



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

UIT-T

J.81

(ex CMTT.723)

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

(09/93)

**TRANSMISSIONS RADIOPHONIQUES
ET TÉLÉVISUELLES**

**TRANSMISSION DES SIGNAUX DE
TÉLÉVISION NUMÉRIQUES CODÉS
EN COMPOSANTES POUR LES APPLICA-
TIONS DE QUALITÉ CONTRIBUTION AU
TROISIÈME NIVEAU DE LA HIÉRARCHIE
NUMÉRIQUE DE LA RECOMMANDATION
UIT-T G.702**

Recommandation UIT-T J.81

(Antérieurement «Recommandation UIT-R CMTT.723»)

AVANT-PROPOS

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

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

La Recommandation révisée UIT-T J.81 (anciennement Recommandation CMTT.723 de l'UIT-R), élaborée par l'ancienne Commission d'études CMTT de l'UIT-R, a été approuvée selon les procédures de la Résolution 97 du CCIR le 8 septembre 1993. Voir la Note 1 ci-après.

NOTES

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

Suivant la décision commune de la Conférence mondiale de normalisation des télécommunications, Helsinki, mars 1993, et de l'Assemblée des radiocommunications, Genève, novembre 1993, la Commission d'études CMTT de l'UIT-R a été transférée à l'UIT-T en tant que Commission d'études 9, hormis les études relatives aux reportages d'actualité par satellite qui ont été transférées à la Commission d'études 4 de l'UIT-R.

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

© 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>
Annexe A – Codage numérique des signaux de télévision en composantes pour les applications de qualité contribution à environ 34 ou 45 Mbit/s.....	1
A.1 Objet	1
A.2 Recommandations et normes	2
A.3 Définitions, symboles et abréviations	2
A.4 Résumé de la spécification des codecs de télévision en composantes pour des débits de 34 ou 45 Mbit/s environ.....	3
A.5 Codage vidéo et transformée discrète en cosinus (DCT).....	3
A.6 Quantification des coefficients DCT	10
A.7 Codage à longueur variable pour les coefficients de la DCT et les variations du vecteur mouvement	17
A.8 Mise en trame vidéo et correction des erreurs sans voie de retour	22
A.9 Services additionnels	27
A.10 Multiplex de services	36
A.11 Adaptation au réseau.....	40
A.12 Embrouillage pour l'accès conditionnel des données transmises	44
Appendice I – Directives pour la mise en œuvre	55
I.1 Introduction	55
I.2 Choix du mode.....	55
I.3 Stratégie de rafraîchissement	55
I.4 Estimation du mouvement	55
I.5 Troncature ou arrondi des coefficients	55
I.6 Régulation de la mémoire tampon	55
I.7 Criticallité	55
I.8 Dissimulation des erreurs.....	56
I.9 Transmission de signaux composites.....	56
Appendice II – Résultats des essais de codec à 34 Mbit/s.....	56
II.1 Codec essayé.....	56
II.2 Essais réalisés et méthodes d'essais utilisées	57
II.3 Essais subjectifs	61
II.4 Résultats des essais subjectifs.....	62
II.5 Résultats des essais sur le temps de récupération du codec	65
II.6 Observations complémentaires	65
II.7 Conclusions	65
Références	66

**TRANSMISSION DES SIGNAUX DE TÉLÉVISION NUMÉRIQUES CODÉS EN
COMPOSANTES POUR LES APPLICATIONS DE QUALITÉ CONTRIBUTION
AU TROISIÈME NIVEAU DE LA HIÉRARCHIE NUMÉRIQUE DE LA
RECOMMANDATION UIT-T G.702**

(1990, révisée 1993)

L'UIT-R,

considérant

- (a) que, pour les applications de qualité contribution, la transmission doit s'effectuer avec des signaux vidéo numériques à codage en composantes conformes à la Recommandation UIT-R BT.601;
- (b) que cette transmission répondra aux besoins des usagers en ce qui concerne les codecs de qualité contribution à environ 34 ou 45 Mbit/s spécifiés par la Commission d'études 11 des radiocommunications;
- (c) que, conformément aux besoins des usagers, cette transmission doit garantir, dans la mesure du possible, la qualité de l'image offerte par la méthode de codage 4:2:2 de la Recommandation UIT-R BT.601, en tenant compte du débit binaire disponible pour l'utilisateur;
- (d) que cette transmission doit également garantir les possibilités de traitement vers l'aval, en maintenant la résolution spatiale et temporelle des signaux 4:2:2 indiquée dans la Recommandation UIT-R BT.601;
- (e) qu'il convient de prévoir une capacité de transmission supplémentaire pour les voies son stéréo, les signaux auxiliaires (par exemple, les signaux télétexte et les signaux d'essai) et les données d'accompagnement de protection contre les erreurs;
- (f) que, en utilisant des techniques appropriées de réduction du débit binaire, ces objectifs pourront sans doute être atteints moyennant un niveau de complexité et un coût acceptables pour des débits binaires de l'ordre de 34 ou 45 Mbit/s,

recommande

1 que l'on utilise, pour la transmission des signaux vidéo numériques à codage en composantes conformes à la Recommandation UIT-R BT.601, et aux débits binaires du troisième niveau hiérarchique de la Recommandation UIT-T G.702, un codec de réduction du débit binaire ayant les caractéristiques indiquées dans l'Annexe A.

Annexe A

Codage numérique des signaux de télévision en composantes pour les applications de qualité contribution à environ 34 ou 45 Mbit/s

(Cette annexe fait partie intégrante de la présente Recommandation)

A.1 Objet

La présente annexe définit une norme commune pour le codage et la transmission de signaux de télévision en composantes à des débits binaires d'environ 34 ou 45 Mbit/s au format que spécifie la Recommandation UIT-R BT.601 [1]. La norme concerne l'algorithme de codage permettant de coder numériquement l'image à environ 34 et 45 Mbit/s et

¹⁾ Antérieurement Recommandation UIT-R CMTT.723.

les interfaces avec le réseau de transmission. Les algorithmes de codage de la vidéo se fondent sur un schéma de prédiction/transformation hybride qui comprend le codage à longueur de mots variable (VLC), la synchronisation et la mise en trame vidéo. On a aussi prévu la transmission de services son et télétexte qui accompagnent la vidéo et le recours à l'embrouillage pour l'accès conditionnel.

On spécifie l'adaptation du réseau aux hiérarchies numériques tant plésiochrones que synchrones.

A.2 Recommandations et normes

On trouvera en A.13 une liste des Recommandations de l'UIT ainsi que des Normes de l'ISO et des Publications de la CEI citées dans le présent texte.

A.3 Définitions, symboles et abréviations

A.3.1 Opérations arithmétiques

+	Addition
-	Soustraction ou négation
×	Multiplication
/	Division euclidienne
Σ	Somme
LCM	Plus petit commun multiple
XOR	Opération binaire OU exclusif (addition modulo 2)

A.3.2 Relations

=	Egal
≠	Différent
>	Plus grand que
<	Plus petit que
≥	Supérieur ou égal à
≤	Inférieur ou égal à

A.3.3 Abréviations courantes et utilisation

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

Binaire	Système numérique en base 2
Hexadécimal	Système numérique en base 16. A l'écriture on remplace les nombres décimaux 10 à 15 par les lettres A à F
XY hex	Valeurs exprimées sous forme hexadécimale
Bit	Contraction des mots «binary digit» (chiffre binaire)
Mot	Groupe ou séquence de bits pris ensemble
Octet	Séquence de 8 bits traitée comme un groupe de données ou un mot
MSB	Bit de plus fort poids (<i>most significant bit</i>) d'un mot ou octet de bits
LSB	Bit de plus faible poids (<i>least significant bit</i>) d'un mot ou octet de bits
Y	Signal ou échantillon de luminance
R	Signal de chrominance rouge
B	Signal de chrominance bleu
C _R	Signal de différence de couleur normé ou échantillon Y-R
C _B	Signal de différence de couleur normé ou échantillon Y-B
PLL	Boucle à asservissement de phase (<i>phase locked loop</i>)
FEC	Correction des erreurs sans voie de retour (<i>forward error correction</i>)
ATM	Mode de transfert asynchrone (<i>asynchronous transfer mode</i>)

SDH	Hiérarchie numérique synchrone (<i>synchronous digital hierarchy</i>)
PDH	Hiérarchie numérique plésiochrone (<i>plesiochronous digital hierarchy</i>)
PAL	Initiales de (<i>phase alternate line</i>), système composite analogique pour transmission de la couleur
SECAM	Initiales de séquentiel de couleur à mémoire (<i>sequential colour with memory</i>), système composite analogique pour transmission de la couleur
NTSC	Initiales du (<i>national television system committee</i>) qui a mis au point un système composite analogique pour transmission de la couleur qu'utilisent la plupart des pays à norme de balayage 525 lignes 60 Hz
MAC	Initiales de (<i>multiplexed analogue components</i>). Système analogique de transmission de la couleur en composantes. Précédé en général de lettres ou de nombres qui désignent une variante
FSW	Mot de synchronisation de trame (<i>frame synchronization word</i>)
VLC	Codage à longueur de mots variable [<i>variable length (word) coding</i>]
CIW	Mot d'identification du conteneur (<i>container identification word</i>)
CW	Mot de contrôle (<i>control word</i>)
ECM	Message de contrôle des titres d'accès (<i>entitlement control message</i>)
ECW	Mot de contrôle pair (<i>even control word</i>)
EMM	Message de gestion des titres d'accès (<i>entitlement management message</i>)
PRG	Générateur (de séquence) pseudo-aléatoire [<i>pseudo-random (sequence) generator</i>]
IW	Mot d'initialisation (<i>initialization word</i>) que l'on charge dans les générateurs de séquences pseudo-aléatoires en vue du désembrouillage
OCW	Mot de contrôle impair (<i>odd control word</i>)
PPI	Identificateur de parité de phase (<i>phase parity identifier</i>) indiquant le mot de contrôle à utiliser pour le désembrouillage

Les autres abréviations et termes spécialisés sont relevés quand ils apparaissent dans cette Annexe.

A.4 Résumé de la spécification des codecs de télévision en composantes pour des débits de 34 ou 45 Mbit/s environ

Voir le Tableau A.1.

A.5 Codage vidéo et transformée discrète en cosinus (DCT)

A.5.1 Modes de codage

Deux modes de traitement sont utilisés:

A.5.1.1 Mode intratrame

Voir la Figure A.1.

A.5.1.2 Mode intertrame et interimage

Voir la Figure A.2.

A.5.1.3 Définition des différents modules

DCT	Ce module effectue la transformée discrète en cosinus (DCT) (<i>discrete cosine transformation</i>) (pour blocs 8×8).
IDCT	Ce module effectue la DCT inverse (<i>inverse discrete cosine transformation</i>) (pour blocs 8×8).
Q	Module de quantification (voir A.6).

TABLEAU A.1/J.81

**Résumé de la spécification des codecs de télévision en composantes
pour des débits de 34 ou 45 Mbit/s environ**

Entrée/sortie vidéo	Norme	Vidéo numérique à 525 lignes ou à 625 lignes à codage en composantes. Sélection manuelle ou automatique de la norme vidéo, à la discrétion du constructeur (Note 1)
	Codage	Niveau 4:2:2 de la Recommandation UIT-R BT.601 ^{a)}
	Interface	Série binaire (interface série, 10 bits, 270 Mbit/s). Des interfaces parallèles binaires conformes à la Recommandation UIT-R BT.656 ^{a)} [9] sont aussi fournies
Traitement préalable du signal	Horizontal	Ligne numérique active complète de 720 échantillons de luminance (Y) et 360 échantillons pour chacun des signaux de différence de couleur (C_R , C_B)
	Vertical	525 lignes: 248 lignes par trame (Note 2) Trame 1: lignes 16 à 263 Trame 2: lignes 278 à 525 625 lignes: 288 lignes par trame Trame 1: lignes 23 à 310 Trame 2: lignes 336 à 623
	Représentation numérique	La dynamique de valeurs des échantillons numériques à l'entrée de Y , C_R et C_B est conforme à la Recommandation UIT-R BT.601 ^{a)} . Pour les besoins du traitement dans le codec, les échantillons sont exprimés sous la forme de nombres entiers de 8 bits en complément à 2
Codage	Modes	Trois modes sont utilisés: intratrame, intertrame et interimage à compensation du mouvement. On applique les trois types de traitement ci-après sur 8×8 blocs intratrame (mode intratrame) ou sur des blocs différentiels obtenus par la différence entre le bloc en cours (8×8 intratrame) et un bloc de référence choisi dans la trame précédente (mode intertrame) ou dans la trame de l'image précédente ayant la même parité (mode interimage) (voir A.5.1)
	DCT	La transformée discrète en cosinus (DCT) s'applique à des blocs rectangulaires de 8 lignes composées de 8 échantillons pour chacune des trois composantes Y , C_R et C_B (voir A.5.2)
	Prédiction du bloc	Pour chaque bloc traité conformément au mode intertrame, on détermine le bloc de référence à l'aide des pixels de la trame précédente, sans compensation du mouvement. Pour chaque bloc traité suivant le mode interimage, on choisit le bloc de référence d'après la position du bloc en cours, en utilisant un vecteur de déplacement (voir A.5.3)
	Compensation du mouvement	La compensation du mouvement est appliquée à des macroblocs. On attribue à chaque macrobloc (deux blocs adjacents 8×8 pour Y et les deux blocs C_R et C_B situés au même endroit) un seul vecteur de déplacement avec une précision de 1/2 pixel (voir A.5.4)
	Quantification	On utilise une caractéristique de quantification distincte pour chaque coefficient. Ses paramètres sont adaptés au contenu de la mémoire tampon, au type de bloc (luminance/chrominance) et au niveau critique du bloc. La caractéristique est presque uniforme (voir A.6)
	Codage de longueur variable	On utilise des codages de longueur variable pour coder les coefficients DCT quantifiés et l'information de mouvement (voir A.7)
Capacité de la mémoire tampon		1 572 864 bits
Trame de multiplexage vidéo		(Voir A.8)
Protection des données vidéo contre les erreurs		Reed Solomon (255,239) (facteur d'entrelacement 6) (voir A.8.2)

TABLEAU A.1/J.81 (fin)

Résumé de la spécification des codecs de télévision en composantes pour des débits de 34 ou 45 Mbit/s environ

Multiplex de services	(Voir A.10) Il s'y combine: – une voie vidéo – voie(s) audio à 2048 kbit/s ou à 1544 kbit/s (Note 3) – voie(s) télétexte à 384 kbit/s (voir A.9.3) – voie ligne d'essai à 128 kbit/s (voir A.9.4) – voies de contrôle à 8 kbit/s (voir A.9.2) – 2 voies pour accès conditionnel à 8 kbit/s – 2 voies code temporel à 8 kbit/s (voir A.9.5)
Adaptation au réseau	Adaptation aux Recommandations UIT-T G.751 [2], UIT-T G.752 ^{b)} [3] et aux Recommandations UIT-T G.707 [4], UIT-T G.708 [5], UIT-T G.709 ^{b)} [6] relatives au SDH (voir A.11)
Embrouillage pour accès conditionnel	(Voir A.12)
<p>a) Antérieurement Recommandations 601 et 656 du CCIR.</p> <p>b) Antérieurement Recommandations G.751, G.752, G.707, G.708 et G.709 du CCITT.</p> <p>NOTES</p> <p>1 Au moyen de codeurs et de décodeurs en option, ce codec peut traiter les émissions PAL/SECAM/NTSC.</p> <p>2 Seules 244 lignes par trame sont significatives; les lignes 16, 17, 18, 19 et 278, 279, 280, 281 sont codées mais ne sont pas affichées.</p> <p>3 La présente Recommandation ne traite pas le codage ni la protection contre les erreurs des voies son.</p>	

