



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

UIT-T

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

G.729

Annexe A
(11/96)

SÉRIE G: SYSTÈMES ET SUPPORTS DE
TRANSMISSION

Systèmes de transmission numériques – Equipements
terminaux – Codage des signaux analogiques par des
méthodes autres que la MIC

Codage vocal à 8 kbit/s par prédiction linéaire à
excitation par séquences codées à structure
algébrique conjuguée (CS-ACELP)

**Annexe A: Version simplifiée du codec vocal
CS-ACELP à 8 kbit/s**

Recommandation UIT-T G.729 – Annexe A

(Antérieurement Recommandation du CCITT)

RECOMMANDATIONS UIT-T DE LA SÉRIE G
SYSTÈMES ET SUPPORTS DE TRANSMISSION

CONNEXIONS ET CIRCUITS TÉLÉPHONIQUES INTERNATIONAUX	G.100–G.199
SYSTÈMES INTERNATIONAUX ANALOGIQUES À COURANTS PORTEURS	
CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES COMMUNES À TOUS LES SYSTÈMES ANALOGIQUES À COURANTS PORTEURS	G.200–G.299
CARACTÉRISTIQUES INDIVIDUELLES DES SYSTÈMES TÉLÉPHONIQUES INTERNATIONAUX À COURANTS PORTEURS SUR LIGNES MÉTALLIQUES	G.300–G.399
CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DES SYSTÈMES TÉLÉPHONIQUES INTERNATIONAUX HERTZIENS OU À SATELLITES ET INTERCONNEXION AVEC LES SYSTÈMES SUR LIGNES MÉTALLIQUES	G.400–G.449
COORDINATION DE LA RADIODÉLÉPHONIE ET DE LA TÉLÉPHONIE SUR LIGNES	G.450–G.499
CARACTÉRISTIQUES DES SUPPORTS DE TRANSMISSION	G.600–G.699
SYSTÈMES DE TRANSMISSION NUMÉRIQUES	
EQUIPEMENTS TERMINAUX	G.700–G.799
Généralités	G.700–G.709
Codage des signaux analogiques en modulation par impulsions et codage	G.710–G.719
Codage des signaux analogiques par des méthodes autres que la MIC	G.720–G.729
Principales caractéristiques des équipements de multiplexage primaires	G.730–G.739
Principales caractéristiques des équipements de multiplexage de deuxième ordre	G.740–G.749
Caractéristiques principales des équipements de multiplexage d'ordre plus élevé	G.750–G.759
Caractéristiques principales des équipements de transcodage et de multiplication numérique	G.760–G.769
Fonctionnalités de gestion, d'exploitation et de maintenance des équipements de transmission	G.770–G.779
Caractéristiques principales des équipements de multiplexage en hiérarchie numérique synchrone	G.780–G.789
Autres équipements terminaux	G.790–G.799
RÉSEAUX NUMÉRIQUES	G.800–G.899
Généralités	G.800–G.809
Objectifs de conception pour les réseaux numériques	G.810–G.819
Objectifs de qualité et de disponibilité	G.820–G.829
Fonctions et capacités du réseau	G.830–G.839
Caractéristiques des réseaux à hiérarchie numérique synchrone	G.840–G.899
SECTION NUMÉRIQUE ET SYSTÈMES DE LIGNES NUMÉRIQUES	G.900–G.999
Généralités	G.900–G.909
Paramètres pour les systèmes à câbles optiques	G.910–G.919
Sections numériques à débits hiérarchisés multiples de 2048 kbit/s	G.920–G.929
Systèmes numériques de transmission par ligne à débits non hiérarchisés	G.930–G.939
Systèmes de transmission numérique par ligne à supports MRF	G.940–G.949
Systèmes numériques de transmission par ligne	G.950–G.959
Section numérique et systèmes de transmission numérique pour l'accès usager du RNIS	G.960–G.969
Systèmes sous-marins à câbles optiques	G.970–G.979
Systèmes de transmission par ligne optique pour les réseaux locaux et les réseaux d'accès	G.980–G.999

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

RECOMMANDATION UIT-T G.729 – Annexe A

VERSION SIMPLIFIEE DU CODEC VOCAL CS-ACELP A 8 kbit/s

Source

L'Annexe A à la Recommandation UIT-T G.729, élaborée par la Commission d'études 15 (1993-1996) de l'UIT-T, a été approuvée le 8 novembre 1996 selon la procédure définie dans la Résolution n° 1 de la CMNT.

