



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

UIT-T

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

G.720

(07/95)

**ASPECTS GÉNÉRAUX DES SYSTÈMES
DE TRANSMISSION NUMÉRIQUES**

**CARACTÉRISATION DE LA QUALITÉ
DE FONCTIONNEMENT DES CODEURS
VOCAUX NUMÉRIQUES À FAIBLE DÉBIT
POUR LES SIGNAUX NON VOCAUX**

Recommandation UIT-T G.720

(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^{er}-12 mars 1993).

La Recommandation UIT-T G.720, que l'on doit à la Commission d'études 15 (1993-1996) de l'UIT-T, a été approuvée le 10 juillet 1995 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 1995

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 Introduction	1
2 Champ d'application.....	1
3 Références	2
4 Abréviations	3
5 Qualité de fonctionnement en transmission de données dans la bande vocale.....	3
5.1 Architecture du dispositif de mesure	3
5.2 Dégradations	4
5.3 Méthodes de mesure	6
5.4 Niveaux d'émission et niveaux de l'écho	7
5.5 Mesures de la qualité de fonctionnement.....	7
5.6 Etalonnage	8
6 Qualité de fonctionnement pour les signaux à spectre étroit.....	8
6.1 Signalisation entre enregistreurs, système n° 5.....	8
6.2 Signalisation R-2	9
6.3 Signaux DTMF	10
6.4 Signalisation de ligne, système n° 5	11
6.5 Tonalités de continuité de circuit.....	11
6.6 Tonalité de neutralisation d'annuleur d'écho.....	12
6.7 Distorsion, fréquence et niveau	12
7 Délai de codage	13
7.1 Méthode de mesure du délai total	14
8 Temps de convergence	14
8.1 Décorrélation codeur/décodeur	15
8.2 Défaut d'adaptation d'état codeur/décodeur	15
8.3 Temps d'attaque	15
8.4 Méthode de mesure.....	15
9 Qualité en télécopie.....	15
Bibliographie	15

RÉSUMÉ

La présente Recommandation spécifie une méthodologie d'évaluation pour caractériser la qualité de fonctionnement des codeurs numériques de signaux vocaux (ou, plus généralement, de sources) numériques à faible niveau pour les signaux non vocaux. Les types de signaux non vocaux considérés sont les suivants: données transmises dans la bande vocale, signalisation de réseau, tonalités de continuité de circuit et signalisation multifréquence à deux tonalités. Le texte traite également de la mesure du délai entrée/sortie et du temps de convergence. Enfin, des définitions sont données pour des configurations d'essai, des métriques de qualité de fonctionnement et des procédures d'essai appropriées.

CARACTÉRISATION DE LA QUALITÉ DE FONCTIONNEMENT DES CODEURS VOCAUX NUMÉRIQUES À FAIBLE DÉBIT POUR LES SIGNAUX NON VOCAUX

(Genève, 1995)

1 Introduction

Lorsqu'on choisit des algorithmes de codage de la parole pour des applications sur réseau, on a généralement besoin de caractériser leur qualité de fonctionnement pour une variété de signaux du réseau téléphonique. On trouvera ci-après une liste de signaux non vocaux types qu'il est souhaitable de transmettre «dans la bande» sur le réseau téléphonique.

- Données transmises dans la bande vocale – Il peut y avoir intérêt à réaliser une certaine transparence à l'égard de ces données, notamment pour des applications telles que les systèmes à satellites sur artères à faible trafic, les services mobiles numériques et les systèmes de multiplication de circuits comme les DCME et les PCME. On considère que cette transparence devrait être fournie aux modems de données à bande vocale du réseau téléphonique public à commutation (RTPC) fonctionnant à des débits inférieurs ou égaux à 2400 bit/s. Ces modems comprennent ceux conformes aux dispositions des Recommandations V.22, V.22 bis, V.21, V.23, V.26 bis et V.26 ter. Il est de fait que d'autres modems, fonctionnant sur lignes louées et couverts par des règles de protection de la propriété, font l'objet d'une très large utilisation dans le réseau téléphonique. Il est donc souhaitable également d'utiliser des signaux de données transmis dans la bande vocale et fournis par d'autres modems qui ne sont pas normalisés par l'UIT-T.
- Signaux de surveillance et signaux transmis entre enregistreurs, utilisés dans divers systèmes de signalisation mis en œuvre dans le RTPC – Ces signaux comprennent deux fréquences (2400 Hz et 2600 Hz) présentes dans le système de signalisation n° 5 pour la signalisation de ligne, 15 multi-fréquences utilisées par le système n° 5 pour la signalisation entre enregistreurs, et toutes les combinaisons valables (paires) des six tonalités haute fréquence et des six tonalités basse fréquence utilisées par le système de signalisation R-2.
- Signaux multifréquence à double tonalité (DTMF) – Ces signaux peuvent être mis en œuvre indépendamment d'un système de signalisation pour permettre à l'utilisateur final d'accéder à des services spécialisés: lecture de messages enregistrés dans des répondeurs téléphoniques, réservations dans les compagnies de transport aérien, banque électronique.
- Tonalités utilisées par les systèmes de signalisation n° 6 et n° 7 pour vérifier la continuité des circuits de bout en bout, ainsi que les quatre fréquences supérieures et les quatre fréquences inférieures, conformément à la Recommandation Q.23.
- La tonalité 2100 Hz (avec, le cas échéant, les inversions de phase associées) spécifiée dans la Recommandation V.25; cette tonalité est utilisée par les modems de la série V pour neutraliser les dispositifs de limitation de l'écho dans les réseaux.
- Enfin, il pourrait être nécessaire d'appliquer un traitement aux tonalités utilisées dans les systèmes de signalisation nationaux pour fournir des informations de retour d'appel, d'état d'occupation ou d'encombrement (voir la Recommandation Q.35), en fonction de l'emplacement du codeur dans le réseau (par exemple, dans les environnements mobiles terrestres). Les essais devraient par conséquent porter aussi sur ces tonalités.

Cette méthodologie a été élaborée sur une période de plusieurs années, à l'occasion des évaluations de la qualité de fonctionnement effectuées pendant les travaux qui ont permis d'établir les Recommandations G.726, G.727 et G.728.

2 Champ d'application

La présente Recommandation décrit des méthodes qui permettent de quantifier et de caractériser la qualité de fonctionnement des codecs vocaux numériques à faible débit en présence de signaux non vocaux. Les signaux considérés sont essentiellement ceux utilisés dans le réseau téléphonique; en conséquence, les méthodes dont il s'agit s'appliquent le mieux aux codecs de signaux de parole intervenant dans les applications réseau (par opposition aux applications des terminaux des utilisateurs finals). Les méthodes décrites ici peuvent servir à quantifier la qualité de fonctionnement des codecs vocaux fonctionnant dans la bande téléphonique, à des débits de transmission inférieurs ou égaux à 64 kbit/s.

3 Références

Les recommandations UIT-T et autres références suivantes contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente Recommandation. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Toute Recommandation ou autre référence est sujette à révision; tous les utilisateurs de la présente Recommandation sont donc invités à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des Recommandations et autres références indiquées ci-après. Une liste des Recommandations UIT-T en vigueur est publiée régulièrement.