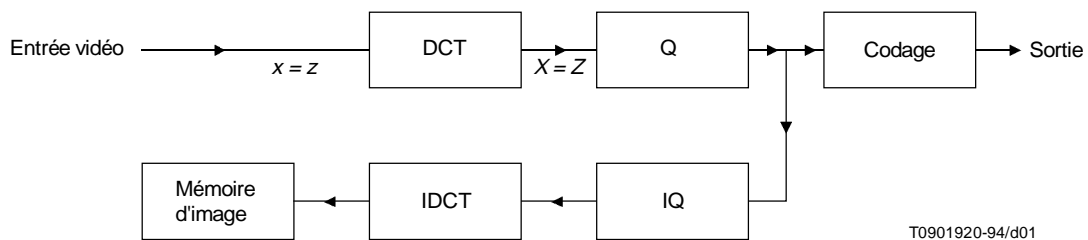


FIGURE A.1/J.81
Mode intratrame

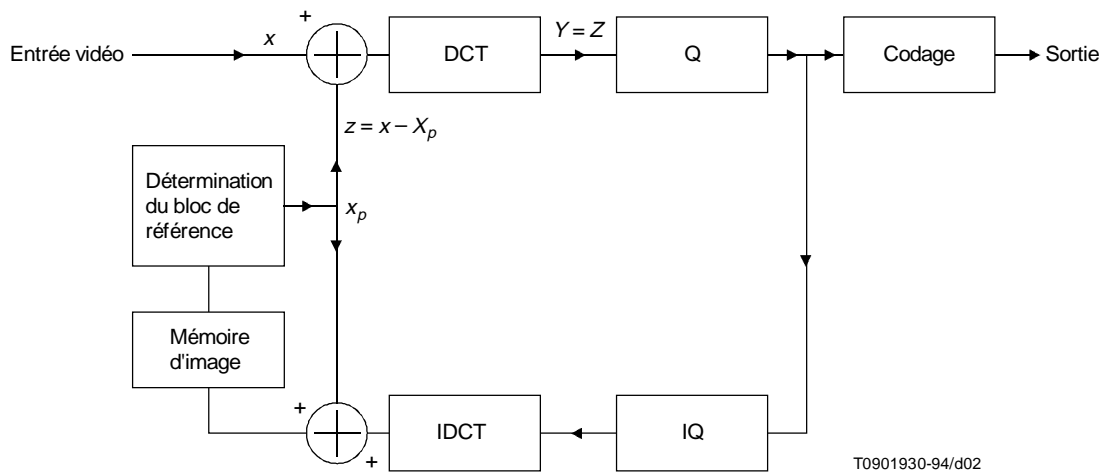


FIGURE A.2/J.81
Mode intertrame et interimage

- IQ** Ce module constitue un bloc de coefficients DCT à partir des informations correspondantes transmises, en assignant aux coefficients les valeurs de reconstruction correspondant aux niveaux de quantification transmis (voir A.6).
- Codage** (Voir A.7.)
- Mémoire d'image** Ce module fournit un stockage pour:
- la trame décodée en cours. Cette trame sert de référence pour coder l'image suivante;
 - les deux dernières trames précédemment décodées, qui servent à déterminer le bloc de référence actuel.
- Pour le mode intertrame** Le bloc de référence est calculé avec des pixels de la trame précédente, selon le processus d'interpolation décrit en A.5.3.
- Pour le mode interimage** Le bloc de référence est pris dans la trame de l'image précédente ayant la même parité que la trame en cours. Sa position est obtenue à partir de la position du bloc en cours par translation, au moyen d'un vecteur de mouvement. La spécification du vecteur de mouvement est donnée en A.5.4. Le calcul exact du bloc de référence pour le mode interimage est présenté en A.5.3.

A.5.1.4 Notations

- $x(i, j)$ Bloc de 8×8 pixels
- $x_p(i, j)$ Bloc de référence 8×8
- $z(i, j)$ = $x(i, j)$ pour le mode intratrame
= $x(i, j) - x_p(i, j)$ pour le mode intertrame ou interimage
- $X(k, l)$ Bloc de 8×8 coefficients DCT en mode intratrame
- $Y(k, l)$ Bloc de 8×8 coefficients DCT en mode intertrame ou interimage
- $Z(k, l)$ = $X(k, l)$ pour le mode intratrame
= $Y(k, l)$ pour le mode intertrame ou interimage

- (i, j) Coordonnées dans le domaine image:
 i : indice de ligne (intervalle de variation: 0 à 7 de gauche à droite)
 j : indice de colonne (intervalle de variation: 0 à 7 de haut en bas)
- (k, l) Coordonnées dans le domaine transformé:
 k : indice de ligne (intervalle de variation: 0 à 7)
 l : indice de colonne (intervalle de variation: 0 à 7)

A.5.1.5 Choix du mode

Le mode choisi (intraframe, interframe ou interimage) est codé et transmis pour chaque macrobloc traité (voir A.8.1). Aucune spécification n'est nécessaire pour le choix du mode, puisqu'il concerne seulement le codeur.

Le schéma interframe et interimage présenté à la Figure A.2 permet d'utiliser un choix *a priori* (décision prise avant les étapes de codage) ou *a posteriori* (décision prise après avoir codé les blocs selon les deux modes).

Dans les modes inter, les éléments $z(i, j)$ doivent se trouver compris entre $(-128, 127)$; le choix du mode est forcé, si nécessaire, pour satisfaire cette contrainte.

Pour éviter la propagation temporelle des effets des erreurs de transmission, il est recommandé d'utiliser un processus de rafraîchissement intraframe. Ce processus concerne uniquement le codeur et n'est pas spécifié.

A.5.2 Transformée discrète en cosinus

Pour chaque composante (Y, C_R, C_B), la transformée discrète en cosinus est appliquée à des blocs composés de huit lignes de huit échantillons. Les données à traiter sont, pour chaque bloc, les échantillons de la trame actuelle ou les différences entre les échantillons de la trame actuelle et ceux obtenus à partir d'un bloc de référence (voir A.5.3). La transformée directe est calculée selon la formule suivante:

$$Z(k, l) = \frac{1}{4} C_k C_l \sum_{i=0}^7 \sum_{j=0}^7 z(i, j) \cos \frac{\pi(2i+1)k}{16} \cos \frac{\pi(2j+1)l}{16}$$

et la transformée inverse est donnée par:

$$z(i, j) = \frac{1}{4} \sum_{k=0}^7 \sum_{l=0}^7 C_k C_l Z(k, l) \cos \frac{\pi(2i+1)k}{16} \cos \frac{\pi(2j+1)l}{16}$$

avec les conventions du A.5.1.4:

$$C_k = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}} & \text{pour } k = 0 \\ 1 & \text{ailleurs} \end{cases} \quad C_l = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}} & \text{pour } l = 0 \\ 1 & \text{ailleurs} \end{cases}$$

$Z(0,0)$ s'appelle le coefficient DC, les autres coefficients sont les coefficients AC.

Les données d'entrée de la DCT sont exprimées sous la forme de nombres entiers de 8 bits (signe compris) en complément à 2. Les données de sortie de la DCT sont exprimées sous la forme de nombres de 12 bits en complément à 2, la partie entière étant représentée sur 11 bits (signe compris).

La précision du calcul DCT inverse est conforme à celle qui est spécifiée dans la Recommandation H.261 [7].

A.5.3 Prédiction du bloc

A.5.3.1 Mode interframe

Le bloc de référence x_p pour le bloc actuel x de la trame N est calculé avec des pixels de la trame $N-1$ selon le schéma d'interpolation montré à la Figure A.3.

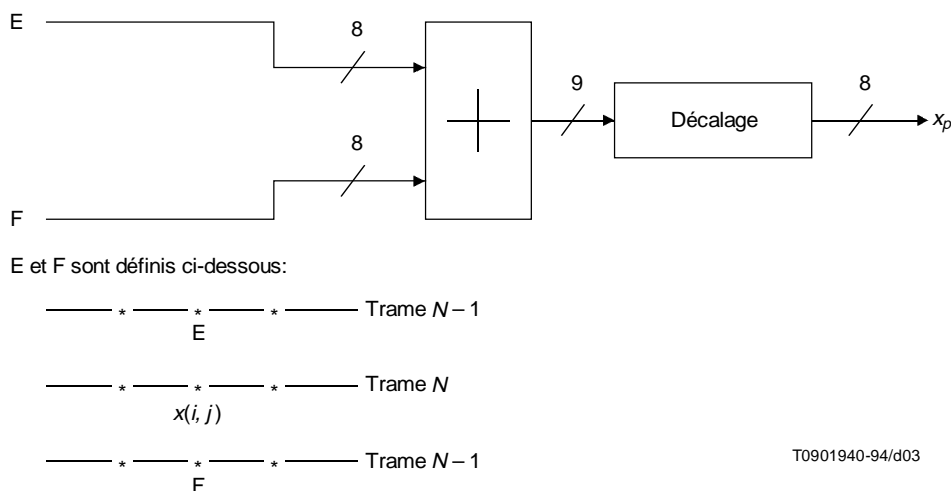


FIGURE A.3/J.81

Définition de E et F pour l'interpolation en mode intertrames

A.5.3.2 Mode interimage

La position du bloc de référence est obtenue à partir de la position du bloc en cours de traitement par translation. Pour la compensation de mouvement, le vecteur de translation (x, y) est celui qui est décrit en A.5.4.

Il n'y a pas d'ambiguïté dans la définition du bloc de référence quand les coordonnées (x, y) sont des nombres entiers. Si l'une des coordonnées a une partie fractionnaire non nulle, un schéma d'interpolation doit être utilisé pour construire le bloc de référence.

Ce schéma est décrit ci-dessous pour une précision de 1/2 pixel pour la luminance et de 1/4 de pixel pour la différence de couleur:

$$\begin{aligned}
 &A+ U. P. X. +B \\
 &Q. V. R. Y. .S \\
 &C+ W. T. Z. +D
 \end{aligned}$$

A, B, C, D Pixels reconstitués de l'image précédente (dans la trame de même parité).
 Coordonnées entières.

P, Q, R, S, T, U, Pixels interpolés de l'image précédente (dans la trame de même parité).
 V, W, X, Y, Z

Les valeurs attribuées aux pixels interpolés sont:

$$\begin{aligned}
 P &= [(A + B)/2] \\
 Q &= [(A + C)/2] \\
 R &= [(A + B + C + D)/4] \\
 U &= [(3A + B)/4] \\
 V &= [(3A + B + 3C + D)/8]
 \end{aligned}$$

comme illustré par la Figure A.4.

A.5.3.3 Niveau vidéo en dehors de l'image active

Dans la définition du bloc de référence donnée aux deux paragraphes précédents, les pixels en dehors de l'image active doivent être fixés à zéro, exprimés en complément à 2 (8 bits), comme le montre la Figure A.5.

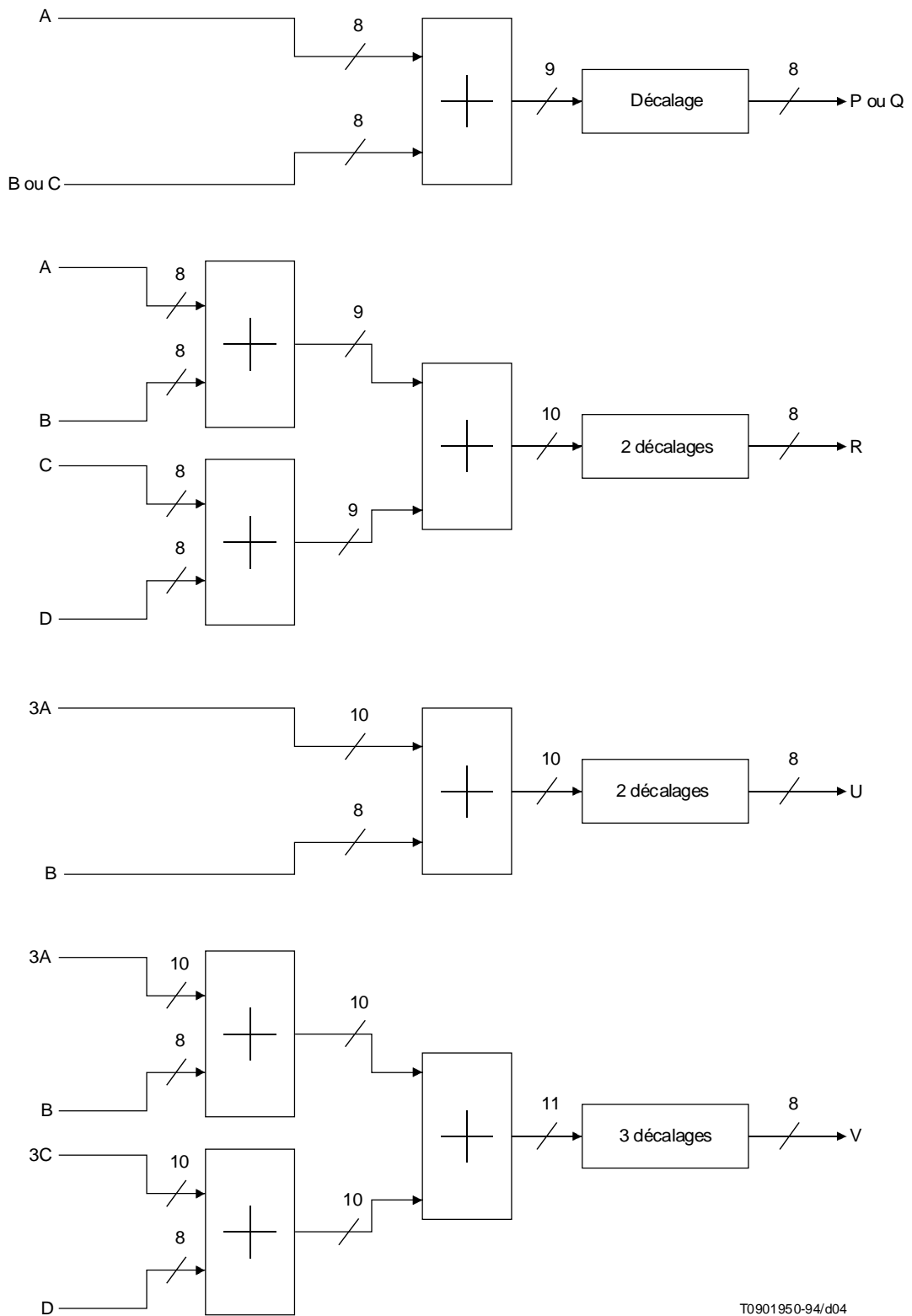


FIGURE A.4/J.81
Valeurs de pixels interpolés en mode interimage

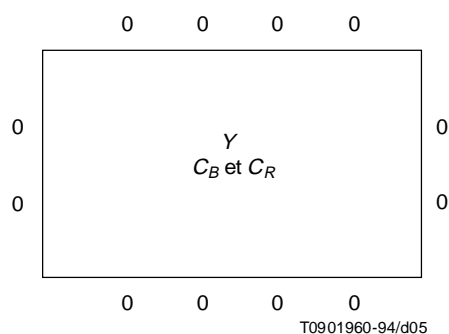


FIGURE A.5/J.81
Niveaux vidéo en dehors de l'image active

A.5.4 Compensation de mouvement

On utilise un seul vecteur de mouvement pour les blocs faisant partie d'un macrobloc. Les paramètres de la compensation de mouvement sont donnés au Tableau A.2:

TABLEAU A.2/J.81
Paramètres pour la compensation de mouvement

Zones de recherche	± 14 pixels et ± 7 lignes
Résolution	$\frac{1}{2}$ pixel et $\frac{1}{2}$ ligne
Nombre de vecteurs possibles	1653 (tous les vecteurs dans la zone de recherche sont autorisés)

La méthode d'estimation n'a pas besoin d'être spécifiée puisqu'elle concerne uniquement le codeur.