AVANT-PROPOS

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

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.

Dans certains secteurs de la technologie de l'information qui correspondent à la sphère de compétence de l'UIT-T, les normes nécessaires se préparent en collaboration avec l'ISO et la CEI.

NOTE

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

DROITS DE PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

L'UIT attire l'attention sur la possibilité que l'application ou la mise en oeuvre de la présente Recommandation puisse donner lieu à l'utilisation d'un droit de propriété intellectuelle. L'UIT ne prend pas position en ce qui concerne l'existence, la validité ou l'applicabilité des droits de propriété intellectuelle, qu'ils soient revendiqués par un Membre de l'UIT ou par une tierce partie étrangère à la procédure d'élaboration des Recommandations.

A la date d'approbation de la présente Recommandation, l'UIT avait/n'avait pas été avisée de l'existence d'une propriété intellectuelle protégée par des brevets à acquérir pour mettre en oeuvre la présente Recommandation. Toutefois, comme il ne s'agit peut-être pas de renseignements les plus récents, il est vivement recommandé aux responsables de la mise en oeuvre de consulter la base de données des brevets du TSB.

© UIT 1997

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

TABLE DES MATIÈRES

	Page
A.1	Introduction..... 1
A.2	Description générale du codeur..... 1
A.2.1	Description du codeur de signaux vocaux..... 2
A.2.2	Conventions de notation 2
A.3	Description fonctionnelle du codeur..... 2
A.3.1	Prétraitement..... 2
A.3.2	Analyse par prédiction linéaire et quantification..... 2
A.3.3	Pondération perceptive 3
A.3.4	Analyse tonale en boucle ouverte 3
A.3.5	Calcul de la réponse impulsionnelle..... 4
A.3.6	Calcul du signal cible 4
A.3.7	Exploration du répertoire codé de séquences adaptatives 4
A.3.8	Structure et exploration du répertoire codé de séquences fixes..... 5
A.3.9	Quantification des gains 6
A.3.10	Mise à jour de la mémoire 6
A.4	Description fonctionnelle du décodeur 6
A.4.1	Procédure de décodage des paramètres 6
A.4.2	Post-traitement..... 7
A.4.3	Initialisation du codeur et du décodeur..... 8
A.4.4	Masquage des trames effacées..... 8
A.5	Description au bit près du codeur CS-ACELP simplifié 8
A.5.1	Utilisation du logiciel de simulation..... 8
A.5.2	Organisation du logiciel de simulation..... 8

Recommandation G.729 – Annexe A

VERSION SIMPLIFIEE DU CODEC VOCAL CS-ACELP A 8 kbit/s

(Genève, 1996)

A.1 Introduction

La présente annexe contient une description de haut niveau d'une version simplifiée du codec vocal conforme à la Recommandation G.729. Cette version peut interfonctionner avec le flux binaire de la version complète, c'est-à-dire qu'un codeur à complexité réduite peut être utilisé avec une implémentation intégrale du décodeur et réciproquement. Les implémenteurs du codec défini dans cette annexe ne devront cependant pas perdre de vue que les performances de ce codec peuvent, dans certaines circonstances, ne pas être aussi bonnes que celles du codec entièrement conforme à la Recommandation G.729.

Cette version simplifiée du codec a été mise au point pour des applications de transmission simultanée de signaux vocaux et de données. L'utilisation de ce codec n'est cependant pas limitée à ces applications.

La description de ce codec est analogue à celle du codec entièrement conforme à la Recommandation G.729. La présente annexe décrit les modifications qui ont été apportées à la mise en oeuvre complète afin de réduire la complexité algorithmique du codec. Pour les parties de l'algorithme qui n'ont pas été modifiées, cette annexe renvoie aux paragraphes correspondants du corps de la Recommandation.

