET EFFETS DES PARAMÈTRES DE
TRANSMISSION SUR L'OPINION DES USAGERS**

**EFFET DES DÉGRADATIONS
DE LA TRANSMISSION**

Recommandation UIT-T P.11

(Antérieurement «Recommandation du CCITT»)

AVANT-PROPOS

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

La Conférence mondiale de normalisation des télécommunications (CMNT), qui se réunit tous les quatre ans, détermine les thèmes que les Commissions d'études de l'UIT-T doivent examiner et à propos desquels elles doivent émettre des Recommandations.

La Recommandation UIT-T P.11, élaborée par la Commission d'études XII (1988-1993) de l'UIT-T, a été approuvée par la CMNT (Helsinki, 1-12 mars 1993).

NOTES

1 Suite au processus de réforme entrepris au sein de l'Union internationale des télécommunications (UIT), le CCITT n'existe plus depuis le 28 février 1993. Il est remplacé par le Secteur de la normalisation des télécommunications de l'UIT (UIT-T) créé le 1^{er} mars 1993. De même, le CCIR et l'IFRB ont été remplacés par le Secteur des radiocommunications.

Afin de ne pas retarder la publication de la présente Recommandation, aucun changement n'a été apporté aux mentions contenant les sigles CCITT, CCIR et IFRB ou aux entités qui leur sont associées, comme «Assemblée plénière», «Secrétariat», etc. Les futures éditions de la présente Recommandation adopteront la terminologie appropriée reflétant la nouvelle structure de l'UIT.

2 Dans la présente Recommandation, le terme «Administration» désigne indifféremment une administration de télécommunication ou une exploitation reconnue.

TABLE DES MATIÈRES

		<i>Page</i>
1	Objet.....	1
2	Effet des dégradations individuelles	2
	2.1 Considérations générales	2
	2.2 Affaiblissement en sonie.....	2
	2.3 Bruit de circuit.....	3
	2.4 Effet local.....	6
	2.5 Bruit de salle	7
	2.6 Distorsion d'affaiblissement.....	7
	2.7 Distorsion de temps de propagation de groupe.....	8
	2.8 Temps de propagation absolu	8
	2.9 Echo pour la personne qui parle	8
	2.10 Echo pour la personne qui écoute	8
	2.11 Distorsion de non-linéarité	9
	2.12 Distorsion de quantification.....	9
	2.13 Gigue de phase.....	10
	2.14 Diaphonie intelligible	10
3	Effet des dégradations multiples et utilisation des modèles d'opinion	10
	Annexe A – Indice de qualité de transmission	11
	A.1 Introduction	11
	A.2 Paramètres de connexion utilisés dans le modèle	11
	A.3 Modèle de base pour l'indice de qualité de transmission	11
	A.4 Résultats types	13
	Annexe B – Effet de la distorsion d'affaiblissement sur la qualité de transmission	17
	B.1 Effet de la distorsion d'affaiblissement sur la force des sons et sur la netteté	17
	B.2 Effet de la distorsion d'affaiblissement sur l'audition et les notes d'opinion en conversation.....	19
	B.3 Exemples de l'influence des caractéristiques de la distorsion d'affaiblissement.....	23
	B.4 Méthode d'évaluation utilisant l'unité de distorsion d'affaiblissement (adu)	23
	Annexe C – Effet de la distorsion du temps de propagation de groupe sur la qualité de transmission	27
	Annexe D – Effets des microphones à charbon et des microphones linéaires sur la qualité de transmission	29
	Annexe E – Distorsion de quantification dans les systèmes numériques	31
	Annexe F – Effets de la distorsion de non-linéarité sur les caractéristiques de transmission.....	32
	Références	32

EFFET DES DÉGRADATIONS DE LA TRANSMISSION

(Genève, 1980; modifiée à Malaga-Torremolinos, 1984; Melbourne, 1988 et à Helsinki, 1993)

1 Objet

L'objet essentiel du présent plan de transmission pour les connexions 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 connexions complètes et aux parties constitutives d'une connexion. 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 qualité¹⁾. 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'utilisateur 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 connexions 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 connexions 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.

L'article 2 contient une brève description des diverses dégradations qui peuvent intervenir dans les connexions 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.

L'article 3 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 connexion 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 connexion; des indications à ce sujet sont données par les connexions fictives de référence qui font l'objet des Recommandations G.103 et G.104.

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.

2 Effet des dégradations individuelles

2.1 Considérations générales

On trouvera dans l'article 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 connexions 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 connexion 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 connexion jusqu'à la sortie du récepteur téléphonique à l'autre extrémité. L'efficacité de la transmission vocale sur les connexions téléphoniques et la satisfaction de l'utilisateur 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'utilisateur 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'utilisateur 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 connexions téléphoniques. La méthode de l'équivalent de référence (RE) (*reference equivalent*) 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 (CRE) (*corrected reference equivalent*) défini dans la Recommandation G.111 du *Livre Rouge*. Ce changement a exigé un aménagement des valeurs d'affaiblissement en sonie recommandées pour les connexions 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 (LR) 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 sont représentatifs d'essais de conversation en laboratoire, pour des connexions 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 donne des indications supplémentaires sur certaines valeurs de sonie qui ont été recommandées par le CCITT ou qui sont encore à l'étude.

2.3 Bruit de circuit

Dans une connexion téléphonique, le bruit de circuit a un effet important sur la satisfaction des usagers et sur l'efficacité de la connexion 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'utilisateur 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 connexion téléphonique.

NOTE – 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.

TABLEAU 2a/P.11

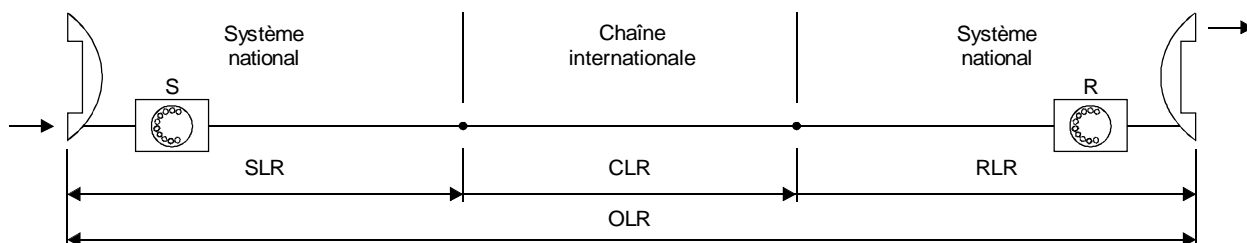
Valeurs (dB) de l'équivalent de référence RE (q), et de l'équivalent de référence corrigé CRE (y) pour diverses connexions mentionnées dans les Recommandations G.111 et G.121 du Livre Rouge [les interfaces d'émission et de réception se trouvent à l'extrémité virtuelle analogique (VASP) (virtual analogue switching point)]

		RE (q) antérieurement recommandé	CRE (y)
Intervalle optimal pour une connexion (3.2/G.111)	Minimum Optimum Maximum	6 9 18	5 ^{a)} 7 ^{a)} à 11 16
<i>Valeurs moyennes pondérées de trafic</i>			
Objectifs à long terme			
– connexion (3.2/G.111)	Minimum Maximum	13 18	13 16
– système national d'émission (1/G.121)	Minimum Maximum	10 13	11,5 13
– système national de réception (1/G.121)	Minimum Maximum	2,5 4,5	2,5 4
Objectifs à court terme			
– connexion (3.2/G.111)	Maximum	23	25,5
– système national d'émission (1/G.121)	Maximum	16	19
– système national de réception (1/G.121)	Maximum	6,5	7,5
Valeurs maximales pour un système national (2.1/G.121) pays de taille moyenne	Emission Réception	21 12	25 14
Minimum pour le système national d'émission (3/G.121)		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 LR citées dans les Recommandations G.111 et G.121

	SLR ^{a)}	CLR ^{a)}	RLR ^{a)}	OLR ^{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)}			
<p>a) Comme sur la Figure 1.</p> <p>b) Article 1/G.121.</p> <p>c) Paragraphe 2.1/G.121.</p> <p>d) Article 3/G.121.</p> <p>e) Quand la chaîne internationale est numérique, CLR = 0. Si la chaîne internationale se compose d'un circuit analogique, CLR = 0,5; on accroît alors l'OLR de 0,5 dB. (Si la distorsion d'affaiblissement en fonction de la fréquence de ce circuit est prononcée, le CLR peut à nouveau augmenter de 0,2 dB. Voir A.4.2/G.111.)</p> <p>f) Voir aussi les observations formulées au 3.2/G.111.</p> <p>g) Paragraphe 3.2/G.111.</p>				



CLR Equivalent pour la sonie du circuit (*circuit loudness rating*)
 OLR Equivalent global pour la sonie (*overall loudness rating*)
 RLR Equivalent pour la sonie à la réception (*receive loudness rating*)
 SLR Equivalent pour la sonie à l'émission (*send loudness rating*)

T1205900-93/d01

FIGURE 1/P.11

Désignation des LR dans une connexion internationale

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 connexion; 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 connexion 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 (CRE) 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 le CRE 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 sont typiques d'essais de conversation en laboratoire; ils illustrent l'effet du bruit de circuit lorsque d'autres caractéristiques de la connexion (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.

