



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

**UIT-T**

SECTEUR DE LA NORMALISATION  
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS  
DE L'UIT

**G.113**

(02/96)

**SYSTÈMES ET SUPPORTS DE TRANSMISSION  
CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES  
DES CONNEXIONS TÉLÉPHONIQUES  
INTERNATIONALES ET DES CIRCUITS  
TÉLÉPHONIQUES INTERNATIONAUX**

---

**DÉGRADATIONS DE LA TRANSMISSION**

**Recommandation UIT-T G.113**

(Antérieurement «Recommandation du CCITT»)

---

## AVANT-PROPOS

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

La Conférence mondiale de normalisation des télécommunications (CMNT), qui se réunit tous les quatre ans, détermine les thèmes d'études à traiter par les Commissions d'études de l'UIT-T lesquelles élaborent en retour des Recommandations sur ces thèmes.

L'approbation des Recommandations par les Membres de l'UIT-T s'effectue selon la procédure définie dans la Résolution n° 1 de la CMNT (Helsinki, 1<sup>er</sup>-12 mars 1993).

La Recommandation révisée UIT-T G.113, que l'on doit à la Commission d'études 12 (1993-1996) de l'UIT-T, a été approuvée le 6 février 1996 selon la procédure définie dans la Résolution n° 1 de la CMNT.

---

### NOTE

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

© UIT 1996

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

## TABLE DES MATIÈRES

		<i>Page</i>
1	Préface.....	1
2	Introduction.....	1
3	Définitions.....	1
4	Directives concernant les limites de chaque paramètre de transmission.....	2
4.1	Performance de réseau recherchée en termes de distorsion d'affaiblissement.....	2
4.2	Performance de réseau recherchée en termes de bruit de circuit.....	3
4.3	Performance de réseau recherchée en termes de distorsion de temps de propagation de groupe.....	3
4.4	Performance de réseau recherchée en matière d'écho pour le locuteur.....	3
4.5	Temps de propagation unidirectionnelle.....	3
4.6	Effet des erreurs binaires aléatoires.....	3
4.7	Effet des erreurs en rafale.....	3
4.8	Effet de troncature de parole.....	3
4.9	Dégradations de transmission dues aux processus numériques.....	3
5	Méthode de distorsion de quantification.....	4
5.1	Généralités.....	4
5.2	Discussion.....	4
5.3	Seuil d'acceptabilité.....	5
5.4	Limitations.....	5
5.5	Affectation de distorsions de quantification aux processus numériques.....	5
5.6	Règle de planification.....	5
5.7	Limites de la règle de planification.....	6
6	Méthode du facteur de dégradation d'équipement.....	6
7	Effets dus à la combinaison des dégradations de transmission.....	8
7.1	Généralités.....	8
7.2	Facteurs de dégradation et valeur de dégradation totale.....	8
7.3	Valeurs de planification pour les facteurs de dégradation.....	9
8	Considérations concernant le facteur d'attente $A$ .....	11
9	Considérations relatives au facteur de dégradation calculé pour la planification, <i>Icpif</i> .....	12
10	Effet des dégradations de transmission sur la qualité de transmission des données en bande vocale.....	14
	Annexe A – Renseignements donnés à des fins de planification sur la distorsion d'affaiblissement et la distorsion de temps de propagation de groupe introduites par les circuits et les commutateurs du réseau téléphonique commuté.....	15
	Annexe B – Effet des dégradations sur la transmission de données en bande vocale.....	15
B.1	Introduction.....	15
B.2	Bruit impulsif.....	16
B.3	Temps de propagation de groupe.....	16
B.4	Gigue de phase.....	16
B.5	Distorsion non linéaire.....	17
B.6	Rapport tonalité/bruit.....	18
B.7	Déplacement de fréquence.....	18
B.8	Transitoires de gain et de phase.....	18

	<i>Page</i>
Annexe C – Effet de la modulation par impulsions et codage différentielle adaptative (MICDA) sur la qualité de transmission de données en bande vocale .....	19
C.1 Introduction .....	19
C.2 Configurations d'essais .....	20
C.3 Conclusions .....	25
Annexe D – Compatibilité des algorithmes de codage des signaux vocaux et de la transmission de données en bande vocale.....	26
Annexe E – Méthode pour l'obtention des facteurs de dégradation .....	27

## RÉSUMÉ

La présente Recommandation a été élaborée pour donner des directives de planification aux concepteurs de réseaux destinés à faire partie d'une chaîne de connexion téléphonique internationale. Elle donne par exemple, sous la forme de règles de planification, des directives quant au nombre maximal de conversions analogiques-numériques et quant à la grandeur des dégradations dues à des codecs de type harmonique. Cette méthode a été appelée *méthode de distorsion de quantification*. Ces règles de planification ne traitaient cependant pas suffisamment les dégradations introduites par les codecs de type non harmonique et négligeaient un certain nombre d'autres dégradations. La présente Recommandation a été remaniée afin de rendre le document plus utile: on a conservé la méthode de distorsion de quantification et on a inséré une nouvelle méthode de planification, dite *méthode du facteur de dégradation de l'équipement*, qui permet d'évaluer les influences des codecs non harmoniques, des équivalents globaux pour la sonie non optimaux, de l'écho pour le locuteur et des difficultés de conversation dues à un long temps de propagation dans chaque sens.



## DEGRADATIONS DE LA TRANSMISSION

(révisée en 1996)

### 1 Préface

La présente Recommandation se propose de fournir des lignes directrices aux planificateurs de réseaux et de services concernés par la qualité globale de transmission. Les informations présentées ou citées en référence concernent les dégradations de transmission constatées dans les connexions de réseaux analogiques, de réseaux mixtes analogiques/numériques, de réseaux sans intégration, de réseaux numériques intégrés et de réseaux numériques avec intégration des services.

L'utilisation de ces informations par les Administrations nationales dépend de leurs types de réseau et de leurs prescriptions nationales.

L'environnement d'exploitation réglementaire en vigueur dans certains pays prévoit d'interconnecter au réseau téléphonique public commuté (RTPC) d'autres réseaux, par exemple des réseaux privés et des réseaux numériques cellulaires. Il prévoit également que les usagers fournissent leurs propres équipements terminaux. La présente Recommandation fournira des lignes directrices à tous les acteurs souhaitant agir dans cet environnement évolutif.

### 2 Introduction

La présente Recommandation traite des dégradations qui affectent la qualité des transmissions vocales et dans une certaine mesure celle de la transmission de données sur une connexion téléphonique moderne. Elle prend notamment en considération les paramètres suivants: affaiblissement et distorsion d'affaiblissement, bruit de circuit, distorsion de codage du codec, distorsion de temps de propagation de groupe, temps de transmission unidirectionnelle, écho pour le locuteur, plus quelques paramètres supplémentaires revêtant une importance particulière pour les données en bande vocale. (A noter que d'autres paramètres de transmission peuvent aussi influencer la qualité de transmission, mais dans une bien moindre mesure.)

La méthode suivie ici consiste à énumérer chaque dégradation de transmission et à donner des directives et/ou des références concernant l'incidence de ces dégradations. (Il conviendra de considérer celles-ci individuellement ou en combinaison, selon les besoins du planificateur.) Dans le cas de processus numériques, il sera peut-être utile d'examiner le cumul des dégradations. Les méthodes exposées aux articles 5 et 6 pourront donc être utilisées, le cas échéant.

Deux méthodes ont été recommandées à titre provisoire. Elles pourront être utilisées par les planificateurs de réseaux et par les planificateurs de services. L'une, intitulée «méthode de la distorsion de quantification», a pour objet de faciliter la mise en place et l'utilisation de codecs de type harmonique, alors que l'autre, intitulée «méthode du facteur de dégradation d'un équipement», a pour objet d'aider à la planification de la mise en place et de l'utilisation de codeurs non harmoniques, bien qu'elle puisse être utilisée également pour des codeurs de type harmonique. (De plus amples renseignements sur un modèle de calcul indicatif pour la planification de la transmission pourront être trouvés dans le projet d'Appendice I/G.101, COM 12-63). Etant donné qu'il existe deux méthodes radicalement différentes pour déterminer la qualité prévue d'une connexion de réseau, l'utilisateur de la présente Recommandation est averti du fait que les valeurs paramétriques ne sont pas nécessairement interchangeables d'une méthode à l'autre.

Dans leur évolution vers le tout numérique, les réseaux en sont à différents stades. On trouvera donc des situations où les connexions seront entièrement assurées par des composants numériques (de bout en bout, y compris les terminaux), d'autres connexions utiliseront des segments de réseau entièrement numériques et des installations d'accès analogiques; d'autres connexions enfin utiliseront des segments de réseau analogiques aboutés à des segments numériques. La présente Recommandation se propose d'aborder chacun de ces cas de figure.

### 3 Définitions

Pour les besoins de la présente Recommandation, les définitions suivantes s'appliquent.

**3.1 réseau analogique:** réseau dans lequel on considère que l'interface d'accès et tous les éléments du réseau sont analogiques.

- 3.2 réseau analogique/numérique:** réseau dans lequel l'interface d'accès et certains composants de réseau sont analogiques, les autres composants étant numériques.
- 3.3 qualité radiocommunication:** qualité que l'on trouve dans de nombreux systèmes mobiles, caractérisée par une bonne intelligibilité, une capacité à reconnaître le locuteur, mais par un certain amoindrissement de la qualité par rapport au RTPC.
- 3.4 facteur de dégradation d'un équipement:** nombre d'unités «eif» (*facteur de dégradation d'équipement*) (*equipment impairment factor*) affecté à un élément du réseau qui indique l'accroissement de dégradation prévu qui résulterait de l'insertion de cet élément dans une connexion.
- 3.5 unité de facteur de dégradation d'équipement (eif)** (*equipment impairment factor*): l'unité «eif» sert à spécifier la dégradation associée à un élément quelconque du réseau, par exemple au circuit de transmission ou à l'unité de traitement des signaux numériques.
- 3.6 facteur d'attente:** grandeur normalement positive qui représente la supériorité, en termes d'accès, que possèdent certains systèmes par rapport à la téléphonie filaire.
- 3.7 réseau numérique intégré:** réseau dans lequel l'interface d'accès est analogique, les autres éléments du réseau étant numériques.
- 3.8 réseau numérique à intégration de services (RNIS):** réseau dans lequel l'interface d'accès et les éléments du réseau sont tous numériques.
- 3.9 qualité RTPC:** qualité moyenne des connexions interurbaines et internationales RTPC, c'est-à-dire une retransmission de la voix du locuteur bien intelligible, bien reconnaissable, naturelle, ne souffrant que de quelques dégradations mineures
- 3.10 unité de distorsion de quantification (qdu)** (*quantization distortion unit*): l'unité de distorsion de quantification (qdu) a été définie en 1982 comme étant équivalente à la distorsion qu'introduit un seul processus de codage et décodage par un codec G.711 moyen. Mesuré conformément à la Recommandation O.132, un tel dispositif présente un rapport signal sur distorsion de 35 dB.
- 3.11 écho pour le locuteur:** écho produit par réflexion à proximité de l'extrémité auditeur et affectant le locuteur.
- 3.12 valeur de dégradation totale:** valeur numérique obtenue en additionnant tous les facteurs de dégradation d'équipements de la connexion de bout en bout, et qui fournit une indication sur la qualité de communication vocale prévue pour la connexion téléphonique. La valeur totale de dégradation est la somme de plusieurs facteurs de dégradation d'équipements et s'exprime en unités «eif».

## **4 Directives concernant les limites de chaque paramètre de transmission**

### **4.1 Performance de réseau recherchée en termes de distorsion d'affaiblissement**

La distorsion d'affaiblissement globale d'une connexion du réseau international dépend du nombre de transpositions depuis et vers la bande vocale effectuées dans le réseau. La Recommandation G.132 fixe les objectifs en matière de distorsion d'affaiblissement d'une chaîne 4 fils de longueur maximale pour des équipements entièrement analogiques et des équipements mixtes analogiques et numériques. Il conviendra que les connexions entièrement numériques, possédant des interfaces d'accès analogiques, répondent aux prescriptions en matière de distorsion d'affaiblissement indiquées dans les Recommandations de la série G.550 (Caractéristiques de transmission des commutateurs numériques). Sur les connexions entièrement numériques utilisant des installations et des postes téléphoniques numériques, la réponse d'affaiblissement devra respecter les spécifications de la Recommandation P.310 pour les postes téléphoniques à bande étroite, de la Recommandation P.311 pour les postes téléphoniques à combiné à large bande, ou de la Recommandation P.314 pour les postes téléphoniques mains libres à large bande. L'évolution vers un réseau entièrement numérique conduit à la multiplication de connexions moins compliquées, réduisant l'affaiblissement total, ce qui permettra de respecter les équivalents pour la sonie moyens et minimaux que la Recommandation G.121 préconise. Une telle évolution garantira de ce fait une qualité de transmission convenable sur les connexions internationales.

Lorsque les valeurs envisagées de bruit et de distorsion d'affaiblissement sont très différentes de celles que spécifie l'UIT-T pour les systèmes et les équipements, la Recommandation P.11 et ses annexes [1] fournissent des directives relatives aux modifications possibles de la qualité de transmission, ainsi que des indications sur les compromis possibles entre ces paramètres.

## **4.2 Performance de réseau recherchée en termes de bruit de circuit**

L'UIT-T recommande de se fixer comme objectif de performance de réseau en termes de bruit une limite de puissance de bruit indépendant du signal telle que la moyenne générale de la distribution des moyennes instantanées intégrées sur une minute ne dépasse pas  $-43$  dBm0p, ces mesures étant effectuées sur un grand nombre de liaisons internationales comprenant chacune 4 circuits internationaux, le niveau de bruit étant rapporté à l'entrée du premier circuit de cette chaîne [Recommandation G.143].