A.2 Description générale du codeur

La description générale de l'algorithme de codage/décodage est analogue à celle de la version complète. L'affectation des bits est analogue à celle qui est indiquée dans le Tableau 1/G.729. Ce codeur possède également les mêmes délais (trames vocales de 10 ms et exploration de 5 ms). Les principales modifications de l'algorithme par rapport à la version complète de la Recommandation G.729 sont résumées ci-dessous:

- le filtre de pondération perceptuelle utilise les paramètres quantifiés du filtre de prédiction linéaire; il est donné par l'équation $W(z) = \hat{A}(z)/\hat{A}(z/\gamma)$ avec une valeur fixe de $\gamma = 0,75$;
- l'analyse tonale en boucle ouverte est simplifiée par l'emploi du sous-échantillonnage (décimation) lors du calcul des corrélations du signal vocal pondéré;
- le calcul de la réponse impulsionnelle du filtre de synthèse pondérée $W(z)/\hat{A}(z)$, le calcul du signal cible et la mise à jour des états du filtre sont simplifiés car le terme $W(z)/\hat{A}(z)$ est réduit à $1/\hat{A}(z/\gamma)$;
- l'exploration du répertoire adaptatif est simplifiée. L'exploration maximise la corrélation entre le signal d'excitation antérieure et le signal cible dont l'énergie tonale différée a été filtrée (en d'autres termes, on ne prend plus en considération l'énergie du signal d'excitation antérieure qui a été filtré);
- l'exploration du répertoire algébrique fixe est simplifiée. Au lieu d'une exploration focalisée à boucles imbriquées, on fait appel à une recherche itérative directe à chaque niveau d'une arborescence;
- dans le décodeur, on a simplifié le postfiltre des composantes harmoniques en n'utilisant que des délais entiers.

Ces modifications sont décrites plus en détail en A.3 et A.4.

TABLEAU A.1/G.729

Résumé des principales routines qui ont été modifiées

Nom de routine G.729	Nom de routine G.729A
Coder_1d8k ()	Coder_1d8a ()
Decod_1d8k ()	Decod_1d8a ()
Pitch_o1 ()	Pitch_o1_fast ()
Pitch_fr3 ()	Pitch_fr3_fast ()
ACELP_Codebook ()	ACELP_Code_A ()
Post ()	Post-Filter ()

A.2.1 Description du codeur de signaux vocaux

La description du codec vocal simplifié est donnée en termes d'opérations mathématiques en virgule fixe, exactes au bit près. Le code C de l'ANSI (*American National Standards Institute*), mentionné en A.5, qui fait partie intégrante de la présente annexe, reflète ce mode de description en virgule fixe au bit près. Les développements mathématiques décrivant le fonctionnement du codeur (voir A.3) et du décodeur (voir A.4) peuvent être mis en oeuvre de plusieurs autres façons, ce qui n'exclut pas la possibilité d'une réalisation de codec non conforme à la présente annexe. La description de l'algorithme en code C ANSI du paragraphe A.5 a donc priorité sur les descriptions mathématiques des paragraphes A.3 et A.4, en cas de divergence. On peut se procurer, auprès de l'UIT, un ensemble non exhaustif de séquences de test pouvant être utilisées conjointement avec le code C de l'ANSI.

A.2.2 Conventions de notation

Les conventions de notation sont indiquées au 2.5/G.729.

A.3 Description fonctionnelle du codeur

Ce paragraphe décrit les différentes fonctions du codeur représenté par les blocs de la Figure 4/G.729. Il fait essentiellement référence au corps de la Recommandation, sauf pour les parties où des simplifications algorithmiques ont été effectuées.

A.3.1 Prétraitement

Comme au 3.1/G.729.

A.3.2 Analyse par prédiction linéaire et quantification

A.3.2.1 Fenêtrage et calcul des autocorrélations

Comme au 3.2.1/G.729.

A.3.2.2 Algorithme de Levinson-Durbin

Comme au 3.2.2/G.729.

A.3.2.3 Conversion des coefficients de prédiction linéaire (LP) en coefficients de paires de raies spectrales (LSP)

Comme au 3.2.3/G.729 avec quelques simplifications. Le nombre de points d'évaluation des polynômes $F_1(z)$ et $F_2(z)$ est réduit à 50 (au lieu de 60) et l'intervalle de changement de signe est divisé 2 fois au lieu de 4 fois pour trouver la racine du polynôme.