- Recommandations UIT-T de la série V, *Communication de données sur le réseau téléphonique.*
- Recommandation UIT-T article 2/Q.141 (1993), *Signalisation de ligne – Code des signaux de ligne.*
- Recommandation Q.151 du CCITT (1988), *Code de signalisation entre enregistreurs.*
- Recommandation Q.441 du CCITT (1988), *Code de signalisation.*
- Recommandation Q.271 du CCITT (1988), *Considérations générales.*
- Recommandation Q.724 du CCITT (1988), *Procédures de signalisation.*
- Recommandation Q.23 du CCITT (1988), *Caractéristiques techniques des appareils téléphoniques à clavier.*
- Recommandation V.25 du CCITT (1988), *Équipement de réponse automatique et/ou équipement d'appel automatique en mode parallèle sur le réseau téléphonique général avec commutation, y compris les procédures de neutralisation des dispositifs de protection contre l'écho lorsque les appels sont établis aussi bien entre des postes à fonctionnement manuel qu'entre postes à fonctionnement automatique.*
- Recommandation Q.35 du CCITT (1988), *Caractéristiques techniques des tonalités du service téléphonique.*
- Recommandation G.711 du CCITT (1988), *Modulation par impulsions et codage (MIC) des fréquences vocales.*
- Recommandation G.726 du CCITT (1990), *Modulation par impulsions et codage différentiel adaptatif (MICDA) à 40, 32, 24, 16 kbit/s.*
- Recommandation O.42 du CCITT (1988), *Appareil de mesure de la distorsion non linéaire utilisant la méthode d'intermodulation à quatre tonalités.*
- Supplément n° 3.1 du CCITT, *Spécification à exiger pour les appareils de mesure. Générateurs de fréquences sinusoïdales et instruments de mesure du niveau*, Livre vert, Tome IV.2, Supplément aux Recommandations des séries M, N et O, pages 530-533, Genève, 1972.
- Supplément n° 3.2 du CCITT, *Appareils pour la mesure des bruits sur les circuits de télécommunications*, Livre vert, Tome IV.2, Supplément aux Recommandations des séries M, N et O, pages 534-548, Genève, 1972.
- Recommandations UIT-T de la série O, *Spécifications pour appareils de mesure.*
- Recommandation Q.112 du CCITT (1988), *Niveau des signaux et sensibilité des récepteurs de signaux.*
- Recommandation Q.114 du CCITT (1988), *Spécifications typiques relatives aux émetteurs et récepteurs de signaux.*
- Recommandation Q.451 du CCITT (1988), *Définitions.*
- Recommandation Q.454 du CCITT (1988), *Partie émettrice de l'équipement de signalisation multifréquence.*
- Recommandation Q.455 du CCITT (1988), *Partie réceptrice de l'équipement de signalisation multifréquence. Portée vitesse et sécurité de la signalisation d'enregistreurs.*
- Recommandation Q.143 du CCITT (1988), *Émetteur de signaux de ligne.*
- Recommandation G.144 du CCITT (1988), *Signalisation de ligne – Récepteur de signaux de ligne.*
- Recommandation UIT-T G.165 (1993), *Annuleurs d'écho.*
- Recommandation UIT-T O.133 (1993), *Appareils destinés à mesurer la qualité de fonctionnement de codeurs et décodeurs de modulation par impulsions et codage.*
- Recommandation O.91 du CCITT (1988), *Appareil de mesure de la gigue de phase sur des circuits de type téléphonique.*

- Recommandation O.81 du CCITT (1988), *Appareil de mesure du temps de propagation de groupe pour circuits de type téléphonique.*
- Recommandation O.131 du CCITT (1988), *Appareil pour la mesure de la distorsion de quantification utilisant un bruit pseudo-aléatoire comme signal d'essai.*
- Recommandation O.132 du CCITT (1988), *Appareil de mesure de la distorsion de quantification utilisant un signal d'essai sinusoïdal.*
- Recommandation UIT-T E.450 (1993), *Qualité de service en télécopie dans le RTPC – Aspects généraux.*
- Recommandation UIT-T E.451 (1993), *Taux d'interruption des communications de télécopie.*
- Recommandation UIT-T E.452 (1993), *Réduction de la vitesse du modem de télécopie et durée de transaction.*

4 Abréviations

Pour les besoins de la présente Recommandation, les abréviations suivantes sont utilisées:

ASCII	American Standard Code for Information Interchange
BER	Taux d'erreur sur les bits; taux d'erreur binaire (<i>bit error ratio</i>)
CEPT	European Committee on Post and Telecommunications
CHER	Taux d'erreur sur les caractères (<i>character error ratio</i>)
DCME	Équipement de multiplication de circuits numériques (<i>digital circuit multiplication equipment</i>)
DTMF	Multifréquence à deux tonalités (<i>dual-tone multi-frequency</i>)
FIR	Réponse impulsionnelle finie (<i>finite impulse response</i>)
MBER	Taux d'erreur binaire du modem (<i>modem bit error ratio</i>)
MBLER	Taux d'erreur sur les blocs du modem (<i>modem block error ratio</i>)
MIC	Modulation par impulsions et codage
MSUR	Taux d'échec de démarrage du modem (<i>modem missed start-up ratio</i>)
PCME	Équipement de multiplication de circuits de transmission par paquets (<i>packet circuit multiplication equipment</i>)
RTPC	Réseau téléphonique public commuté
S/N	Rapport signal/bruit (<i>signal-to-noise ratio</i>)
SNR	Rapport signal/bruit (<i>signal-to-noise ratio</i>)
TLP	Point de niveau relatif zéro (<i>transmission level point</i>)

5 Qualité de fonctionnement en transmission de données dans la bande vocale

On trouvera, ci-après, la description des procédures à utiliser pour évaluer la qualité de fonctionnement d'un codec vocal associé à des modems à 2 fils et à 4 fils.

5.1 Architecture du dispositif de mesure

Une architecture à utiliser pour les mesures sur modems de données transmises dans la bande vocale devrait être centrée sur un système de mesure du taux d'erreur binaire (BER), capable de fournir les données de source pour le sens d'émission des modems (Figure 1). Ce système devrait permettre d'analyser les données du modem récepteur, pour le calcul des paramètres suivants: erreurs isolées, blocs, longueur des blocs, erreurs sur les blocs, durée des essais et secondes sans erreur; tous ces paramètres peuvent être utilisés dans l'interprétation de la qualité du signal reçu.

Outre les modems et l'appareil de mesure du BER, il convient de mettre en œuvre: un codec de référence à 64 kbit/s pour modulation par impulsions et codage (MIC), le codec vocal devant faire l'objet de l'évaluation, et un canal de dégradation analogique. On procédera alors à toutes les mesures en montant le canal analogique en cascade avec le canal à codage numérique (de la parole) dans le sens de transmission vers l'avant, l'entrée du canal à codage numérique étant définie comme le point de niveau relatif zéro (TLP) (0 transmission level point). Dans la Figure 1, les niveaux des signaux sont définis dans les conditions de neutralisation du canal analogique et avec 0 = 0 dBm0, de sorte que le niveau des données est de -15 dBm ou -15 dBm0.