Les connexions entièrement numériques à interfaces analogiques auront un niveau de bruit acceptable nettement indépendant de la longueur des connexions [1] entre les interfaces analogiques des commutateurs numériques locaux. Les connexions entièrement numériques utilisant des postes téléphoniques numériques auront un niveau de bruit acceptable dépendant essentiellement des postes téléphoniques [2] et nettement indépendant de la longueur des connexions [1].

## **4.3 Performance de réseau recherchée en termes de distorsion de temps de propagation de groupe**

La distorsion de temps de propagation de groupe d'une connexion du réseau international dépend du nombre de transpositions en bande vocale effectuées sur le réseau. Il est prévu qu'une liaison internationale 4 fils de 12 circuits analogiques (segments internationaux et nationaux) (Recommandation G.132) et qu'une liaison internationale de circuits 4 fils avec 14 conversions analogiques-numériques garderont la distorsion de temps de propagation de groupe dans des limites acceptables. L'évolution vers un réseau entièrement numérique conduit à la multiplication de connexions moins compliquées, réduisant ainsi la distorsion de temps de groupe globale, ce qui permettra d'assurer une qualité de transmission convenable sur les connexions internationales.

## **4.4 Performance de réseau recherchée en matière d'écho pour le locuteur**

Avec la généralisation de la technologie numérique en transmission et en commutation, les affaiblissements tendent à diminuer et les temps de propagation à augmenter. Ces deux effets concourent à amplifier les effets d'écho pour le locuteur. La Recommandation G.131 donne des lignes directrices en la matière.

## **4.5 Temps de propagation unidirectionnelle**

La Recommandation G.114 fournit des lignes directrices en la matière.

## **4.6 Effet des erreurs binaires aléatoires**

D'une manière générale, un taux d'erreur binaire (BER) (*bit error ratio*) inférieur à  $10^{-6}$  n'affecte pas, de manière significative, les services en bande vocale.

## **4.7 Effet des erreurs en rafale**

Les erreurs en rafale sur un canal numérique affecteront les services en bande vocale à des degrés divers selon la longueur de la rafale et le système de codage utilisé. Actuellement, les seules lignes directrices significatives, en ce qui concerne la qualité vocale en présence d'erreurs en rafale, peuvent être obtenues à partir des évaluations subjectives.

## **4.8 Effet de troncature de parole**

La troncature de la parole dans les équipements de multiplication de circuits numériques (DCME), les équipements de multiplication de circuits de mise en paquets (PCME) et les accès sans fil affectera la qualité vocale à des degrés divers selon la longueur des segments de parole tronqués et le pourcentage total de temps de troncature. Actuellement, les seules lignes directrices significatives en ce qui concerne la qualité vocale en présence de troncature peuvent être obtenues à partir des évaluations subjectives.

## **4.9 Dégradations de transmission dues aux processus numériques**

L'incorporation de processus numériques non intégrés dans les connexions téléphoniques internationales, particulièrement durant la période des réseaux mixtes analogiques/numériques et des réseaux entièrement numériques, peut aboutir à une accumulation sensible de dégradations de transmission. Il est donc nécessaire de s'assurer qu'une telle accumulation de dégradations dues aux processus numériques n'atteigne pas un point où la qualité générale de transmission s'en trouve sérieusement amoindrie. Il existe deux approches provisoires recommandées à la disposition des planificateurs de réseaux et des planificateurs de services. Les deux articles suivants donnent des détails sur ces deux méthodes, qui peuvent être utilisées afin d'évaluer l'incidence de processus de dégradation particuliers.

## 5 Méthode de distorsion de quantification

Cette méthode est celle qui est utilisée traditionnellement pour évaluer les dégradations de transmission numérique. Elle reste utile pour les connexions qui ne comportent pas de codeurs non harmoniques et à faible débit binaire. Cette méthode peut être utilisée dans les réseaux hybrides/mixtes et dans tous les réseaux numériques.

### 5.1 Généralités

La méthode de distorsion de quantification est une approche dans laquelle on attribue une valeur de distorsion à chaque processus numérique, et où il suffit d'additionner ces dégradations pour prévoir la qualité globale de la connexion.

Cette méthode est recommandée lorsque les traitements numériques sont effectués par des codeurs non prédictifs. Les codeurs suivants pourraient, par exemple, relever de cette catégorie: codeurs en loi A et en loi  $\mu$ , codeurs à 32 kbit/s conformes à la Recommandation G.726, affaiblisseurs numériques, convertisseurs MIC-MICDA-MIC, convertisseurs loi  $\mu$ /loi A. Parmi les codeurs numériques qui ne se prêtent pas à ce type d'approche, on citera les codeurs: LD-CELP, VSELP, RPE-LTP et CELP+. Pour évaluer ces derniers et les connexions dans lesquelles on les trouve, il est recommandé de recourir à la méthode du facteur de dégradation d'équipement.

### 5.2 Discussion

La méthode de distorsion de quantification part du principe que l'on peut attribuer une valeur de distorsion aux processus numériques en comparant la distorsion qu'ils introduisent à celle d'une unité de distorsion normalisée. L'unité de distorsion normalisée choisie s'appelle unité de distorsion de quantification (qdu). On la définit comme le niveau de dégradation de distorsion induite par un processus idéal de codage et de décodage MIC G.711 à 8 bits. En d'autres termes, l'évaluation de la distorsion d'un processus numérique s'exprime en unités qdu. Ainsi, un dispositif qui reçoit la valeur 4 qdu est supposé introduire un niveau de dégradation équivalent à celui de 4 processus MIC à 8 bits non intégrés en cascade.

Il existe plusieurs méthodes de comparaison possibles; celles-ci comprennent notamment les mesures objectives (ou analyse équivalente), les essais subjectifs, et les essais de données dans lesquels on prend pour critère l'effet produit par le codeur sur le taux d'erreur sur les bits à la sortie d'un modem récepteur fonctionnant en bande vocale.

Il n'existe actuellement pas de méthode de mesure objective qui puisse fournir des résultats (comme l'équivalent pour la sonie à l'émission) en étroite corrélation avec les résultats correspondant aux mesures subjectives de l'effet exercé sur la qualité de transmission des signaux vocaux par nombre des processus numériques aujourd'hui étudiés. En conséquence, le nombre d'unités de distorsion de quantification associées aux processus numériques sera généralement déterminé par des méthodes de mesure subjective, telles que celles de la Recommandation P.83. Dans certains cas, on peut déterminer sans mesure subjective le nombre d'unités de distorsion de quantification associées à un processus numérique, en décomposant ce processus en plusieurs parties et en affectant à chacune de ces parties une certaine part du nombre total d'unités affectées au processus numérique. Toutefois, bien que l'on puisse considérer qu'il s'agit là d'une méthode objective pour déterminer la répartition des unités de distorsion de quantification entre les composantes du processus, la méthode utilise au départ une valeur évoluée subjectivement. De plus, à l'exception de processus numériques relativement simples pour lesquels la décomposition ne pose pas de problème, la méthode peut manquer de fiabilité; on l'utilisera donc avec prudence.

Etant donné que les règles de planification doivent s'appliquer à tous les signaux transmis en bande vocale, il faudra tenir compte en général de la qualité de transmission tant des signaux phonétiques que des données. La qualité phonétique devra être évaluée par des essais subjectifs, et la qualité de transmission des données par des mesures objectives fournissant une estimée du taux d'erreur sur les bits et de la qualité de la signalisation. Actuellement, faute de méthode objective pour évaluer l'effet qu'exercent les processus numériques sur la qualité de transmission en bande vocale, la règle énoncée dans la présente Recommandation se limite à la planification des seules connexions vocales. L'article 10 traite certains des problèmes que pose l'élaboration d'une règle de planification applicable aux transmissions en bande vocale de données et autres signaux non phonétiques. Une telle règle serait fondée sur une unité réfléchissant la contribution apportée par les processus numériques à la dégradation affectant les modems et systèmes de signalisation en bande vocale. Une telle unité n'existe pas encore.

NOTE – L'unité qdu est définie en termes de distorsion de quantification introduite par les codeurs MIC et autres codeurs non prédictifs, et suppose que les distorsions de quantification introduites par  $n$  couples de codecs en cascade se composent selon la loi  $15 \log_{10}(n)$ . Certaines données indiquent que si le codec MICDA à 32 kbit/s conforme à la Recommandation G.726 présente la même distorsion et obéit à la même loi de composition que le codeur MIC, le codec LD-CELP MIC à 16 kbit/s testé et étudié en 1991 obéit plutôt à une loi de composition en  $20 \log_{10}(n)$ . Cependant, des essais subjectifs effectués sous la conduite du SQEG (Groupe d'experts sur la qualité de la parole) indiquent que les couples de codecs à 16 kbit/s suivent étroitement les résultats sur la qualité subjective établis pour les codecs G.726 jusqu'à 4 codecs en cascade. Au-delà de ce nombre, la qualité du codec à 16 kbit/s décroît

plus rapidement que celle du codec G.726. Il est donc proposé de traiter le codec à 16 kbit/s de la même façon que le codec G.726 pour déterminer la qualité de fonctionnement du réseau, en limitant à 3 le nombre maximal de codecs à 16 kbit/s admis dans une même connexion internationale et en notant que la distorsion du codec LD-CELP ne s'ajoute pas aux qdu des autres codecs.

### 5.3 Seuil d'acceptabilité

On a choisi un seuil d'acceptabilité de 14 qdu pour la transmission de signaux phonétiques, car cette valeur représente la limite subjective d'acceptabilité du rapport global signal sur distorsion (*Livre rouge*, Fascicule III.1, Supplément n° 21). De même, on a choisi un seuil de 14 qdu comme seuil d'acceptabilité pour transmission de données. Un couple de codecs MIC à 8 bits introduit en moyenne une distorsion de quantification inférieure d'environ 2 dB aux limites indiquées dans la Recommandation G.712. Cela correspondrait à un rapport signal/distorsion de 35 dB pour la méthode de test à entrée sinusoïdale, et d'environ 36 dB pour la méthode de test avec bruit en entrée. (Ainsi, quatorze processus MIC à 8 bits en cascade, satisfaisant chacun tout juste aux limites du rapport signal/distorsion de la Recommandation G.712, introduiraient une distorsion totale inacceptable.) Le même principe devra être appliqué lorsqu'il s'agira de proposer pour les autres processus numériques des valeurs de planification pour la distorsion de quantification.

### 5.4 Limitations

Dans la méthode de distorsion de quantification, on suppose que les distorsions affectées en unités qdu à chaque processus numérique s'additionnent simplement et permettent ainsi de déterminer la distorsion totale ou globale des connexions téléphoniques faisant intervenir des processus numériques non intégrés.

Théoriquement, le nombre d'unités qdu affecté à un processus numérique donné ne reflète que l'effet du bruit de quantification introduit par le processus dans les signaux phonétiques. En pratique, la valeur qdu doit être déterminée à partir de mesures subjectives effectuées sur des processus réels ou simulés, les sujets étant exposés non seulement au bruit de quantification, mais aussi à d'autres dégradations introduites par le processus numérique à l'essai, y compris les écarts par rapport à la réponse fréquentielle idéale dans les filtres d'anti-repliement et de reconstruction.

Les résultats des mesures subjectives seront donc faussés par ces autres dégradations si le niveau de celles-ci diffère plus ou moins des dégradations similaires introduites par le codec MIC (de référence). En raison de ces biais de mesure, la valeur qdu obtenue ne sera pas une vraie mesure de l'effet de la distorsion de quantification, mais représentera plutôt l'effet global des différentes dégradations sur la qualité des signaux phonétiques. Pour réduire le risque de voir un tel biais se produire lors de la détermination de la distorsion de quantification d'un processus numérique, il importe de concevoir les essais subjectifs de façon:

- 1) à minimiser la contribution au résultat de l'essai subjectif des dégradations autres que celles qui résultent de la distorsion de quantification; ou
- 2) à égaliser les niveaux de ces autres dégradations dans les conditions d'essai et de référence.

### 5.5 Affectation de distorsions de quantification aux processus numériques

Les valeurs qdu affectées, dans une première estimation, à divers processus numériques, sont indiquées au Tableau 1. Les explications à l'appui de ces affectations figurent dans les Suppléments n° 21 et n° 22 des Fascicules III.1 et III.2 respectivement du *Livre rouge* (1985), ainsi que dans les Notes associées au Tableau 1.

### 5.6 Règle de planification

Du point de vue des distorsions de quantification mesurables en unités qdu, on recommande de ne pas introduire plus de 14 unités de distorsion de quantification (qdu) dans une connexion téléphonique internationale.

Des relations établies en 4.1, 4.2 et 4.3 pour la distorsion de quantification, la distorsion d'affaiblissement et la distorsion de temps de propagation de groupe, on peut recommander en corollaire une règle de planification régissant l'incorporation de processus numériques non intégrés dans les connexions téléphoniques internationales. Cette règle, qui s'exprime en unités de distorsion de quantification (qdu), utilise les valeurs de distorsion affectées dans le Tableau 1 à différents processus numériques. Cette règle de planification est la suivante:

le nombre d'unités de distorsion de quantification dans une connexion téléphonique internationale ne doit pas dépasser:  $5 + 4 + 5 = 14$  qdu.

Conformément à cette règle, chacun des deux segments nationaux de la connexion téléphonique internationale peut introduire jusqu'à 5 qdu de dégradation de transmission, le segment international pouvant en introduire 4 au maximum.

## NOTES

1 Pendant la période d'exploitation mixte analogique et numérique, il est reconnu que certains pays risquent d'avoir transitoirement quelques difficultés à limiter leur contribution nationale à la dégradation de la transmission à 5 qdu. Pour tenir compte de ces situations, un assouplissement temporaire de la règle de planification provisoire est introduit, en vertu duquel le segment national d'une connexion téléphonique internationale peut introduire jusqu'à 7 qdu de dégradation de transmission. Théoriquement, cela pourrait amener à des connexions téléphoniques internationales sur lesquelles la dégradation globale de transmission atteindrait 18 qdu. De telles connexions grèveraient le service téléphonique vocal d'une pénalisation. Les Administrations qui estiment indispensable de porter la contribution limite de leur segment national à plus de 5 qdu (avec un maximum de 7 qdu) doivent faire en sorte qu'un tel surcroît de distorsion ne concerne qu'une faible partie du trafic écoulé sur leurs segments nationaux.