A.3.2.4 Quantification des coefficients LSP

Comme au 3.2.4/G.729.

A.3.2.5 Interpolation des coefficients LSP

Comme au 3.2.5/G.729, mais seuls les coefficients LP quantifiés sont interpolés car, pour simplifier, le filtre de pondération utilise les paramètres quantifiés.

A.3.2.6 Conversion des coefficients LSP en coefficients LP

Comme au 3.2.6/G.729.

A.3.3 Pondération perceptive

A la différence du 3.3/G.729, le filtre de pondération perceptive est ici fondé sur les coefficients quantifiés du filtre LP, \hat{a}_i . Ce filtre est donné par l'équation suivante:

$$W(z) = \frac{\hat{A}(z)}{\hat{A}(z/\gamma)} \quad (\text{A.1})$$

où $\gamma = 0,75$. Cela simplifie la combinaison des filtres de synthèse et de pondération en $W(z)/\hat{A}(z) = 1/\hat{A}(z/\gamma)$, ce qui réduit le nombre d'opérations de filtrage lors du calcul de la réponse impulsionnelle et du signal cible et lors de la mise à jour des états des filtres. On notera que la valeur de γ est fixée à 0,75 et que la procédure d'adaptation des facteurs du filtre de pondération perceptive décrit au 3.3/G.729 n'est pas utilisée dans cette version simplifiée.

Le signal vocal pondéré n'est pas utilisé pour le calcul du signal cible car une autre méthode est utilisée (voir A.3.6). Le signal vocal pondéré (après filtrage passe-bas) est cependant utilisé pour calculer l'estimation du délai tonal en boucle ouverte. On obtient le signal vocal pondéré après filtrage passe-bas en faisant passer le signal vocal $s(n)$ par le filtre $\hat{A}(z)/[\hat{A}(z/\gamma)(1 - 0,7z^{-1})]$. On calcule d'abord les coefficients du filtre $A'(z) = \hat{A}(z/\gamma)(1 - 0,7z^{-1})$ puis on calcule le signal vocal pondéré après filtrage passe-bas dans une sous-trame par l'équation suivante:

$$s_w(n) = r(n) - \sum_{i=1}^{10} a'_i s_w(n-i), \quad n = 0, \dots, 39 \quad (\text{A.2})$$

où $r(n)$ est le signal résiduel de prédiction linéaire donné par l'équation suivante:

$$r(n) = s(n) + \sum_{i=1}^{10} \hat{a}_i s(n-i), \quad n = 0, \dots, 39 \quad (\text{A.3})$$

Le signal $s_w(n)$ est utilisé pour trouver une estimation du délai tonal dans la trame vocale.

A.3.4 Analyse tonale en boucle ouverte

Afin de diminuer la complexité de la recherche du meilleur délai par répertoire codé adaptatif, l'étendue d'exploration est limitée de part et d'autre d'une valeur possible de délai tonal, T_{op} , obtenue par analyse tonale en boucle ouverte. Cette analyse est faite à chaque trame (10 ms). L'estimation de tonie en boucle ouverte fait appel au signal vocal pondéré après filtrage passe-bas $s_w(n)$ de l'équation (A.2), comme suit: dans une première étape, on recherche 3 valeurs maximales de la corrélation suivante:

$$R(k) = \sum_{n=0}^{39} s_w(2n) s_w(2n-k) \quad (\text{A.4})$$

dans les trois étendues suivantes:

$$i = 1: 20, \dots, 39$$

$$i = 2: 40, \dots, 79$$

$$i = 3: 80, \dots, 143$$

Les valeurs maximales retenues, $R(t_i)$, $i = 1, \dots, 3$ sont normalisées selon l'équation suivante:

$$R'(t_i) = \frac{R(t_i)}{\sqrt{\sum_{n=0}^{39} s_w^2 (2n - t_i)}}, \quad i = 1, \dots, 3 \quad (\text{A.5})$$

On choisit la meilleure valeur entre les trois coefficients de corrélation normalisés en recherchant les meilleurs délais dans les valeurs de l'étendue inférieure. Pour cela, on augmente les corrélations normalisées qui correspondent à l'étendue inférieure des délais si ceux-ci sont des sous-multiples des délais contenus dans l'étendue supérieure des délais.