Le vecteur de mouvement se dirige vers le pixel de l'image précédente qui est utilisée pour la prédiction interimage.

On définit comme suit les composantes du vecteur:

- x croissant de gauche à droite, de -14 à $+14$;
- y croissant de haut en bas, de -7 à $+7$.

La composante x du vecteur est exprimée sous la forme d'un nombre comportant 6 bits en complément à 2, la partie entière étant représentée sur 5 bits (signe compris). La composante y est exprimée sous la forme d'un nombre comportant 5 bits en complément à 2, la partie entière étant représentée sur 4 bits (signe compris). Le codage de ces composantes est le codage différentiel à longueur variable décrit en A.7.

Le vecteur de mouvement à appliquer aux blocs C_R , C_B , est obtenu à partir du vecteur de mouvement de luminance du macrobloc de la manière suivante:

- la coordonnée verticale est identique à celle du vecteur de luminance;
- la coordonnée horizontale est égale à la moitié de celle du vecteur de luminance.

Conformément au A.5.3, on obtient les échantillons de chrominance aux quarts de points par interpolation.

A.6 Quantification des coefficients DCT

Les paragraphes A.6.1 et A.6.2 montrent comment calculer les paramètres nécessaires à l'utilisation du quantificateur inverse, qui est spécifié en A.6.3.

Les caractéristiques du quantificateur qui sont signalées au décodeur sont le facteur de transmission et la criticallité. Le facteur de transmission dépend de l'occupation de la mémoire tampon. Il est produit au niveau rangée, c'est-à-dire pour tous les macroblocs qui appartiennent à chaque groupe de 8 lignes vidéo.

La criticallité est produite au niveau macroblocs et permet de donner une précision de quantification distincte aux blocs appartenant à une seule rangée. Les critères de choix de la criticallité ne concernent que le codeur et ne sont pas spécifiés.

A.6.1 Quantification des coefficients AC

Une caractéristique de quantification différente est utilisée pour chaque coefficient. La quantification s'effectue en deux étapes.

A.6.1.1 Calcul des coefficients relatifs

$$C(k, l) = 2Z(k, l) / [S(k, l, m, f)]$$

où

$S(k, l, m, f)$: seuil de transmission pour les coefficients (k, l) et où $S(k, l, m, f)$ prend la forme:

$$S(k, l, m, f) = 2^{n(k, l, m, f)/16}$$

où

$n(k, l, m, f)$: nombre entier

$m = 0, 1, 2, 3$ selon la criticallité d'un bloc (facteur de criticallité)

f : facteur de transmission.

A.6.1.2 Quantification des coefficients relatifs

A.6.1.2.1 Caractéristique de quantification

Le Tableau A.3 définit les niveaux de quantification pour la loi quasi linéaire applicable aux informations de luminance et de chrominance. La loi de quantification est symétrique, de sorte que la caractéristique n'est présentée que pour les valeurs d'entrée positives.

TABLEAU A.3/J.81

Caractéristique quasi linéaire du quantificateur

Valeurs d'entrée $C(k, l)$ ou intervalles	Niveaux des quantificateurs	Valeurs quantifiées $C'(k, l)$ ^{a)}
0	0	0
1	1	1
2	2	2
:	:	:
255	255	255
256:257	256	256
258:259	257	:
:	:	:
510:511	383	510
512:515	384	513
516:519	385	:
:	:	:
1020:1023	511	1021
1024:1031	512	1027
1032:1039	513	:
:	:	:
2040:2047	639	2043

a) Sorties du quantificateur inverse.

A.6.1.2.2 Détermination de la matrice de seuil de transmission

La matrice S pour chaque composante dépend de la matrice de visibilité relative définie dans les Figures A.6 et A.7 pour les deux composantes et du facteur f (caractérisant la mémoire tampon) qui est émis avant chaque rangée de blocs DCT ainsi que du facteur m (criticallité) qui est émis pour chaque macrobloc.

$p_0(k, l)$	0	1	2	3	4	5	6	7
0	0	0	2	8	12	18	22	28
1	0	6	6	10	16	18	22	34
2	0	6	10	14	18	20	24	38
3	2	6	12	16	18	20	26	40
4	6	12	14	16	20	22	28	42
5	10	14	14	18	22	24	30	42
6	14	16	16	18	22	24	34	44
7	14	18	18	20	24	30	38	44

T0901970-94/d06

FIGURE A.6/J.81

Matrice de visibilité relative pour la luminance

La valeur de f est calculée compte tenu de l'occupation de la mémoire tampon de manière à donner un débit moyen n'excédant pas le débit disponible pour la vidéo dans le multiplex de transmission. Comme l'indique la Figure A.9, on peut transmettre différentes valeurs de f pour les composantes de luminance et de chrominance d'une série.

La valeur de m est codée avec deux bits par macrobloc.

Les modules qui effectuent le calcul de f et le choix de la valeur de m se trouvent uniquement dans le codeur et les informations correspondantes sont envoyées au décodeur.

En ce qui concerne les Figures A.8, A.9 et A.10, le paramètre de contrôle scalaire $n(k, l, m, f)$ pour chaque composante est obtenu de la manière suivante:

$$p(k, l, m) = \text{Min} [p_0(k, l) + Tr(m), Th(m)]$$

où

$p_0(k, l)$ est défini par les Figures A.6 et A.7; et

p : nombre entier compris entre 0 et 52.

$Tr(m)$ et $Th(m)$ sont des paramètres dépendant de la criticallité (m) et sont définis au Tableau A.4.

$\rho_0(k, l)$	1	2	3	4	5	6	7	8
0	0	0	3	4	6	8	8	11
1	0	1	2	3	6	8	9	13
2	2	2	3	4	7	9	10	16
3	3	4	5	5	8	10	12	16
4	5	6	6	7	9	11	13	17
5	8	7	9	9	11	14	16	21
6	10	11	11	11	14	16	19	24
7	12	12	12	12	17	18	20	26

T0901980-94/d07

FIGURE A.7/J.81
Matrice de visibilité relative pour la chrominance

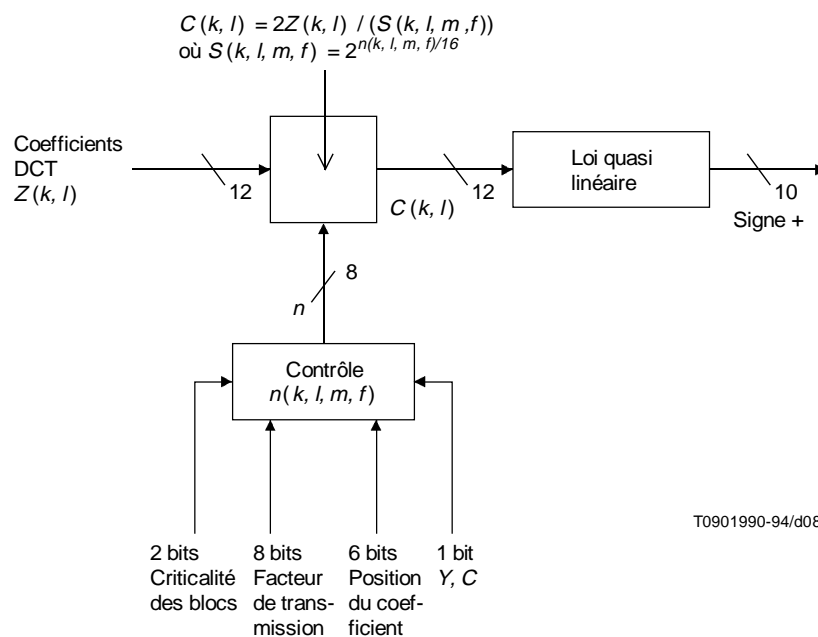


FIGURE A.8/J.81
Synoptique du quantificateur

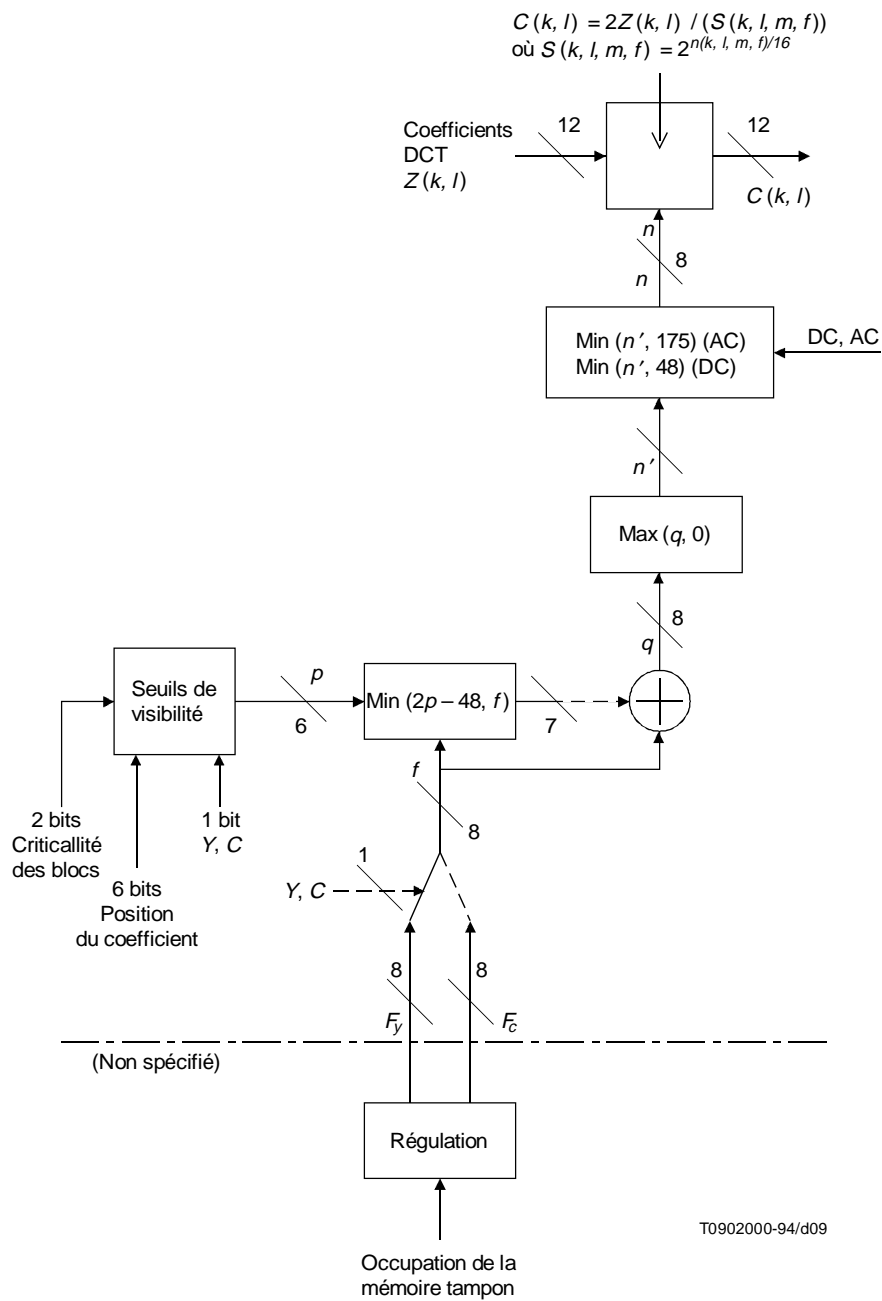
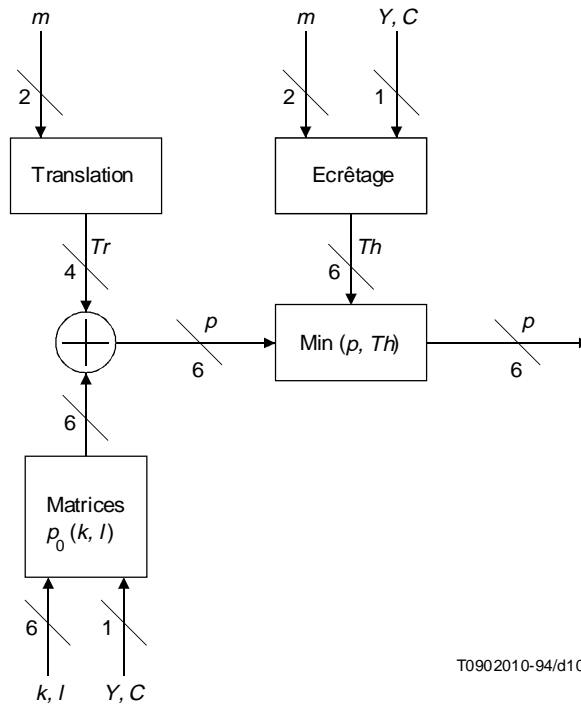


FIGURE A.9/J.81
 Synoptique du calcul du paramètre de contrôle scalaire $n(k, l, m, f)$



T0902010-94/d10

FIGURE A.10/J.81
Calcul de $p(k, l, m)$

TABLEAU A.4/J.81

Paramètres $Tr(m)$ et $Th(m)$

Criticallité (m)	Translation $Tr(m)$ [coefficients Y ou $C_R C_B$]	Limite supérieure pour Y $Th(m)$	Limite supérieure pour $C_R C_B$ $Th(m)$
0	+8	Aucune (c'est-à-dire $44 + 8$)	Aucune (c'est-à-dire $26 + 8$)
1	+2	Aucune (c'est-à-dire $44 + 2$)	Aucune (c'est-à-dire $26 + 2$)
2	0	34	16
3	0	24	9

Le paramètre de contrôle scalaire $n(k, l, m, f)$ est alors donné par la formule:

$$n(k, l, m, f) = \text{Min} [n'(k, l, m, f), 175]$$

où

$$q(k, l, m, f) = \text{Min} [2p(k, l, m) - 48, f] + f$$

$$n'(k, l, m, f) = \text{Max} [q(k, l, m, f), 0]$$

A.6.1.2.3 Précision des données

Voir le Tableau A.5.

TABLEAU A.5/J.81

Bits des données des coefficients

Données	Total (bit de signe compris) (bit)
Coefficients AC – DCT $Z(k, l)$	12
Coefficients relatifs $C(k, l)$	12
Coefficients quantifiés	11

A.6.1.2.4 Dynamique des paramètres de quantification

Voir le Tableau A.6.

TABLEAU A.6/J.81

Dynamique des paramètres de quantification

Information	Dynamique
Seuil de transmission $n(k, l, m, f)$	0 à 175
Facteur de transmission f	0 à 175
Visibilité relative $p_0(k, l)$	0 à 44

Les facteurs de transmission sont transmis pour chaque rangée de blocs. Chacun de ces facteurs est codé sur 8 bits.