2 On admettra que, pour des raisons économiques, les circuits internationaux à longue distance puissent utiliser des équipements numériques de multiplication de circuits et d'autres systèmes similaires, ce qui pourrait introduire une distorsion de quantification légèrement supérieure à la limite recommandée de 4 qdu.

### 5.7 Limites de la règle de planification

On admet que, pour évaluer la dégradation de transmission résultant de la présence dans une connexion téléphonique internationale de processus numériques non intégrés, il est possible d'additionner les distorsions élémentaires évaluées en unités de distorsion de quantification et de déterminer ainsi le niveau global de dégradations.

Sur les liaisons téléphoniques internationales qui comportent plusieurs processus numériques en cascade dans un environnement entièrement numérique, la somme des distorsions élémentaires évaluées en unités qdu peut ne pas refléter correctement la distorsion de quantification globale (et, par conséquent, dégradation de transmission globale). Ce cas pourrait résulter du fait que les puissances élémentaires de distorsion de quantification introduites par les différents processus numériques ne sont pas nécessairement indépendantes; dans certaines circonstances, l'addition des distorsions de quantification élémentaires risque donc de conduire à une valeur totale différente de la distorsion effective. Ce phénomène est expliqué de façon plus détaillée dans le Supplément n° 21 du Fascicule III.1 du *Livre rouge*.

Bien que la règle des  $5 + 4 + 5 = 14$  qdu donnée au 5.6 puisse, dans certaines conditions, ne fournir que des résultats approximatifs, elle semble néanmoins convenir à la plupart des travaux de planification, notamment lorsque des processus numériques non intégrés sont en cause. Parmi les processus numériques en cascade, on peut citer par exemple la conversion de code A- $\mu$ -A, la conversion de code  $\mu$ -A- $\mu$  et la conversion MIC-MICDA-MIC, qui sont explicitement prises en considération dans le Tableau 1.

## 6 Méthode du facteur de dégradation d'équipement

Comme décrit au 4.9, il s'agit de la deuxième méthode d'évaluation des dégradations numériques.

La méthode du facteur de dégradation d'équipement part du principe que l'on peut transformer les dégradations de transmission en «facteurs psychologiques» et que ces facteurs, exprimés sur une certaine échelle psychologique, s'additionnent.

La méthode du facteur de dégradation d'équipement attribue une valeur de distorsion à chaque élément de réseau. Elle prévoit ensuite la simple addition de ces dégradations afin de déterminer la valeur totale des dégradations dues à l'insertion de l'équipement, *I<sub>tot</sub>*. Le facteur d'attente, *A*, est ensuite soustrait de ce nombre pour donner un facteur de dégradation calculé pour la planification, *I<sub>cpi</sub>*.

Il est recommandé aux planificateurs de réseaux et de services d'utiliser cette méthode lorsque le traitement numérique fait intervenir des codeurs prédictifs. Cette catégorie comprend notamment les codeurs suivants: LD-CELP, VSELP, RPE-LTP et CELP+.

NOTE – On peut aussi utiliser cette méthode pour les codeurs non prédictifs, du moment qu'un facteur de dégradation d'équipement a été attribué au processus numérique soit directement ou indirectement à partir de la valeur qdu.

On ne peut attribuer un facteur de dégradation d'équipement à un processus numérique qu'en se fondant sur les résultats de tests subjectifs avec notes d'opinion moyennes et en appliquant les formules développées et présentées plus loin dans ce document. L'Annexe E discute les détails de cette méthodologie. Les facteurs de dégradation d'équipement devront donc être déterminés en général par des méthodes de mesure subjectives, comme celles qui sont exposées dans les Recommandations P.800 et P.830. Bien que les règles de planification s'appliquent à tous les signaux transmis en bande vocale, cette méthode particulière ne s'applique qu'à la transmission de la voix.

On trouvera dans l'article 7 des considérations relatives à la combinaison d'effets des dégradations de transmission, dans l'article 8 des considérations relatives au facteur d'attente et dans l'article 9 des considérations relatives au facteur de dégradation calculé pour la planification.

TABLEAU 1/G.113

**Valeurs de planification pour la distorsion de quantification  
(Services de signaux phonétiques uniquement; voir l'article 10  
pour les données en bande vocale) (voir Notes 1, 11 et 12)**

Processus numérique	Unités de distorsion de quantification (qdu)	Notes
<i>Processus faisant intervenir une conversion analogique/numérique</i>		
Couple de codecs MIC à 8 bits (codec G.711, codeur loi A ou $\mu$ )	1	2, 3
Couple de codecs MIC à 7 bits (codeur loi A ou $\mu$ )	3	3, 4, 5
Paire de transmultiplexeurs de type codeur MIC à 8 bits, ou codeur loi A ou $\mu$ (selon Recommandation G.792)	1	3
Codeur MICDA à 32 kbit/s (avec prédictif adaptatif) (combinaison d'un couple de codecs MIC à 8 bits et d'une conversion en cascade MIC-MICDA-MIC) (selon Recommandations G.721/G.726/G.727)	3,5	6
<i>Processus purement numériques</i>		
Complément de ligne numérique (codeur MIC à 8 bits, loi A ou $\mu$ )	0,7	7
Convertisseur de loi A/ $\mu$ ou $\mu$ /A (selon Recommandation G.711)	0,5	10
Conversion en cascade loi A/ $\mu$ /A	0,5	
Conversion en cascade loi $\mu$ /A/ $\mu$	0,25	
Conversion en cascade MIC-MICDA-MIC (selon Recommandations G.721/G.726/G.727)	2,5	8, 9
Transcodage 8-7-8 bits (loi A ou $\mu$ )	3	9

## NOTES

1 D'une manière générale, les valeurs qdu affectées aux différents processus numériques ont été établies avec un signal gaussien de niveau moyen égal à  $-20$  dBm0. Ceci est notamment le cas des processus traités dans le Supplément n° 21 [3].

2 Par définition.

3 A des fins de planification, il est possible d'affecter la moitié de cette valeur au côté émission et au côté réception.

4 Ce système n'est pas recommandé par l'UIT-T, mais certaines Administrations l'utilisent dans leurs réseaux nationaux.

5 La dégradation indiquée pour ce processus est fondée sur des essais subjectifs.

6 Les codeurs G.726 et G.727 ont des caractéristiques équivalentes pour des débits binaires correspondants, y compris à 24 et à 40 kbit/s. Cependant il n'est pas encore possible d'affecter des valeurs qdu aux processus à 24 et 40 kbit/s. Dans le contexte de qualité globale du circuit, la méthode du «facteur de dégradation d'équipement» décrite à l'article 6 donne une évaluation plus précise des effets subjectifs des codecs MICDA sur la qualité des signaux phonétiques.

7 La dégradation indiquée est à peu près la même pour tous les compléments de ligne numériques assurant un affaiblissement de 1 à 8 dB. Fait exception le complément de ligne de 6 dB en loi A qui introduit une dégradation négligeable des signaux jusqu'à environ  $-30$  dBm0 et qui se voit donc affecter la valeur 0 unité de distorsion de quantification.

8 La valeur de 2,5 unités a été calculée en soustrayant la valeur de distorsion d'un couple de codecs MIC à 8 bits de la valeur de 3,5 qdu déterminée subjectivement pour la combinaison d'un couple de codecs MIC à 8 bits et d'une conversion MIC-MICDA-MIC. La valeur de 2,5 qdu est affectée aux conversions numériques synchrones multiples du type MIC-MICDA et MIC-MICDA-MIC. Dans le contexte de qualité globale du circuit, la méthode du «facteur de dégradation d'équipement» décrite à l'article 6 donne une évaluation plus précise des effets subjectifs des codecs MICDA sur la qualité des signaux phonétiques.

9 Ce processus pourrait être utilisé dans un système de concentration numérique de la parole.

10 La contribution en distorsion de quantification apportée par les convertisseurs de loi de codage (loi  $\mu$  en loi A par exemple) est affectée à la partie internationale de la connexion.

11 Les valeurs qdu affectées à ces processus numériques ne représentent autant que possible que l'effet de la distorsion de quantification sur la qualité des signaux phonétiques. Mais ces signaux sont aussi affectés par d'autres dégradations, telles que le bruit de circuit, l'écho et la distorsion d'affaiblissement. Le processus de planification devra donc tenir compte de ces autres dégradations.

12 Les valeurs qdu indiquées dans ce tableau ont été établies en supposant négligeables les erreurs sur les bits.

## 7 Effets dus à la combinaison des dégradations de transmission

L'article précédent décrit la méthode du facteur de dégradation d'équipement, qui doit être utilisée lorsque des processus numériques non harmoniques, c'est-à-dire des codeurs à 16 kbit/s ou moins, interviennent dans une chaîne de connexion. La méthode du facteur de dégradation d'équipement est par ailleurs applicable à tous les types de réseau, par exemple aux réseaux analogiques, mixtes analogiques/numériques, qu'ils contiennent ou non des codeurs non harmoniques à faible débit binaire.

### 7.1 Généralités

L'article 4 donne un aperçu général des valeurs limites que peut prendre chaque paramètre tout en conservant une qualité de transmission acceptable. Toutefois, il est aussi nécessaire de considérer les effets combinés de telles dégradations lorsque celles-ci se produisent simultanément dans une connexion. Le pire cas, dans lequel chaque dégradation atteint sa valeur limite permise, aboutira sûrement à une qualité de transmission nettement mauvaise. D'un autre côté, il existe aussi des cas où une dégradation masque l'effet des autres. Enfin, il est souhaitable de pouvoir faire un «compromis» entre les dégradations et tolérer par exemple dans une connexion où la plupart des dégradations sont assez faibles, qu'un des paramètres ait un niveau de dégradation assez important tout en conservant à la qualité de transmission une qualité acceptable.

Il existe de nombreux modèles de calcul permettant d'effectuer une telle évaluation, au moins pour certains paramètres de transmission (voir par exemple l'Annexe A/P.11 et le Supplément n° 3 aux Recommandations de la série P [1]). La méthodologie décrite dans ce qui suit est une version très simplifiée du modèle de calcul provisoire de l'ETSI (voir la bibliographie). Ce modèle traite les différents paramètres intervenant dans la présente Recommandation. (La méthode simplifiée devrait suffire dans la plupart des cas aux besoins de la planification. Le modèle complet de l'ETSI fait intervenir les effets de dégradations supplémentaires, ainsi que certains effets de masquage réciproques. Le traitement mathématique, beaucoup plus élaboré, permet de prévoir les opinions des utilisateurs.)

Dans ce contexte, il est utile de noter que, d'une manière générale, «la qualité perçue d'un produit ou d'un service est déterminée par la mesure dans laquelle ces produits ou services répondent à ce qu'en attend l'utilisateur ou qu'ils dépassent une telle attente». Ainsi pour la qualité de transmission phonétique, le planificateur de transmission considérera dans la période présente deux catégories, à savoir:

- 1) la qualité RTPC – qualité moyenne des connexions interurbaines et internationales RTPC, c'est-à-dire une retransmission de la voix du locuteur bien intelligible, bien reconnaissable, naturelle, ne souffrant que de quelques dégradations mineures;
- 2) la qualité radiocommunication – qualité que l'on trouve dans de nombreux systèmes mobiles, caractérisée par une bonne intelligibilité, une capacité à reconnaître le locuteur, mais par un certain amoindrissement de la qualité par rapport au RTPC.

Dans chacune de ces catégories, l'utilisateur peut trouver la qualité de système proposée tout à fait satisfaisante, c'est-à-dire que le système est de «bonne qualité» eu égard à ses besoins et à ses attentes. Ce n'est que dans des cas exceptionnels que l'utilisateur sera amené à comparer les qualités relatives de ces deux catégories.

### 7.2 Facteurs de dégradation et valeur de dégradation totale

La valeur de dégradation totale  $I_{tot}$  est la somme des différents facteurs de dégradation.

$$I_{tot} = I_o + I_q + I_{dte} + I_{dd} + I_e \quad (7.1)$$

avec:

$I_o$  = dégradations provoquées par des équivalents globaux pour la sonie (EGS) non optimaux et un bruit de circuit élevé.

$I_q$  = dégradation provoquée par une distorsion de quantification de type MIC.

NOTE 1 –  $I_o$  et  $I_q$  correspondent à des dégradations qui apparaissent au même moment que les signaux vocaux correspondants.

$I_{dte}$  = dégradations provoquées par l'écho de locuteur.

$I_{dd}$  = difficultés de communication provoquées par des temps de propagation unidirectionnelle trop longs.

NOTE 2 –  $I_{dte}$  et  $I_{dd}$  correspondent à des dégradations qui apparaissent avec un retard sur les signaux vocaux correspondants.

$I_e$  = dégradations de transmission provoquées par les équipements spéciaux présents sur la connexion, notamment les codecs prédictifs à faible débit.

NOTE 3 – Les facteurs de dégradation d'équipement peuvent être asymétriques et par conséquent,  $I_{tot}$  peut également être asymétrique.

### 7.3 Valeurs de planification pour les facteurs de dégradation

#### 7.3.1 Facteur de dégradation $I_o$

Pour les valeurs courantes d'équivalent global pour la sonie (OLR) (*overall loudness rating*) et de bruit de circuit  $N_c$  dBm0p (au point de référence 0 dBr le plus proche de l'extrémité de réception), la relation suivante est à peu près vérifiée:

$$I_o = I_{lr}(OLR) + I_n(N_c) \quad (7.2)$$

Les Tableaux 2 et 3 donnent respectivement  $I_{lr}$  et  $I_n$ .