On notera que, lors du calcul des corrélations selon l'équation (A.4), on n'utilise que les échantillons pairs. Par ailleurs, dans la troisième étendue de délais [80, 143], on ne calcule, lors de la première passe, que les corrélations correspondant aux délais pairs; on essaie ensuite les délais situés à ± 1 du délai pair qui a été choisi.

A.3.5 Calcul de la réponse impulsionnelle

La réponse impulsionnelle $h(n)$ du filtre de synthèse pondérée $W(z)/\hat{A}(z)$ est nécessaire pour l'exploration des répertoires codés, adaptatifs et fixes. On calcule, pour chaque sous-trame, la réponse impulsionnelle $h(n)$ en filtrant un signal composé d'une impulsion unitaire complétée par une section de zéros en passant par le filtre $1/\hat{A}(z/\gamma)$.

A.3.6 Calcul du signal cible

Le signal cible $x(n)$ pour l'exploration du répertoire codé adaptatif est calculé par filtrage du signal résiduel de prédiction linéaire $r(n)$ par le filtre de synthèse pondérée $1/\hat{A}(z/\gamma)$. Après détermination de l'excitation pour la sous-trame, les états initiaux de ce filtre sont remis à jour comme expliqué au A.3.10.

Le signal résiduel $r(n)$, qui est nécessaire pour trouver le vecteur cible, est également utilisé lors de l'exploration du répertoire codé adaptatif pour aller au-delà de la mémoire tampon contenant l'excitation déjà enregistrée. Le calcul du signal résiduel de prédiction linéaire est donné dans l'équation (A.3).

A.3.7 Exploration du répertoire codé de séquences adaptatives

La structure du répertoire codé de séquences adaptatives est la même qu'au 3.7/G.729. Dans la première sous-trame, on utilise un délai tonal fractionnaire T_1 avec une résolution de $1/3$ dans l'étendue $\left[19\frac{1}{3}, 84\frac{2}{3}\right]$ et avec seulement des entiers dans l'étendue [85, 143]. Pour la deuxième sous-trame, un délai tonal fractionnaire T_2 avec une résolution de $1/3$ est toujours utilisé dans l'étendue $\left[\text{int}(T_1) - 5\frac{2}{3}, \text{int}(T_1) + 4\frac{2}{3}\right]$, où $\text{int}(T_1)$ est le module entier du délai tonal fractionnaire T_1 de la première sous-trame. Cette étendue est adaptée aux cas où le délai T_1 chevauche une des bornes.

Les bornes de l'étendue d'exploration, t_{min} et t_{max} pour les deux sous-trames sont déterminées comme indiqué au 3.7/G.729.

La recherche du délai tonal en boucle fermée est habituellement effectuée par maximisation du terme suivant:

$$R(k) = \frac{\sum_{n=0}^{39} x(n)y_k(n)}{\sqrt{\sum_{n=0}^{39} y_k(n)y_k(n)}} \quad (\text{A.6})$$

où $x(n)$ est le signal cible et où $y_k(n)$ est la dernière excitation filtrée au délai k [excitation précédente convoluée avec le signal $h(n)$]. Afin de simplifier la recherche dans cette version à complexité réduite, seul le numérateur de l'équation (A.6) est maximisé. C'est-à-dire que le terme:

$$R_N(k) = \sum_{n=0}^{39} x(n)y_k(n) = \sum_{n=0}^{39} x_b(n)u_k(n) \quad (\text{A.7})$$

est maximisé, où $x_b(n)$ est le signal cible différé après filtrage (corrélation entre le signal $x(n)$ et la réponse impulsionnelle $h(n)$) et où $u_k(n)$ est l'excitation antérieure au délai k ($u(n-k)$). On notera que l'étendue d'exploration est limitée de part et d'autre d'une valeur présélectionnée, qui est le délai tonal en boucle ouverte, T_{op} , pour la première sous-trame, et qui est T_1 pour la deuxième sous-trame.