NOTE – Voir L'Annexe A pour des renseignements complémentaires sur les effets du bruit de circuit.

TABLEAU 3/P.11

Bruit de circuit au point RLRde 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 connexion doit être maintenu à un niveau aussi bas que possible. Sur les connexions 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 connexions comportant plusieurs de ces circuits en cascade. 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 connexions 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'utilisateur 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.

NOTE – 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'utilisateur, 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'utilisateur. 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 connexion. 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. À 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 connexions, 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 connexion, par exemple en termes d'équivalent de référence de l'effet local (STRE) (*sidetone reference equivalent*) (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 (STMR) (*sidetone masking rating*), 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 (LSTR) (*listener sidetone rating*). Le LSTR (Recommandations P.76 et P.79) repose sur le même principe et sur le même algorithme de calcul que le STMR, 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 connexion 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 2.9).

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

L'article 5/G.121 précise les meilleurs niveaux d'effet local dans différents cas de connexion, selon que l'abonné est la personne qui parle (STMR) ou la personne qui écoute (LSTR).

Les résultats d'essais subjectifs d'opinion des abonnés en fonction de l'affaiblissement local par la méthode STMR 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 connexion complètement assourdie.

Pour réduire les effets d'un bruit de salle de niveau élevé, il faut s'efforcer d'obtenir une valeur de LSTR 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, le LSTR dépend beaucoup du STMR 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 A.4.3.3/G.111.

Ainsi, les connexions ayant de faibles valeurs de STMR ont en général aussi de faibles valeurs de LSTR.

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 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 connexions 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 connexion téléphonique, ainsi que les variations d'affaiblissement dans la bande en fonction de la fréquence. L'affaiblissement en sonie et la netteté d'une connexion 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 connexion, 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.

NOTE – 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.

NOTE – 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, connexion 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 connexions 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.

NOTE – Les effets de l'écho, de limitation d'écho et de temps de propagation sont à l'étude au titre de la Question 21/12.

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'utilisateur 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 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/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 le LR recommandé du trajet d'écho, pour limiter la probabilité d'écho gênant.

NOTE – Les effets de l'écho et du temps de propagation sont étudiés au titre de la Question 21/12.

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 connexion 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 connexion 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 réfléchi à l'extrémité éloignée du trajet à quatre fils, puis renvoyée jusqu'à l'extrémité locale, où elle est une nouvelle fois réfléchi. 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 connexions 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:

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

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 connexions 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 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.

NOTE – La distorsion de non-linéarité, notamment la définition d'une méthode de mesure objective appropriée, est étudiée au titre de la Question 13/12.

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 (la Recommandation P.83 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.

NOTE – On trouvera d'autres renseignements dans l'Annexe E. La qualité de transmission des systèmes numériques est étudiée au titre de la Question 18/12.

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 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.

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

2.14 Diaphonie intelligible

Il se produit une diaphonie intelligible lorsque le signal vocal transmis sur une connexion téléphonique est couplé avec une autre connexion téléphonique, de telle manière que le signal couplé soit audible et intelligible pour l'un des interlocuteurs ou les deux interlocuteurs de la deuxième connexion 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 connexion.

Plusieurs facteurs ont une influence sur l'intelligibilité d'un signal retransmis par diaphonie entre deux connexions 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 connexions 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 connexions 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 connexion 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 à l'article 2, ou à la plupart de ces dégradations.

NOTE – 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 13/12. Le Supplément n° 3 aux Recommandations de la série P donne des exemples de modèles d'opinion utilisés par Bellcore, par le British Telecom, NTT et CNET.

Annexe A

Indice de qualité de transmission

(Cette annexe fait partie intégrante de la présente Recommandation)

A.1 Introduction

La présente annexe, qui fait partie de la réponse à la Question 4/12 (1985-1988), décrit un modèle d'opinion de conversation simple destiné à la prévision des effets combinés de l'équivalent global pour la sonie (OLR), 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 (STMR), 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.

<i>Paramètres de connexion</i>	<i>Gamme</i>
OLR Equivalent global pour la sonie, en dB	0 à 40
CN Bruit de circuit (<i>circuit noise</i>) à 0 dB RLR (équivalent pour la sonie à la réception) en dBmp	-80 à -40
RN Bruit de salle (<i>room noise</i>) en dBA	30 à 70
Q Rapport signal/distorsion de quantification en dB	0 à 100
STMR(T) Affaiblissement d'effet local par la méthode de masquage (du côté de la personne qui parle) en dB	0 à 20
STMR(L) Affaiblissement d'effet local par la méthode de masquage (du côté de la personne qui écoute) en dB	0 à 20
FL Fréquence de coupure inférieure (<i>lower cutoff</i>) (à 10 dB) en Hz	200 à 600
FU Fréquence de coupure supérieure (<i>upper cutoff</i>) (à 10 dB) en Hz	2500 à 3400

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

$$I = I(S/N) I(BW) I(ST) \tag{A-1}$$

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

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

$$\begin{aligned}
OLRe &= \text{OLR réel avec effet du STMR sur le niveau de la parole} \\
&= OLR && \text{pour } STMR(T) > 12 \text{ dB} \\
&= OLR + [12 - STMR(T)]/3 && \text{pour } STMR(T) < 12 \text{ dB}
\end{aligned} \tag{A-3}$$

$$\begin{aligned}
OLRp &= \text{Valeur optimale d'OLR en fonction du bruit de circuit (CN) et du bruit de salle (RN)} \\
&= 10 - (NT + 80)/10
\end{aligned} \tag{A-4}$$

$$\begin{aligned}
NT &= \text{Bruit de circuit équivalent du bruit global (dBmp)} \\
&= N1 (+) NF (+) N(Q)
\end{aligned} \tag{A-5}$$

$$\begin{aligned}
N1 &= \text{Bruit de circuit équivalent du bruit de circuit et du bruit de salle (dBmp)} \\
&= CN (+) RNE(L) (+) RNE(S)
\end{aligned} \tag{A-6}$$

$$\begin{aligned}
RNE(L) &= \text{Equivalent de bruit du circuit dû au bruit de salle et à une fuite du pavillon d'écouteur (dBmp)} \\
&= RN - 116
\end{aligned} \tag{A-7}$$

$$\begin{aligned}
RNE(S) &= \text{Equivalent de bruit du circuit dû au bruit de salle et à une fuite du pavillon d'écouteur (dBmp)} \\
&= RN - 100 - STMR(L) - D
\end{aligned} \tag{A-8}$$

$$\begin{aligned}
D &= \text{Equivalent d'effet local pour le bruit de salle - } STMR(L) \\
&= 15 - 0,006 (RN - 30)^2 \text{ (émetteur à charbon)}
\end{aligned} \tag{A-9}$$

$$= 3 \text{ (émetteur linéaire)}$$

$$\begin{aligned}
NF &= \text{Plancher de bruit apparent} \\
&= -70 \text{ dBpm (valeur par défaut)}
\end{aligned} \tag{A-10}$$

$$\begin{aligned}
NQ &= \text{Bruit de circuit équivalent à la distorsion de quantification (dBmp)} \\
&= -3 - OLR - 2,2Q
\end{aligned} \tag{A-11}$$

$$\begin{aligned}
I(BW) &= \text{Indice pour la largeur de bande} \\
&= [1 - 0,0008(FL - 200)] [1 - 0,00022(3400 - FU)]
\end{aligned} \tag{A-12}$$

$$\begin{aligned}
I(ST) &= \text{Indice pour l'effet local} \\
&= 1 - 0,00003(OLRe) [STMR(L) - 15]^2
\end{aligned} \tag{A-13}$$

$$FI = 7,2 I - 2 \tag{A-14}$$

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

$$MOS = 4 \exp(X)/[1 + \exp(X)] \tag{A-16}$$

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

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

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

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

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

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

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 (MOS) (*mean opinion score*) sont représentés sur les Figures A.1 à A.7.