A.6.2 Quantification du coefficient DC

Le coefficient DC $Z(0,0)$ est quantifié selon le même processus que les coefficients AC, mais le facteur d'échelle $n(0, 0, m, f)$ du coefficient DC est limité à l'intervalle de 0 à 48.

A.6.3 Quantification inverse

Les coefficients de la DCT reconstruits sont donnés par la formule suivante:

$$Z'(k, l) = C'(k, l) \cdot S(k, l, m, f) \cdot \frac{1}{2}$$

où

$$S(k, l, m, f) = 2^{n(k, l, m, f)/16}, \text{ comme indiqué en A.6.1}$$

$C'(k, l)$: valeur quantifiée correspondant au niveau du quantificateur émis

$n(k, l, m, f)$ peut s'exprimer comme suit:

$$n(k, l, m, f) = 16q + r$$

q (quotient) et r (reste) étant des nombres entiers, $0 \leq r < 16$

de sorte que

$$Z'(k, l) = C'(k, l) \cdot 2^{q-1} \cdot 2^{r/16}$$

Les valeurs à 12 bits de $2^{r/16}$ sont indiquées au Tableau A.7. On notera que le même ensemble de valeurs peut être utilisé dans le quantificateur.

$C'(k, l) \cdot 2^{q-1}$ s'obtient par un décalage binaire à gauche de $q - 1$ bits sur la valeur à 12 bits $C'(k, l)$. Seuls les 12 bits de faible poids du résultat sont significatifs et servent à la multiplication suivante.

$Z'(k, l)$ est le résultat de la multiplication de $C'(k, l) \cdot 2^{q-1}$ par $2^{r/16}$, ramené à 12 bits.

TABLEAU A.7/J.81

Valeurs de $2^{r/16}$

r	$2^{r/16}$	$2048 \times 2^{r/16}$
0	1,0000000000	2048
1	1,00001011011	2139
2	1,00010111001	2233
3	1,00100011100	2332
4	1,00110000011	2435
5	1,00111101111	2543
6	1,01001100000	2656
7	1,01011010110	2774
8	1,01101010000	2896
9	1,01111010001	3025
10	1,10001010110	3158
11	1,10011100010	3298
12	1,10101110100	3444
13	1,11000001101	3597
14	1,11010101100	3756
15	1,11101010010	3922

A.7 Codage à longueur variable pour les coefficients de la DCT et les variations du vecteur mouvement

A.7.1 Trajet de balayage des valeurs quantifiées de la DCT

Les coefficients non nuls de la DCT sont quantifiés et codés par VLC. Les plages de zéros rencontrées en suivant le balayage de la Figure A.11 sont codées au moyen de leur longueur.

0	2	6	12	20	28	36	44
1	5	11	19	27	35	43	51
3	7	13	21	29	37	45	52
4	10	18	26	34	42	50	57
8	14	22	30	38	46	53	58
9	17	25	33	41	49	56	61
15	23	31	39	47	54	59	62
16	24	32	40	48	55	60	63

a) Trajet de balayage pour la luminance

0	2	3	9	10	20	21	35
1	4	8	11	19	22	34	36
5	7	12	18	23	33	37	48
6	13	17	24	32	38	47	49
14	16	25	31	39	46	50	57
15	26	30	40	45	51	56	58
27	29	41	44	52	55	59	62
28	42	43	53	54	60	61	63

b) Trajet de balayage pour la chrominance

FIGURE A.11/J.81

On évite d'avoir à transmettre la longueur de la dernière plage de zéros d'un bloc en anticipant la fin de bloc (EOB) (*end of the block*). Le décodeur suppose que les derniers coefficients d'un bloc sont tous des zéros quand il a décodé moins de 64 coefficients.

S'il y a un coefficient +1 ou davantage entre deux plages de zéros, ou entre une plage de zéros et la fin de bloc, l'un d'eux n'est pas transmis et le décodeur le réinsère.

A.7.2 Assignation de mots de code aux valeurs quantifiées et aux longueurs de série

A la sortie du codeur de longueur variable, les mots ont la structure suivante:

$$\left| 1 X_i \right| \dots \left| 1 X_1 \right| \left| 0 X_0 \right|, \quad i = 0..8, X_i \in \{ 0, 1 \}$$

$$\left| 1 X_8 \right| \dots \left| 1 X_1 \right| \left| 1 X_0 \right|, \quad X_i \in \{ 0, 1 \}$$

où $||$ correspond à une paire de bits et \in indique une mise en correspondance.

Le premier bit est le bit de continuation et s'il vaut 0, la paire en question est la dernière sauf pour les mots de longueur 18; le second bit de chaque paire ainsi que les deux bits de la dernière paire, si la longueur du mot est 18, sont les bits d'information et peuvent valoir 0 ou 1. Comme l'indique le Tableau A.8, la longueur des mots disponibles peut varier de 2 à 18 et les mots de moins de 18 bits se terminent avec une paire $|0 X_0|$.

TABLEAU A.8/J.81

i	Longueur du mot (bit)	Structure du mot	Nombre de mots
0	2	$0 X_0$	2
1	4	$1 X_1 0 X_0$	4
2	6	.	8
3	8	.	16
4	10	.	32
5	12	.	64
6	14	.	128
7	16	$1 X_7 \dots 0 X_0$	256
8	18	$1 X_8 \dots 0 X_0$	512
	18	$1 X_8 \dots 1 X_0$	512

Le nombre total de mots est 1534: 66 d'entre eux servent à coder la longueur des plages de zéros, les mots spéciaux EOB_0 et EOB_1 (fin de bloc) signalant la fin de chaque bloc (voir A.8.1.4) et le mot NULL (servant en cas de dépassement négatif de capacité). Pour éviter tout dépassement négatif de capacité, les valeurs zéro peuvent être codées au moyen du mot NULL. Dans ce cas, une longueur de plage de n zéros peut être codée au moyen de n mots NULL.

On peut mélanger des mots NULL et des longueurs de plages de zéros pour arriver à la longueur n souhaitée.

On considère que le mot NULL est une valeur normale, de sorte qu'il faut transmettre un «+1» entre deux mots NULL.

Les codes 11 11 11 11 11 11 11 11 11 et 10 10 10 10 10 10 10 10 10 sont réservés.

Les 1466 mots restants sont disponibles pour coder les niveaux quantifiés de -733 à $+733$.

Pour les valeurs de X (niveaux quantifiés) inférieures à 17 et supérieures à -17 ainsi que pour les plages de 28 zéros au plus, on se sert de deux tableaux d'assignation. Dans le Tableau A.9, pour 20 des mots de code, la valeur des coefficients de luminance ou de chrominance qui leur est assignée est différente et il faut donc deux tableaux d'assignation distincts pour spécifier les coefficients de luminance et de chrominance. Les assignations de EOB_0 et de EOB_1 sont fixes dans les deux tableaux.

TABLEAU A.9/J.81

Assignation aux coefficients de luminance (Y) et de chrominance (C)

Mot de code					Y	C	Mot de code					Y	C			
0	1				1		0	0				-1				
1	1	0	0		2		1	0	0	1		-2				
1	1	0	1		0*1		1	0	0	0		0*2				
1	1	1	0	0	0*3		1	0	1	1	0	1	0*4			
1	1	1	0	0	3	0*5	1	0	1	1	0	0	-3	0*6		
1	1	1	1	0	4	0*7	1	0	1	0	1		-4	0*8		
(	1	1	1	0	réservé, EOB ₁)		(	1	0	1	0	0	réservé, EOB ₀)			
1	1	1	0	1	0*5	3	1	0	1	1	1	0	1	0*6	-3	
1	1	1	0	1	0*7	4	1	0	1	1	1	0	0	0*8	-4	
1	1	1	0	1	0*9		1	0	1	1	0	0	1	0*10		
1	1	1	0	1	0*11		1	0	1	1	0	0	0	0*12		
1	1	1	1	0	5		1	0	1	0	1	0	1	-5		
1	1	1	1	0	6	0*13	1	0	1	0	1	1	0	0	-6	0*14
1	1	1	1	0	7	0*15	1	0	1	0	1	0	1	-7	0*16	
1	1	1	1	0	8	0*17	1	0	1	0	1	0	0	-8	0*18	
1	1	1	1	0	0*13	6	1	0	1	1	1	1	0	1	0*14	-6
1	1	1	1	0	0*15	7	1	0	1	1	1	1	0	0	0*16	-7
1	1	1	1	0	0*17	8	1	0	1	1	1	0	0	1	0*18	-8
1	1	1	1	0	0*19		1	0	1	1	1	0	0	0	0*20	
1	1	1	1	0	0*21		1	0	1	1	0	1	0	1	0*22	
1	1	1	1	0	0*23		1	0	1	1	0	1	0	0	0*24	
1	1	1	1	0	0*25		1	0	1	1	0	0	0	1	0*26	
1	1	1	1	0	0*27		1	0	1	1	0	0	0	0	0*28	
1	1	1	1	0	9		1	0	1	0	1	1	0	1	-9	
1	1	1	1	0	10		1	0	1	0	1	1	0	0	-10	
1	1	1	1	0	11		1	0	1	0	1	1	0	1	-11	
1	1	1	1	0	12		1	0	1	0	1	1	0	0	-12	
1	1	1	1	0	13		1	0	1	0	1	0	1	1	-13	
1	1	1	1	0	14		1	0	1	0	1	0	1	0	-14	
1	1	1	1	0	15		1	0	1	0	1	0	0	1	-15	
1	1	1	1	0	16		1	0	1	0	1	0	0	0	-16	

NOTE – 0*n représente une longueur de plage de n zéros.

Les bits d'information pour les valeurs positives et les valeurs négatives correspondantes sont complétés, de même que ceux de EOB₀ et EOB₁.

Le Tableau A.10 présente les assignations concernant les longueurs de plage de zéros de 29 à 63 et le mot de code NULL.

TABLEAU A.10/J.81

Assignation aux longueurs de plage de zéros

Mot de code						Plage de zéros	Mot de code						Plage de zéros
11	10	10	10	10	00	0*29	10	11	11	11	11	00	0*30
11	10	10	10	10	01	0*31	10	11	11	11	11	01	0*32
11	10	10	10	11	00	0*33	10	11	11	11	10	00	0*34
11	10	10	10	11	01	0*35	10	11	11	11	10	01	0*36
11	10	10	11	10	00	0*37	10	11	11	10	11	00	0*38
11	10	10	11	10	01	0*39	10	11	11	10	11	01	0*40
11	10	10	11	11	00	0*41	10	11	11	10	10	00	0*42
11	10	10	11	11	01	0*43	10	11	11	10	10	01	0*44
11	10	11	10	10	00	0*45	10	11	10	11	11	00	0*46
11	10	11	10	10	01	0*47	10	11	10	11	11	01	0*48
11	10	11	10	11	00	0*49	10	11	10	11	10	00	0*50
11	10	11	10	11	01	0*51	10	11	10	11	10	01	0*52
11	10	11	11	10	00	0*53	10	11	10	10	11	00	0*54
11	10	11	11	10	01	0*55	10	11	10	10	11	01	0*56
11	10	11	11	11	00	0*57	10	11	10	10	10	00	0*58
11	10	11	11	11	01	0*59	10	11	10	10	10	01	0*60
11	11	10	10	10	00	0*61	10	10	11	11	11	00	0*62
11	11	10	10	10	01	0*63	10	10	11	11	11	01	Null

NOTE – 0*n représente une longueur de plage de n zéros.

On trouvera ci-après des exemples d'utilisation des longueurs de plage et des fins de bloc.

Exemple 1:

Coefficients:	-2	0 0 0	+1	+1	0 0	+2	0 0 0 0	Fin de bloc
Mots de code:	1001	111000	01	01	1000	1100	101101	111101
Transmis:	1001	111000	01		1000	1100		111101

+1 n'est pas transmis car il y a deux +1 entre deux plages de zéros et une plage de 4 zéros n'est pas transmise car la fin de bloc est anticipée.

Exemple 2:

Coefficients:	-2	0 0 0 0 0 0 0 0	+1	Fin de bloc
Mots de code:	1001	11101100	01	111101
Transmis:	1001	11101100		111101

+1 n'est pas transmis car il se trouve entre une plage de neuf zéros et l'EOB.

A.7.3 Codage des vecteurs mouvement

Un codage avec prédiction des vecteurs mouvement est mis en œuvre le long d'une rangée de blocs. Les composantes de l'erreur de prédiction dans le sens horizontal (MV_x) et le sens vertical (MV_y) sont codées en VLC comme l'indique le Tableau A.11. Le vecteur mouvement prédit pour un macrobloc est celui du macrobloc précédent dans la rangée. La prédiction pour le premier macrobloc d'une rangée est zéro pour les deux coordonnées du vecteur mouvement, tout comme celle du macrobloc qui suit un macrobloc codé en intratrame ou intertrame.

Les variations MV_x et MV_y du vecteur mouvement ne sont transmises que:

- si le macrobloc est codé interimage; et
- si la variation du vecteur mouvement (MV_x, MV_y) est différente de (0,0).

Les macroblocs correspondants sont identifiés par MI = «10».

A.8 Mise en trame vidéo et correction des erreurs sans voie de retour

A.8.1 Mise en trame vidéo

On engendre un train unique pour les données codées à longueur variable (VLC) et à longueur fixe (FLC) (*fixed length coded*). Toutes les données sont transmises avec le MSB en tête.

A.8.1.1 Structure générale

Les trames paires sont constituées comme suit:

FSW 00 FCP BOF

FSW 01 FCP BOF

FSW 10 FCP BOF

SSW SN₀ BO₀ TFY₀ TFC₀ (MI_j CT_j VLC_j)₀ [STUFF]CRC₀

:

SSW SN_i BO_i TFY_i TFC_i (MI_j CT_j VLC_j)_i [STUFF]CRC_i

:

SSW SN_{m-1} BO_{m-1} TFY_{m-1} TFC_{m-1} (MI_j CT_j VLC_j)_{m-1} [STUFF]CRC_{m-1}

$m = 36$ pour un système à 50 Hz

$m = 31$ pour un système à 60 Hz

i varie de 0 à $m - 1$ pour chaque rangée et j de 1 à 45 (position du macrobloc dans la rangée).

VLC_j sont les données à longueur variable pour le $j^{\text{ième}}$ macrobloc et elles ont la forme suivante:

[MV_x, MV_y] VLC_{y1} EOB VLC_{cb} EOB VLC_{y2} EOB VLC_{cr} EOB

Les trames impaires sont organisées de même avec i variant de m à $2m - 1$.