A noter également que, dans l'étape d'exploration, les impulsions $u(n)$, $n = 0, \dots, 39$ ne sont pas connues mais sont nécessaires pour les délais tonaux inférieurs à 40. Pour simplifier l'exploration, le signal résiduel de prédiction linéaire est copié selon les impulsions $u(n)$.

Pour la détermination des délais T_2 et T_1 , si la valeur entière du délai optimal en boucle fermée est inférieure à 85, il faut tester les valeurs fractionnaires de part et d'autre de cette valeur entière. La recherche des valeurs tonales fractionnaires est effectuée par interpolation du signal d'excitation antérieure aux fractions $-\frac{1}{3}$, 0 et $\frac{1}{3}$ puis par sélection de la fraction qui maximise la corrélation normalisée de l'équation (A.7). Le signal interpolé d'excitation antérieure à un délai entier k et à une fraction t est donné par:

$$u_{kt}(n) = \sum_{i=0}^9 u(n-k+i)b_{30}(t+3i) + \sum_{i=0}^9 u(n-k+1+i)b_{30}(3-t+3i), \quad n = 0, \dots, 39, \quad t = 0, 1, 2 \quad (\text{A.8})$$

A.3.7.1 Construction du vecteur de répertoire codé adaptatif

Comme au 3.7.1/G.729.

A.3.7.2 Calcul du mot de code pour les délais de répertoire codé adaptatif

Comme au 3.7.2/G.729.

A.3.7.3 Calcul du gain par répertoire codé adaptatif

Comme au 3.7.3/G.729.

A.3.8 Structure et exploration du répertoire codé de séquences fixes

La structure du répertoire de séquences algébriques codées sur 17 bits est la même qu'au 3.8/G.729.

A.3.8.1 Procédure d'exploration du répertoire codé de séquences fixes

Les signes des impulsions sont trouvés au moyen de la méthode exposée au 3.8.1/G.729. Les positions des impulsions sont toutefois obtenues par un moyen plus efficace. Au lieu d'une exploration focalisée à boucles imbriquées, on fait appel à une recherche itérative directe à chaque niveau de complexité d'une arborescence. Dans cette nouvelle méthode, on teste un plus petit nombre de combinaisons de positions impulsionsnelles, à un niveau de complexité fixe.

A.3.8.2 Calcul des mots de code du répertoire codé de séquences fixes

Comme au 3.8.2/G.729.

A.3.9 Quantification des gains

Comme au 3.9/G.729.

A.3.10 Mise à jour de la mémoire

Une mise à jour des états des filtres de synthèse et de pondération est nécessaire pour calculer le signal cible dans la sous-trame suivante. Une fois les deux gains quantifiés, on obtient le signal d'excitation, $u(n)$, dans la sous-trame présente, au moyen de la relation suivante:

$$u(n) = \hat{g}_p v(n) + \hat{g}_c c(n), \quad n = 0, \dots, 39 \quad (\text{A.9})$$

où \hat{g}_p et \hat{g}_c sont, respectivement, le gain quantifié par répertoire adaptatif et le gain quantifié par répertoire fixe, où $v(n)$ est le code vectoriel du répertoire adaptatif (après interpolation de l'excitation antérieure), et où $c(n)$ est le code vectoriel du répertoire fixe après renforcement des composantes harmoniques. On peut mettre à jour les états des filtres en faisant passer le signal différentiel $r(n) - u(n)$, (entre signal résiduel et signal d'excitation) par le filtre $1/\hat{A}(z/\gamma)$ pour la sous-trame de 40 échantillons, puis en sauvegardant les états de ces filtres. Une méthode plus simple, n'exigeant aucune opération sur filtre, est la suivante. La sortie du filtre, due au signal d'entrée $r(n) - u(n)$, est le signal d'erreur pondéré $e_w(n)$ que l'on peut trouver comme suit:

$$e_w(n) = x(n) - \hat{g}_p y(n) - \hat{g}_c z(n) \quad (\text{A.10})$$

où $x(n)$ est le signal cible, $y(n)$ est le vecteur filtré du répertoire de séquences adaptatives codées et $z(n)$ est le vecteur filtré du répertoire de séquences fixes codées. Etant donné que les signaux $x(n)$, $y(n)$ et $z(n)$ sont disponibles, on met à jour les états du filtre de pondération en calculant l'erreur $e_w(n)$ comme dans l'équation (A.10) pour $n = 30, \dots, 39$.