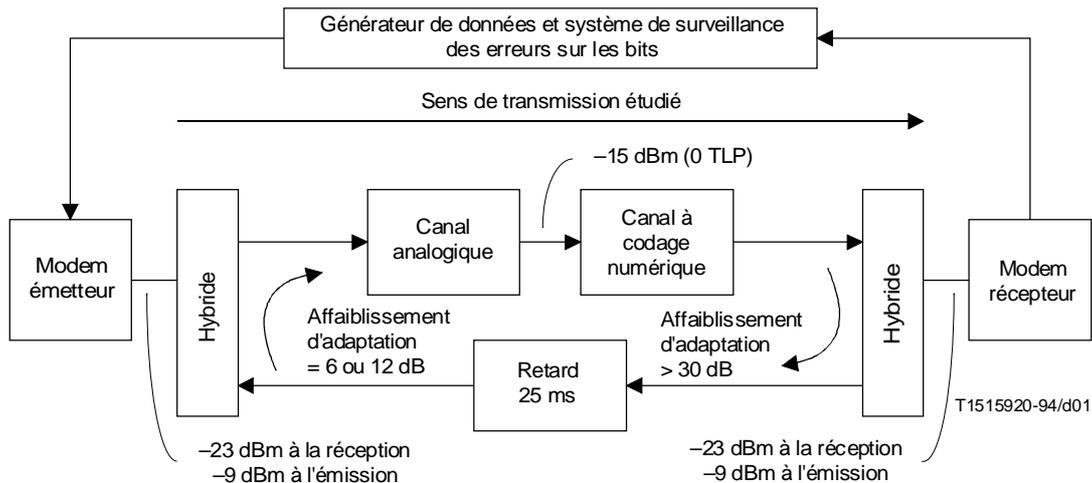


FIGURE 1/G.720
Architecture du dispositif de mesure avec modems

5.2 Dégradations

Le canal analogique doit permettre l'introduction de deux types de dégradations réseau: dégradations variables et dégradations fixes. Les dégradations variables s'obtiennent en additionnant linéairement des quantités contrôlées de bruit blanc analogique à largeur de bande limitée, en amont du canal à codage numérique. Les dégradations fixes sont les suivantes: distorsion de temps de propagation de groupe et d'affaiblissement, gigue de phase et distorsion de non-linéarité du deuxième et du troisième ordre. L'injection des dégradations dans le canal analogique se fait comme indiqué dans la Figure 2.

Les valeurs de ces dégradations sont données dans les Tableaux 1 et 2.

Ces dégradations correspondent à de très sévères contraintes imposées au réseau, mais elles définissent un cadre de référence dans lequel les algorithmes de codage de la parole peuvent être comparés avec les dispositions d'autres Recommandations UIT-T traitant de ce codage. On notera ce qui suit: pour mesurer la distorsion de non-linéarité du deuxième et du troisième ordre (Tableau 1), il y a lieu d'utiliser une méthode avec quatre tonalités mettant en œuvre deux couples de tonalités de même niveau, avec une puissance composite égale à la puissance du signal fourni par le modem des données transmises dans la bande vocale. Dans le premier couple de tonalités (désigné par A), les tonalités doivent être espacées de 6 Hz et centrées sur 860 Hz. Dans le second couple (désigné par B), elles doivent être espacées de 16 Hz et centrées sur 1380 Hz. Pour déterminer la distorsion de non-linéarité du deuxième ordre, on mesure la puissance des quatre produits d'intermodulation B + A et des quatre produits d'intermodulation B - A; pour le troisième ordre, on mesure les six produits 2B - A.

NOTE - Pour chaque augmentation de 1 dB du signal d'entrée, le module de mesure de la distorsion de non-linéarité indique une augmentation de 2 dB de la composante du deuxième ordre à la sortie et une augmentation de 3 dB de la composante du troisième ordre à la sortie.

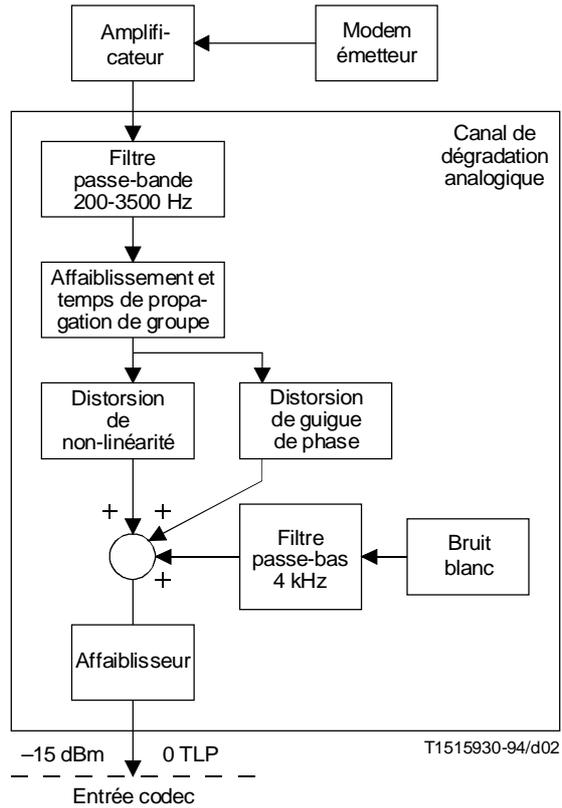


FIGURE 2/G.720
Canal de dégradation analogique

TABLEAU 1/G.720

Dégradations analogiques pour les mesures avec données transmises dans la bande vocale

Dégradations analogiques	Niveau de dégradation
Distorsion du temps de propagation de groupe	Voir le Tableau 2
Distorsion d'affaiblissement	Voir le Tableau 2
Distorsion de non-linéarité du 2 ^e ordre	36 dB
Distorsion de non-linéarité du 3 ^e ordre	38 dB
Gigue de phase (degrés) à 120 Hz	3 crête à crête
Bruit additif (mesuré, pondération pour message C)	Paramètre variable

TABLEAU 2/G.720

Distorsion (ajoutée) d'affaiblissement et de temps de propagation de groupe

Fréquence (Hz)	Affaiblissement (dB, 1000 Hz)	Temps de propagation de groupe (µs, 1800 Hz)
200	8,5	4645
300	3,0	3442
400	0,9	2436
500	0,2	1703
600	0,1	1200
700	0,0	857
800	0,0	613
900	0,0	440
1000	0,0	312
1100	0,0	223
1200	0,1	153
1300	0,2	101
1400	0,3	61
1500	0,5	33
1600	0,6	14
1700	0,7	3
1800	0,9	0
1900	1,1	8
2000	1,3	27
2100	1,6	60
2200	2,0	109
2300	2,3	174
2400	2,7	262
2500	3,0	376
2600	3,3	517
2700	3,6	697
2800	3,9	934
2900	4,3	1247
3000	4,8	1616
3100	5,2	1969
3200	5,6	2263

5.3 Méthodes de mesure

Il y a lieu d'adopter les définitions suivantes, afin d'assurer la cohérence dans la manière dont les résultats de mesure sont recueillis et spécifiés:

- *Niveau des données à l'entrée du codec* – Cette grandeur est définie comme la valeur quadratique moyenne du niveau non pondéré du signal de données à l'entrée du codeur. Ce niveau est déterminé en l'absence d'injection de bruit analogique.
- *Niveau de bruit* – Ce niveau est fourni par une mesure psophométrique de la valeur quadratique moyenne du bruit du canal à l'entrée du codec. Cette mesure se fait avec injection de bruit et déconnexion du signal de données du modem.

- *Rapport signal de données/bruit (SNR)* – Rapport du niveau des données à l'entrée du codec à la valeur mesurée du niveau de bruit.
- *Taux d'erreur sur les bits (BER) (bit error ratio)* – Rapport du nombre des bits intentionnellement mutilés dans le canal numérique du codeur, dans un intervalle de temps donné, au nombre total des bits transmis dans le même canal du codeur et dans le même intervalle de temps.
- *Taux d'erreur binaire du modem (MBER) (modem bit error ratio)* – Rapport du nombre des bits erronés reçus par le récepteur d'un modem, dans un intervalle de temps donné, au nombre total des bits reçus par le même récepteur de modem dans le même intervalle de temps.
- *Bloc de données du modem* – Un bloc de données de modem est défini comme un train contigu de 511 bits de données.
- *Taux d'erreur sur les blocs du modem (MBLER) (modem block error ratio)* – Rapport du nombre des blocs reçus par le récepteur d'un modem avec au moins un bit erroné, dans un intervalle de temps donné, au nombre total des blocs reçus par le même récepteur de modem dans le même intervalle de temps.
- *Taux d'échec de démarrage du modem (MSUR) (modem missed start-up ratio)* – Rapport du nombre total des messages porteurs commutés reçus par un récepteur de modem avec au moins un bit erroné, dans un intervalle de temps donné, au nombre total des messages porteurs commutés reçus par le même récepteur de modem dans le même intervalle de temps. Les messages porteurs commutés doivent être constitués par trois caractères: SYN, SYN et EOT.
- *Taux d'erreur sur les caractères (CHER) (character error ratio)* – Rapport du nombre total des caractères ASCII asynchrones reçus par un récepteur de modem avec au moins un bit erroné, dans un intervalle de temps donné, au nombre total des caractères ASCII asynchrones reçus par le même récepteur de modem dans le même intervalle de temps.