TABLEAU A.11/J.81

Mots de code pour les variations du vecteur mouvement

Mot de code	MV _x ou MV _y	Mot de code	MV _x ou MV _y
01	0	00	-0,5
11 00	+0,5	10 01	-1
11 01	+1	10 00	-1,5
11 10 00	+1,5	10 11 01	-2
11 10 01	+2	10 11 00	-2,5
11 11 00	+2,5	10 10 01	-3
(11 11 01 réservé,	EOB ₁)	(10 10 00 réservé,	EOB ₀)
11 10 10 00	+3	10 11 11 01	-3,5
11 10 10 01	+3,5	10 11 11 00	-4
11 10 11 00	+4	10 11 10 01	-4,5
11 10 11 01	+4,5	10 11 10 00	-5
11 11 10 00	+5	10 10 11 01	-5,5
11 11 10 01	+5,5	10 10 11 00	-6
11 11 11 00	+6	10 10 10 01	-6,5
11 11 11 01	+6,5	10 10 10 00	-7
11 10 10 10 00	+7	10 11 11 11 01	-7,5
11 10 10 10 01	+7,5	10 11 11 11 00	-8
11 10 10 11 00	+8	10 11 11 10 01	-8,5
11 10 10 11 01	+8,5	10 11 11 10 00	-9
11 10 11 10 00	+9	10 11 10 11 01	-9,5
11 10 11 10 01	+9,5	10 11 10 11 00	-10
11 10 11 11 00	+10	10 11 10 10 01	-10,5
11 10 11 11 01	+10,5	10 11 10 10 00	-11
11 11 10 10 00	+11	10 10 11 11 01	-11,5
11 11 10 10 01	+11,5	10 10 11 11 00	-12
11 11 10 11 00	+12	10 10 11 10 01	-12,5
11 11 10 11 01	+12,5	10 10 11 10 00	-13
11 11 11 10 00	+13	10 10 10 11 01	-13,5
11 11 11 10 01	+13,5	10 10 10 11 00	-14
11 11 11 11 00	+14	10 10 10 10 01	-14,5
11 11 11 11 01	+14,5	10 10 10 10 00	-15
11 10 10 10 10 00	+15	10 11 11 11 11 01	-15,5
11 10 10 10 10 01	+15,5	10 11 11 11 11 00	-16
11 10 10 10 11 00	+16	10 11 11 11 10 01	-16,5
11 10 10 10 11 01	+16,5	10 11 11 11 10 00	-17
11 10 10 11 10 00	+17	10 11 11 10 11 01	-17,5
11 10 10 11 10 01	+17,5	10 11 11 10 11 00	-18
11 10 10 11 11 00	+18	10 11 11 10 10 01	-18,5
11 10 10 11 11 01	+18,5	10 11 11 10 10 00	-19
11 10 11 10 10 00	+19	10 11 10 11 11 01	-19,5
11 10 11 10 10 01	+19,5	10 11 10 11 11 00	-20
11 10 11 10 11 00	+20	10 11 10 11 10 01	-20,5
11 10 11 10 11 01	+20,5	10 11 10 11 10 00	-21
11 10 11 11 10 00	+21	10 11 10 10 11 01	-21,5
11 10 11 11 10 01	+21,5	10 11 10 10 11 00	-22
11 10 11 11 11 00	+22	10 11 10 10 10 01	-22,5
11 10 11 11 11 01	+22,5	10 11 10 10 10 00	-23
11 11 10 10 10 00	+23	10 10 11 11 11 01	NULL
11 11 10 10 10 01	+23,5	10 10 11 11 11 00	-23,5
11 11 10 10 11 00	+24	10 10 11 11 10 01	-24
11 11 10 10 11 01	+24,5	10 10 11 11 10 00	-24,5
11 11 10 11 10 00	+25	10 10 11 10 11 01	-25
11 11 10 11 10 01	+25,5	10 10 11 10 11 00	-25,5
11 11 10 11 11 00	+26	10 10 11 10 10 01	-26
11 11 10 11 11 01	+26,5	10 10 11 10 10 00	-26,5
11 11 11 10 10 00	+27	10 10 10 11 11 01	-27
11 11 11 10 10 01	+27,5	10 10 10 11 11 00	-27,5
11 11 11 10 11 00	+28	10 10 10 11 10 01	-28

A.8.1.2 Contenu détaillé

FSW	Mot de synchronisation de trame (47 «1»s + «0») (voir la Note 1)	48 bits		
00 } 01 } 10 }	servent à identifier la triple répétition de FSW, FCP et BOF	2 bits		
FCP			Paramètres de codage de la trame (<i>field coding parameters</i>) (voir A.8.1.3)	30 bits
BOF			Occupation de la mémoire tampon au niveau trame (<i>buffer occupancy at the field level</i>) (mesuré au début de la trame active juste avant que le premier FSW ne soit introduit dans la mémoire tampon) (voir la Note 2)	16 bits
SSW	Mot de synchronisation de rangée (<i>stripe synchronization word</i>) («0» + 46 «1»s + «0»)	48 bits		
BO	Occupation de la mémoire tampon (<i>buffer occupancy</i>) (indique l'occupation de la mémoire tampon au codeur juste avant que le SSW de la rangée en cours n'y soit introduit) (voir la Note 2)	16 bits		
SN _i	Numéro de rangée (<i>stripe number</i>) pour la <i>i</i> ^{ème} rangée va de 0 à 71 {système à 50 Hz}: 0 à 35 {trame paire} 36 à 71 {trame impaire} Le MSB est mis à «0» va de 0 à 61 {système à 60 Hz}: 0 à 30 {trame paire} 31 à 61 {trame impaire} Les 2 MSB sont mis à «0»	8 bits		
TFY _i	Facteur de transmission de la luminance (<i>transmission factor for luminance</i>) dans la <i>i</i> ^{ème} rangée (de 0 à 175)	8 bits		
TFC _i	Facteur de transmission de la chrominance (<i>transmission factor for chrominance</i>) dans la <i>i</i> ^{ème} rangée (de 0 à 175)	8 bits		
CRC _i	Code de redondance cyclique (<i>cyclic redundancy code</i>) pour la <i>i</i> ^{ème} rangée (s'applique à tous les bits de la rangée codée sauf SSW) Le polynôme générateur est $1 + x^2 + x^{15} + x^{16}$	16 bits		
MI _j	Identification du mode (<i>mode identification</i>) 00 mode intratrame 01 mode intertrame 10 mode interimage avec compensation du mouvement [variation du vecteur mouvement ≠ (0,0)] 11 mode interimage avec compensation du mouvement [variation du vecteur mouvement = (0,0)]	2 bits		
CT _j	Criticallité (de 0 à 3)	2 bits		
MV _x	Mot de code VLC associé à l'erreur de prédiction du mouvement dans le sens horizontal (voir le Tableau A.11 dans A.7) (voir la Note 4)	variable		
MV _y	Mot de code VLC associé à l'erreur de prédiction du mouvement dans le sens vertical (voir le Tableau A.11 dans A.7) (voir la Note 4)	variable		

VLC _{y1}	Mots VLC du premier bloc Y du macrobloc	variable
VLC _{cb}	Mots VLC du bloc C _B du macrobloc	variable
VLC _{y2}	Mots VLC du second bloc Y du macrobloc	variable
VLC _{cr}	Mots VLC du bloc C _R du macrobloc	variable
[STUFF]	Bits de bourrage (voir la Note 3)	2, 4, 6, 8, 10, 12 ou 14 bits
EOB	Code fin de bloc (voir A.8.1.4)	6 bits
(EOB ₀ = «10 10 00» EOB ₁ = «11 11 01»)		

NOTES

1 Le train de données vidéo est organisé en mots de 16 bits. Pour faciliter la synchronisation, FSW et SSW sont alignés au début de ces mots.

2 L'occupation minimale de la mémoire tampon est égale à 128 kbit/s. L'occupation maximale est 1 572 864 kbit/s moins 128 kbit/s. L'occupation de la mémoire tampon dans le codeur est mesurée en bits et couvre 21 bits. L'état vide est égal à «zéro» et seuls les 16 bits les plus significatifs sont transmis.

3 Pour être sûr que le nombre de bits codés correspondant à une rangée est un multiple entier de 16 bits, on insère, si besoin est, des bits de bourrage entre le dernier macrobloc codé de la rangée et le CRC. Comme le nombre de bits codés est pair, les configurations possibles des bits de bourrage sont: (00)^{*}_n où n = 1, 2, 3, 4, 5, 6 ou 7 et (00)^{*}_n signifie répété n fois.

4 MV_x et MV_y ne sont transmis que quand le mode MI_j = 10.

A.8.1.3 Définition des données d'information sur la phase dans le multiplex vidéo et sur son état

Paramètres du codage de trame (FCP)

MSB	r	VF	AR	r	ST	VA	FS	SL	BA	SCP	LSB
	2	3	1	3	1	1	3	1	7	8	

r Bits réservés, mis à «0», ignorés du récepteur

VF Format vidéo (*video format*)

000 = 4:2:2, 001 = PAL, 010 = NTSC
011 = SECAM, 100 = MAC

AR Format de l'image (*aspect ratio*)

0 = 4:3
1 = 16:9

ST Type de système (*system type*)

0 = 50 Hz, 1 = 60 Hz

VA Commutation sur l'axe V (PAL) (*V-axis*)

VA = 1 pour la phase positive sur la première ligne de chaque trame

FS	Numéro de séquence de trame (<i>field sequence</i>)	Image	Trame
	000	1	1
	001	1	2
	010	2	3
	011	2	4
	.	.	.
	.	.	.
	.	.	.
	111	4	8

SL Rapport des fréquences sous-porteuse/ligne (*sub-carrier/line frequency relationship*)

0 = correct

BA Amplitude de la salve (*burst amplitude*) (pour le PAL et le NTSC seulement)

L'amplitude de la salve de la sous-porteuse est quantifiée comme un signal de luminance de la Recommandation UIT-R BT.601, le MSB étant omis.

SCP Phase de la sous-porteuse (*sub-carrier phase*) (pour le PAL et le NTSC seulement)

Phase de la sous-porteuse de référence selon le repère de synchronisation, respectivement. Démarrage de la trame comme le définit la Recommandation UIT-R BT.470 [8], le MSB en premier.

Echelle: 0 = $([360^\circ/256] \times 0)$

1 = $([360^\circ/256] \times 1)$

... = ...

255 = $([360^\circ/256] \times 255)$

A.8.1.4 Génération de la séquence EOB

Deux mots des tables VLC sont assignés à l'événement fin de bloc: EOB_0 et EOB_1 . Une séquence pseudo-aléatoire est produite au codeur et elle se répète autant de fois qu'il y a de blocs (180) dans une rangée vidéo de blocs. Le générateur pseudo-aléatoire est réinitialisé au début de chaque rangée. A la fin de chaque bloc, le générateur pseudo-aléatoire avance d'un bit et il en sort un 0 ou un 1 qui détermine lequel des deux mots EOB, EOB_0 et EOB_1 , est inséré comme délimiteur du bloc.

Le générateur pseudo-aléatoire fonctionne selon le polynôme suivant:

$$g(x) = 1 + x^5 + x^9$$

et correspond à la contre-réaction que présente la Figure A.12.

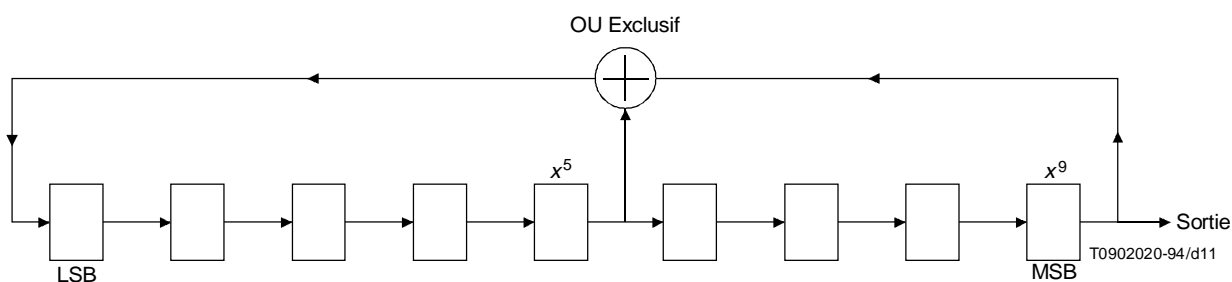


FIGURE A.12/J.81

Générateur pseudo-aléatoire – Contre-réaction

EOB_0 et EOB_1 correspondent respectivement à un «0» et à un «1» à la sortie du générateur pseudo-aléatoire.

Au début de chaque rangée, la valeur du registre à décalage est:

LSB → 100111000

Dans cette configuration, on peut obtenir la valeur initiale de début de la rangée en inversant simplement le LSB du contenu du registre à décalage à la fin de la rangée précédente.

Les états successifs du générateur pseudo-aléatoire sont:

Etat 1	100111000 (début d'une rangée)
Etat 2	110011100
Etat 3	111001110
.	.
.	.
.	.
Etat 180	001110001 (fin de rangée)
Etat suivant	000111000
Etat 1	100111000 (début de la rangée suivante)

A.8.2 Protection contre les erreurs et correction d'erreur directe

Le signal transmis est protégé contre les erreurs de transmission par un code RS (*Reed Solomon*) (255,239) qui sert à corriger 8 erreurs-octets, avec un entrelacement d'ordre 2 au niveau octets.

Le polynôme générateur du code RS est donné par

$$\prod_{i=0}^{15} (x + \alpha^i)$$

où α est une racine du polynôme primitif binaire $x^8 + x^4 + x^3 + x^2 + 1$.

Un octet de données ($d_7, d_6, \dots, d_1, d_0$) est identifié à l'élément $d_7\alpha^7 + d_6\alpha^6 + \dots + d_1\alpha + d_0$ dans le corps de Galois (GF) (*galois field*) (256), le corps fini de 256 éléments.

La redondance du code de correction d'erreur sans voie de retour est de 6,69%. Le train de données est entrelacé au cours d'une opération en deux étapes indiquées ci-dessous:

Première étape

Le train de données à la sortie du codeur vidéo prend la forme d'une matrice de 16 rangées de 239 colonnes. Chaque colonne correspond à un mot de 16 bits de données vidéo. La première colonne est réservée et le décodeur l'ignore.

Le code RS (255,239) est calculé pour chacune des deux rangées d'octets et le groupe de contrôle des erreurs de 16 octets est ajouté à la rangée correspondante. La séquence d'écriture est exécutée à partir de la colonne 1 jusqu'à la colonne 238 selon la séquence indiquée dans la Figure A.13.

Seconde étape

Trois blocs successifs constitués au cours de la première étape sont entrelacés par colonnes pour former le superbloc représenté à la Figure A.14. Les chiffres désignent la séquence d'octets de données vidéo transmis de la couche de verrouillage de trame vidéo à la première étape de protection contre les erreurs. La transmission se fait en lisant les octets colonne par colonne.

A.9 Services additionnels

A.9.1 Son

On dispose au maximum de deux voies séparées pour acheminer des services sonores au moyen du codec. Il s'agit, dans le multiplex, des octets A et A', A étant la voie primaire et A' la voie de données son supplémentaire. En faisant varier la fréquence d'apparition des octets A et A' dans le multiplex, on peut avoir des débits de voie de 2048 ou 1544 kbit/s avec une ou deux voies. Toute capacité de données que le son n'utiliserait pas est réemployée pour les données vidéo. On peut utiliser les voies A et A' en synchronisme ou non et elles sont destinées à un usage avec des codecs audio appropriés qui contiennent leurs propres mécanismes de protection des données.

A.9.2 Voie de contrôle

A.9.2.1 Vue d'ensemble

La voie de contrôle sert à acheminer des informations relatives à l'exploitation du codeur et à la gestion de la transmission.