A.4 Description fonctionnelle du décodeur

Le principe du décodeur est décrit dans la Figure 3/G.729. Les paramètres transmis sont énumérés dans le Tableau 8/G.729. Ces paramètres, une fois décodés, servent à calculer le signal vocal reconstitué, qui est ensuite amélioré par une opération de post-traitement qui met en oeuvre un postfiltre, un filtre passe-haut et un suréchantillonnage (voir A.4.2). La Figure 6/G.729 montre sous forme schématique détaillée le flux de signaux du décodeur.

La seule modification apportée au décodeur concerne le postfiltre, qui est décrit au A.4.2.

A.4.1 Procédure de décodage des paramètres

Comme au 4.1/G.729.

A.4.2 Post-traitement

Comme au 4.2/G.729, sauf une certaine simplification apportée au postfiltre adaptatif.

Le postfiltre adaptatif est le montage en cascade de trois filtres: un postfiltre à long terme $H_p(z)$, un postfiltre à court terme $H_f(z)$ et un filtre de compensation des écarts de niveau à court terme $H_t(z)$, suivi d'une procédure de commande du gain adaptatif. Le postfiltre à long terme est simplifié par l'emploi exclusif de valeurs entières pour le délai. Dans le postfiltre à court terme et dans le filtre de compensation, on n'utilise pas les termes de gain g_f et g_t .

Le processus de postfiltrage est similaire à celui qui est décrit dans la Recommandation G.729; la seule différence est que le filtrage de compensation est exécuté avant le filtrage de synthèse dans le filtre $1/\hat{A}(z/\gamma_d)$.

A.4.2.1 Postfiltre à long terme

Le postfiltre à long terme est donné par l'équation suivante:

$$H_p(z) = \frac{1}{1 + \gamma_p g_l} (1 + \gamma_p g_l z^{-T}) \quad (\text{A.11})$$

La seule différence par rapport au 4.2.1/G.729 est que le délai à long terme T a toujours une valeur entière et qu'il est calculé par exploration de l'intervalle $[T_{ct} - 3, T_{ct} + 3]$, où le terme T_{ct} est la partie entière du délai tonal (émis) dans la sous-trame actuelle, est inférieur ou égal à 140.

A.4.2.2 Postfiltre à court terme

Le postfiltre à court terme est donné par l'équation suivante:

$$H_f(z) = \frac{\hat{A}(z/\gamma_n)}{\hat{A}(z/\gamma_d)} = \frac{1 + \sum_{i=1}^{10} \gamma_n^i \hat{a}_i z^{-i}}{1 + \sum_{i=1}^{10} \gamma_d^i \hat{a}_i z^{-i}} \quad (\text{A.12})$$

où $\hat{A}(z)$ est le filtre inverse des valeurs LP quantifiées reçues (l'analyse de prédiction linéaire n'est pas effectuée dans le décodeur) et où les facteurs γ_n et γ_d déterminent l'intensité du postfiltrage à court terme et sont réglés aux valeurs suivantes: $\gamma_n = 0,55$ et $\gamma_d = 0,7$.

La seule différence par rapport au 4.2.2/G.729 est que le facteur de gain g_f est éliminé.

A.4.2.3 Compensation des écarts de niveau à court terme

Le filtre $H_t(z)$ compense les écarts de niveau dans le postfiltre à court terme $H_f(z)$ et est donné par:

$$H_t(z) = 1 + \gamma_t k_1' z^{-1} \quad (\text{A.13})$$

où $\gamma_t k_1'$ est un facteur d'écart, k_1' étant le premier coefficient de réflexion calculé comme suit:

$$k_1' = -\frac{r_h(1)}{r_h(0)}; \quad r_h(i) = \sum_{j=0}^{21-i} h_f(j) h_f(j+i) \quad (\text{A.14})$$

où $h_f(n)$ est la réponse impulsionnelle tronquée du filtre $\hat{A}(z/\gamma_n)/\hat{A}(z/\gamma_d)$. On utilise la valeur $\gamma_t = 0,8$ si $k_1' < 0$ et γ_t est mis à zéro si $k_1' \geq 0$. Le facteur de gain g_t (utilisé au 4.2.3/G.729) est éliminé.