TABLEAU 2/G.113

Relation entre l'équivalent global pour la sonie OLR et  $I_{lr}$

OLR (dB)	$I_{lr}$ (eif)
5...10	0
15	7
20	14
25	21

TABLEAU 3/G.113

Relation entre le bruit de circuit  $N_c$  et  $I_n$

$N_c$ (dBm0p)	$I_n$ (eif)
≤60	0
-60	4
-50	15
-40	30

#### 7.3.2 Facteur de dégradation $I_q$

Le Tableau 4 donne, pour les processus MIC, le facteur  $I_q$  en fonction des unités de distorsion de quantification qdu pour des valeurs normales et faibles du bruit de circuit. (Si le bruit de circuit est sensiblement élevé, un certain masquage a lieu de sorte que la valeur  $I_q$  diminue. Toutefois on peut en général ignorer cet effet.)

NOTE – Seules les distorsions qdu dues à des processus MIC doivent être portées dans le Tableau 4. Les dégradations causées par des codecs MICDA seront prises en compte sous la forme de facteurs de dégradation d'équipement, voir le Tableau 7.

#### 7.3.3 Facteur de dégradation $I_{dte}$

L'écho pour le locuteur peut dans une certaine mesure être masqué par un bruit de circuit élevé ou par un effet local très fort. On peut toutefois ignorer ces effets dans les connexions modernes normales. Pour évaluer  $I_{dte}$ , on prend la «courbe à 1%» de la Figure 2/G.131 pour une connexion entièrement numérique. Pour un temps moyen de propagation unidirectionnelle  $T$  donné, l'équivalent pour la sonie de l'écho pour le locuteur TELR effectif est comparé avec la valeur TELRc lue sur la courbe. Le Tableau 5 indique alors le facteur de dégradation  $I_{dte}$ .

TABLEAU 4/G.113

**Relation entre distorsion de quantification qdu  
et facteur de dégradation  $I_q$**

Distorsion de quantification (qdu)	$I_q$ (eif)
0	0
2	0
4	0
6	2
8	7
10	11
15	20
20	28

TABLEAU 5/G.113

**Relation entre l'écho pour le locuteur résiduel et  $Idte$**

(TEL <sub>R</sub> – TEL <sub>Rc</sub> ) (dB)	$Idte$ (eif)
15	0
10	3
5	8
0	17
-5	30
-10	40
-15	50

## NOTES

1 Les «courbes à 1%» de la Figure 2/G.131 représentent un niveau de dégradation fixe et correspondent étroitement aux valeurs du Tableau 5.

2 Les annuleurs d'écho réduiront l'écho pour le locuteur résiduel, et ce fait doit être pris en considération.

### 7.3.4 Facteur de dégradation $I_{dd}$

Le niveau de dégradation induit par un temps moyen de propagation unidirectionnelle  $T_a$  élevé dépend dans une large mesure du taux d'interactivité des interlocuteurs (voir la Recommandation G.114). Les valeurs indiquées dans le Tableau 6 représentent une combinaison des dégradations résultant de la qualité globale et du taux d'interruptibilité.

A noter que ces valeurs indiquées dans ce tableau s'appliquent même si l'annulation de l'écho pour le locuteur est très bonne. Si cette annulation est imparfaite, on doit aussi prendre en compte la dégradation qu'elle induit.

### 7.3.5 Facteur de dégradation $I_e$

Le facteur de dégradation  $I_e$  s'applique aux dispositifs complexes de traitement phonétique, en particulier aux codecs à faible débit binaire. Chaque type de codec est représenté par une valeur de dégradation  $K$  donnée. Quand plusieurs codecs, de types identiques ou différents, sont montés en cascade, le facteur de dégradation d'équipement résultant est égal à la somme des valeurs  $K$  individuelles.

$$I_e = \sum K_i \quad (7.3)$$

Le Tableau 7 indique la valeur  $K$  de certains codecs à faible débit binaire.

TABLEAU 6/G.113

**Relation entre le temps de propagation unidirectionnelle et  $I_{dd}$** 

Ta (ms)	$I_{dd}$ (eif)
150	0
200	3
250	10
300	15
400	25
500	30
600	35
800	40
> 800	40

TABLEAU 7/G.113

**Valeurs contributives de planification du facteur de dégradation d'équipement  $I_e$**   
**(Service vocal seulement; voir l'article 10 pour la transmission de données en bande vocale)**

Type de codec	Débit de fonctionnement (kbit/s)	$K$ (eif) (Note)
MICDA (G.726, G.727)	40	2
	32	7
	24	25
	16	50
LD-CELP (G.728)	16	7
	12,8	20
VSELP (IS 54, Etats-Unis)	8	20
RPE-LTP (GSM)	13	20

NOTE –  $I_e = \sum K_i$ .

L'Annexe E donne certaines informations sur la façon dont les tests subjectifs permettent de déterminer les facteurs de dégradation des équipements.

## 8 Considérations concernant le facteur d'attente $A$

Le facteur d'attente  $A$  représente un «avantage d'accès» que certains systèmes possèdent par rapport aux RTPC conventionnels. La qualité globale de la transmission, telle que perçue par les utilisateurs, est influencée par la facilité ou par la difficulté d'établissement d'une connexion. Dans certains cas, les systèmes hertziens possèdent un avantage car ils offrent une flexibilité spatiale pour la fourniture des services. Il en résulte que l'utilisateur peut décompter les dégradations subjectives dues aux effets de transmission des signaux vocaux par des systèmes hertziens. Il s'agira par exemple de la téléphonie mobile et des connexions par satellite à bords multiples jusque dans des régions d'accès difficile. Le facteur d'attente peut cependant être asymétrique. Par exemple, pour une communication entre un abonné mobile et un abonné du RTPC, l'abonné du RTPC peut s'attendre à obtenir la qualité de son réseau tandis que l'abonné mobile peut s'attendre à la qualité d'un réseau mobile.

Le facteur d'attente  $A$  se rapporte à la qualité escomptée par l'utilisateur en ce qui concerne le service de communication de signaux vocaux utilisé. Il appartient au planificateur d'attribuer une valeur au facteur d'attente. Le Tableau 8 présente, à titre provisoire, certaines valeurs maximales du facteur  $A$  pour diverses configurations d'accès. (A noter que les attentes des utilisateurs peuvent changer dans le temps!) Il est suggéré d'utiliser avec certaines précautions le facteur d'attente car cette grandeur est provisoire et son applicabilité dans toutes les configurations d'exploitation n'a pas encore été vérifiée.

TABLEAU 8/G.113

**Relation entre type d'accès et facteur d'attente  $A$**

Exemple de système de communication	$A_{max}$ (eif) (Note 1)
Conventionnel (câblé)	0
Réseau privé	(Note 2)
Mobilité offerte à l'intérieur d'un bâtiment	5
Mobilité offerte à l'intérieur d'une zone géographique ou dans un véhicule	10
Accès au RTPC à partir d'emplacements difficiles à atteindre, par exemple via des connexions satellitaires multibonds	20
NOTES	
1 Le planificateur a la responsabilité d'attribuer une valeur de facteur de dégradation pour la planification. A titre provisoire, il est recommandé que la valeur ainsi attribuée ne soit pas supérieure à la valeur indiquée dans ce tableau.	
2 La nécessité d'une valeur d'attente pour réseaux privés est un point à étudier.	

**9 Considérations relatives au facteur de dégradation calculé pour la planification,  $I_{cpif}$**

Le facteur de dégradation calculé pour la planification,  $I_{cpif}$ , est obtenu au moyen de l'équation suivante:

$$I_{cpif} = I_{tot} - A \tag{9.1}$$

Il convient de noter que, lorsque la valeur d'attente est nulle,  $I_{cpif} = I_{tot}$ . Dans ce cas, la qualité de transmission ne dépend plus que des facteurs de dégradation d'équipement. Cela s'applique aux situations dans lesquelles seuls des accès câblés conventionnels sont utilisés.

Le Tableau 9 énumère des Recommandations (provisoires) concernant les limites de la valeur de dégradation totale  $I_{cpif}$  par rapport à différents niveaux de qualité.

TABLEAU 9/G.113

**Niveaux de qualité en fonction de la valeur de dégradation totale  $I_{cpif}$**

Limite supérieure pour $I_{cpif}$	Qualité de communication phonique
5	Très bonne
10	Bonne
20	Suffisante
30	Cas limite
45	Cas limite exceptionnel
55	Réaction vraisemblablement vive des clients (plaintes, changement d'opérateur de réseau)
NOTE – Dans l'équation $I_{cpif} = I_{tot} - A$ , $I_{tot}$ est numériquement très proche de la perte d'indice de transmission $R$ , obtenue en appliquant des dégradations similaires au modèle d'indice de transmission de Bellcore. Ce modèle est décrit dans le Supplément n° 3 des Recommandations de la série P.	

Les exemples suivants sont présentés afin de montrer comment un planificateur peut utiliser le concept de dégradation totale  $I_{cpif}$ .

### Exemple 1

Dans ce cas, on part du principe que la mobilité à l'intérieur d'un bâtiment doit être intégrée lors de la conception du système de télécommunication. Si l'on suppose que le système possède les valeurs de dégradation suivantes:

$$I_o = 0; I_q = 0; I_{dte} = 0; I_{dd} = 3; I_e = 7$$

on a alors  $I_{tot} = 10$ .

Le planificateur peut vouloir attribuer à cette configuration la plus grande valeur du facteur d'attente autorisée par le Tableau 8, soit 5.

La valeur de la dégradation  $I_{cpif} = I_{tot} - A = 10 - 5 = 5$ .

Si l'on tient compte du Tableau 9, on estimera que la qualité de ce système, pour une communication établie entre l'utilisateur mobile et un utilisateur raccordé par ligne terrestre, sera considérée comme «très bonne» par l'utilisateur d'un terminal mobile et comme «bonne» par le client du réseau câblé.

### Exemple 2

Dans ce cas, on part du principe que la mobilité à l'intérieur d'une zone géographique doit être intégrée lors de la conception du système de télécommunication. Si l'on suppose que le système possède les valeurs de dégradation suivantes:

$$I_o = 7; I_q = 0; I_{dte} = 0; I_{dd} = 0; I_e = 20 \text{ (service mobile numérique)}$$

on a alors  $I_{tot} = 27$ .

Le planificateur peut vouloir attribuer à cette configuration la plus grande valeur du facteur d'attente autorisée par le Tableau 8, soit 10.

La valeur de la dégradation  $I_{cpif} = I_{tot} - A = 27 - 10 = 17$ .

Si l'on tient compte du Tableau 9, on estimera que la qualité de ce système, pour une communication établie entre l'utilisateur à mobilité géographique et un utilisateur raccordé par ligne terrestre, sera considérée comme «suffisante» par l'utilisateur d'un terminal mobile et comme un «cas limite» par le client du réseau câblé.

### Exemple 3

Dans ce cas, on part du principe que la capacité d'atteindre une zone géographique reculée doit être intégrée lors de la conception du système de télécommunication. Si l'on suppose que le système possède les valeurs de dégradation suivantes:

$$I_o = 11; I_q = 0; I_{dte} = 0; I_{dd} = 30; I_e = 7$$

on a alors  $I_{tot} = 48$ .

Le planificateur peut vouloir attribuer à cette configuration la plus grande valeur du facteur d'attente autorisée par le Tableau 8, soit 20.

La valeur de la dégradation  $I_{cpif} = I_{tot} - A = 48 - 20 = 28$ .

Si l'on tient compte du Tableau 9, on estimera que la qualité de ce système, pour une communication établie entre l'utilisateur situé dans une zone géographique reculée et un utilisateur raccordé par ligne terrestre, sera considérée comme un «cas limite» par l'utilisateur distant et sera susceptible de provoquer une vive réaction de la part d'un client du réseau câblé non informé du système de communication utilisé à l'extrémité distante.

## 10 Effet des dégradations de transmission sur la qualité de transmission des données en bande vocale

Comme pour la transmission des signaux vocaux, les dégradations de transmission survenant sur les connexions téléphoniques affectent aussi la transmission des données en bande vocale. Les dégradations affectant les liaisons sont nombreuses et variées; certaines sont permanentes (affaiblissement, bruit, distorsion de quantification, gigue de phase, distorsions harmoniques et d'intermodulation, distorsion de temps de propagation de groupe, écho, distorsion d'affaiblissement, etc.) et d'autres, transitoires (bruit impulsif, sauts de phase ou de gain, interruptions, etc.) et peuvent ne survenir que rarement. Dans les deux cas, la qualité de transmission à la fois des signaux vocaux et des données en bande vocale s'en trouve affectée. Toutefois, les transitoires affectent habituellement plus les signaux de données que les signaux vocaux; ceci est également vrai de quelques dégradations de régime permanent, comme la gigue de phase ou la distorsion du temps de propagation de groupe. C'est pour cette raison que les règles de planification relatives aux circuits destinés aux transmissions vocales prêtent généralement plus d'attention à la maîtrise des dégradations de régime permanent qu'à celle des dégradations transitoires. Si de nouvelles règles de planification doivent être établies afin de prévenir l'accumulation de dégradations affectant la transmission de données en bande vocale, ces règles devront porter tant sur les dégradations transitoires que sur les dégradations permanentes.

La mesure dans laquelle certaines dégradations affectent la transmission de données en bande vocale dépend de la vitesse du modem, de la modulation utilisée et d'autres caractéristiques (par exemple, la présence ou non, dans le modem, d'un égaliseur pour corriger la distorsion de temps de propagation de groupe). Les modems à faible vitesse (1200 bit/s ou moins) acceptent généralement un rapport signal/bruit plus faible que les modems fonctionnant à vitesse élevée. Ils sont aussi moins sensibles à la distorsion de temps de propagation de groupe que les modems à vitesse élevée. Les modems fonctionnant à 4800 bit/s ou plus comporteront généralement un égaliseur de distorsion de temps de propagation de groupe pour minimiser les effets de cette distorsion sur la qualité de transmission. Les transitoires affectent tous les modems, dans une mesure plus ou moins grande qui dépend de nombreux facteurs.