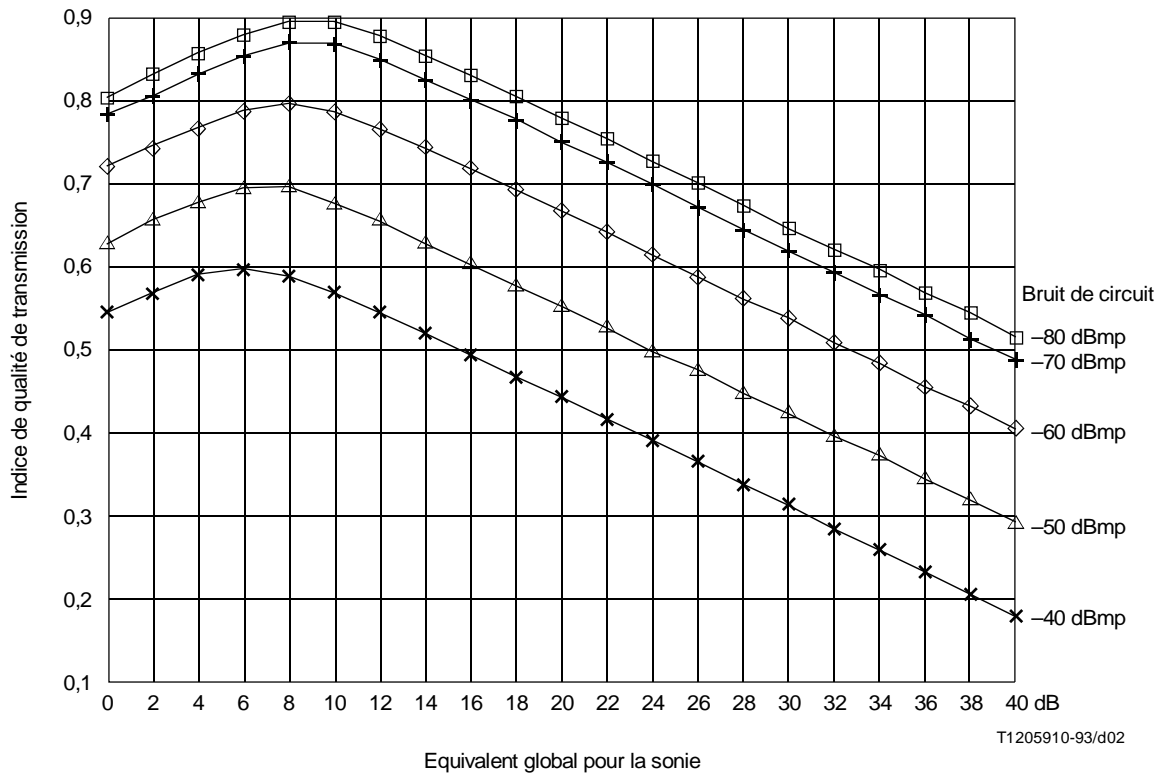


FIGURE A.1/P.11

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

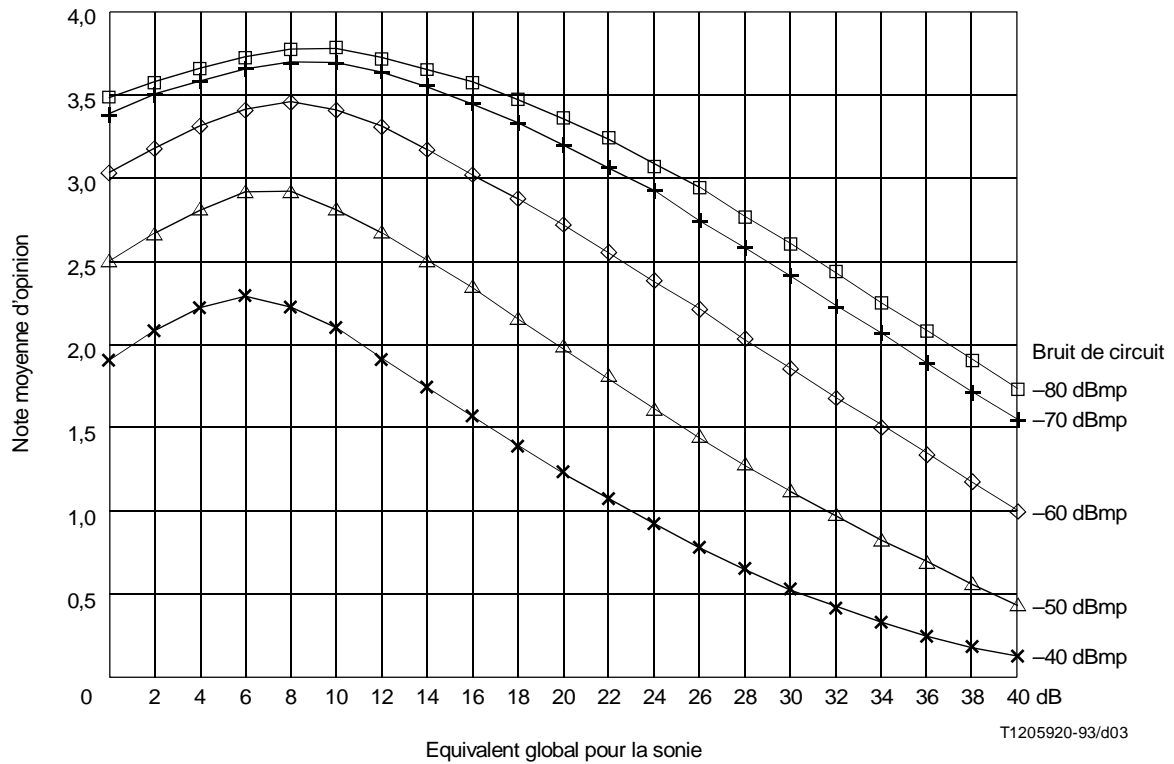


FIGURE A.2/P.11
**Note moyenne d'opinion en fonction de l'équivalent global
pour la sonie et du bruit de circuit**

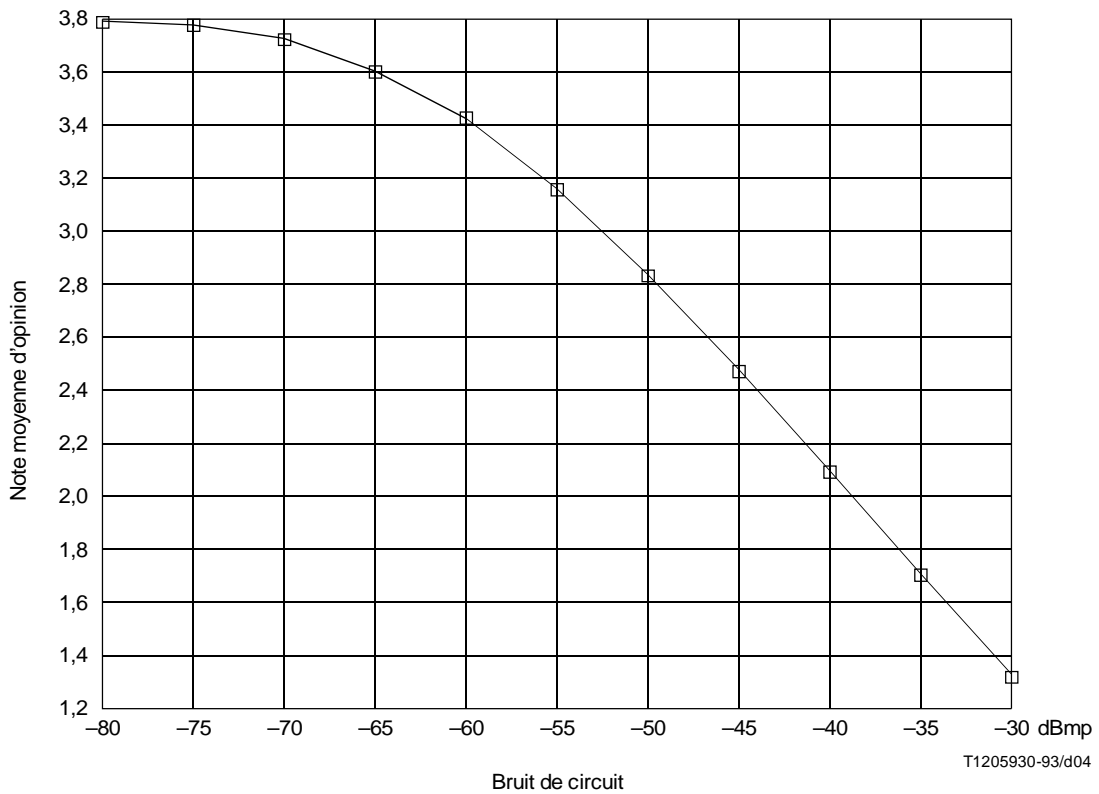


FIGURE A.3/P.11
**Note moyenne d'opinion en fonction du bruit de circuit,
OLR étant égal à 10 dB**