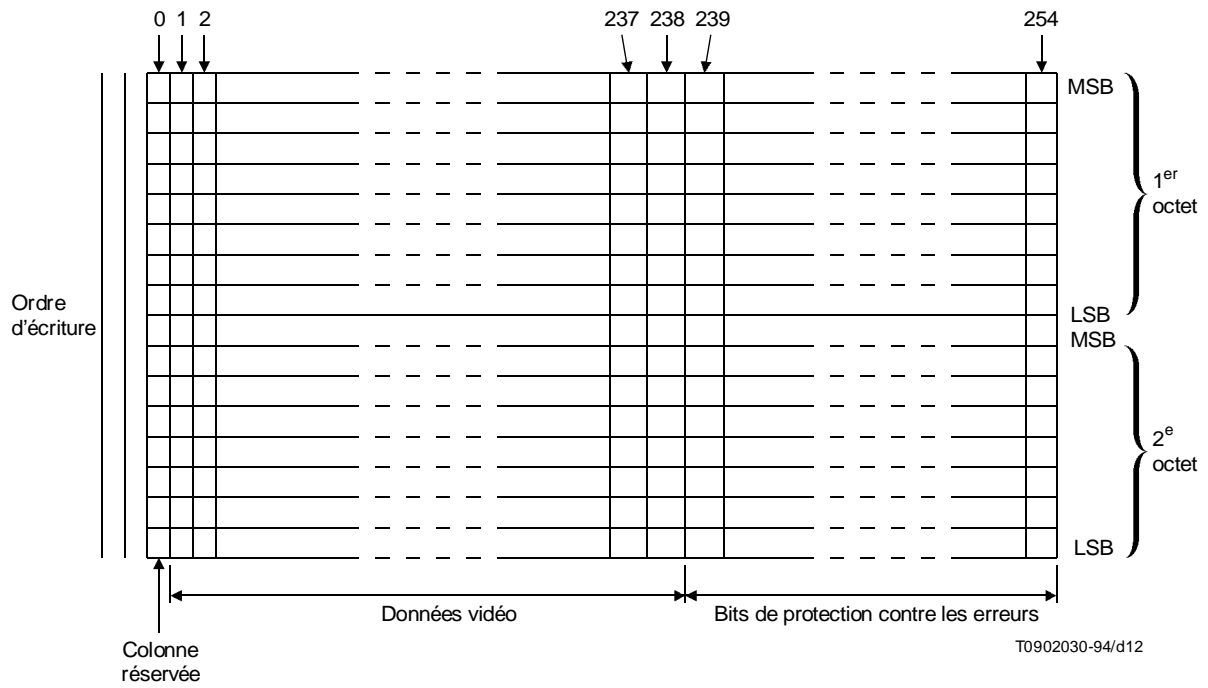


FIGURE A.13/J.81
Matrice du train de bits

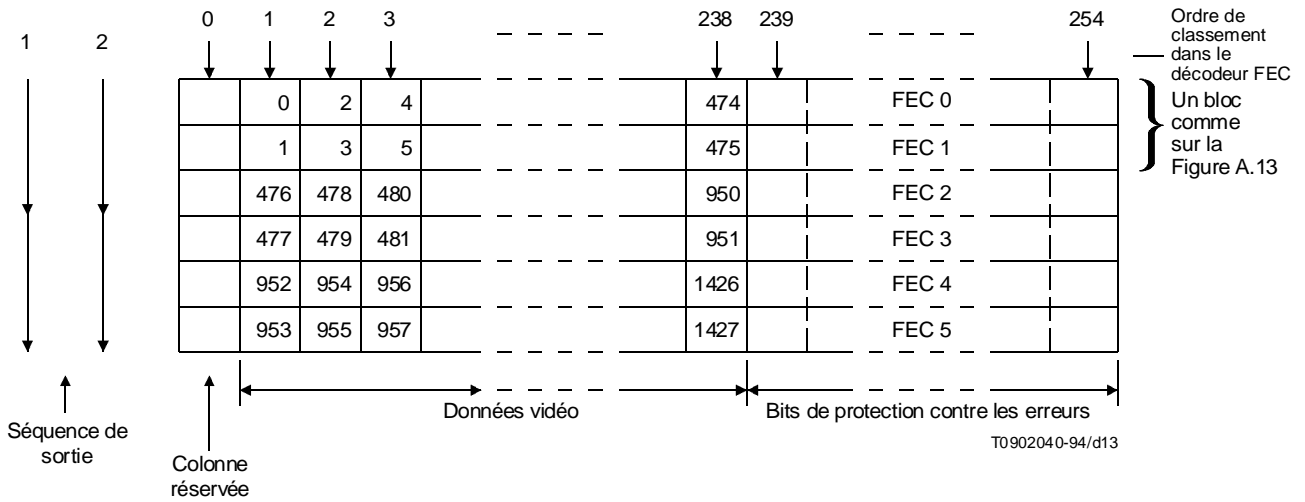


FIGURE A.14/J.81
Configuration de superbloc

Une partie de ces informations concerne directement le codec; elle est spécifiée en A.9.2. On pourra définir d'autres informations ultérieurement.

Comme on veut que les divers types de messages soient insérés en série sur la voie, il faut un protocole qui accepte les messages éventuellement longs de l'utilisateur et qui garantisse tout de même que les messages de service urgents comme les alarmes soient transmis sans trop d'attente.

A cet effet, la voie de contrôle est organisée conformément aux règles établies en vue du formatage des données de l'utilisateur dans l'interface audionumérique que spécifie la Recommandation UIT-R BT.656 [9].

Pour transmettre les messages fondamentaux nécessaires au codec, il suffit de mettre en œuvre la portion du format décrite ci-dessous. Les paramètres que l'on introduit pour conserver une parfaite compatibilité avec le format complet sont notés entre crochets [].

La définition de la voie de contrôle comprend les paragraphes suivants:

- définition du message;
- structure du paquet;
- structure de la trame;
- gestion de la voie;
- règles d'extension.

A.9.2.2 Définition du message

A.9.2.2.1 Alarmes (obligatoire, adresse FE hex, priorité 3)

Message d'indication d'alarmes. La condition alarme est un «zéro» logique. Elle comprend:

Octet 0: Alarmes relatives au codeur lui-même

- bit 0 (LSB) panne secteur
- bit 1 erreur de base de temps dans le multiplexeur
- bit 2 défaut dans la chaîne de traitement vidéo
- bit 3 défaut dans la chaîne de traitement audio
- bits 4 à 7 réservés (mis à «1» logique)

Octet 1: Alarmes relatives à l'entrée vidéo

- bit 0 (LSB) pas de signal d'entrée (interface analogique) défaut à la jonction (interface numérique)
- bit 1 erreur dans la base de temps
- bit 2 signal d'entrée hors spécification (le codeur ne peut fonctionner correctement)
- bit 3 signal d'entrée hors spécification (le codeur peut tout de même fonctionner, peut-être avec une qualité réduite)
- bits 4 à 7 réservés (mis à «1» logique)

Octet 2: Alarmes relatives aux signaux auxiliaires dans l'intervalle de suppression de trame vidéo

- bits 0 à 7 réservés (mis à «1» logique)

Octet 3: Alarmes relatives à l'entrée (ou aux entrées) son

- bit 0 (LSB) défaut à la jonction (interface numérique seulement)
- bit 1 erreur dans la base de temps
- bit 2 signal d'entrée hors spécification (le codeur ne peut fonctionner correctement)
- bit 3 signal d'entrée hors spécification (le codeur peut tout de même fonctionner, peut-être avec une qualité réduite, par exemple, saturation des entrées analogiques)
- bits 4 à 7 réservés (mis à «1» logique)

A.9.2.2.2 Structure du multiplex (obligatoire, adresse FD hex, priorité 2)

Ce message donne des renseignements relatifs à la structure du multiplex qu'utilise, si nécessaire, le dispositif de contrôle du réseau.

Octet 0: Copie du mot de 8 bits acheminé par le bit m_2 de l'octet J4 du multiplex. Le LSB correspond au bit acheminé dans la trame 0, le MSB à celui de la trame 7

Octet 1: Copie des bits acheminés par le bit m_3

Octet 2: Copie des bits acheminés par le bit m_4

Octet 3: Format vidéo tel qu'il est spécifié dans le champ FCP du multiplex vidéo

- bit 0 (LSB) type de système
- bit 1 format d'image
- bits 2 à 4 format vidéo
- bits 5 à 7 réservés (mis à «1» logique)

Octet 4: Méthode de codage du son

- 00 non spécifié
- 01 conforme à la Recommandation UIT-R CMTT.724 [10]
- autres réservés (mis à «1» logique)

A.9.2.2.3 Identification de la source (en option, adresse FC hex, priorité 2)

Chaîne alphanumérique, définie par l'utilisateur, qui peut atteindre 15 caractères ASCII. Le MSB est mis à «0». Caractères de contrôle non imprimables (codes 01 hex à 1F hex et 7F hex) non autorisés.

A.9.2.2.4 Identification de la destination (en option, adresse FB hex, priorité 2)

Chaîne alphanumérique, définie par l'utilisateur, qui peut atteindre 15 caractères ASCII. Le MSB est mis à «0». Caractères de contrôle non imprimables (codes 01 hex à 1F hex et 7F hex) non autorisés.

A.9.2.2.5 Identification du codeur (en option, adresse FA hex, priorité 2)

Chaîne alphanumérique, définie par l'utilisateur, qui peut atteindre 15 caractères ASCII. Elle peut servir à identifier chacun des codeurs du réseau. Le MSB est mis à «0». Caractères de contrôle non imprimables (codes 01 hex à 1F hex et 7F hex) non autorisés.

A.9.2.2.6 Autres messages

La liste actuelle des messages peut être allongée, pourvu qu'ils satisfassent aux exigences du système étendu. En particulier, les messages de plus de 15 octets seront segmentés afin de limiter la longueur des paquets.

A.9.2.2.7 En-tête

Chaque message est précédé de l'octet d'en-tête suivant:

- bits 0 à 3 Longueur du message en octets, en-tête exclu (le LSB est 0).
- bit 4 Mis à «0» («1» indique le codage de longueurs supérieures à 15 octets).
- bits 5 à 7 Indice de continuité à 3 bits des messages expédiés avec une adresse donnée. Ne progresse pas dans le cas de la répétition du message précédent.

A.9.2.3 Structure des paquets

Les messages précédés de l'en-tête décrit ci-dessus [et segmentés, si nécessaire, dans le cas du mode étendu] sont introduits dans les paquets.

Un paquet comprend:

- un octet d'adresse* – Identifie la nature du message. Cette adresse est spécifiée en A.9.2.2 pour les messages déjà définis (dans le cas d'un système étendu, on peut ajouter un octet d'extension d'adresse).

un octet de contrôle – Structuré comme suit:

- bits 0 et 1 Indice de priorité [servent à gérer le partage des ressources, si besoin est]. Voir A.9.2.2 pour les messages déjà définis.
- bits 2 à 4 Indice de continuité se rapportant à des paquets expédiés avec une adresse donnée. Ne progresse pas dans le cas de la répétition du message précédent. Pour les messages à un seul segment, cet indice peut être égal à l'indice de répétition du message.
- bit 5 «0» [utilisé en vue de l'extension d'adresse du logiciel].
- bits 6 et 7 b6 = «0», b7 = «1» [servent à relier les messages segmentés].
- le message [ou segment de message].

A.9.2.4 Structure de trame

Les paquets définis ci-dessus (au maximum 19 octets) sont transmis dans les trames de contrôle de la liaison de données à haut niveau (HDLC) (*high-level data link control*) [11] sur le canal de contrôle de 8 kHz que fournit le bit s du conteneur.

Une trame HDLC comprend:

- un drapeau de début: «01111110»;
- un paquet;
- un CRC détecteur d'erreurs sur 16 bits [séquence de contrôle de trame (FCS) (*frame check sequence*)];
- un drapeau de fin, identique à celui du début.

Pour éviter que les données ne ressemblent aux drapeaux, le contrôle HDLC définit une méthode de suppression des longues chaînes de «1» dans les données ou les zones CRC.

Selon les principes HDLC, tous les messages mal reçus seront ignorés. En outre, les messages expédiés à des adresses que le récepteur ne reconnaît pas seront eux aussi ignorés.

A.9.2.5 Gestion de la voie

Les trames HDLC sont organisées en blocs qui commencent tous les 800 ± 1 bits (cadence de répétition: 10 Hz).

Chaque bloc commence avec la transmission d'un message d'alarme (adresse: FE hex), suivi d'autres trames HDLC en ordre quelconque. Il faut éviter le mode «repos» entre la transmission de trames HDLC successives.

Quand toutes les trames à transmettre dans un bloc ont été expédiées, la voie est remplie de «1» (mode «repos») jusqu'au début du nouveau bloc.

Cette procédure est compatible avec le système étendu et permet d'introduire des données en aval, si nécessaire.

Pour éviter la saturation de la voie, il est recommandé que le codeur envoie, tous les 2 ou 3 blocs, des messages de priorité 2 répartis de façon à peu près uniforme sur les blocs successifs.

A.9.2.6 Règles d'extension

Si elle est nécessaire, l'extension à la transmission d'autres messages sera fondée sur un protocole qu'étudie l'AES en vue de la transmission de données de l'utilisateur via l'interface professionnelle audionumérique.

Il faut toutefois admettre que le débit binaire réduit disponible a des conséquences sur le fonctionnement du système en temps réel et sur la définition des niveaux de priorité.

Le champ d'adresse 00 à 7F hex est attribué aux applications définies par l'utilisateur. Toutes les adresses non définies du champ 80 à FF hex sont réservées.

A.9.3 Trame de transmission du télétexte et d'autres données numériques introduites au cours des intervalles de suppression de trame

Le présent paragraphe traite de l'utilisation d'une voie de 384 kbit/s pour acheminer le télétexte et d'autres signaux existant dans l'intervalle de suppression de trame (VBI) (*vertical blanking interval*) d'un signal de télévision. Normalement, on ne trouve du télétexte que pour la distribution, mais il n'en ira peut-être pas de même à l'avenir quand le codage «télétexte» permettra de transmettre des données lors de la contribution, par exemple, des données auxiliaires acheminées dans l'interface 4:2:2.

A.9.3.1 Introduction

La trame est optimisée en vue de la transmission des divers systèmes de télétexte que décrit la Recommandation UIT-R BT.653 [12] mais peut aussi servir à d'autres sortes de messages. On peut en définir jusqu'à 4096 parmi lesquels les messages du télétexte forment une classe particulière.

Chaque message comprend un identificateur de type, un indicateur de longueur et le champ de données lui-même.

Chaque trame a une longueur fixe et consiste en un mot de synchronisation, des données d'état de la trame, un champ de 46 octets qui achemine un (voire 2) message(s) et les bits de protection.

Lorsque le débit binaire de transmission attribué est supérieur à celui qui est nécessaire, on transmet des champs de données fictives. Il n'est donc pas utile de justifier les trames dans le multiplex de transmission.