L'impact des dégradations sur la qualité de transmission de données en bande vocale dépend de deux autres facteurs:

- a) utilisation ou non de techniques de détection ou de correction d'erreur;
- b) codage de l'information à transmettre.

A défaut de correction d'erreur, les dégradations se traduiront par des erreurs en sortie. Mais si la correction d'erreur est employée, les dégradations ne se traduiront plus que par une réduction du débit de données. Selon le codage de l'information, les erreurs auront des effets plus ou moins graves. Par exemple, la perte d'une lettre dans un mot, due à la présence d'un bit erroné dans l'octet représentant la lettre, est probablement moins importante qu'un bit erroné dans un octet porteur d'une information sur la taille, la forme ou l'emplacement d'un symbole graphique dans une image.

Les techniques de compression binaires comme le MICDA (Recommandation G.726) ont un effet très significatif sur la performance des modems à grande vitesse ( $\geq 4800$  bit/s).

L'Annexe C indique les résultats d'études effectuées sur des codeurs MICDA à 32 kbit/s. Ces résultats montrent la nécessité d'utiliser des vitesses de codage plus élevées, par exemple des codeurs MICDA à 40 kbit/s, pour la transmission de données en bande vocale (VBD) (*voice band data*) à 9,6 kbit/s. Les équipements modernes de multiplication de circuits numériques (DCME) (voir la Recommandation G.763) utilisent des classificateurs de signaux pour détecter la présence de données en bande vocale à vitesse élevée, et codent ces données à l'aide de codeurs MICDA à 40 kbit/s.

Pour ce qui est d'élaborer une règle de planification simple utilisable pour évaluer les effets des processus numériques sur la qualité de transmission des données en bande vocale, plusieurs points sont à prendre en compte:

- 1) des dégradations (en particulier les dégradations à caractère transitoire) autres que celles qui sont habituellement prises en compte pour évaluer la qualité de transmission des signaux vocaux, et en particulier les dégradations à caractère transitoire, ont un effet important sur la transmission des données en bande vocale;
- 2) une simple mesure des dégradations à caractère permanent (le rapport signal/bruit total par exemple) ne conviendra sans doute pas comme base de règle de planification pour les données en bande vocale. Une règle de planification peut devoir tenir compte des dégradations à caractère transitoire;
- 3) le type et la vitesse du modem doivent être pris en considération. A la différence des règles de planification applicables aux signaux vocaux, celles relatives aux données en bande vocale peuvent se révéler être propres à des modems particuliers;
- 4) l'importance de certains types d'erreurs sur les données et, par conséquent, de certaines dégradations, peut dépendre du type de service de transmission de données. Les règles de planification peuvent donc être propres à des services particuliers;

- 5) seule une méthode de mesure objective tenant compte des quatre points qui précèdent est à même de constituer une base saine permettant d'élaborer des règles de planification utiles;
- 6) une telle méthode de mesure n'existe pas à ce jour.

En conséquence, l'application de la présente Recommandation doit se limiter aux services vocaux, en attendant d'en savoir plus sur les dégradations affectant la transmission de données en bande vocale, la façon de mesurer ces dégradations, les niveaux à partir desquels ces dégradations deviennent importantes et la manière de prendre en considération les différences de types, de vitesses et autres caractéristiques des modems.

## Références

- [1] Recommandation UIT-T P.11 (1993), *Effet des dégradations de la transmission*.
- [2] Recommandation UIT-T P.31 (1993), *Caractéristiques de transmission pour téléphones numériques*.
- [3] Supplément n° 21, Utilisation des unités de distorsion de quantification dans la planification des communications internationales, page 326, Fascicule III.1, *Livre rouge*, Genève, 1985.

## Bibliographie

Projet ETSI prETR «VTQM-E», Version: 2.1 (1995): *Qualité de communication phonétique de bouche à oreille avec combiné téléphonique à 3,1 kHz sur réseau – Speech Communication Quality from Mouth to Ear of 3.1 kHz Handset Telephony across Networks*.

## Annexe A

### **Renseignements donnés à des fins de planification sur la distorsion d'affaiblissement et la distorsion de temps de propagation de groupe introduites par les circuits et les commutateurs du réseau téléphonique commuté**

(Cette annexe fait partie intégrante de la présente Recommandation)

Du fait du remplacement des systèmes à porteuse analogique et des équipements d'extrémité de voies par leurs homologues numériques, il n'est plus fait état des informations qui figuraient dans l'Annexe A/G.113, version de Melbourne, novembre 1988, publiée dans le *Livre bleu*. S'il a toutefois besoin de cette information à des fins de planification, le lecteur pourra se reporter à l'annexe dans le *Livre bleu*. Du reste, à titre d'information, il est à noter que les équipements terminaux à 8 voies de la Recommandation G.234 et ceux à 16 voies de la Recommandation G.235, considérés comme obsolètes, ont été supprimés.

## Annexe B

### **Effet des dégradations sur la transmission de données en bande vocale**

(Cette annexe fait partie intégrante de la présente Recommandation)

#### **B.1 Introduction**

Le plan de transmission actuel pour les connexions internationales fournit des directives sur le contrôle de la qualité de transmission, dont le but premier est d'assurer une transmission satisfaisante des signaux vocaux. Les principales dégradations et leur effet sur ces signaux sont décrits dans la Recommandation P.11. Parmi ces dégradations, il y a notamment l'affaiblissement en sonie, le bruit de circuit, l'affaiblissement en sonie de l'effet local, le bruit ambiant, la distorsion d'affaiblissement, l'écho pour le locuteur, l'écho pour l'auditeur, la distorsion de quantification et la gigue de phase. D'autres Recommandations traitent de la qualité de la transmission des données sur les circuits loués, notamment les Recommandations H.12, M.1020 et M.1025.

Les connexions internationales servant également à transmettre des signaux non vocaux (données en bande vocale par exemple), il est devenu nécessaire d'élargir la perspective du plan de transmission et d'y inclure des directives portant sur d'autres types de dégradations. Parmi les dégradations importantes qui affectent la transmission de données en bande vocale, on peut citer le bruit impulsif, la distorsion de temps de propagation de groupe, la gigue de phase, la distorsion non linéaire, le rapport tonalité/bruit, le déphasage et les transitoires de gain et de phase. Les paragraphes fournissent des précisions sur ces dégradations, qui s'appuient sur l'expérience d'AT&T en la matière. Toutes les valeurs de paramètre indiquées se rapportent aux objectifs de qualité minimale de bout en bout adoptés par AT&T avant son démantèlement pour son réseau public commuté. Les valeurs types obtenues sur le réseau réel sont bien supérieures aux objectifs minimaux. Les valeurs minimales correspondent à un fonctionnement satisfaisant des modems jusqu'à une vitesse de 4,8 kbit/s. Des seuils minimaux plus sévères sont nécessaires aux vitesses supérieures à 9,6 kbit/s par exemple. Les valeurs indiquées sont données à titre illustratif et n'ont pas force de Recommandation.

## **B.2 Bruit impulsif**

Le bruit impulsif est défini par l'excursion du signal temporel de bruit au-delà d'un seuil déterminé. Ce bruit est évalué sur les différentes voies dénombrant les excursions sur un intervalle de temps prédéterminé. Afin de minimiser la contribution du bruit thermique, le seuil minimal est normalement fixé entre 12 et 18 dB au-dessus de la moyenne quadratique du bruit. Le niveau de bruit impulsif est par définition le seuil pour lequel le résultat moyen du dénombrement est de un par minute.

Les instruments de mesure utilisés pour compter les impulsions de bruit peuvent être des compteurs de type électromécanique ou électronique. Dans certains appareils, la vitesse de comptage maximale peut atteindre sept événements par seconde.

La contribution du bruit impulsif au taux d'erreur devient significative lorsque les crêtes de bruit atteignent un niveau de 3 à 12 dB au-dessous de la moyenne quadratique du signal de données, cela en fonction du type de modulation du modem, du débit binaire et de l'ampleur d'autres dégradations affectant la transmission sur la voie. Selon l'objectif minimal en matière de bruit impulsif fixé par AT&T, le nombre d'impulsions de bruit dépassant un seuil situé à 6 dB au-dessous du niveau du signal de données reçu ne doit pas dépasser 15 impulsions en 15 minutes. La maîtrise de ce paramètre est assurée par l'imposition de règles techniques et par la fixation de limites aux niveaux du bruit impulsif.

Etant donné que l'essentiel du bruit impulsif a pour origine les transitoires provoqués par l'actionnement des relais et autres équipements de commutation, les règles techniques et les mesures correctives visent à protéger les signaux porteurs de faible niveau contre les rayonnements associés à ces transitoires.

## **B.3 Temps de propagation de groupe**

Le temps de propagation de groupe est défini comme la dérivée par rapport à la fréquence de la caractéristique de phase de la voie. Comme il est très difficile en pratique de mesurer cette dérivée, on en obtient une approximation par des mesures de différences. Il existe actuellement en service, un grand nombre d'appareils de mesure du temps de propagation de groupe utilisant différents pas de mesure. Le pas adopté par AT&T est de 166 2/3 Hz. Dans les résultats d'essais, ces différences de pas se traduisent par des différences de résolution des ondulations que comporte la courbe du temps de propagation de groupe. Plus le pas est petit, plus la résolution est élevée, et moins la précision est bonne.

Dans les voies de télécommunication, la fréquence correspondant au temps de propagation de groupe minimal se situe généralement au voisinage de 1800 Hz. C'est la raison pour laquelle les mesures du temps de propagation de groupe sont généralement normalisées à zéro à 1800 Hz. On appelle distorsion de temps de propagation de groupe l'écart de ce temps par rapport au zéro aux autres fréquences. Cette distorsion provoque un brouillage intersymbole dans la transmission de données, à l'origine d'erreurs et d'une sensibilité accrue au bruit de fond.

Dans le réseau, la maîtrise de ce paramètre est assurée avant tout par la conception des filtres des équipements d'extrémité de voies et des autres appareils. Les objectifs minimaux types en matière de distorsion du temps de propagation de groupe sont un maximum de 800  $\mu$ s pour la bande entre 1004 et 2404 Hz, et de 2600  $\mu$ s dans la bande entre 604 et 2804 Hz.

## **B.4 Gigue de phase**

La gigue de phase est définie par une modulation de phase intempestive du signal émis. Une des propriétés par laquelle elle se traduit et qui est couramment utilisée pour l'observer est qu'elle perturbe le passage à zéro des signaux. Le bruit induisant également un tel effet, va fausser les indications, l'appareil de mesure signalant une gigue de phase même en l'absence de modulation de phase intempestive.

La gigue de phase dégrade la transmission des données en réduisant la marge laissée aux autres dégradations dans le récepteur de données. La maîtrise de ce paramètre est assurée par la conception de l'équipement de transmission. Bien que des sources spécifiques de cette gigue de phase aient été localisées dans le réseau (générateurs primaires des fréquences porteuses par exemple) les techniques correctives préconisées ont imposé de modifier la conception de certains équipements. L'objectif minimal de bout en bout en matière de gigue de phase est fixé à 10° crête à crête pour la bande de fréquences entre 20 et 300 Hz, et à 15° crête à crête pour la bande entre 4 et 300 Hz.

## B.5 Distorsion non linéaire

Les éléments non linéaires présents dans l'équipement introduisent des distorsions harmoniques et d'intermodulation, désignées plus généralement par le terme de distorsions non linéaires. La distorsion non linéaire s'évalue habituellement en termes de distorsion d'intermodulation.

La distorsion non linéaire peut se définir en gros comme la formation, à partir du signal émis, de composantes venant s'ajouter au signal transmis d'une façon le plus souvent intempestive. La distorsion non linéaire qui nous intéresse ici est celle que l'on trouve dans une voie téléphonique individuelle. Il ne faut pas la confondre avec le bruit d'intermodulation dû aux non-linéarités de l'équipement de multiplexage et aux amplificateurs de ligne d'un système de multiplexage par répartition en fréquence. Bien que ces non-linéarités puissent contribuer à la distorsion non linéaire dans le cas des fréquences vocales, leur contribution est généralement négligeable.

La distorsion non linéaire est couramment mesurée et déterminée par l'effet qu'elle produit sur certains signaux. Par exemple, si le signal est une tonalité de fréquence  $A$ , la distorsion non linéaire apparaît comme des harmoniques du signal d'entrée, c'est-à-dire des tonalités de fréquence  $2A$ ,  $3A$ , etc. Etant donné que le deuxième et le troisième harmonique concentrent généralement la plus grande partie de l'énergie de distorsion, leurs puissances respectives, appelées distorsion de deuxième et de troisième harmonique, sont souvent utilisées pour quantifier la distorsion non linéaire. La quantité de distorsion non linéaire, mesurée par la somme des puissances de tous les harmoniques, est appelée distorsion harmonique totale. Ces puissances de distorsion n'ont de signification que si la puissance du signal utile (la fréquence fondamentale) est connue, de sorte que ces mesures sont généralement rapportées à la puissance de la fondamentale et on parle alors de distorsion du deuxième ou du troisième harmonique, ou encore de distorsion harmonique totale.

Dans le passé, on a utilisé deux méthodes différentes pour mesurer la distorsion non linéaire sur les voies en bande vocale: la méthode à tonalité unique et la méthode à 4 tonalités; la première de ces méthodes n'est plus utilisée.