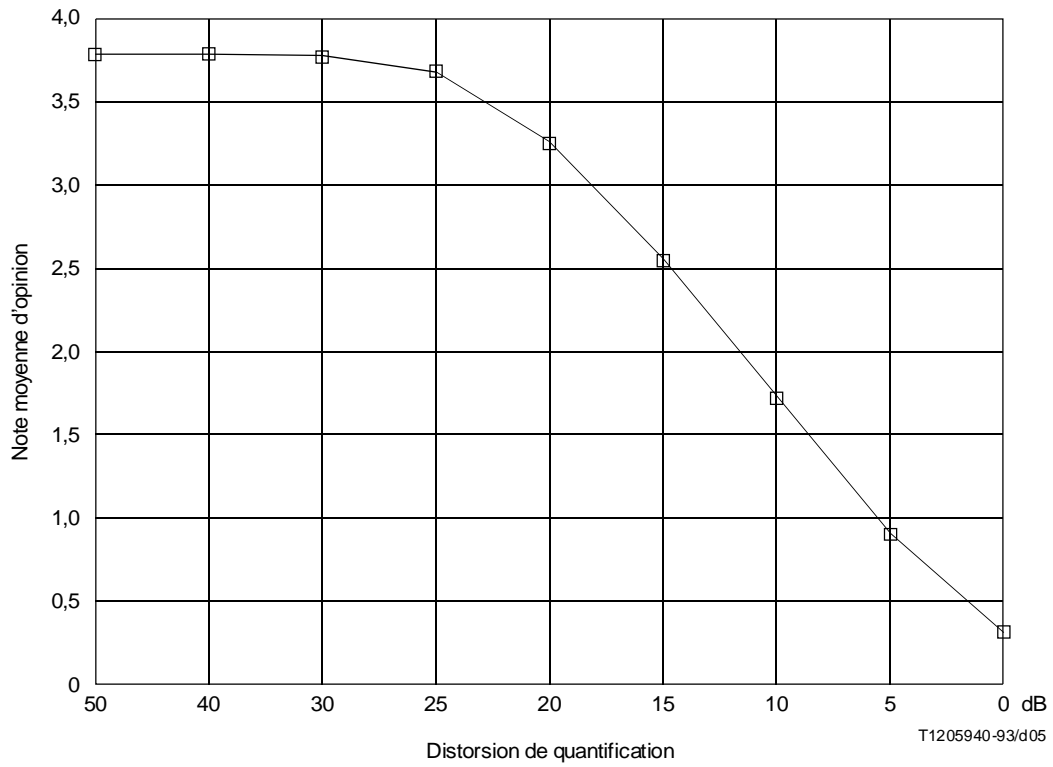


FIGURE A.4/P.11
Note moyenne d'opinion en fonction de la distorsion de quantification

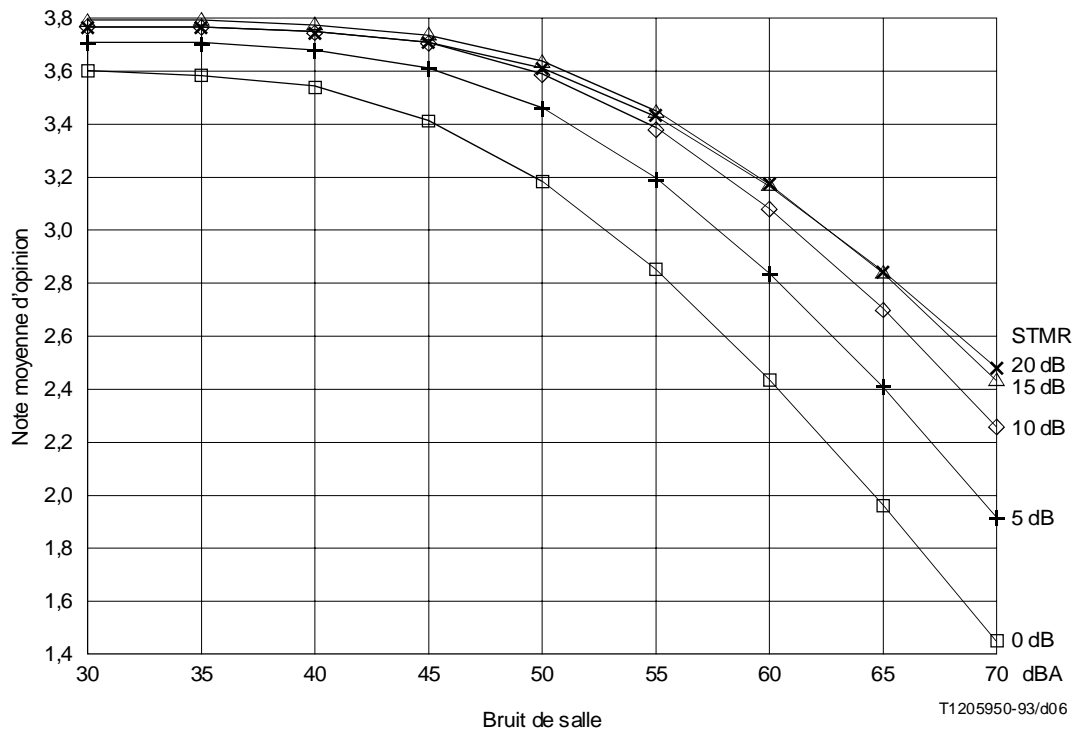


FIGURE A.5/P.11
Note moyenne d'opinion en fonction du bruit de salle et de l'effet local avec un microphone à charbon

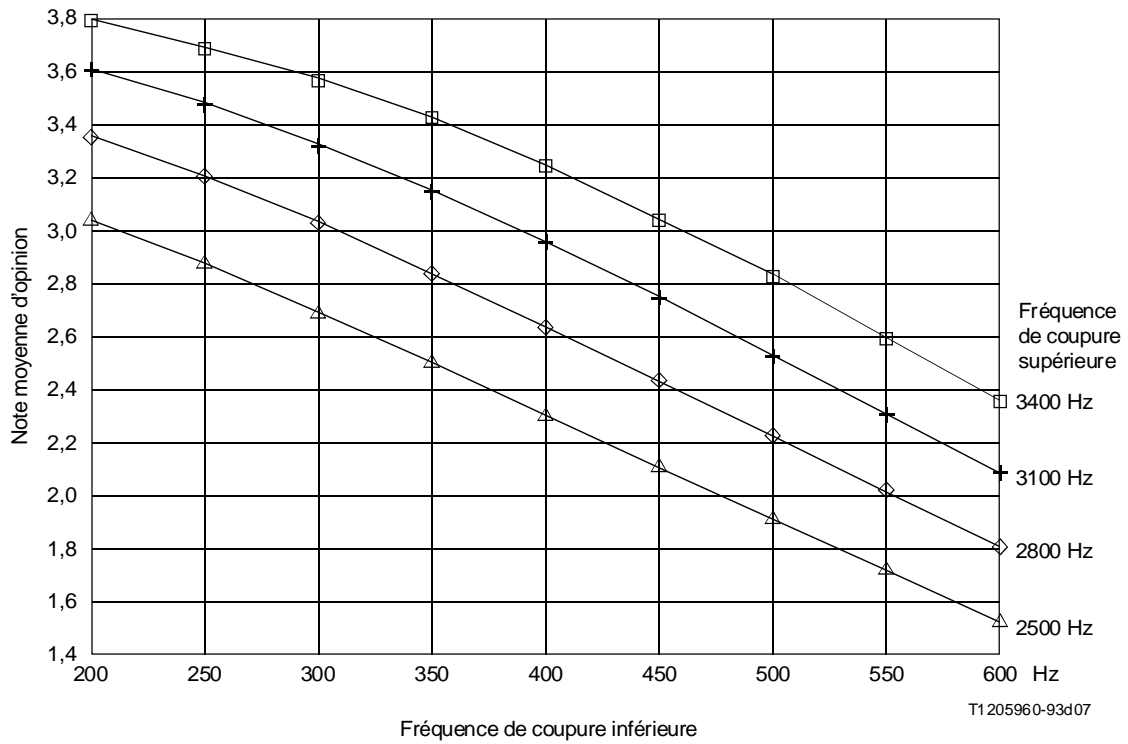


FIGURE A.6/P.11
 Note moyenne d'opinion en fonction des fréquences de coupure inférieure et supérieure