5.4 Niveaux d'émission et niveaux de l'écho

Pour obtenir un environnement réaliste de réseau à deux fils, il convient de régler l'affaiblissement de l'hybride côté émission de telle manière que l'affaiblissement d'adaptation pour l'écho soit de 6 dB (12 dB pour le modem V.26 *ter*), mesuré à la sortie du filtre passe-bande du canal analogique. L'affaiblissement d'adaptation aux bornes de l'hybride côté réception doit être supérieur à 30 dB. Pour les modems fonctionnant avec annulation de l'écho, on introduira un retard de transmission de 800 ms dans le trajet de réception, afin de pouvoir compenser, le cas échéant, un délai uniforme de limitation d'écho.

5.5 Mesures de la qualité de fonctionnement

Après configuration et étalonnage du dispositif, il est possible d'effectuer une série de mesures pour quantifier la qualité de fonctionnement de divers modems dans le canal auquel on s'intéresse (canal à codage numérique de la parole).

5.5.1 Mode à porteuse commutée

- Chaque mesure doit être faite dans l'une des conditions suivantes: jusqu'à la transmission de 20 000 messages sans erreur ou sans qu'aucun de ces messages ne manque; ou jusqu'à ce que 100 messages soient manquants ou erronés; ou jusqu'à la transmission de 100 000 messages avec moins de 100 messages manquants ou erronés; ou enfin s'il apparaît que la relation du taux d'échec de démarrage du modem (MSUR) en fonction du rapport signal/bruit tende vers une asymptote.
- Le message lui-même se compose de trois caractères ASCII (SYN, SYN, EOT) séparés par un intervalle de temps prédéterminé (ms) et précédés par une séquence de conditionnement qui dépend du modem. La durée de l'intervalle de temps fait l'objet d'un complément d'étude.
- Dans l'exécution des essais, tous les modems fonctionnent en mode multipoint.

5.5.2 Mode à porteuse continue

- Chaque mesure doit être faite dans l'une des conditions suivantes: jusqu'à la réception de 20 000 blocs sans erreur; ou jusqu'à la réception de 100 blocs erronés; ou jusqu'à la réception de 100 000 blocs avec moins de 100 erreurs; ou enfin jusqu'à ce qu'il apparaisse que la relation du taux MBLER en fonction du rapport signal/bruit tende vers une asymptote.

5.5.3 Mode caractères

- Pour pouvoir générer une séquence de caractères à transmettre sur la liaison à évaluer, il faut créer, hors ligne, un certain nombre de fichiers à l'aide d'une installation information appropriée. Le premier de ces fichiers contiendra des séquences aléatoires de tous les caractères du clavier pouvant être imprimés. Par la suite, on créera un fichier gabarit de «mots» qui contiendra une information de groupage aléatoire des caractères pour former des mots, à raison de 1 à 10 caractères par mot. Enfin, il est créé un troisième fichier qui contient une information de délai entre les mots, les délais variant de façon aléatoire entre 16 et 320 ms avec une granularité de 16 ms. Ces trois fichiers sont créés une fois pour toutes, après quoi ils seront utilisés pour tous les essais en mode caractères.
- Le fichier des caractères du clavier est ensuite transmis, par l'intermédiaire d'une interface RS-232, au modem émetteur asynchrone; cette opération s'effectue avec commande programmée de la délimitation des mots et du délai entre les mots, conformément aux spécifications contenues respectivement dans les fichiers de gabarit des mots et des délais. De plus, un délai fixe de 48 ms est inséré entre les caractères des mots. Les caractères reçus en provenance du modem récepteur, par l'intermédiaire de l'interface RS-232, seront mis en mémoire dans un fichier de sortie. A la réception, la lecture des caractères se fait séquentiellement, sans qu'il soit tenu compte de la délimitation des mots, ni des délais. On obtient ainsi un fichier de sortie brut dont on peut comparer le contenu avec celui du fichier d'entrée pour rechercher les erreurs.
- Si l'on veut obtenir des résultats avec une importance statistique suffisante, il faut transmettre au moins 20 000 caractères sur la liaison à évaluer.

5.6 Etalonnage

Les procédures d'étalonnage n'ont pas encore été définies. On pourra utiliser provisoirement les procédures mises en œuvre pour la caractérisation selon les Recommandations G.726 et G.728.

6 Qualité de fonctionnement pour les signaux à spectre étroit

Comme indiqué dans l'introduction, plusieurs systèmes de signalisation mis en œuvre dans le RTPC fonctionnent avec des signaux de surveillance et des signaux transmis entre enregistreurs (signaux servant à contrôler l'état actuel d'un appel et signaux servant à transporter des adresses de service à travers le réseau). Etant donné l'utilisation éventuelle du codage de la parole dans le RTPC, il pourrait y avoir intérêt à rendre ces signaux transparents. On trouvera dans le présent article la description des méthodes à adopter pour caractériser la qualité de fonctionnement des codeurs vocaux en présence de signaux à spectre étroit. Bien que cette question ne soit pas traitée dans la présente contribution, il convient de signaler que tous les appareils utilisés devront satisfaire aux spécifications indiquées dans les Suppléments n° 3.1 et n° 3.2 aux Recommandations des séries M, N et O, ou à des spécifications encore plus strictes.

Un des premiers problèmes à traiter est celui du choix d'une méthode acceptable pour déterminer s'il est possible d'obtenir une transparence acceptable à l'égard des signaux à spectre étroit (et, dans l'affirmative, avec quelle marge). On distingue ici deux doctrines principales: l'une fondée sur l'emploi d'un équipement émetteur et récepteur dans le réseau (méthode A), l'autre (méthode B) fondée sur une comparaison analytique des formes d'onde d'entrée et de sortie transmises par le canal à codage numérique (de la parole). Pour assurer une certaine souplesse d'utilisation, on définit les deux méthodes chaque fois que possible. Pour déterminer s'il convient de choisir ensuite telle ou telle des deux méthodes, il faut savoir si des émetteurs et des récepteurs sont disponibles et/ou s'il est possible de trouver et d'appliquer des méthodes satisfaisantes pour analyser les formes d'onde. D'une manière générale, on considère que ces méthodes d'analyse sont préférables dans les cas où il a été possible de fixer des spécifications appropriées pour la tolérance sur les signaux reçus.

Les méthodes avec émetteurs et récepteurs de signaux ont la même architecture d'essai que pour les mesures avec modems de données transmises dans la bande vocale. En conséquence, on ne répétera pas ici la description de l'architecture adoptée pour la signalisation de réseau.