Dans la deuxième méthode, 4 tonalités de même niveau sont émises en deux séries de tonalités à une puissance de signal composite correspondant au niveau de données (-13 dBm0). La première série comprend des tonalités à 856 et 863 Hz (espacement de 7 Hz); la deuxième utilise les fréquences de 1374 et 1385 Hz (espacement de 11 Hz). L'espacement des fréquences dans chaque série n'est pas important mais il doit être différent pour les deux séries. Désignons ces 4 tonalités par  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $B_1$  et  $B_2$ . Les produits de deuxième ordre ( $A + B$ ) correspondent à  $A_1 + B_1$ ,  $A_1 + B_2$ ,  $A_2 + B_1$  et  $A_2 + B_2$ . Si l'espacement entre  $A_1$  et  $A_2$  est le même qu'entre  $B_1$  et  $B_2$ , on a alors  $A_1 + B_2 = A_2 + B_1$ , les tensions de ces deux composantes vont s'ajouter et on obtiendra une mesure erronée.

Les produits de troisième ordre ( $2B - A$ ) correspondent à  $2B_1 - A_1$ ,  $2B_1 - A_2$ ,  $2B_2 - A_1$ ,  $2B_2 - A_2$ ,  $B_1 + B_2 - A_1$  et  $B_1 + B_2 - A_2$ . Le récepteur utilise des filtres de 50 Hz de bande passante pour sélectionner les produits  $A + B$ ,  $B - A$  et  $2B - A$ .  $R_2$  est le rapport entre la puissance des ondes fondamentales composites reçues et celle des produits de deuxième ordre  $A + B$  et  $B - A$ .  $R_3$  est le rapport entre la puissance des ondes fondamentales composites reçues et celle des produits de troisième ordre  $2B - A$ .

La méthode des 4 tonalités, qu'utilise actuellement AT&T, présente l'avantage d'avoir une fonction de densité d'amplitude très semblable à celle d'un signal de données. Toutefois, les filtres du récepteur ayant une bande passante relativement large (50 Hz), les mesures effectuées par la méthode des 4 tonalités seront davantage affectées par le bruit de circuit.

Les produits d'intermodulation résultant de la distorsion non linéaire s'ajoutent au signal utile et interfèrent avec lui de manière très sensible au bruit. Les produits d'intermodulation sont cependant plus préjudiciables que le bruit et, selon le type de transmission de données, le rapport fréquence fondamentale/produit du deuxième ou du troisième ordre doit rester dans les limites de 25 à 38 dB pour un fonctionnement satisfaisant.

La maîtrise de la distorsion non linéaire est assurée avant tout au niveau de la conception de l'équipement. Toutefois, des phénomènes tels que le vieillissement des tubes à vide dans les anciens équipements ou le mauvais alignement des équipements MIC d'extrémités de voies, peuvent porter la distorsion au-delà des valeurs limites calculées. L'objectif minimal fixé en matière de distorsion non linéaire pour une communication globale d'usager à usager est d'obtenir, avec la méthode de mesure à 4 tonalités, un affaiblissement minimal de 27 dB pour  $R_2$  et de 32 dB pour  $R_3$ .

## **B.6 Rapport tonalité/bruit**

En transmission vocale, le bruit important est celui qui est perçu pendant les silences de la conversation, et c'est précisément ce bruit qui est évalué par les mesures types du bruit de circuit de messages. En transmission de données, le paramètre important est le bruit qui affecte la voie au cours de la transmission active, et le rapport signal/bruit correspondant. Dans les systèmes qui utilisent des compresseurs-extenseurs ou des discrétiseurs, le bruit augmente au cours de la transmission active. Afin de mesurer ce bruit, une tonalité de  $-16$ ,  $-13$  ou  $-10$  dBm0 est émise depuis l'extrémité distante de la voie à l'essai, puis filtrée en amont de l'appareil de mesure du bruit. Le filtre utilisé pour supprimer la tonalité est un filtre rejecteur à bande étroite centrée sur la fréquence de la tonalité. On parle également de tonalité bruitée pour désigner ce type de mesure. Il existe actuellement un équipement d'essai qui utilise une tonalité à 1004 Hz pour les mesures.

Il va de soi que le bruit peut induire des erreurs dans la transmission de données; il faut donc se fixer comme objectif de maintenir le rapport tonalité/bruit à un niveau d'au moins 24 dB pour assurer une qualité de fonctionnement satisfaisante. La maîtrise de ce niveau de bruit est assurée au niveau de la conception de l'équipement de transmission, du calcul des systèmes de transmission (à travers des facteurs tels que l'espacement entre répéteurs) et de la maintenance de ces systèmes.

## **B.7 Déplacement de fréquence**

Lorsque la fréquence d'une tonalité est modifiée en cours de transmission sur une voie, on parle de déplacement de fréquence sur cette voie. Ce décalage peut être mesuré par des fréquencesmètres placés aux deux extrémités d'une voie. Lorsque la fréquence d'entrée diffère de la fréquence de sortie, la différence correspond au déplacement de fréquence sur la voie.

Dans les équipements de télécommunication modernes, le déplacement de fréquence, s'il existe, est généralement de l'ordre de 1 Hz ou moins. Dans certains systèmes à courants porteurs plus anciens, les déplacements peuvent être plus marqués et atteindre, par exemple, 15 à 20 Hz.

L'effet du déplacement de fréquence est important pour les systèmes qui utilisent des filtres de réception à bande étroite, tels que les multiplexeurs télégraphiques et les équipements de télémesure. Lorsque de tels systèmes subissent un déplacement de fréquence, les signaux reçus se retrouvent en dehors de la bande passante des filtres. Le déplacement de fréquence peut se produire dans les équipements utilisant les émissions à bande latérale unique avec onde porteuse supprimée. Chez AT&T, la maîtrise du déplacement de fréquence est assurée par le réseau de synchronisation des fréquences. L'objectif minimal fixé en matière de déplacement de fréquence est  $\pm 5$  Hz.

## **B.8 Transitoires de gain et de phase**

Il arrive que l'on rencontre des variations très rapides de gain et de phase dans les voies de télécommunication. Parmi les causes les plus courantes à l'origine de ces phénomènes on peut citer la commutation automatique sur des équipements ou des générateurs de porteuses de secours, la mise en sommeil d'équipements pour les besoins de la maintenance préventive, les évanouissements ou modifications de trajet dans les équipements à hertziens, et les transitoires de bruit couplés à des sources de fréquences porteuses. Le gain, le déphasage (ou le décalage de fréquence) sur la voie peuvent reprendre leur valeur initiale en peu de temps ou rester indéfiniment à la nouvelle valeur.

Les variations de gain sont généralement détectées par des variations dans le circuit de commande automatique de gain, et les variations de phase par une boucle à verrouillage de phase. Pour éviter que les détecteurs des appareils d'essai ne donnent de fausses indications induites par des crêtes de bruit non corrélé (bruit impulsif), l'indicateur de crête de gain ou de phase sera conçu avec un intervalle de garde de 4 ms. Malheureusement, cet intervalle masquera des variations brusques de phase bien réelles si elles sont inférieures à 4 ms et qu'elles ne s'accompagnent pas d'une excursion d'amplitude. Mais si on compare les fréquences relatives des sauts de phase à celles du bruit impulsif on peut considérer qu'un tel risque est acceptable.

Pour mesurer les sauts de gain et de phase, on utilise des instruments qui contrôlent l'amplitude et la phase d'une tonalité sinusoïdale. Les variations brusques sont enregistrées et totalisées dans des compteurs à niveau de seuil ajustable. Les compteurs de sauts de gain types totaliseront les événements de dépassement de seuils de 2, 3, 4 et 6 dB, bien qu'ils ne fassent pas de distinction entre une augmentation et une diminution de niveau. De même, les compteurs de sauts de phase totaliseront les dépassements de seuils compris de  $5^\circ$  et  $45^\circ$ , par pas de 5 degrés. Ils réagissent à n'importe quelle variation brusque de phase égale ou supérieure au seuil choisi. Certains appareils disposent d'un commutateur qui désactive le supprimeur de bruit impulsif lorsque l'utilisateur veut mesurer l'activité de sauts de phase. Compte tenu de la grande variété de forme des signaux, de l'effet du bruit sur les mesures et des tolérances sur les circuits de détection et de mesure, les comptages de sauts de signal différeront d'un appareil à l'autre, même avec des appareils de conception identique. Ceci ne manquera pas de semer une certaine confusion chez les opérateurs utilisant des marques différentes de compteurs de sauts. L'institut IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers) étudie une nouvelle spécification applicable à l'ensemble des compteurs de sauts de signal.

Les sauts de gain commencent à induire des erreurs dans la transmission de données à grande vitesse lorsqu'ils sont de l'ordre de 2 à 3 dB. Les sauts de phase commencent, eux, à induire des erreurs lorsque leur amplitude est de l'ordre de 20° à 25°. L'objectif de qualité minimale pour la transmission de bout en bout en matière de sauts de gain est de ne pas dépasser huit sauts de gain de plus de 3 dB en 15 minutes, et en matière de sauts de phase, de ne pas dépasser huit sauts de phase de plus de 20 degrés en 15 minutes. Un évanouissement de transmission se définit par une diminution de niveau supérieure ou égale à 12 dB pendant au moins 4 ms. L'objectif de qualité minimale en matière d'évanouissements est de ne pas dépasser deux évanouissements par heure.

## Annexe C

### Effet de la modulation par impulsions et codage différentielle adaptative (MICDA) sur la qualité de transmission de données en bande vocale

(Cette annexe fait partie intégrante de la présente Recommandation)

#### Résumé

La présente annexe se fonde essentiellement sur une contribution des laboratoires Bell d'AT&T, présentée à l'occasion de la «Conférence mondiale des télécommunications de l'IEEE», tenue du 2 au 5 décembre 1985. Elle vient compléter la présente Recommandation dans le domaine de la qualité de transmission de données en bande vocale. Les résultats font apparaître qu'il sera difficile d'attribuer à un codeur MICDA à 32 kbit/s (Recommandation G.726), une valeur qdu propre à la transmission de données car la qualité de transmission dépend fortement de la vitesse et du type du modem.

Cette annexe rend compte d'un ensemble d'essais empiriques portant sur le taux d'erreur de modems à grande vitesse fonctionnant en bande vocale, la transmission s'effectuant sur des voies équipées de codeurs MICDA à 32 kbit/s (Recommandation G.726) en cascade non synchronisés, avec simulation de dégradations analogiques épisodiques. A cette fin, on a testé une transmission type à 4,8 kbit/s et 2 modems à 9,6 kbit/s: un modem expérimental duplex conforme à la Recommandation V.32, et un modem existant à 9,6 kbit/s (de type V.29). Il ressort des essais que la transmission de données en bande vocale à 4,8 kbit/s s'effectuera correctement en présence de codeurs MICDA non synchronisés montés en cascade, alors qu'à 9,6 kbit/s et dans les mêmes conditions, la qualité de transmission sera plus limitée, et même avec certains modems, carrément inacceptable.

#### C.1 Introduction

La modulation par impulsions et codage différentielle adaptative (MICDA) peut être utilisée à des vitesses inférieures à 64 kbit/s par voie, la dégradation résultante de la qualité de transmission analogique étant dans de nombreux cas proportionnellement inférieure à la diminution du débit. C'est pourquoi l'utilisation d'un algorithme MICDA à 32 kbit/s sur une voie de qualité téléphonique a essentiellement pour effet d'en doubler la capacité.

Si l'augmentation de capacité apporte un gain économique potentiel, il faut s'attendre en contrepartie à une dégradation consécutive de la qualité de transmission. Nos essais ont fait apparaître que l'adoption de cette nouvelle technique pénaliserait sensiblement la qualité de transmission des données à grande vitesse en bande vocale (c'est-à-dire à 4,8 kbit/s ou davantage).

Nous rendons compte ici des résultats obtenus à l'issue d'une série d'essais empiriques portant sur le taux d'erreur des modems pour données à grande vitesse en bande vocale, effectués sur des voies comportant des codeurs MICDA à 32 kbit/s (Recommandation G.726) en cascade [1] et soumises à des dégradations analogiques simulées. Les configurations de voies sont représentatives de topologies réelles du réseau public commuté équipé de systèmes MICDA. Ces voies d'essai comportent de zéro à sept des codeurs MICDA en cascade non synchronisés<sup>1)</sup>; les valeurs des dégradations analogiques simulées correspondent aux distributions réelles des dégradations telles qu'elles ont été mesurées au cours de l'étude EOCS (étude des connexions de distribution bureautique) [2] de 1970, et des études des lignes de distribution de 1970 [3] et de 1980. Nous avons également étudié la qualité de transmission de connexions équipées de codeurs MIC non synchronisés en cascade à 64 kbit/s, mis en œuvre dans des équipements d'extrémité de voies de type D4, pour les comparer avec les configurations MICDA ayant donné de médiocres résultats, de manière à déterminer si le problème était avant tout dû à l'algorithme MICDA ou simplement au codage MIC.

<sup>1)</sup> Un montage est dit en cascade non synchronisé (ou asynchrone) lorsqu'un signal codé MICDA une première fois est décodé pour restituer sa version analogique, puis recodé à nouveau en code MICDA.

Les modems utilisés lors des essais étaient du type à grande vitesse. Nous avons essayé un système représentatif de transmission à 4,8 kbit/s (type V.29) et deux modems à 9,6 kbit/s: un modem expérimental duplex de norme V.32, et un autre modem de type courant (type V.29). Tous ces appareils sont des modems à deux paires de fils déjà commercialisés ou sur le point de l'être et destinés au réseau public commuté.

Les résultats des essais font apparaître que la transmission de données en bande vocale à 4,8 kbit/s fonctionne correctement en présence de codeurs MICDA non synchrones en cascade, tandis que la qualité de transmission à 9,6 kbit/s dans les mêmes conditions est plus limitée et même, avec certains modems, inacceptable.