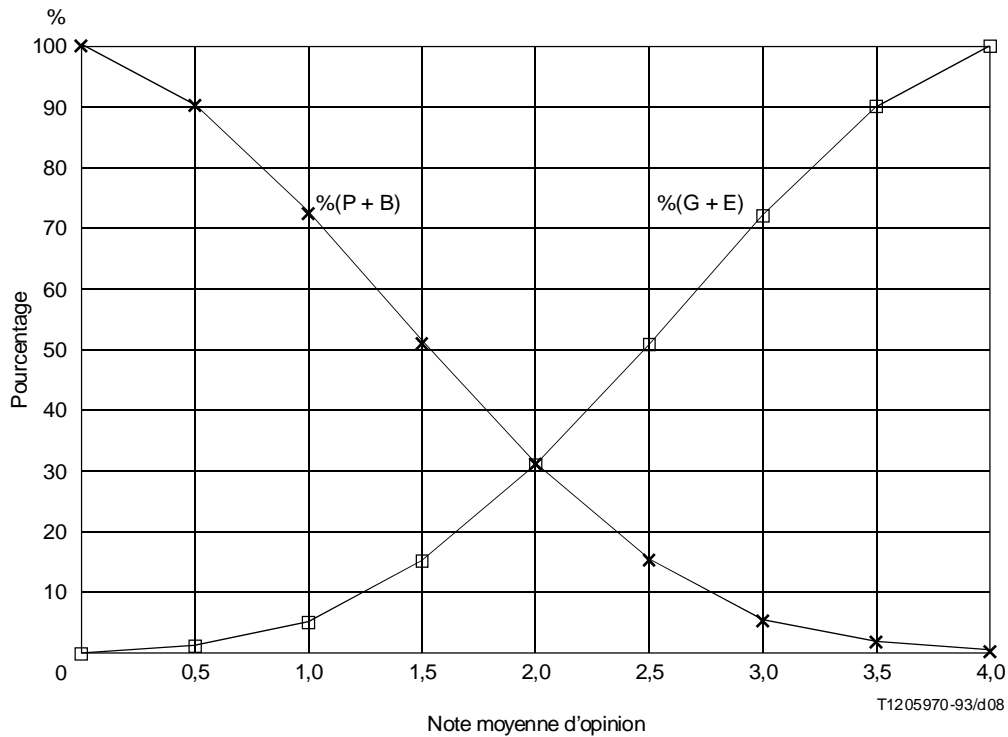


FIGURE A.7/P.11
 Relations d'opinion pour l'indice de qualité de transmission:
 Pourcentage «G + E» (bon + excellent) et pourcentage «P + B» (médiocre + mauvais)
 en fonction de la note d'opinion moyenne

Annexe B

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

(Cette annexe fait partie intégrante de la présente Recommandation)

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

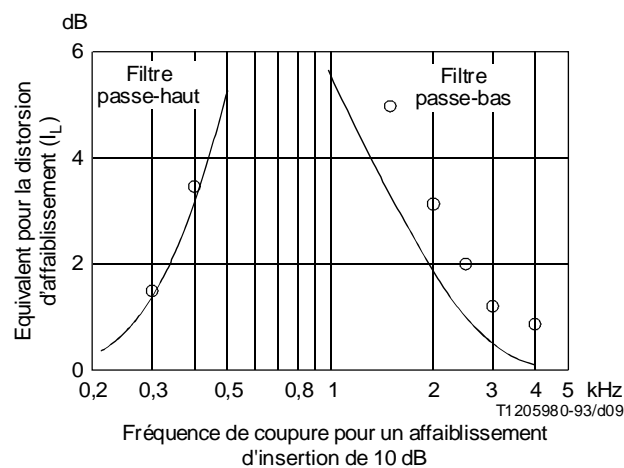
L'effet de la distorsion d'affaiblissement sur la force des sons est davantage perceptible dans la bande de fréquences inférieure que dans les bandes plus élevées.

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, B.2, B.3 et B.4.

NOTE – 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.