6.1 Signalisation entre enregistreurs, système n° 5

Un des problèmes qui se posent avec le système de signalisation n° 5 est le dépassement possible des limites de tolérance de l'émetteur (55 ± 5 ms) lorsque les canaux fonctionnant avec codage à faible débit transmettent des trames de traitement de blocs ayant une durée de l'ordre de 5 ms. Pour évaluer la transparence de la signalisation entre enregistreurs, on utilisera les six fréquences 700, 900, 1100, 1300, 1500 et 1700 Hz dans des combinaisons appropriées, afin de générer les signaux de début de numérotation KP1 et KP2, le signal de fin de numérotation ST, les signaux de

réponse d'opératrice de code 11 et de code 12, et les dix chiffres 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 (Tableau 2/Q.151). Ensuite, on construira la séquence de formes d'onde dont il s'agit d'évaluer la dégradation: pour ce faire, on émet le signal KP, suivi de 20 répétitions d'un même chiffre, suivi du signal T. Cette opération sera répétée 12 fois, pour chacun des chiffres 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, et pour les codes 11 et 12. Pour les mesures avec le système de signalisation n° 5, on procédera avec un niveau de signal de -7 dBm par fréquence (-4 dBm composite) et on ajustera ensuite les procédures d'étalonnage en conséquence.

Méthode A

Pour appliquer cette méthode, il faut avoir recours, d'une part, à un générateur de signalisation entre enregistreurs conforme au système n° 5, d'autre part, à des dégradations contrôlables identiques à celles qu'on utilise dans l'essai des modems à bande vocale. Il convient d'adopter les procédures suivantes:

- Pour l'exécution des mesures, on monte le codec en série avec le dispositif générateur de dégradations. Le niveau de ces dégradations doit être égal au niveau utilisé dans les essais des modems (Tableaux 1 et 2). Le simulateur de distorsion de non-linéarité sera étalonné avec un signal à 4 tonalités dont le niveau sera égal à celui du couple de tonalités composite de signalisation. Le bruit analogique injecté est à ajouter linéairement comme dernière dégradation dans le dispositif de dégradation, en amont de l'entrée du codec. On fera varier le niveau du bruit et on évaluera le taux d'erreur de la signalisation entre enregistreurs (à la réception) en fonction du bruit injecté, pour deux valeurs de niveau: un niveau composite de -4 dBm0 pour la tonalité de signalisation et un niveau nominal composite de -4 dBm0 à l'entrée du codec.
- Une deuxième série de mesures sera effectuée comme ci-dessus, mais sans injection de bruit analogique. Ici, on fera varier la gigue de crête à crête et on évaluera le taux d'erreur de la signalisation entre enregistreurs à la réception en fonction de la gigue.

Méthode B

La seconde méthode est fondée sur l'analyse des formes d'onde d'entrée et de sortie transmises par le canal de codeur à évaluer (avec et sans les dégradations spécifiées dans les Tableaux 1 et 2 – désactivation du bruit injecté). Dans ce cas, il faut procéder aux mesures suivantes:

- Durée moyenne et amplitude moyenne des intervalles de signalisation (activité et silence).
- Variance de la durée et variance de l'amplitude des intervalles de signalisation (activité et silence).
- Un intervalle de silence est caractérisé par le fait que l'énergie de sa forme d'onde est inférieure à un pourcentage prédéterminé de l'énergie de crête de la forme d'onde existant pendant les intervalles d'activité. La valeur du pourcentage prédéterminé appelle un complément d'étude. On utilise une fenêtre glissante de 2 ms pour cette détermination.
- Un intervalle d'activité est caractérisé par le fait que l'énergie de sa forme d'onde se situe en deçà d'un pourcentage prédéterminé de l'énergie de crête de la forme d'onde existant pendant les intervalles d'activité. La valeur du pourcentage prédéterminé appelle un complément d'étude. On utilise une fenêtre glissante de 2 ms pour cette détermination.
- Distorsion des temps d'attaque et de descente de chacune des tonalités: cette distorsion provoque un décalage temporel des instants de début et de fin de chaque fréquence fournie par un couple de tonalités d'enregistreur. A noter qu'une limite de 1 ms est spécifiée comme tolérance maximale sur un émetteur de signaux, pour le décalage entre les instants de début et de fin des émissions des deux tonalités (Q.153).
- Différence de niveau entre les deux tonalités. Une limite de 4 dB pour les différences de niveaux absolus entre les fréquences des deux signaux non modulés est imposée dans les récepteurs de signaux (Q.154).

6.2 Signalisation R-2

Le système de signalisation R-2 est conçu pour utiliser six fréquences de signalisation (1380, 1500, 1620, 1740, 1860 et 1980 Hz) dans le sens vers l'avant et six fréquences (1140, 1020, 900, 780, 660 et 540 Hz) dans le sens de transmission vers l'arrière. Cela étant, un code «2 parmi n» (Tableau 5/Q.441) compose un signal entre enregistreurs, résultant de la transmission simultanée d'un couple de fréquences.

Pour évaluer la signalisation entre enregistreurs, on utilise les 15 multifréquences vers l'avant et les 10 multifréquences vers l'arrière [Tableau 5/Q.441, Note a)]. Ces fréquences sont à utiliser dans des combinaisons appropriées, afin de générer les dix chiffres 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 et 9 avec des durées nominales conformes à celles qui sont définies dans la Recommandation Q.451. Enfin, la séquence de signaux dont il s'agit d'évaluer la dégradation sera constituée par

20 répétitions d'un même chiffre. Ce processus est à répéter 10 fois, pour générer chacun des chiffres 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 et 0. A la différence du système de signalisation n° 5, dans lequel les niveaux des signaux sont égaux à -7 dBm par fréquence, le niveau nominal des signaux à l'entrée du canal à codage numérique est défini ici comme devant être égal à $-11,5$ dBm par fréquence (ou $-8,5$ dBm pour le signal composite).

Méthode A

Pour appliquer cette méthode, il faut avoir recours, d'une part, à un générateur de signalisation entre enregistreurs conforme au système R-2, d'autre part, à des dégradations contrôlables identiques à celles définies pour l'essai des modems à bande vocale. Les procédures à appliquer sont les mêmes que dans la méthode A pour les essais entre enregistreurs dans le système n° 5, moyennant des ajustements appropriés de l'étalonnage pour tenir compte des différences entre les niveaux des signaux. Ainsi, on fera varier le niveau du bruit et on évaluera le taux d'erreur de la signalisation entre enregistreurs à la réception, en fonction du bruit injecté, pour une valeur de $-8,5$ dBm du niveau composite de la tonalité de signalisation.

Méthode B

La seconde méthode est fondée sur l'analyse du signal reçu, lequel est traité dans le canal à codage numérique (de la parole) (avec et sans les dégradations spécifiées dans les Tableaux 1 et 2 – désactivation du bruit injecté). Dans ce cas, il faut procéder aux mesures suivantes:

- Différences de niveau entre les deux tonalités. Une limite de 1 dB pour les différences de niveaux absolus entre les fréquences des deux signaux non modulés est imposée dans les émetteurs de signaux (Q.454) et une limite de 3 dB est imposée pour les récepteurs de signaux (Q.455).
- Distorsion des temps d'attaque et de descente de chaque tonalité; cette distorsion provoque un décalage temporel des instants de début et de fin de chaque fréquence fournie par un couple de tonalités d'enregistreur. A noter qu'une limite de 1 ms est spécifiée comme tolérance maximale sur un émetteur de signaux, pour le décalage entre les instants de début et de fin des émissions des deux tonalités (Q.454).

6.3 Signaux DTMF

Les signaux DTMF sont souvent utilisés indépendamment d'un système de signalisation et après qu'un appel a été établi pour permettre l'accès d'un utilisateur à des services spécialisés. Ces signaux, à utiliser pour caractériser la qualité de fonctionnement d'un codeur vocal devant faire l'objet d'une évaluation, seront transmis à un niveau composite de -4 dBm, avec un espacement minimal de 40 ms entre les chiffres; ils sont composés par des couples de tonalités choisies dans un ensemble de fréquences élevées et un ensemble de fréquences basses. Le groupe des fréquences basses est l'ensemble 697, 770, 852 et 941 Hz. Le groupe des fréquences élevées est l'ensemble 1209, 1336, 1477 et 1633 Hz. On utilisera des combinaisons appropriées de ces fréquences pour obtenir les dix chiffres 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 et 0 ainsi que les caractères *, #, A, B, C et D (voir la Figure 1/Q.23).