## C.2 Configurations d'essais

On sait que la précision de l'algorithme MICDA dépend dans une grande mesure de la nature du signal qui doit être codé et transmis. Les signaux comme les tonalités pures, dont la composante purement aléatoire est faible ou inexistante, traversent très bien ces systèmes, avec peu ou pas de distorsion. A l'inverse, les signaux de données à grande vitesse en bande vocale, dont la composante stochastique est importante et qui occupent une grande largeur de bande, sont nettement affectés par le codage MICDA. C'est pour cette raison que la configuration d'essai comporte ce type de modem à grande vitesse. Nous nous sommes en outre efforcés de limiter le nombre d'essais nécessaires en utilisant un même modèle de structure pour toutes nos études.

### C.2.1 Semi-duplex à 4,8 kbit/s

La Figure C.1 représente la configuration d'essai en mode semi-duplex à 4,8 kbit/s. Les deux extrémités de la connexion sont équipées de modems. Le synoptique fait apparaître une série d'appareils en commençant à gauche par un simulateur de dégradations analogiques AL1, représentatif d'une ligne d'abonné analogique et d'un circuit d'accès (AT) (*access trunk*). Vient ensuite le circuit à longue distance, comprenant un codeur MICDA, une liaison analogique à courant porteur de type L de distance équivalant à 500 miles (AL2), et de 1 à 6 codeurs MICDA. Une telle structure est représentative d'un circuit de jonction à plusieurs segments, modélisé comme si toutes les dégradations analogiques apparaissaient au début de celui-ci. Si cette localisation des dégradations analogiques manque quelque peu de généralité, elle est compensée par le fait que ces dégradations sont celles d'une liaison unique à courant porteur de type L, et qu'elles reflètent assez bien la réalité, si on s'impose de n'utiliser qu'un seul simulateur de dégradation pour le circuit de jonction. Enfin, la sortie vers le récepteur se fait à travers un autre simulateur de dégradations analogiques (AL3) censé représenter un circuit et une ligne d'abonné analogiques. Le fait d'alterner ainsi les dégradations analogiques et les codeurs MICDA, représente mieux les topologies réelles de réseaux et leurs applications qu'une configuration regroupant toutes les dégradations analogiques, en un seul endroit.



modem	accès	circuit longue distance			sortie	modem
	boucle + circuit d'accès	MICDA	1 LMX	n (MICDA)	boucle + circuit d'accès	# tests
4,8 kbit/s	85	néant	85	néant	85	1
	néant	MICDA	néant	1-6 MICDA	néant	6
	néant	MIC	néant	1-6 MIC	néant	6 AN
	μ, 85	MICDA	μ, 85	1-6 MICDA	μ, 85	48
	μ, 85	MIC	μ, 85	1-6 MIC	μ, 85	48 AN

T1205460-93/d01

FIGURE C.1/G.113

Configuration d'essai pour un modem à 4,8 kbit/s

Il est bien sûr nécessaire de déterminer, pour cette configuration, le type et les valeurs réelles des dégradations analogiques à programmer dans les simulateurs AL1, AL2 et AL3. En utilisant un outil de modélisation pour la qualité de transmission de réseau, avec les résultats de l'étude sur les connexions bureautiques (EOCS) (*end office connections study*) et en partant de l'hypothèse que les utilisateurs de modems à grande vitesse se branchent sur le réseau à l'aide de connecteurs d'équipements de données, nous avons calculé la valeur moyenne (M) et la valeur du 85<sup>e</sup> centile des principales dégradations de bout en bout pour les voies du réseau commuté. Il convient de noter que, bien que l'on désigne par «voie au 85<sup>e</sup> centile» ou «voie à 85%» la voie où chaque dégradation a un niveau égal à son 85<sup>e</sup> centile, il s'agit là d'un abus de langage, car les dégradations ne dépassent toutes leur niveau de 85<sup>e</sup> centile que dans moins de 15% des cas. Néanmoins nous avons attribué ces valeurs de bout en bout aux simulateurs de dégradations analogiques. Le Tableau C.1 reproduit les valeurs attribuées, les types de dégradation et les valeurs de bout en bout. Les valeurs désignées par  $\mu$  correspondent aux moyennes et les valeurs désignées par «85» correspondent au 85<sup>e</sup> centile de dégradation de bout en bout. On peut à présent compléter la Figure C.1 en spécifiant les diverses valeurs de dégradation analogique, ainsi que le type et le nombre de dispositifs numériques présents. La première configuration ne comporte pas de codeur MICDA, mais est affectée par les dégradations correspondant à la voie au 85<sup>e</sup> centile. Ensuite, pour élargir la base de référence, nous avons étudié six voies contenant de 2 à 7 codeurs MICDA, sans dégradations analogiques. Six autres voies équipées de codeurs MIC non synchronisés montés en cascade, ne devaient être testées qu'au cas où les essais antérieurs effectués avec des codeurs MICDA avaient donné de mauvais résultats. Enfin, dans les essais les plus importants, les simulateurs ont reproduit des dégradations analogiques sur la base de la moyenne  $\mu$  et du 85<sup>e</sup> centile et la ligne a été équipée de 2 à 7 codeurs MICDA (ou MIC selon les besoins).

### C.2.2 Duplex et semi-duplex à 9,6 kbit/s

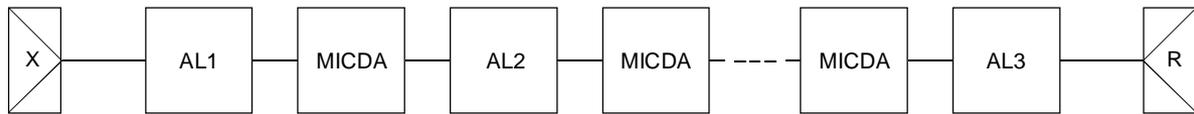
Le modèle utilisé ici pour la configuration d'essai est reproduit sous la forme d'un synoptique à la Figure C.2. Les essais ont porté sur un modem expérimental de type V.32 duplex à 9,6 kbit/s, la ligne étant affectée des mêmes valeurs de dégradations analogiques que lors des essais du modem à 4,8 kbit/s. Malgré la similitude de représentation, la ligne de jonction à longue distance n'a été testée qu'avec 1 à 3 codeurs MICDA. Le fonctionnement en mode duplex a été simulé par la transmission de données sur la voie opposée, avec un rapport entre le signal et l'écho pour l'auditeur de 12 dB, et un temps de propagation d'écho pour l'auditeur de 25 ms, en accord avec les essais mentionnés plus haut [4]. Les valeurs indiquées au Tableau C.1 ont été également appliquées aux simulateurs de dégradations analogiques.

La figure montre également trois essais effectués sur un autre modem en mode semi-duplex à 9,6 kbit/s, uniquement avec des codeurs MICDA. Ce modem, spécifiquement conçu pour être utilisé sur le réseau public commuté, est représentatif des résultats que l'on peut attendre des modems existants à 9,6 kbit/s.

TABLEAU C.1/G.113

#### Conditions d'essai dérivées de l'EOCS

	AL1	AL2	AL3	bout en bout
Dégradation	$\mu$ /85	$\mu$ /85	$\mu$ /85	M/85
Affaiblissement (dB)	11,0/11,4	1,1/1,7	11,0/11,4	23,0/24,5
Tonalité/bruit (dBmC)	32,0/35,6	37,5/38,5	24,0/27,6	29,4/31,0
Pente (dB)	1,5/3,0	0,0/0,2	1,5/3,0	2,9/6,1
Temps de propagation de groupe ( $\mu$ s)	226/388	632/755	226/388	1084/1535
2 <sup>e</sup> harmonique (dB)	66,0/50,2	58,4/53,8	66,0/50,2	52,7/46,3
3 <sup>e</sup> harmonique (dB)	74,0/53,0	56,9/50,3	74,0/53,0	51,7/44,3
Gigue de phase (p-p)	0,5/0,7	1,9/3,7	0,5/0,7	3,5/5,1
Niveau (dBm)				-27,0/28,5
Signal/bruit (dB)				31,6/28,5



modem	accès	jonction à longue distance			sortie	modem
	boucle + circuit d'accès	MICDA	1 LMX	n (MICDA)	boucle + circuit d'accès	# tests
V.32	85	néant	85	néant	85	1
9,6 kbit/s	néant	MICDA	néant	1-3 MICDA	néant	3
V.32	néant	MIC	néant	1-3 MIC	néant	3 AN
	$\mu$ , 85	MICDA	$\mu$ , 85	1-3 MICDA	$\mu$ , 85	24
	$\mu$ , 85	MIC	$\mu$ , 85	1-3 MIC	$\mu$ , 85	24 AN

T1205470-93/d02

FIGURE C.2/G.113

### Configuration d'essai des modems à 9,6 kbit/s

#### C.2.3 Qualité de la transmission à 4,8 kbit/s avec codage MICDA

La Figure C.3 représente les résultats les plus marquants des essais de transmission à 4,8 kbit/s. Nous avons tracé 4 courbes: deux pour les taux d'erreur sur les blocs (BLER) (*block error rate*) à 1000 bits, et les deux autres pour les taux d'erreur sur les bits (BER), avec à chaque fois une voie à dégradation moyenne et une voie au 85<sup>e</sup> centile. L'abscisse représente le nombre de codeurs MICDA non synchronisés montés en cascade sur la liaison. En raison de la configuration d'essai, leur nombre est écrit sous la forme 1 + n. «1» représente le codeur MICDA entre AL1 et AL2, tandis que n est le nombre de codeurs MICDA entre AL2 et AL3.

Il ressort clairement des tracés que les taux d'erreur se dégradent à mesure que le nombre de codeurs MICDA non synchronisés en cascade augmente, et que les résultats obtenus sur la voie au 85<sup>e</sup> centile de dégradation, où les valeurs des dégradations analogiques sont plus mauvaises, sont inférieurs aux résultats de la voie moyenne. On suppose que la limite d'acceptabilité en précision du modem correspond à un taux BER < 10<sup>-5</sup> et à un taux BLER < 10<sup>-2</sup> pour 85% des voies. Par conséquent, si nous nous intéressons à la voie au 85<sup>e</sup> centile de dégradation de l'étude EOCS, nous constatons que les résultats de la transmission à 4,8 kbit/s seront dans des limites acceptables si le nombre de codeurs MICDA est de 4 ou 5 pour le taux BLER et de 3 ou 4 pour le taux BER. Des résultats plus récents tendent à montrer que pour certains modems, le critère du taux BER devient limite avec trois codeurs en cascade, et qu'un nombre de deux codeurs seulement serait acceptable. Nous savons bien sûr que le critère du taux BER est plus strict que la limite BLER, parce que le taux BER est grevé par un facteur de rafale, phénomène auquel on peut remédier dans une large mesure en recourant à la transmission par bloc, avec un système de détection et de correction d'erreurs. Nous avons toutefois mesuré et présenté les résultats pour les deux taux, car le choix de l'un ou de l'autre sera dicté par les applications mises en œuvre par les utilisateurs.

#### C.2.4 Qualité de transmission d'un modem de type V.32 avec codage MICDA

Les résultats obtenus sur un montage expérimental représentant un modem à 9,6 kbit/s conforme à la Recommandation V.32 sont représentés à la Figure C.4. On notera que nous avons à nouveau tracé 4 courbes. Comme précédemment, la qualité de transmission de la voie à 85% est inférieure à celle de la voie moyenne. Si nous nous intéressons à présent au taux BLER de la voie à 85%, nous constatons que la limite d'acceptabilité correspond à 2 à 3 codeurs MICDA non synchronisés en cascade, alors que pour le taux BER, ce nombre est entre 0 et 1. Le choix entre ces deux taux dépend de l'application de l'utilisateur. Nous constatons ici que plus la composante aléatoire des signaux de données est grande, plus le taux d'erreur du modem est élevé. Dans le cas présent et pour une même configuration de réseau, le passage d'un modem de 4,8 kbit/s à un modem à 9,6 kbit/s entraîne une dégradation certaine de la qualité de transmission.

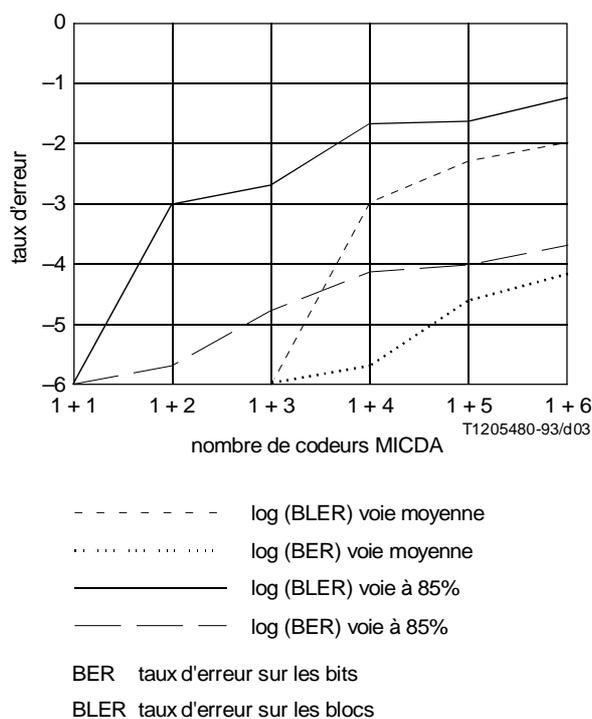


FIGURE C.3/G.113  
**Qualité de transmission à 4,8 kbit/s en présence de codage MICDA  
 (voies moyenne et à 85%)**

Il est aussi intéressant de vérifier si un changement de position des segments présentant les plus fortes dégradations a un effet sur la qualité de transmission du modem. La Figure C.5 représente 3 courbes de taux BLER pour des modems de type V.32, où nous avons attribué le niveau du 85<sup>e</sup> centile de dégradation d'abord au tronçon d'accès, puis au circuit de jonction à longue distance, et enfin au tronçon de sortie de la voie d'essai, les autres segments se voyant affecter du niveau moyen de dégradations. On notera d'abord que les courbes qualité de transmission s'inscrivent entre celles de la voie à 85% de dégradation et de la voie dégradation moyenne, et qu'ensuite la qualité globale dépend faiblement de la position du tronçon aux dégradations les plus fortes. Les fortes dégradations semblent affecter plus fortement le taux BLER du modem lorsqu'elles se produisent à proximité de l'émetteur que si elles se produisent plus près du récepteur. Cela signifie que les dégradations analogiques du tronçon d'accès ont un effet plus préjudiciable sur les taux d'erreur des modems que les dégradations des circuits à longue distance ou du tronçon de sortie. Les effets restent toutefois peu marqués, probablement parce que les valeurs de dégradations affectées aux segments du 85<sup>e</sup> centile de dégradation ne sont pas beaucoup plus importantes que celles affectées aux segments moyens.