○ Valeurs subjectives

— Valeurs calculées

NOTE – 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

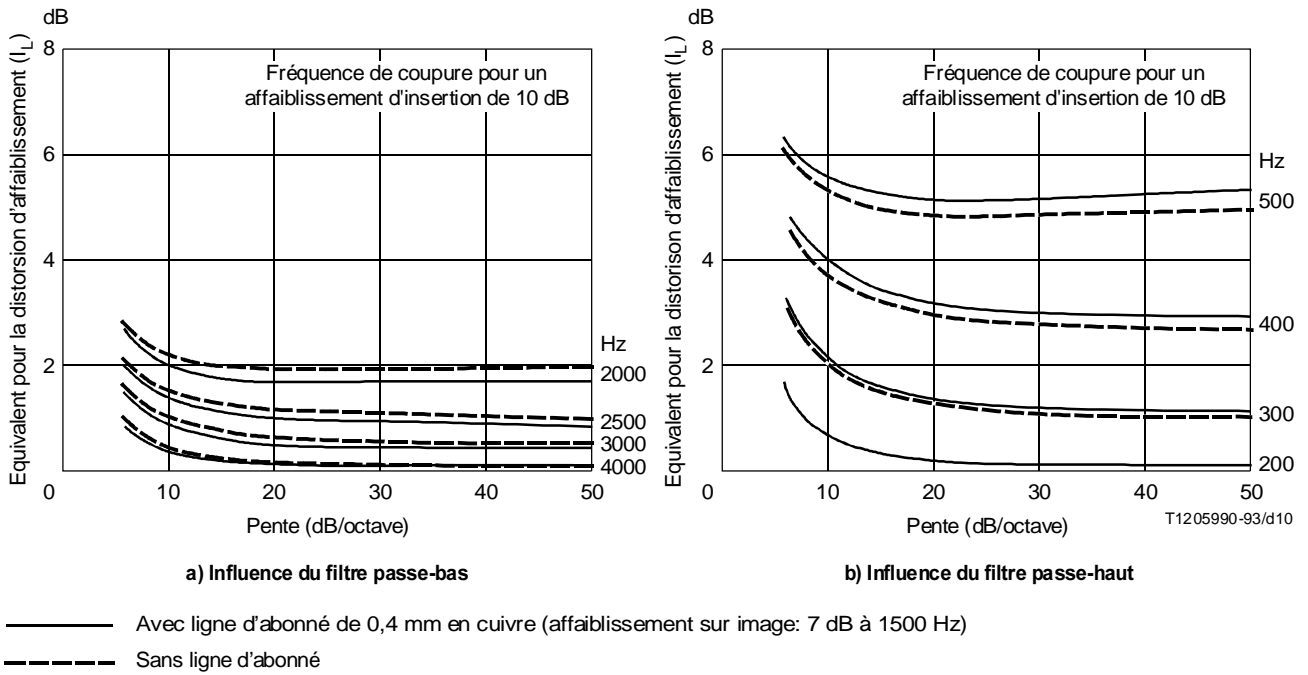


FIGURE B.2/P.11

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

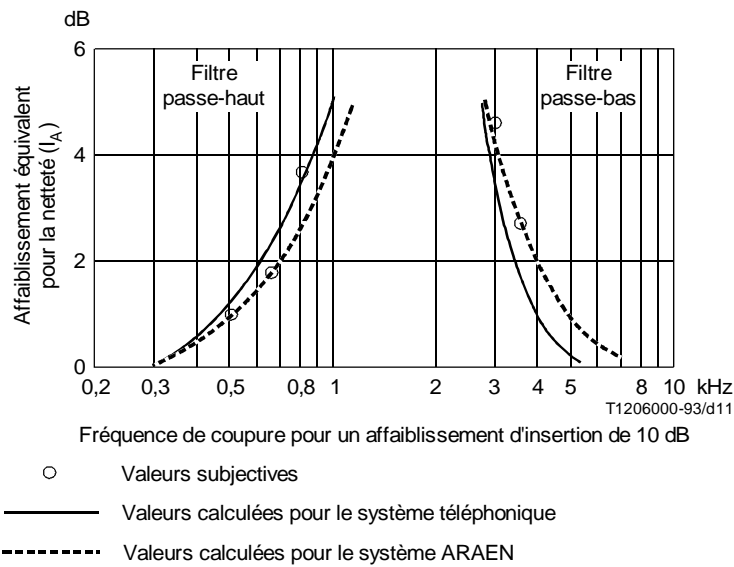


FIGURE B.3/P.11

Influence de la fréquence de coupure sur la netteté

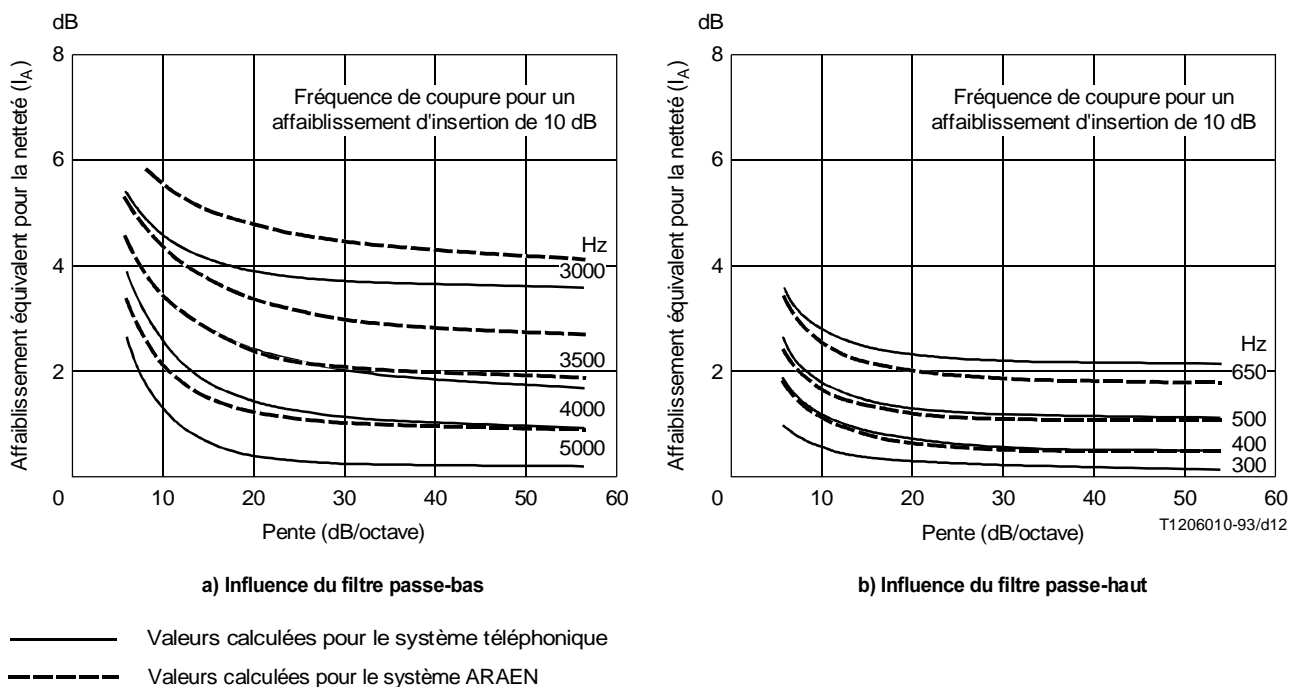


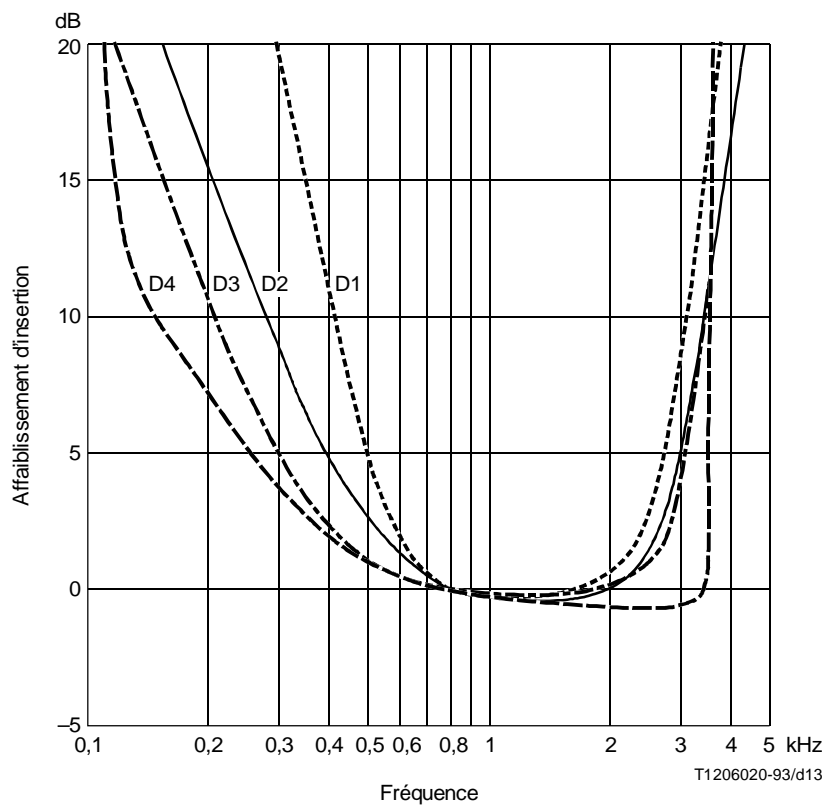
FIGURE B.4/P.11
 Influence de la pente des filtres passe-bas et passe-haut sur la netteté

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 connexion 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 connexions dont les valeurs de l'affaiblissement en sonie global sont peu élevées.

Voir les Figures B.5, B.6, B.7 et le Tableau B.1.



- 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 D4 et D2
- D4 Filtre du SRAEN (Recommandations G.111 et la présente Recommandation)

FIGURE B.5/P.11

Caractéristiques de la distortion d'affaiblissement à la jonction de la connexion d'essai