Pour quantifier la qualité de fonctionnement d'un codeur de parole en signalisation DTMF, on a mesuré le pourcentage de reconnaissance correcte ainsi que la variation du signal et de la séparation temporelle des signaux en fonction de SNR (le bruit était injecté dans le canal analogique en amont de l'entrée du codec). On notera qu'il est possible normalement d'assurer une qualité de fonctionnement satisfaisante lorsque les produits de distorsion totaux (résultant des harmoniques et de l'intermodulation) ne dépassent pas 20 dB en dessous des fréquences fondamentales.

6.3.1 Couple équilibré

Pour chaque couple de tonalités DTMF, la durée du signal doit être de 50 ms et les couples de tonalités adjacents doivent être espacés de 40 ms. De plus, il doit y avoir coïncidence temporelle entre les instants de début et de fin des deux tonalités d'un couple DTMF donné. Lorsqu'on évalue la qualité de fonctionnement avec des tonalités DTMF, on effectue les mesures suivantes (avec et sans dégradations analogiques, et sans injection de bruit analogique ni d'erreurs sur les bits):

- Produits de distorsion totaux (résultant de l'intermodulation); ces produits ne doivent pas dépasser 20 dB en dessous des fréquences fondamentales.
- Pourcentage de reconnaissance correcte des couples de tonalités DTMF en cas d'injection d'un bruit analogique en amont de l'entrée du codec, de telle sorte que le rapport signal d'entrée de référence/bruit soit égal à 20 dB.

6.3.2 Couple dissymétrique

Dans cette méthode de génération de couples de signaux DTMF, on a la même relation de temps que ci-dessus pour les cycles «marche» et «arrêt». Ici, cependant, le niveau d'une des deux tonalités dépasse de 6 dB le niveau de l'autre. La mesure à effectuer est la suivante:

- Pourcentage de reconnaissance correcte des couples de tonalités DTMF en cas d'injection d'un bruit analogique en amont de l'entrée du codec, de telle sorte que le rapport signal d'entrée de référence/bruit soit égal à 22,5 dB.

6.4 Signalisation de ligne, système n° 5

Outre la signalisation entre enregistreurs, traitée ci-dessus, la signalisation de ligne est appliquée dans le réseau. Les signaux de ligne du système de signalisation n° 5 sont constitués par deux fréquences: 2400 et 2600 Hz, utilisées séparément ou en combinaison.

Pour évaluer la qualité de fonctionnement avec une tonalité unique, il convient d'effectuer des mesures avec et sans dégradations analogiques. On n'injectera pas d'erreurs sur les bits dans le canal de codeur à évaluer. Le canal des dégradations analogiques devra être réglé (au moyen de l'affaiblisseur de sortie) de telle manière que chaque tonalité ait un niveau de -9 dBm0 à l'entrée du codeur. Les mesures porteront alors sur:

- le décalage de fréquence; et
- la distorsion totale.

A noter que les spécifications relatives aux décalages de fréquence imposent un gabarit de tolérance de ± 6 Hz pour les émetteurs de signaux (Q.143) et de ± 15 Hz pour les récepteurs de signaux (Q.144). Par ailleurs, la Recommandation Q.143 impose une valeur limite de 40 dB au rapport signal/distorsion totale pour les émetteurs de signaux. (La Recommandation O.132 traite des méthodes à utiliser pour effectuer ces mesures.)

Tonalité composée

Cette tonalité est définie par la présence simultanée des tonalités 2400 et 2600 Hz; elle sert à signaler un état de ligne «fin» et un état «libération de garde». Pour évaluer la qualité de fonctionnement en présence de cette tonalité composée, on n'injecte pas d'erreurs sur les bits dans la liaison de codeur étudiée. Le canal des dégradations analogiques doit être réglé de telle manière que le niveau des diverses tonalités soit le même: -9 dBm0 par fréquence à l'entrée du codeur (cet étalonnage s'effectue en l'absence de dégradations analogiques). Les instants de début et de fin des deux tonalités doivent coïncider dans le temps. Cela étant, on réalise les mesures suivantes:

- distorsion éventuelle des temps d'attaque et de descente de chaque tonalité, conduisant à un décalage temporel des instants de début et de fin de ce couple de tonalités;
- distorsion totale;
- différences de niveau entre les deux tonalités.

A noter qu'une limite de 5 ms est spécifiée comme tolérance maximale sur un émetteur de signaux, pour le décalage entre les instants de début et de fin des deux tonalités (Recommandation Q.141). En plus, une limite de 5 dB est imposée sur les récepteurs de signaux pour la différence des niveaux absolus des deux fréquences des signaux non modulés (Recommandation Q.144). Les spécifications requises pour la distorsion totale (cette distorsion inclura ici les composantes d'intermodulation) sont les mêmes que celles indiquées plus haut.

6.5 Tonalités de continuité de circuit

Dans les systèmes de signalisation n° 6 et n° 7, la transmission se fait en dehors de la bande, pour cette raison, des moyens sont normalement mis en œuvre pour effectuer un contrôle de continuité du trajet de conversation avant que la communication de bout en bout soit mise à la disposition des usagers. Pour ce contrôle, on émet une tonalité 2000 ± 20 Hz au niveau -12 dBm. On adopte une durée de 30 ms pour ces essais et les mesures suivantes sont effectuées:

- Distorsion totale du signal à la sortie du canal.
- Durée de la tonalité du signal à la sortie du canal. On considère qu'une tonalité est présente si son énergie se trouve en deçà d'un pourcentage prédéterminé de l'énergie de crête de la forme d'onde de la tonalité pendant la période de signal actif. La valeur du pourcentage prédéterminé nécessite un complément d'étude. Une fenêtre de 2,5 ms est à utiliser pour cette détermination.

6.6 Tonalité de neutralisation d'annuleur d'écho

Pour neutraliser les annuleurs d'écho après l'établissement d'une communication, on peut émettre dans le réseau un signal spécial à spectre étroit (souvent associé à des données transmises dans la bande vocale et à des transmissions de télécopie du groupe 3). Cette tonalité est constituée par un signal de 2100 Hz dans lequel des inversions de phase de 180° interviennent toutes les 400 ms (voir la Recommandation G.165).

Pour évaluer si un canal à codage numérique (de la parole) est capable de transmettre le signal à 2100 Hz et les inversions de phase associées, on tient compte des spécifications énoncées dans l'Annexe B/G.165, en particulier la suivante: les inversions de phase sont considérées valables seulement si elles tombent à l'intérieur d'une plage de $\pm 70^\circ$ par rapport au déphasage de 180° de l'émetteur.

Méthode A

Dans cette méthode, on utilise un nombre suffisant de récepteurs de signaux pour pouvoir évaluer la dégradation de la qualité de fonctionnement imputable au traitement des signaux dans un canal de codeur, avec et sans glissements de bits dans le canal numérique.

- On utilisera un annuleur d'écho associé à un neutraliseur de tonalité sensible à la phase. Pour évaluer la dégradation des tonalités selon V.25, on observera le nombre de fois où le neutraliseur de tonalité a un fonctionnement anormal. Si l'on veut obtenir des résultats ayant une importance statistique suffisante, il importe de répéter ces mesures au moins 50 fois. Par ailleurs, le système doit être réinitialisé après chaque mesure; si cela n'est pas possible, la tonalité doit être déconnectée et reconnectée pour chaque mesure.
- On répétera ces mesures avec et sans les dégradations analogiques fixes spécifiées dans les Tableaux 1 et 2. Il faudra veiller à utiliser au moins quatre annuleurs-neutraliseurs de tonalités, fournis par quatre constructeurs différents.