A.9.3.2 Structure de trame

La trame comporte les informations suivantes (voir la Figure A.15). Dans tous les champs, les MSB sont expédiés les premiers:

- un mot de synchronisation à 10 bits 010011011X (voir la Note 1 du Tableau A.13)
- un en-tête de trame à 4 bits comprenant
 - un identificateur de type de système 0:625/50 1:525/60
 - un bit réservé mis à 0
 - une donnée d'état de trame 2 bits, voir A.9.3.3
- un en-tête de message à 24 bits comprenant
 - un identificateur de type de message à 12 bits
 - un identificateur de champ (voir la Note 2 du Tableau A.13) 0: premier champ
1: deuxième champ
2: troisième champ
3: quatrième champ
 - un indicateur de longueur de message à 6 bits
 - un mot de parité à entrelacement de 4 bits: BIP-4 (parité paire évaluée sur l'en-tête de trame et l'en-tête de message)
- selon l'état de la trame,
- un champ de données de 43 octets pour un seul message; ou
 - un champ de données de 20 octets pour un premier message
 - un second en-tête de message (le BIP-4 s'applique aussi à l'en-tête de trame)
 - un second champ de données de 20 octets pour un second message
- un code de protection contre les erreurs de 18 bits, BCH (390,372), calculé sur toute la trame, mot de synchronisation excepté (voir la Note 3 du Tableau A.13)

A.9.3.3 Attribution des champs de données

Des messages d'une longueur de 43 octets ou moins sont introduits dans le champ de données approprié. Si la longueur du message est inférieure à la capacité du champ de données, les derniers octets restants sont mis à zéro. L'indicateur de longueur va de 1 à 43 (ou de 1 à 20).

Les trames à champ de données unique sont indiquées par une donnée d'état égale à 0.

Les trames à champ de données double sont indiquées par une donnée d'état égale à 1.

S'il faut transmettre des messages de plus de 43 octets, ceux-ci sont scindés en segments de 43 octets. Ces segments sont expédiés dans des trames successives qui portent le même identificateur de type de message. L'indicateur de longueur du dernier segment donne le nombre d'octets utiles de ce segment. L'indicateur de longueur des autres segments commence à 48 et croît de un à chaque trame (63 est ramené à 48).

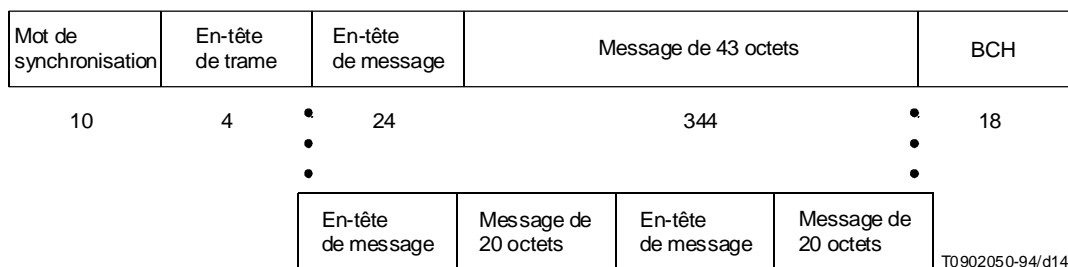


FIGURE A.15/J.81
Structure de trame

L'état de la trame est codé comme suit:

- 0: trame avec un seul champ de données de 43 octets (message de 43 octets au plus);
- 1: trame à deux champs de données de 20 octets;
- 2: trames d'un message segmenté, sauf le dernier;
- 3: dernière trame d'un message segmenté.

Les champs de données inutilisés sont signalés par un identificateur de type de message égal à zéro. Le champ de données est rempli de zéros.

A.9.3.4 Messages de télétexte

Les messages de télétexte sont constitués de l'ensemble de données complet qui est spécifié pour le système. Pour le télétexte, système B, des systèmes à 525/60, on ajoute à la fin de l'ensemble de données un octet fictif formé de zéros. Les longueurs du message sont indiquées au Tableau A.12.

TABLEAU A.12/J.81

Longueurs du message de télétexte

Système de télétexte	Longueur du message (625/50)	Longueur du message (525/60)
A	38	
B	43	36
C	34	34
D		35

Le type de message identifié a la forme 1111000XXXXX. Les cinq LSB forment un identificateur de ligne (U) qui indique le numéro de la ligne (voir la Note 4 du Tableau A.13) que présente le Tableau A.13.

A.9.4 Format de transmission des lignes d'essai dans une voie de 128 kbit/s

A.9.4.1 Introduction

Toutes les cinq trames, une ligne d'essai est mise sous forme numérique conformément à la structure d'échantillonnage définie en A.9.4.2. Les données sont communiquées à une mémoire tampon de transmission puis transmises au format que décrit le A.9.4.3 dans une voie au débit binaire de 128 kbit/s.

S'il y a 3 lignes d'essai par trame, elles sont échantillonnées séquentiellement. Ainsi, il faut répéter 15 fois les lignes quand on les réintroduit dans le décodeur.

TABLEAU A.13/J.81

Identificateurs de ligne (LI)

(LI)		625/50	(LI)		525/60		
0	=	ligne	1/314	0	=	ligne	1/264
1	=	ligne	2/315	1	=	ligne	2/265
2	=	ligne	3/316	2	=	ligne	3/266
.				.			
.				.			
20	=	ligne	21/334	20	=	ligne	21/284
21	=	ligne	22/335	21	=	ligne	260/523
22	=	ligne	311/624	22	=	ligne	261/524
23	=	ligne	312/625	23	=	ligne	262/525
24	=	ligne	313	24	=	ligne	263
25 à 31		inutilisé		25 à 31		inutilisé	

NOTES

1 Les X forment une succession alternée de «0» et de «1». Le début du mot de synchronisation coïncide avec le commencement d'un nouvel octet dans le conteneur (voir A.10).

2 La numérotation des trames est conforme à la Recommandation UIT-R BT.470 [8]. Le code correspond au numéro de la trame d'où est extrait l'ensemble de données considéré.

3 Il s'agit d'un code raccourci BCH (511,492) à polynôme générateur:

$$g_x = (x^9 + x^4 + 1)(x^9 + x^6 + x^4 + x^3 + 1)$$

4 La numérotation des lignes est conforme à la Recommandation UIT-R BT.470. Le code correspond au numéro de la ligne d'où est extrait l'ensemble de données considéré.

Afin de conserver la cohérence de phase de la sous-porteuse sur les lignes composites, il faut réintroduire les lignes d'essai dans des trames qui ont le même numéro de trame (1 à 8 pour le PAL). Il faut donc stocker 8 fois le nombre de lignes d'essai utilisées par trame.

A.9.4.2 Echantillonnage des lignes d'essai

L'échantillonnage des lignes d'essai se fait conformément à l'échantillonnage de luminance de la Recommandation UIT-R BT.601, à ceci près:

- l'échelle de 10 bits utilisée va de 0 à 1023;
- le noir correspond à 288 (32 + 256);
- le blanc 100% correspond à 726.

Cette structure d'échantillonnage autorise des valeurs inférieures au niveau du noir (signaux composites) avec double résolution. Cela correspond à la Recommandation UIT-R BT.601 avec résolution de 9 bits, extension de l'échelle et décalage de l'échelle de 256.

A.9.4.3 Format

La transmission d'une ligne d'essai commence après l'échantillonnage d'une ligne d'essai et a le format suivant:

00	S	R	FS	L	E	D1	D2		Dn	00
----	---	---	----	---	---	----	----	--	----	----

Début du champ, champs modulo 5

S Mot de synchronisation [32 «1» + «00010010»]

[Le début du mot de synchronisation coïncide avec le début d'un nouvel octet dans le support de transmission (voir A.10)]

R Bits réservés, 3 bits (normalement = 0)

FS Données d'état du champ, 3 bits

0 0 0 Champ 1

0 0 1 Champ 2

. . . .

. . . .

. . . .

1 1 1 Champ 8

L Identificateur de ligne, 5 bits. Même assignation que pour le télétexte (voir le Tableau A.13)

E Protection contre les erreurs, 5 bits

R, FS et L sont protégés par un code de Hamming étendu (16,11)

[code (15,11) + parité paire] à polynôme générateur $x^4 + x + 1$ + bit de parité paire.

Mot de données D_n + parité, 12 bits

d = MSB

d9 = LSB

d10 = réserve (par exemple, meilleure résolution), sinon = 0

p = bit de parité, parité paire sur d0, d1, d2, d3, d4.

Les paires de mots consécutifs sont entrelacées comme suit (' désigne le second échantillon):

d0	d'0	d5	d'5	suivi de
d1	d'1	d6	d'6	suivi de
d2	d'2	d7	d'7	suivi de
d3	d'3	d8	d'8	suivi de
d4	d'4	d9	d'9	suivi de
p	p'	d10	d'10	

Le premier échantillon, D1, correspond au premier échantillon de la ligne numérique (après la séquence de référence) que définit la Recommandation UIT-R BT.656 [9].

Le nombre n de mots de données est 864 pour le système à 625 lignes et 858 pour le système à 525 lignes.

Le nombre d'octets restants avant le début des données de la ligne d'essai suivante dépend du type de système et on les remplit d'octets de zéros.

A.9.5 Transmission d'un code temporel série à 80 bits dans une voie de 8 kHz spécialisée

Le code temporel que définit la Publication 461 de la CEI [13] est d'abord démodulé, puis justifié en trames d'émission successives de 9 bits de long.

Chaque trame comprend 2 ou 3 bits de données de code temporel, l'indication de justification et la redondance pour correction des erreurs. Elle est constituée comme suit (d0 est transmis en premier):

- d0 = 1^{er} bit de données du code temporel;
- d1 = 2^e bit de données du code temporel;
- d2 = 3^e bit de données du code temporel (ou bit de justification);

- ij = indication de justification («1» si on utilise d2);
- $p0$ = OU exclusif de (d0, d1, ij);
- $p1$ = OU exclusif de (d1, d2, ij);
- $p2$ = OU exclusif de (d0, d1, d2), complémenté;
- $p3$ = OU exclusif de (d0, d2, ij);
- ij' = répétition de ij .

NOTES

- 1 On prend le complément de $p0$ - $p3$ pour former un code de Hamming étendu qui protège d0, d1, d2 et ij . En cas de détection d'erreur double, on peut utiliser ij' au lieu de ij .
- 2 En cas de perte de synchronisation à la réception, tous les mots de code reçus sont signalés comme étant erronés.
- 3 On peut garantir dans le décodeur la position temporelle du code temporel par rapport à celle des composantes vidéo en contrôlant l'instant d'émission du mot de synchronisation du code temporel.

A.10 Multiplex de services

A.10.1 Introduction

Le multiplex de services est fondé sur un ensemble de deux conteneurs TV compatibles, organisés selon une structure à 8 kHz définie en octets.

Il permet de multiplexer:

- une voie vidéo;
- zéro, une ou deux voies son (1544 ou 2048 kbit/s) (voir les Notes 1, 2, 3 et 7);
- zéro, une ou deux voies de 384 kbit/s en vue d'applications de télétexte ou auxiliaires (voir les Notes 6 et 7);
- une voie de 128 kbit/s pour la ligne d'essai (voir la Note 7);
- une voie de 8 kbit/s pour le contrôle;
- deux voies de 8 kbit/s pour l'accès conditionnel;
- deux voies de 8 kbit/s pour les codes temporels.

La structure est disposée en six rangées (voir la Figure A.16), ce qui donne 384 kbit/s par colonne. La structure du multiplex est indiquée au moyen d'une voie spécialisée et donne la souplesse nécessaire pour attribuer les voies ci-dessus. Les variations de capacité se font par pas d'un nombre entier de colonnes ($n \times 384$ kbit/s).

a)	1	2	14	15	26	27	39	40	51	52	64	65	76	77	88																										
b)	1	2	18	19	34	35	50	51	66	67	83	84	99	100	114																										
P	L	A	A'	V	V	•••	A	A'	V	V	•••	A	A'	V	V	•••	T	T'	V	V	•••	A	A'	V	V	•••	A	A'	V	V	•••	A	A'	V	V	•••	A	A'	V	V	•••
	J1	J'1	V	V	•••	A	A'	V	V	•••	A	A'	V	V	•••	T	T'	V	V	•••	A	A'	V	V	•••	A	A'	V	V	•••	A	A'	V	V	•••	A	A'	V	V	•••	
	J2	J'2	V	V	•••	A	A'	V	V	•••	A	A'	V	V	•••	T	T'	V	V	•••	A	A'	V	V	•••	A	A'	V	V	•••	A	A'	V	V	•••	A	A'	V	V	•••	
	A	A'	V	V	•••	A	A'	V	V	•••	A	A'	V	V	•••	T	T'	V	V	•••	A	A'	V	V	•••	A	A'	V	V	•••	A	A'	V	V	•••	A	A'	V	V	•••	
	J3	J'3	V	V	•••	A	A'	V	V	•••	A	A'	V	V	•••	T	T'	V	V	•••	A	A'	V	V	•••	A	A'	V	V	•••	A	A'	V	V	•••	A	A'	V	V	•••	
	J4	J'4	V	V	•••	A	A'	V	V	•••	A	A'	V	V	•••	T	T'	V	V	•••	A	A'	V	V	•••	A	A'	V	V	•••	A	A'	V	V	•••	A	A'	V	V	•••	

T0902060-94/d15

- a) Attribution des colonnes à 34 Mbit/s
- b) Attribution des colonnes à 45 Mbit/s

FIGURE A.16/J.81
Structure du conteneur (125 μs)

Pour surveiller les erreurs, on dispose d'un contrôle de parité à entrelacement de bits. Un pointeur approprié permet de synchroniser les blocs FEC.

Le multiplex de services n'assure pas la protection des voies contre les erreurs. Par conséquent, en ce qui concerne les erreurs binaires aléatoires, les affluents auront le même taux d'erreur binaire que le train de données reçu.

A.10.2 Conteneur TV

A.10.2.1 Structure générale

Les données sont transmises rangée après rangée.

Le conteneur défini pour 34 Mbit/s (530 octets de long) est compatible avec cinq conteneurs TU-2 SDH concaténés (TU2-5c), un conteneur VC-3 SDH et tient dans une trame de transmission G.751 de 34 368 kbit/s.

Le conteneur défini pour 45 Mbit/s (686 octets) est compatible avec un conteneur VC-3 SDH et sept conteneurs TU-2 SDH et tient dans une trame de transmission G.752 de 44 736 kbit/s.

L'échange entre systèmes à 34 et 45 Mbit/s est possible par mise en correspondance d'un conteneur avec l'autre, comme cela est indiqué en A.10.2.4.

A.10.2.2 Attribution des colonnes

Les octets J, qui indiquent l'usage d'autres colonnes, sont toujours transmis dans la colonne 1.

Les colonnes 14, 26, 51, 64 et 76 (18, 34, 66, 83 et 99 à 45 Mbit/s) servent à acheminer la voie A [2048 ou 1544 kbit/s si la colonne 76 (99) n'est pas utilisée].

La colonne 39 (50) sert à la voie T.

Les colonnes 2, 15, 27, 52, 65 et 77 (2, 19, 35, 67, 84 et 100) servent à acheminer une seconde voie A' [2048 ou 1544 kbit/s si la colonne 77 (100) n'est pas utilisée]. La colonne 2 n'est active que si la voie A' l'est aussi, sinon elle transporte des données vidéo.

La colonne 40 (51) sert à la seconde voie T'.

Toutes les autres colonnes, plus les colonnes A, A', T et T', si elles ne servent pas (mais jamais la colonne 2) sont attribuées aux données vidéo.

A.10.2.3 Définitions

V Octet pour données vidéo. Le premier octet dans le support de transmission appartient à un 0 FEC d'un superbloc (voir A.8.2).

P Code de parité à entrelacement de bits utilisant une parité paire (BIP-8 comme pour SDH); le P se réfère au conteneur précédent, en excluant son P. Il est calculé après un éventuel embrouillage.

L = [I₁, I₂, I₃, ... I₈]. Pointeur pour synchronisation de bloc FEC.