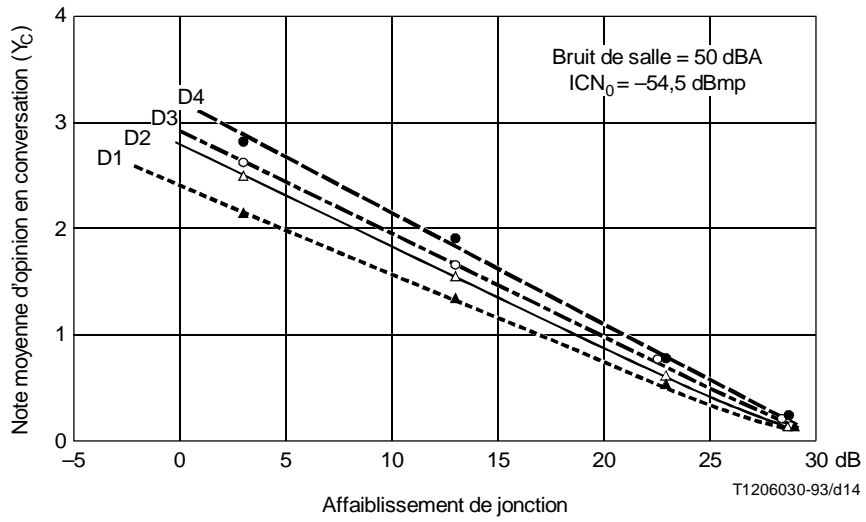


FIGURE B.6/P.11

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

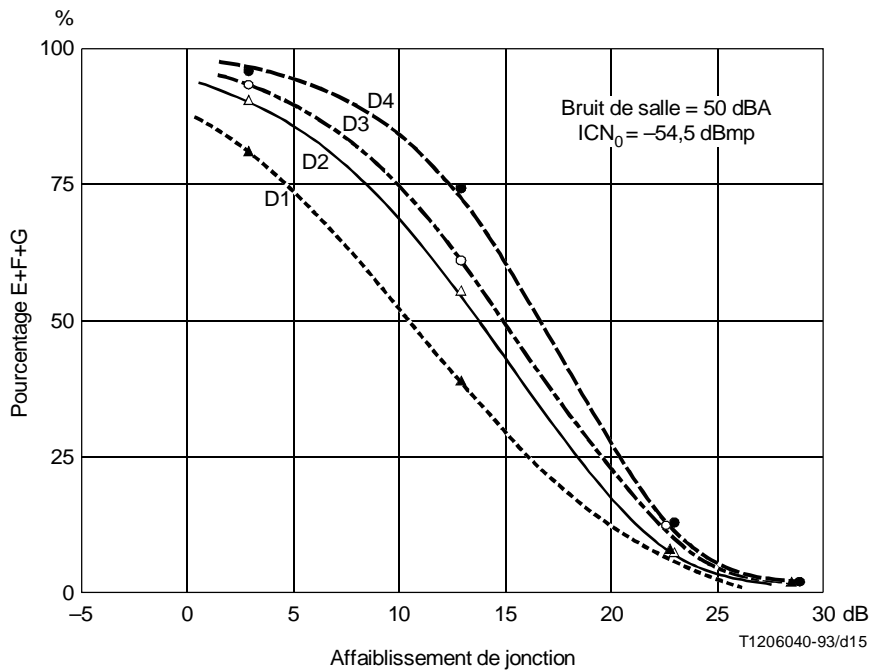


FIGURE B.7/P.11

Effet de la distortion d'affaiblissement sur le pourcentage F, G et E dans un essai de conversation

TABLEAU B.1/P.11

Conditions des essais d'opinion

N°	Élément	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	ICN 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 commutateur 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: commutateur Crossbar (220 + 220 ohms) Impédance à la jonction: 600 ohms	SCRE + RCRE = 9,3 dB ^{b)}
5	Distorsion d'affaiblissement	D1, D2, D3, D4 (voir la Figure B.5)	
<p>a) Bruit de circuit injecté 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.</p> <p>b) SCRE (<i>sending corrected reference equivalent</i>): Equivalent de référence corrigé à l'émission. RCRE (<i>receiving corrected reference equivalent</i>): Equivalent de référence corrigé à la réception.</p>			

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)				
	Fréquence 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 Équivalent 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 et E (à 50%).

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

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

NOTE – 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 (qdu) (*quantizing distortion unit*). En effet, les méthodes utilisées pour assigner les qdu 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 adu n'est pas nécessaire.

La définition de la distorsion d'affaiblissement correspondant à une adu est indiquée au Tableau B.3.

TABLEAU B.3/P.11

**Définition de la distorsion d'affaiblissement
correspondant à une adu**

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

NOTE – Une caractéristique de l'adu est fondée sur le Tableau A.4/G.113.

Les caractéristiques efficacité/fréquence de systèmes téléphoniques locaux (LTS) (*local telephone systems*) utilisées pour déterminer l'effet des adu sur la qualité de la parole sont indiquées dans le Tableau B.4. Ce sont les caractéristiques du système de référence intermédiaire (IRS) (*intermediate reference system*) 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, l'IRS 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 de l'IRS sans filtre SRAEN et converties en adu 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'adu.

$$N = \text{Error! Error!}$$

dans cette formule:

N est le nombre d'adu,

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

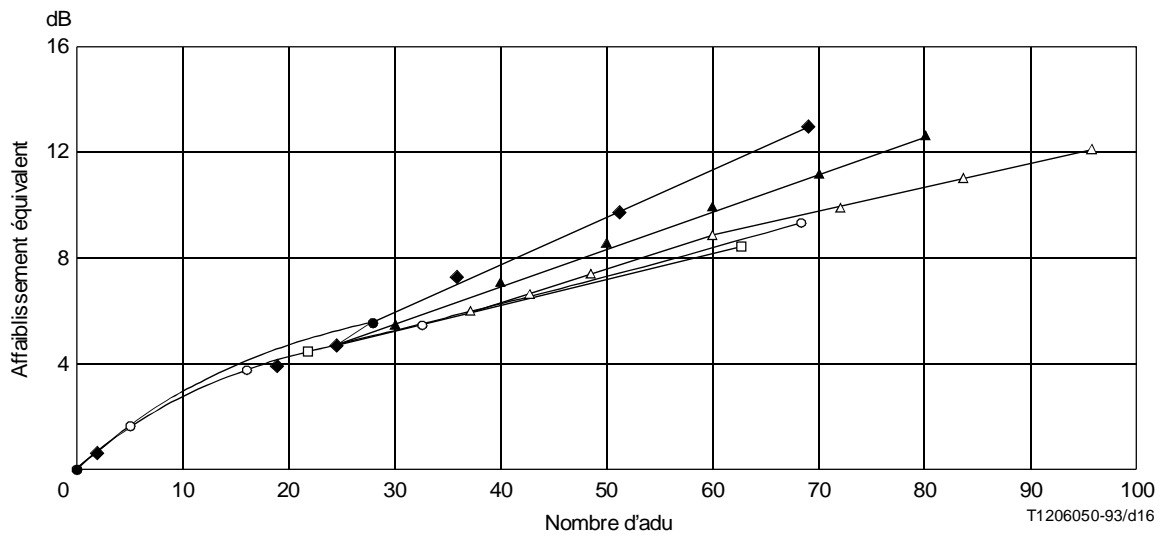
A_f est la distorsion d'affaiblissement correspondant à une adu à la fréquence f (en dB).

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

TABLEAU B.4/P.11

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

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



Nombre d'adu	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

Origine

- Annexe A
- Chine [1]
- △ ATT [2]
- NTT [3]
- ◆ NTT [4]
- ▲ Affaiblissement total

FIGURE B.8/P.11

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

Annexe C

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

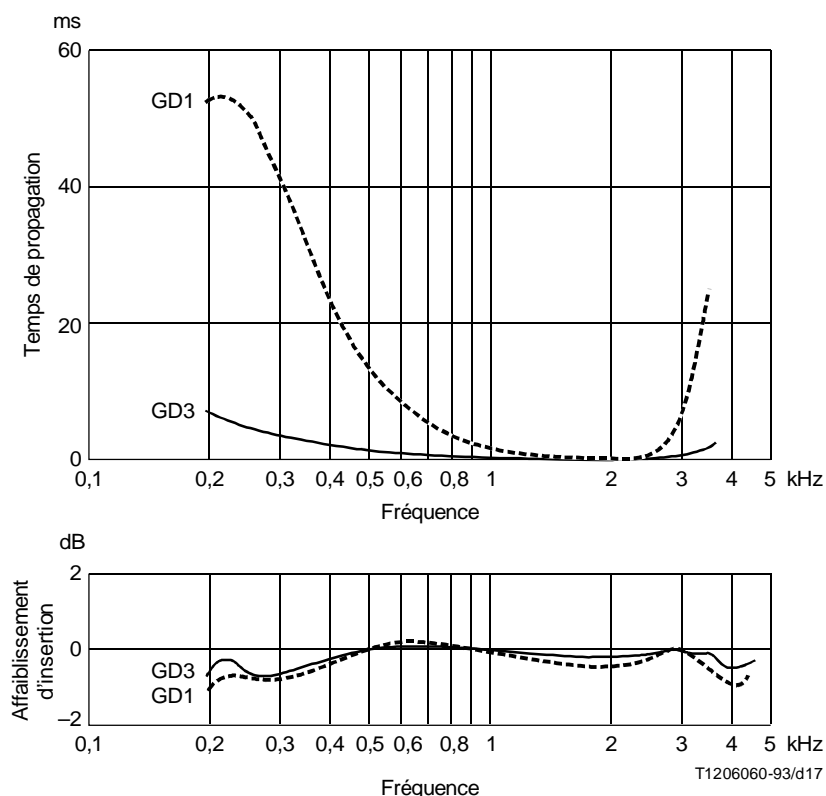
(Cette annexe fait partie intégrante de la présente Recommandation)

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 connexion.

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, C.2 et C.3.