Méthode B

Dans cette méthode, on enregistre et on analyse la forme d'onde transmise par le canal de codeur à évaluer, pour mesurer les inversions de phase qui devraient se produire toutes les 400 ms. En pratique, le déphasage de 180° sera toujours atteint tôt ou tard; il suffit par conséquent de mesurer le temps qui s'écoule jusqu'à l'état de phase 180°, à partir de la transition intervenue dans la forme d'onde transmise.

Pour évaluer ce type de dégradation, on traite dans le canal à codage numérique (de la parole) une onde sinusoïdale de 2100 Hz modulée, constituée par une séquence de transitions de phase de 180° intervenant à des intervalles de temps de 400 ms. Par ailleurs, cette même forme d'onde est enregistrée (après alignement de phase) sur un trajet d'enregistrement direct (sans traitement). Il est possible alors de comparer les deux formes d'onde et de mesurer le temps qu'il a fallu à la forme d'onde traitée pour atteindre l'état 180° après la transition de phase.

Les deux ondes sont comparées conformément à la configuration fonctionnelle de la Figure 3. Ensuite, on mesure le temps d'établissement de l'onde traitée dans le voisinage de la transition de phase.

6.7 Distorsion, fréquence et niveau

Pour déterminer si un canal à codage numérique est capable d'effectuer un transcodage avec la modulation MIC 64 kbit/s, on peut effectuer une série de mesures visant à caractériser la distorsion de non-linéarité, la dynamique et la distorsion de quantification. Ces mesures portent sur les caractéristiques suivantes:

- Distorsion de non-linéarité du deuxième et du troisième ordre, avec un signal d'essai à 4 tonalités ayant un niveau de -4 et -15 dBm à l'entrée du codec.
- Bruit de canal au repos (mesure psophométrique).
- Gain entrée/sortie avec un signal à 820 Hz et/ou 1020 Hz et/ou signal d'essai à 4 tonalités (voir la bibliographie) pour des signaux d'entrée du codec compris entre +3 et -50 dBm (mesurés avec 0 TLP) en appliquant les méthodes décrites dans la Recommandation O.133.
NOTE – Par tonalité de 820 Hz et/ou 1020 Hz, on entend une tonalité dont la fréquence est voisine de 800 et 1000 Hz, mais qui n'est pas un sous-multiple de 8 kHz.
- Gigue de phase, gigue d'amplitude, distorsion harmonique du deuxième et du troisième ordre, avec utilisation d'une tonalité de 1 kHz, le niveau du signal à l'entrée du codec ayant les valeurs -4 et -15 dBm.

- Variation, en fonction de la fréquence, de la réponse en temps de propagation de groupe et en amplitude, avec un signal d'entrée du codec de niveau égal à -15 dBm, dans tout le spectre des fréquences vocales (200 à 3400 Hz). Les Recommandations O.81 et O.133 spécifient les procédures qu'il convient d'utiliser pour faire ces mesures.
- Rapport signal/distorsion de quantification pour des signaux d'entrée du codec dont les niveaux sont compris entre $+3$ et -50 dBm (mesurés avec 0 TLP), avec utilisation d'un signal d'essai de 820 Hz mesuré avec pondération psophométrique et/ou un signal d'essai de 1020 Hz mesuré avec pondération de message C. Les Recommandations O.131 et O.132 spécifient les procédures à utiliser pour faire ces mesures.
- Rapport signal/distorsion de quantification pour des signaux d'entrée du codec dont les niveaux sont compris entre 0 et -50 dBm (mesurés avec 0 TLP), avec utilisation d'un générateur de bruit pseudo-aléatoire. La Recommandation O.131 spécifie les procédures qu'il convient d'utiliser pour faire ces mesures.

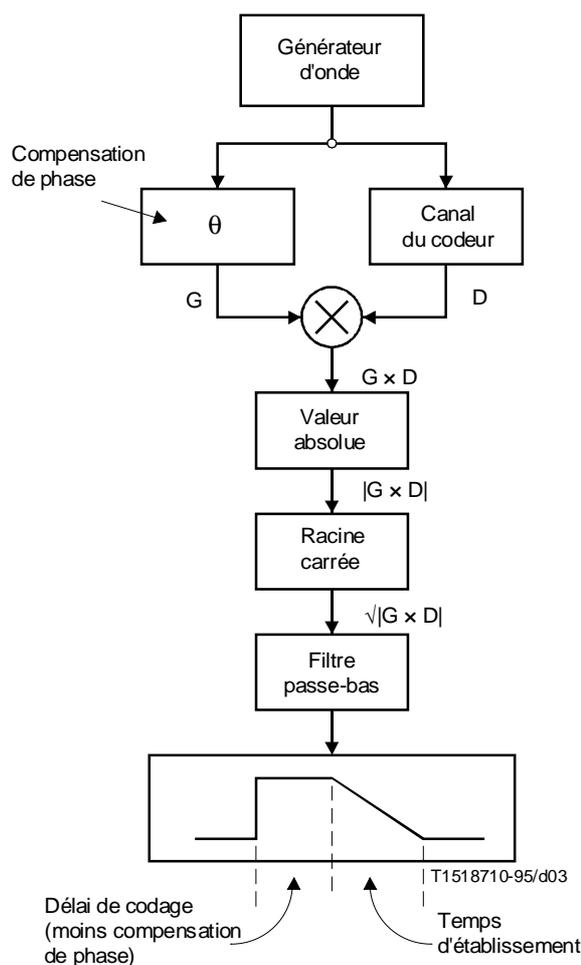


FIGURE 3/G.720

Configuration du schéma fonctionnel utilisé pour mesurer la distorsion de phase de l'anneau d'écho

7 Délai de codage

S'agissant de la mesure du délai de traitement, il y a lieu de noter que les mesures de délai posent rarement des problèmes dans le cas des codeurs de formes d'onde; en effet, il est possible d'évaluer directement le temps qui s'écoule entre l'arrivée du signal à l'entrée du codec et l'apparition du signal à la sortie du codec (en utilisant, par exemple, une onde sinusoïdale modulée). Toutefois, cette méthode peut manquer de fiabilité dans les codeurs traitant des blocs (ou

dans les cas où l'on sait peu de chose de la technique effectivement employée). La raison en est que la qualité de fonctionnement peut varier grandement selon la nature et le type du signal qui subit le codage et selon l'instant exact où un signal se présente à l'entrée du codec (en fonction de la structure de trame du codec, si une telle structure existe).

La technique décrite ci-après pour mesurer le délai entrée/sortie des canaux à codage numérique (de la parole) met en œuvre une parole artificielle et permet de remédier aux limitations indiquées plus haut en ce qui concerne les signaux à spectre étroit.

7.1 Méthode de mesure du délai total

Cette méthode permet de mesurer directement le délai total introduit par un canal à codage numérique (de la parole) entre ses interfaces d'entrée et de sortie (interfaces MIC à compression-extension à 8 bits). Ce délai comprend deux composantes: un délai introduit par les fonctions de codage et de décodage de l'algorithme et, le cas échéant, un délai additionnel introduit par le traitement ou par la mise en œuvre du matériel spécifique correspondant à l'algorithme.

Pour mesurer le délai, on observe la première crête de la fonction de corrélation croisée entre le signal d'entrée du codeur et le signal de sortie du décodeur. A cet effet, on examine la réponse de crête d'un filtre adaptatif à réponse impulsionnelle finie (FIR) (*finite impulse response*) placé dans une configuration mixte avec estimateur de processus linéaires (voir la Figure 4). Pour réaliser une mesure de délai fournissant avec le plus de précision possible le délai susceptible d'être rencontré dans des conversations réelles (tout en garantissant la reproductibilité de la mesure), on utilisera un signal de parole artificiel au niveau nominal de -22 dBm à l'entrée du codec.