### C.2.5 Qualité de transmission à 9,6 kbit/s avec codage MICDA

Pour conclure cet essai de qualité de transmission, nous avons soumis un autre dispositif de transmission à 9,6 kbit/s de technique plus traditionnelle à une suite de processus de codage MICDA en cascade asynchrone. Le modem utilisé était un appareil à 2 fils signalé par le fabricant comme utilisable sur le réseau public commuté à des débits pouvant aller jusqu'à 9,6 kbit/s. Nous avons effectué cet essai en l'absence totale de dégradations analogiques sur la voie d'essai. Au cours de cet essai, on a constaté que la séquence d'initialisation du modem et l'algorithme MICDA interagissaient et empêchaient le commencement de la communication entre l'émetteur et le récepteur. Il était donc nécessaire de procéder à l'essai en faisant en sorte que le conditionnement du modem se produise sur une voie ordinaire MIC; le codage MICDA était ensuite inséré pour étudier la qualité de transmission dans ces conditions. Des problèmes similaires se produiraient probablement avec un modem de vitesse quelconque dont la séquence de conditionnement serait la même.

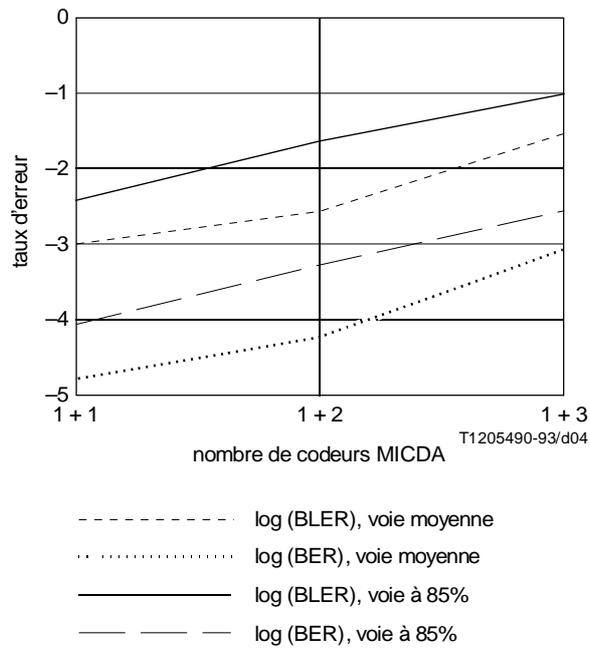


FIGURE C.4/G.113  
**Qualité de transmission avec codage MICDA  
 et modem de type V.32  
 (voies moyennes et à 85%)**

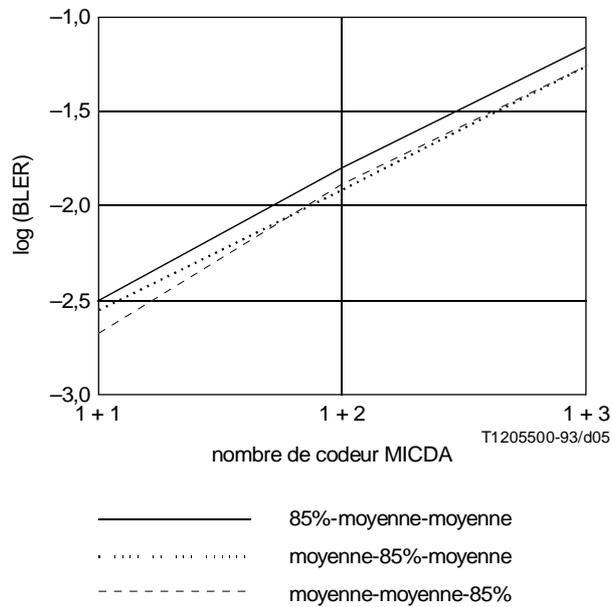


FIGURE C.5/G.113  
**Qualité de transmission avec codage MICDA  
 et modem de type V.32  
 (étude de position des dégradations)**

La Figure C.6 montre les résultats de transmission obtenus à l'aide de ce modem. En l'absence de dégradation analogique, il n'est plus utile de distinguer le premier codeur MICDA. Le taux BLER résultant fait apparaître que le critère de qualité de transmission ne peut être satisfait que si le nombre de codeurs MICDA est de 0 ou 1. En ce qui concerne le taux BER, il apparaît, encore une fois d'après notre critère habituel, que le codage MICDA est incompatible avec un bon fonctionnement du modem. Comme il est prévu que de nombreux fabricants vont commercialiser, s'ils ne l'ont déjà fait, des modems à 2 fils à grande vitesse utilisables sur le réseau public commuté, il est vraisemblable que la présence de codeurs MICDA sur ces voies va provoquer des problèmes de transmission chaque fois que la voie sera équipée d'un modem de type comparable en conditionnement, modulation ou détection de signal au modem qui a été testé.

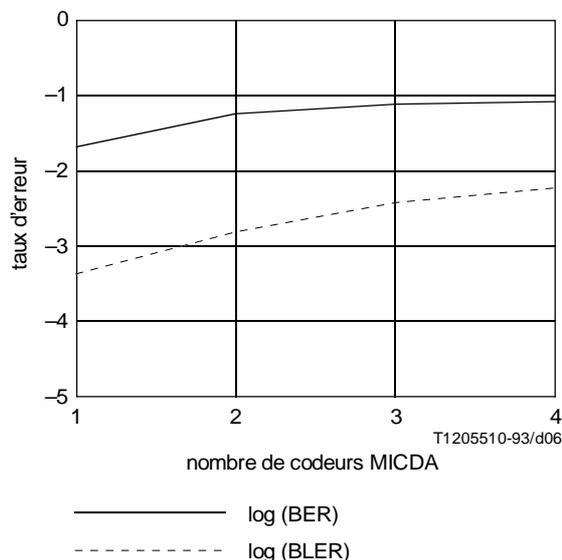


FIGURE C.6/G.113  
**Qualité de transmission à 9,6 kbit/s en présence de codeurs MICDA  
(sans dégradations analogiques)**

### C.3 Conclusions

Nous avons rendu compte, dans la présente annexe, des configurations des instruments et des résultats d'un ensemble d'essais effectués pour déterminer les taux d'erreur de modems de transmission de données à grande vitesse en bande vocale lorsqu'ils sont utilisés sur des voies comportant des codeurs MICDA en cascade asynchrone, et soumis à des dégradations analogiques simulées. Le Tableau C.2 récapitule les résultats obtenus, d'où il ressort que la transmission à 4,8 kbit/s peut supporter la présence d'un plus grand nombre de codeurs MICDA en cascade asynchrone que les modems à 9,6 kbit/s. En outre, les transmissions à 9,6 kbit/s peuvent être inacceptables si l'on applique le critère du taux BER, et parfois acceptables selon le critère du taux BLER. Il est évident que le critère approprié dépend de la nature de l'application de l'utilisateur en matière de communications de données.

TABLEAU C.2/G.113  
**Nombres de codeurs MICDA autorisés sur une voie à 85% de dégradation**

Modem	BER = $10^{-5}$	BLER = $10^{-2}$
4,8 kbit/s (V.29)	3/4 <sup>a)</sup>	4/5
V.32	0/1	2/3
9,6 kbit/s	0	0/1

<sup>a)</sup> Des résultats plus récents donnent une fourchette 2/4.

## Bibliographie

- [1] Projet de Norme ANSI: 32 kbit/s ADPCM Algorithm and Line Format, Comité T1, Sous-Comité T1Y1, *Document n° T1Y1, LB 85-01*, 28 mars 1985.
- [2] CAREY (M. B.), CHEN (H.-T.), DESCIOUX (A.), INGLE (J. F.), PARK (K. I.): 1982/83, End Office Connection Study: Analogue voice and Voiceband Data Transmission Performance Characterization of the Public Switched Network, *AT&T Bell Lab. Tech. J.*, 63, 2059, 1984.
- [3] MANHIRE (L. M.): Physical and Transmission Characteristics of Customer Loop Plant, *BSTJ*, 57, 1/70.
- [4] KALB (M.), MORTON (C. H.), SHYNK (J. J.): DATA CAL – A Voiceband Data Communication Connection Performance Model, *Proc. of the Second International Network Planning Symposium, University of Sussex*, Brighton, UK, 21-25 mars 1983.

## Annexe D

### Compatibilité des algorithmes de codage des signaux vocaux et de la transmission de données en bande vocale

(Cette annexe fait partie intégrante de la présente Recommandation)

Comme cela a été indiqué dans les Annexes B et C, les codeurs vocaux numériques affectent la transmission de données en bande vocale. La liste ci-après fournit quelques informations générales sur la capacité de divers algorithmes de codage à prendre en charge les signaux de données en bande vocale.

- 1) L'algorithme LD-CELP à 16 kbit/s (voir la Recommandation G.728) n'accepte les données en bande vocale que jusqu'à 2400 bit/s.
- 2) Le codeur MICDA à 32 kbit/s (voir la Recommandation G.726) accepte les données en bande vocale jusqu'à 4800 bit/s.
- 3) Le codeur MICDA à 40 kbit/s (voir la Recommandation G.726) accepte les données en bande vocale jusqu'à 9600 bit/s, un débit de 14 400 bit/s n'étant accepté que sur les connexions ne comportant pas de codeurs en cascade.

Cette liste sera élargie dans le futur. Elle a pour seul but de fournir des indications générales. L'Annexe C fournit plus de détails sur le point 2), et on trouvera des informations complémentaires concernant le point 3) dans le document de référence [1].

## Bibliographie

- [1] DIMOLITSAS (S.), CORCORAN (F. L.), ONUFRY (M.), SUYDERHOUD (H. G.): Evaluation of ADPCM Coders for Digital Circuit Multiplication Equipment, *COMSAT Technical Review*, Volume 17, n° 2, pp. 323-345, automne 1987.

## Annexe E

### Méthode pour l'obtention des facteurs de dégradation

(Cette annexe fait partie intégrante de la présente Recommandation)

Le facteur de dégradation peut être déterminé une fois attribuée une note d'opinion moyenne (MOS) (*mean opinion score*). Plusieurs Recommandations UIT-T décrivent la manière d'effectuer des tests subjectifs pour attribuer une MOS. Plus spécialement, la Recommandation P.80 «Méthodes d'évaluation subjective de la qualité de transmission» fournit des informations d'ordre général, tandis que la Recommandation P.83 «Evaluation subjective de la qualité des codecs numériques à bande téléphonique et à large bande» traite des codecs numériques, et que la Recommandation P.84 «Méthode d'essai d'écoute subjective pour évaluer les équipements de multiplication de circuits numériques et les systèmes téléphoniques avec mise en paquets» concerne les équipements de multiplication de circuits numériques.

Une fois la note obtenue, il est possible d'en déduire le facteur de dégradation d'un équipement donné – par exemple un codeur à faible débit – en appliquant la procédure suivante.

Il est conseillé d'évaluer les codecs à partir de plusieurs expériences différentes. Mais dans ce cas, il est nécessaire de normaliser les notes MOS par la méthode dite de «dégradation équivalente». Cette méthode repose sur la comparaison avec une distorsion de quantification représentée par la valeur Q dB, induite par un générateur de référence de bruit modulé (MNRU) (*modulated noise reference unit*).

On peut montrer que dans la méthode de la «dégradation équivalente», la relation entre la note MOS due au générateur MNRU et la dégradation Q se traduit avec une bonne précision par l'équation générale suivante:

$$MOS = 1 + A + B \cdot th \left[ \frac{Q - Q_m}{C} \right] \quad (E.1)$$

où A, B, C et  $Q_m$  sont des constantes, obtenues en lissant les courbes correspondant à chaque ensemble de valeurs de référence MOS(Q) mesuré, c'est-à-dire que l'équipe d'évaluation subjective attribue des notes à un certain nombre de distorsions de quantification induites par les valeurs Q du générateur MNRU. (A noter que les constantes sont en général différentes pour chaque courbe de référence.)

La note MOS du codec sous test est alors transformée en «dégradation équivalente Q», par la formule suivante:

$$Q = Q_m + \frac{C}{2} \cdot \ln \frac{B - A - 1 + MOS}{B + A + 1 - MOS} \quad (E.2)$$

La valeur  $I_e$  correspondante est obtenue par les relations

$$I_e = I_q = 15 \cdot \log \left[ 1 + 10^{(R_0-100)/15} \cdot 10^{(46-G)/10} \right] \quad (E.3)$$

où  $R_0 = 95$ , et

$$G = 1,07 + 0,258 \cdot Q + 0,0602 \cdot Q^2 \quad (E.4)$$

Chaque ensemble de tests subjectifs donnera une valeur particulière du facteur de dégradation  $I_e$ . Toutefois l'analyse des résultats montre qu'en général, pour la planification de la transmission, chaque type de codec peut être associé à un facteur de dégradation K donné, et que ces facteurs peuvent s'ajouter pour obtenir le facteur de dégradation total lorsque les codecs sont connectés en tandem.

### Bibliographie

- [1] SHERIF (M. H.), BOWKER (D. O.), BERTOCCI (G.), ORFORD (B. A.), MARIANO (G. A.): Overview and performance of CCITT/ANSI embedded ADPCM algorithms, *Speech Communication* 12, n° 2, pp. 113-133, 1993.