GD1 Valeurs pour 95% des chaînes de 12 circuits
GD3 Valeurs pour circuit moderne type

NOTE – 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 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 connexion d'essai

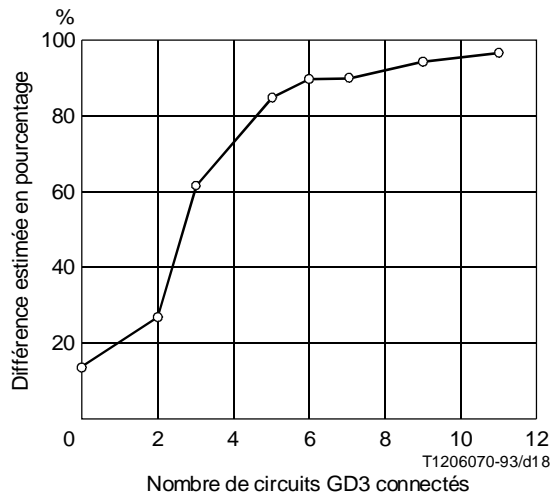
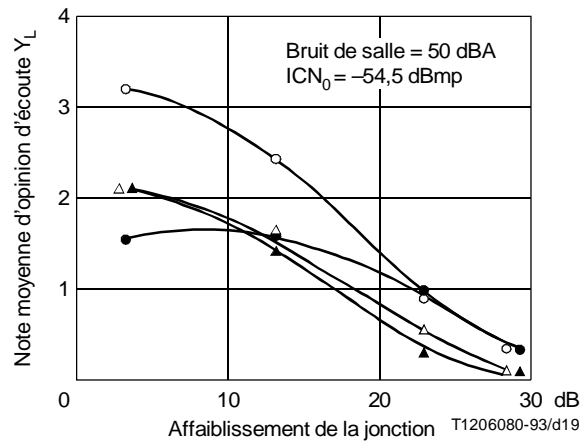


FIGURE C.2/P.11

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

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

(Cette annexe fait partie intégrante de la présente Recommandation)

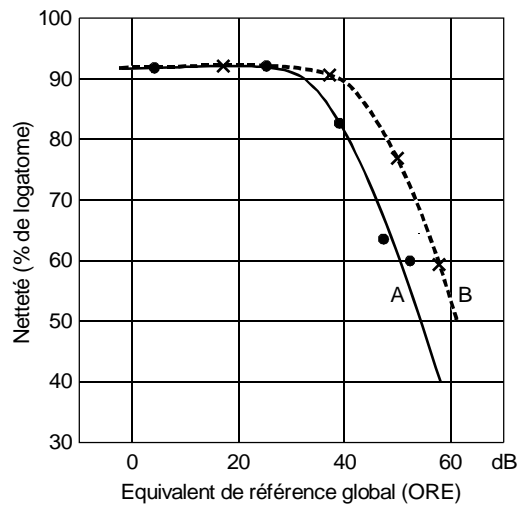
Les renseignements disponibles à propos de la différence de qualité de fonctionnement entre microphones à charbon et microphones linéaires ont été rassemblés. La différence tient non seulement aux écarts observés pour la valeur de la distorsion non linéaire due aux harmoniques et aux produits d'intermodulation, 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 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.

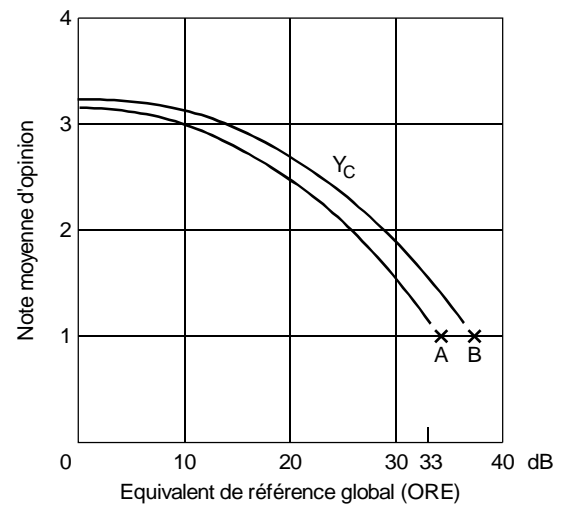
Ces résultats, de sources différentes et obtenus avec diverses marques de microphones, ne permettent pas de tirer des conclusions générales car les effets individuels de la distorsion non linéaire et de l'efficacité en fonction de la fréquence et de l'amplitude ne peuvent pas être dissociés. Néanmoins, 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 de la Figure D.1 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.

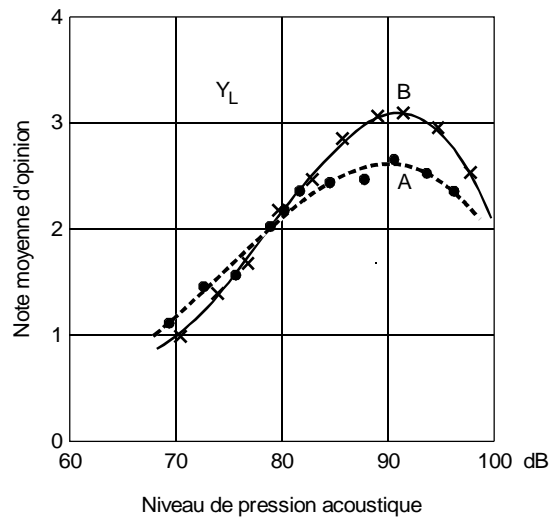
En cas de transmission sur une bande de fréquences plus large que la bande téléphonique classique, en particulier en cas d'écoute par haut-parleur, l'amélioration de la qualité sonore est sans doute plus sensible avec des microphones linéaires qu'avec des microphones à charbon.



a)



b)



c)

A Microphone à charbon

B Microphone linéaire

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

FIGURE D.1/P.11

T1206090-93/d20

Annexe E

Distorsion de quantification dans les systèmes numériques

(Cette annexe fait partie intégrante de la présente Recommandation)

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 connexion 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 cascade.

Un modèle d'opinion subjective (voir le Supplément n° 3 aux Recommandations de la série P) fournit des résultats indiquant que, pour l'ensemble d'une connexion avec 14 systèmes à 8 bits non intégrés en cascade, la valeur Q est d'environ 20 dB. Le même modèle indique en outre qu'un système à 7 bits a la même valeur Q²⁾ 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 cascade en mode asynchrone). En attendant de nouveaux renseignements, il est recommandé d'attribuer 3 unités de dégradation (3 qdu) à un système 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 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.

NOTE – 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	(Note 1)
Paire de codecs MIC à 7 bits (loi A ou loi μ)	3	(Note 1)
Un complément de ligne numérique réalisé par manipulation des mots de code MIC à 8 bits	1	(Note 2)
Un MICDA-V à 32 kbit/s	3,5	(Note 3)
NOTES		
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.		
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.		
3 MICDA-V signifie MICDA avec prédictif adaptatif (voir la Recommandation G.721).		

²⁾ Q est le rapport subjectif parole/bruit corrélé à la parole. Q est défini à l'aide de l'appareil de référence à bruit modulé (MNRU) (voir la Recommandation P.81). Les méthodes utilisées pour l'évaluation subjective des codecs en utilisant le MNRU sont indiquées dans la Recommandation P.83.

Annexe F

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

(Cette annexe fait partie intégrante de la présente Recommandation)

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 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 donnée (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 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.

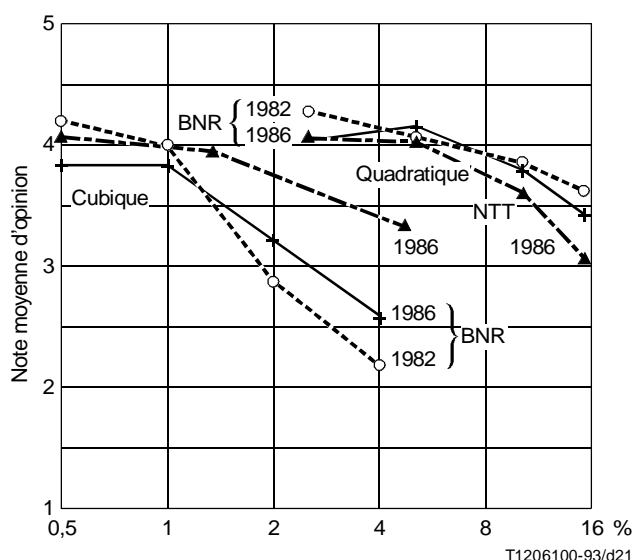


FIGURE F.1/P.11

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.