La Figure 4 montre que le signal de référence appliqué au filtre adaptatif est obtenu sur l'interface MIC (loi μ) 64 kbit/s d'entrée, située en amont du codec vocal. De la même façon, le point où le signal de sortie du filtre adaptatif est soustrait du signal du codec vocal est défini comme l'interface MIC (loi μ) 64 kbit/s de sortie du codec.

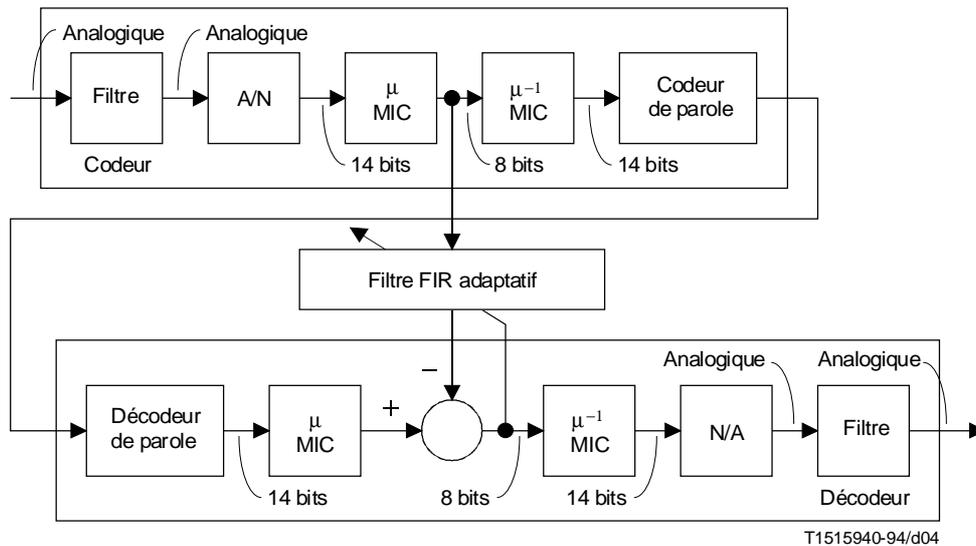


FIGURE 4/G.720

Schéma de principe du dispositif de mesure du délai

8 Temps de convergence

Supposons, d'une part, que les caractéristiques du signal d'entrée du codeur sont demeurées stables pendant une durée suffisante et, d'autre part, qu'il n'y a pas eu de perturbations de nature à provoquer une perte de la synchronisation des blocs: ce sont là deux phénomènes susceptibles de causer un état anormal dans le décodeur d'un couple codeur-décodeur. Par ailleurs, un temps de convergence est associé à la fonction de poursuite d'un codeur dans le cas de signaux non stationnaires. Cela définit un troisième cas dans lequel la convergence pose un problème. Les trois cas sont les suivants.

8.1 Décorrélation codeur/décodeur

Ce cas se présente lorsqu'un paquet d'erreurs numériques est présenté à la liaison codeur-décodeur, ces erreurs étant suffisamment longues pour provoquer une décorrélation entre l'entrée du codeur et la sortie du décodeur. Par ailleurs, ces erreurs en paquet ne doivent pas entraîner une perte de la synchronisation des blocs. Dans ce cas, on détermine le temps de convergence en mesurant la durée nécessaire pour que le rapport signal d'entrée/bruit de sortie retrouve 90% de la valeur qu'il a en régime permanent, après la fin du paquet d'erreurs. (Un complément d'étude est nécessaire pour déterminer les paramètres suivants: la longueur des erreurs en paquet, le type de signaux à utiliser pour cette mesure et la valeur du rapport signal d'entrée/bruit de sortie en régime permanent.)

8.2 Défaut d'adaptation d'état codeur/décodeur

Ce cas se présente lorsqu'un décodeur est connecté à un codeur émetteur dans des conditions telles qu'il y a défaut d'adaptation entre les états respectifs du codeur et du décodeur. Il peut en être ainsi, par exemple, quand un décodeur est déconnecté, ou commuté entre des canaux codés différents. Dans ce cas, on peut évaluer le temps de convergence en mesurant la durée nécessaire pour que le rapport signal d'entrée/bruit de sortie retrouve 90% de sa valeur de régime permanent après le rétablissement de la connexion entre le codeur et le décodeur. Si le décodeur a une possibilité de réinitialisation indépendante, on peut également créer ce cas de façon plus efficace en réinitialisant la fonction décodeur tout en maintenant la synchronisation des blocs.

8.3 Temps d'attaque

Ce cas concerne le temps d'attaque du processus de codage, lorsqu'un nouveau signal est présenté ou lorsqu'un signal déjà présent depuis un certain temps disparaît à l'entrée du codeur. Dans ce cas, on peut évaluer le temps de convergence en mesurant la durée nécessaire pour que le rapport signal d'entrée/bruit de sortie augmente jusqu'à 90% ou diminue jusqu'à 10% de sa valeur d'état permanent, après l'apparition ou après la disparition d'un signal sinusoïdal à l'entrée du codeur. On admet que, avant l'apparition ou après la disparition de ce signal, le signal d'entrée du codeur se compose de zéros binaires. Cette mesure porte sur les temps d'attaque et de descente de signaux sinusoïdaux. On s'intéresse spécialement au temps de descente de la tonalité 2100 Hz, car une distorsion excessive pourrait compromettre la performance de la séquence de réponse automatique V.25 et des protocoles de télécopie T.30. En conséquence, il convient d'utiliser au minimum une tonalité 2100 Hz dans ces mesures.

8.4 Méthode de mesure

Le délai de codage ne peut être influencé que pendant la durée de la première trame (le cas échéant) qui suit l'apparition d'un signal à l'entrée du codeur; à l'inverse, on pourra constater que le temps de convergence dépend du signal. Il faudra par conséquent utiliser ici une gamme suffisamment large de signaux.

Il devra s'agir, dans cette mesure, de tonalités et de signaux vocaux. On aura recours au minimum à 10 tonalités échelonnées dans la gamme de fréquences de 200 à 3200 Hz et les niveaux de puissance des signaux d'entrée seront de 0, -15 et -30 dBm0. Pour mesurer le rapport signal/bruit, on appliquera une fenêtre glissante de durée prédéterminée. Comme cette durée sera probablement comparable au temps de convergence qu'il s'agit de mesurer, il pourra être nécessaire de répéter les mesures un grand nombre de fois (50 fois, par exemple) pour obtenir une importance statistique suffisante. La durée de la fenêtre glissante appelle un complément d'étude.

Dans l'exécution de ces mesures, on admet par hypothèse que les signaux d'entrée et de sortie du codec seront enregistrés et analysés en numérique. Par ailleurs, il faudra réaliser un alignement correct des signaux; ce résultat pourra être obtenu si l'on connaît le temps de traitement dans le codec, ou par application de la méthode décrite à l'article 7.

9 Qualité en télécopie

Les Recommandations de la série E.450 décrivent une méthodologie détaillée pour la mesure de la qualité de la télécopie dans le réseau téléphonique. On appliquera aussi ces Recommandations, selon les cas, pour mesurer la qualité des télécopieurs du groupe 3 sur des canaux à codage numérique (de la parole). Dans cette application, les configurations d'équipement présentées à l'article 5 pour les mesures avec données dans la bande vocale (Figure 1) restent valables, sauf que les modems sont remplacés par des terminaux de télécopie.

Bibliographie

Bell System Technical Reference: *Transmission parameters affecting voiceband data transmission-measuring techniques*, Publication 41009. Section 3.7 Intermodulation (non-linear) distortion, mai 1975.