A.4.2.4 Commande de gain adaptatif

Comme au 4.2.4/G.729. La seule différence est que le facteur de normalisation par le gain, G , est calculé comme suit pour la sous-trame actuelle:

$$G = \sqrt{\frac{\sum_{n=0}^{39} \hat{s}^2(n)}{\sum_{n=0}^{39} sf^2(n)}} \quad (\text{A.15})$$

et $g^{(n)}$ est donné par:

$$g^{(n)} = 0,9 g^{(n-1)} + 0,1G, \quad n = 0, \dots, 39$$

A.4.2.5 Filtrage passe-haut et suréchantillonnage

Comme au 4.2.5/G.729.

A.4.3 Initialisation du codeur et du décodeur

Comme au 4.3/G.729.

A.4.4 Masquage des trames effacées

Comme au 4.4/G.729.

Comme au 4.4/G.729 à la différence près qu'on n'utilise pas de détection des éléments voisés. L'excitation correspond toujours à la somme des contributions du répertoire codé adaptatif et du répertoire codé fixe.

A.5 Description au bit près du codeur CS-ACELP simplifié

Le codeur CS-ACELP simplifié est simulé en code C de l'ANSI en arithmétique à virgule fixe et mots de 16 bits, au moyen de l'ensemble d'opérateurs de base en virgule fixe qui est défini dans le Tableau 11/G.729.

A.5.1 Utilisation du logiciel de simulation

Comme au 5.1/G.729.

A.5.2 Organisation du logiciel de simulation

Comme au 5.2/G.729.

Les tables utilisées par le codec de simulation se trouvent dans le fichier **tab_1d8a.c**, qui remplace le fichier **tab_1d8k.c** de la Recommandation proprement dite. La différence entre ces deux fichiers est que le fichier **tab_1d8a.c** ne contient plus les tables **tab_hup_s**, **tab_hup_1** et **inter_3** qui se trouvent dans le fichier **tab_1d8k.c**. De même, la table **grid** a été modifiée.

Les programmes principaux font appel à une bibliothèque de routines qui sont fournies dans la simulation en code C ANSI à virgule fixe. La plupart de ces routines sont celles qui figurent dans la Recommandation proprement dite. Le Tableau A.1 résume les principales routines qui ont été modifiées. On trouvera de plus amples détails dans le fichier **read.me** qui est fourni avec le logiciel.

SERIES DES RECOMMANDATIONS UIT-T

Série A	Organisation du travail de l'UIT-T
Série B	Moyens d'expression
Série C	Statistiques générales des télécommunications
Série D	Principes généraux de tarification
Série E	Réseau téléphonique et RNIS
Série F	Services de télécommunication non téléphoniques
Série G	Systèmes et supports de transmission
Série H	Transmission des signaux autres que téléphoniques
Série I	Réseau numérique à intégration de services
Série J	Transmission des signaux radiophoniques et télévisuels
Série K	Protection contre les perturbations
Série L	Construction, installation et protection des câbles et autres éléments des installations extérieures
Série M	Maintenance: systèmes de transmission, de télégraphie, de télécopie, circuits téléphoniques et circuits loués internationaux
Série N	Maintenance: circuits internationaux de transmission radiophonique et télévisuelle
Série O	Spécifications des appareils de mesure
Série P	Qualité de transmission téléphonique
Série Q	Commutation et signalisation
Série R	Transmission télégraphique
Série S	Equipements terminaux de télégraphie
Série T	Equipements terminaux et protocoles des services télématiques
Série U	Commutation télégraphique
Série V	Communications de données sur le réseau téléphonique
Série X	Réseaux pour données et communication entre systèmes ouverts
Série Z	Langages de programmation