L indique l'ordre de classement du premier octet V d'un conteneur dans le 0 FEC d'un superbloc (voir la Figure A.14).

I₁ = MSB.

L = 0 lorsque le premier octet V du conteneur correspond au premier octet du 0 FEC, L = 254 pour le dernier octet du 0 FEC.

- A,A' Octets pour voies à 2048 ou 1544 kbit/s (mode synchrone ou asynchrone, voir les Notes 1, 2 et 3). La voie A est la voie audio primaire.
- T,T' Octets pour applications télétexte ou auxiliaires. La voie T est la voie primaire pour les données formatées comme l'indique A.9.3. T' est la voie primaire pour les données formatées autrement comme l'indique A.9.3.
- J,J' Octets contenant comme suit la justification, la récupération d'horloge vidéo et les bits d'utilisation de la trame (transmis de gauche à droite):

J1	aj	vj	ca1	r	b ₀	b ₁	b ₂	b ₃
J2	aj	vj	ca2	vitc	b ₄	b ₅	b ₆	b ₇
J3	aj*	vj	s	ltc	b ₀	b ₁	b ₂	b ₃
J4	m ₁	m ₂	m ₃	m ₄	b ₄	b ₅	b ₆	b ₇
J'1	a'j	r	r	r	r	r	r	r
J'2	a'j	r	r	r	r	r	r	r
J'3	a'j*	r	r	r	r	r	r	r
J'4	r	r	r	r	r	r	r	r

- ca1 Voie pour la gestion des clés du système d'accès conditionnel.
- ca2 Voie de synchronisation pour le système d'accès conditionnel.
- s Bit pour la voie de contrôle à 8 kbit/s.
- ltc Voie pour le code temporel longitudinal à 80 bits (voir A.9.5).
- vitc Réserve à la transmission du code temporel vertical d'insertion.
- b₀ à b₇ Bits organisés en octets (b₀ est le MSB) pour la transmission de la ligne d'essai à 128 kbit/s.
- m₁ Séquence binaire qui définit une multitrame de longueur 8.
- m₂, m₃ Voie qui définit l'usage de la trame dans un format (voir le Tableau A.14).
- m₄ Série.
- aj,aj* Bits de justification positive/négative de la voie A. La justification est effectuée sur deux trames successives de 8 kHz..
- aj* dans la première trame (trame paire) et les bits aj dans les deux trames transmettent l'indication de justification, répétée cinq fois.
- aj* dans la seconde trame (trame impaire) est disponible pour la justification positive de la voie A. Pour la justification négative, il faut se servir du premier bit de l'octet A suivant. La justification de position est indiquée par aj/aj* = 1.
- a'j, a'j* Dans la voie A', même définition que aj et aj*
- vj Bit de transmission de l'horloge vidéo (positif/négatif) (répété 3 fois – voir la Note 4).
- r Bits réservés pour des applications futures.

TABLEAU A.14/J.81

Séquence binaire m_i

Numéro de trame	Parité	m_1	Utilisation de la trame définie par		
			m_2	m_3	m_4
0	Paire	1	«1» si la voie T est utilisée	«1» si la voie T' est utilisée	Drapeau de mise à jour de l'embrouillage (voir A.12.7.3)
1	Impaire	1	«1» si la voie A est utilisée	«1» si la voie A' est utilisée	Mode avec embrouillage (voir A.12.7.3)
2	Paire	1	«1» si la voie A est synchrone (Note 2)	«1» si la voie A' est synchrone (Note 2)	Mode avec embrouillage (voir A.12.7.3)
3	Impaire	0	«1» si la voie A a 1544 kbit/s (Note 3)	«1» si la voie A a 1544 kbit/s (Note 3)	Réservé
4	Paire	1	«0» si la voie T est formatée comme au A.9.3 «1» si la voie T sert à des fonctions auxiliaires	«0» si la voie T' est formatée comme au A.9.3 «1» si la voie T' sert à des fonctions auxiliaires	Réservé
5	Impaire	0	Error!	Réservé	Réservé
6	Paire	0		Réservé	Réservé
7	Impaire	0		Réservé	Réservé

a) La trame 5 achemine le MSB.

A.10.2.4 Passage de 34/45 Mbit/s

Pour passer de l'un à l'autre des réseaux à 34 et 45 Mbit/s, il est recommandé d'appliquer la procédure suivante.

Le codage est effectué au débit binaire défini par le conteneur à 530 octets. Ce dernier est acheminé sur les réseaux à 34 Mbit/s au moyen des couches d'adaptation correspondant au réseau.

Pour la transmission sur les réseaux à 45 Mbit/s, ce conteneur est mis en correspondance avec le support de transmission à 686 octets qu'achemine la couche d'adaptation correspondant au réseau.

La mise en correspondance du conteneur à 530 octets avec celui à 686 octets se fait en remplissant chaque champ du conteneur à 686 octets à l'aide des données correspondantes du conteneur à 530 octets, suivies des octets de bourrage nécessaires tous composés uniquement de «1», dans les colonnes 14 à 17, 30 à 33, 47 à 49, 62 à 65, 79 à 82, 95 à 98 et 112 à 114.

NOTES RELATIVES À A.10 (MULTIPLEX DE SERVICES)

1 Si la voie A ou A' sert à transmettre 1544 kbit/s, la dernière colonne est laissée aux données vidéo. Les deux octets A et A' de la colonne 1 sont inutilisés, sauf le premier bit du premier octet.

2 Un mode synchrone est prévu pour les voies A ou A'. Dans la trame du conteneur, le premier octet A ou A' correspond à l'intervalle de temps 0 de la trame à 2048 kbit/s ou au bit de verrouillage de trame de la trame à 1544 kbit/s.

3 Si les deux voies A et A' sont utilisées, il faut qu'elles aient les mêmes débits binaires.

4 L'horloge à 13,5 MHz qui sert à l'échantillonnage vidéo dans le codeur est comparée à une référence à 8 kHz liée au réseau. Une telle horloge sert à actionner un compteur qui est remis à zéro à la fin de chaque période de l'horloge à 8 kHz; avant la remise à zéro, il peut atteindre 1687 ou 1688.

Chaque trame du multiplex contient un bit de récupération de l'horloge vidéo, répété trois fois pour le protéger contre les erreurs et défini comme suit:

- «0» s'il y a 1687 impulsions d'horloge;
- «1» s'il y en a 1688.

La référence d'origine à 8 kHz est reconstituée dans le décodeur par division de l'horloge locale à 13,5 MHz et comparée à la référence locale à 8 kHz associée au réseau. La différence de phase sert à régler la fréquence de l'oscillateur local.

Il faut que le codeur contrôle la production de la séquence de blocs de sorte qu'en l'absence de gigue à son entrée les contraintes imposées à la gigue de phase par la Recommandation UIT-R BT.601 soient satisfaites quand la boucle PLL du décodeur a une largeur de bande de 3 Hz ou moins. Il faut introduire des fluctuations ou appliquer toute technique équivalente.

Le système doit être capable de tolérer une erreur pouvant atteindre 10^{-5} sur la fréquence d'échantillonnage de l'horloge vidéo.

5 Afin de pouvoir compenser convenablement tout décalage entre le son et l'image qui serait dû à des réalisations différentes des codeurs et des décodeurs, il faut que les décalages permettant de synchroniser l'image et le son soient également répartis entre les deux extrémités.

A chacune d'elles, le décalage son/image doit être zéro \pm 1 ms.

On définit le retard du son par l'intervalle de temps moyen qui s'écoule entre l'arrivée d'un signal sonore au codeur son et le temps de transmission des bits de données correspondants dans le conteneur.

On définit le retard de l'image par l'intervalle de temps qui s'écoule entre la réception dans le codeur du premier pixel de la première ligne active et le temps de transmission du mot FSW, quand le champ BOF envoyé dans le FSW correspond à 50% de la capacité de la mémoire tampon spécifiée.

Il faut inclure dans le décalage son/image tout délai dû à un éventuel prétraitement du son et de l'image (par exemple, le filtrage).

6 Le paragraphe A.9.3 définit le format de télétexte utilisé. On peut aussi le retenir pour transmettre des données auxiliaires.

Les voies que forment les octets T et T' peuvent aussi servir de voies transparentes à 384 kbit/s. Le format des données n'est pas spécifié pour cette application.

7 Il résulte de la structure de verrouillage de trame que la longueur des salves d'erreurs est normalement limitée à 8 bits pour les voies à 2048, 1544 et 384 kbit/s (c'est-à-dire le son, le télétexte et les données auxiliaires) et à 4 bits pour la voie à 128 kbit/s (lignes d'essai). Pour une protection appropriée contre les erreurs, que ces affluents doivent assurer, il faudra prendre en compte ces caractéristiques.

A.11 Adaptation au réseau

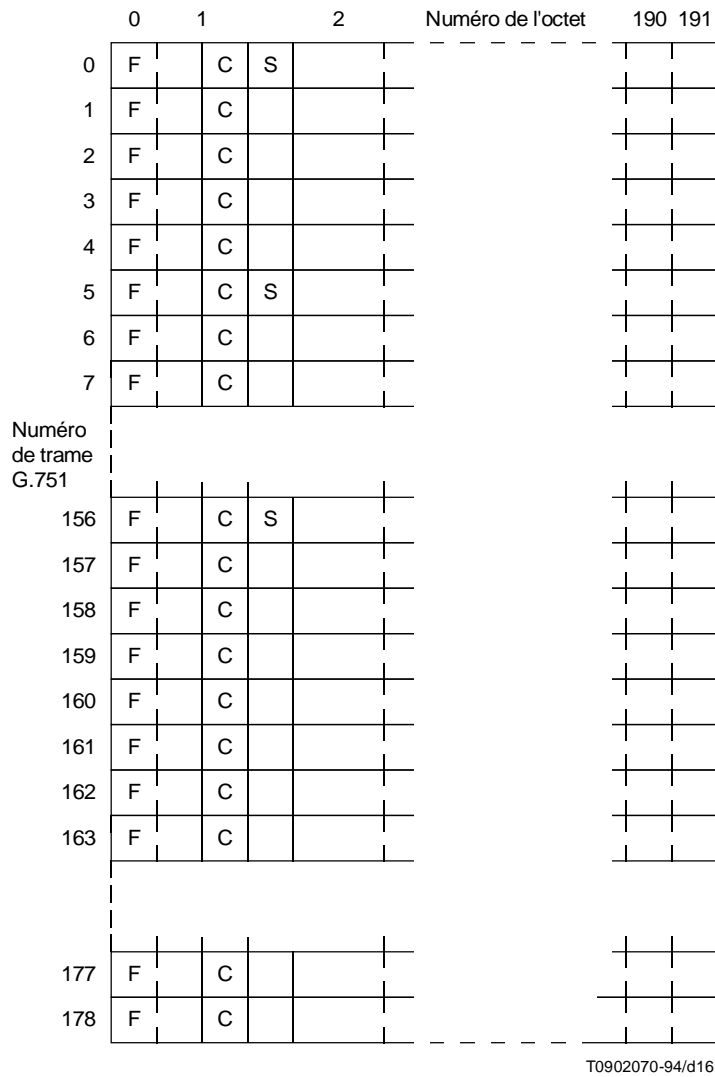
A.11.1 Adaptation au réseau utilisant la trame G.751 à 34 368 kbit/s

Si la transmission se fait au moyen de la structure de trame de la Recommandation G.751 [2], le conteneur TV est mis en correspondance avec des blocs de 532 octets qui comprennent deux octets réservés, suivis de 530 octets de données. Ces blocs sont ensuite mis en correspondance avec une trame G.751 au moyen d'une structure multitrame. Comme le montre la Figure A.17, on peut aussi se servir de la même structure multitrame pour mettre en correspondance des cellules ATM ou files d'attente distribuées sur un bus directionnel (DQDB) (*distributed queue dual bus*).

Capacité de la charge utile: 34 048 kbit/s

Longueur du bloc: 532 octets

Multitrame: 179 trames G.751 véhiculant 64 blocs; le premier bit après les deux bits de bourrage de la trame 0 est le premier bit d'un bloc de 532 octets.



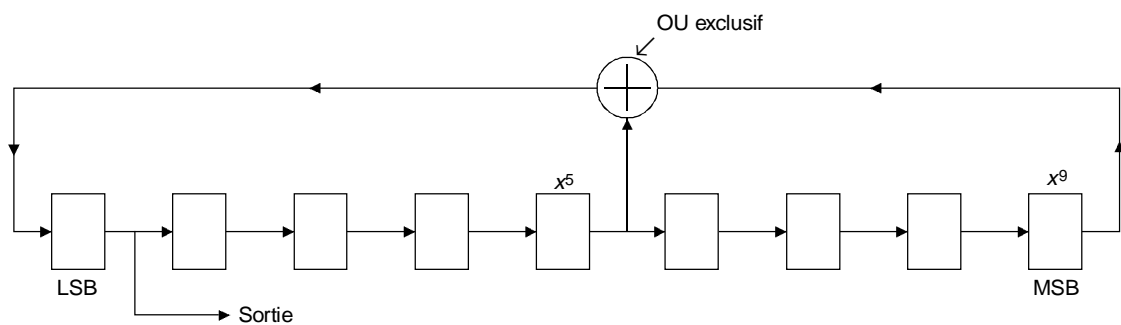
- F (12 bits) Verrouillage de trame (10 bits) plus bit d'alarme et bit national
- C (2 bits) Code de chaîne
- S (2 bits) Bits de bourrage (toutes les 6 trames, de la trame 0 à la trame 156)

FIGURE A.17/J.81
Structure de la multitrame de 8 ms (179 trames G.751)

Deux bits C sont assignés à chaque trame. Ces bits sont tirés d'un générateur pseudo-aléatoire fondé sur le polynôme:

$$g(x) = 1 + x^5 + x^9$$

et correspondent à la contre-réaction que présente la Figure A.18.



T0902080-94/d17

FIGURE A.18/J.81
Générateur pseudo-aléatoire – Contre-réaction

Au début de la première trame la valeur initiale est:

LSB – 01111101

et elle est mise à jour deux fois dans chaque trame.

Avec cette configuration, la valeur initiale au début de la première trame peut aussi être obtenue simplement en inversant le LSB du contenu du registre à décalage à la fin de la dernière trame.

Le générateur pseudo-aléatoire prend les états successifs suivants:

	LSB	MSB			Premier	Second
					\	/
Etat 0	001111101	}	Trame 0	Bits transmis	0,0	
Etat 1	000111110					
Etat 2	100011111	}	Trame 1	Bits transmis	1,0	
Etat 3	010001111					
Etat 4	101000111	}	Trame 2	Bits transmis	1,1	
Etat 5	110100011					
.		
.		
Etat 354	111010110	}	Trame 177	Bits transmis	1,1	
Etat 355	111101011					
Etat 356	111110101	}	Trame 178	Bits transmis	1,0	
Etat 357	011111010					
Etat suivant	101111101					
	↓					
Etat 0	001111101	}	Trame 0	Bits transmis	0,0	
Etat 1	000111110					

A.11.2 Adaptation aux réseaux de conteneurs à 686 octets utilisant la trame G.752 à 44 736 kbit/s

Si la transmission se fait au moyen de la structure de trame de la Recommandation G.752 [2], le bloc d'information approprié de 125 µs est mis en correspondance avec ladite trame à l'aide d'une structure multitrame. Dans ce cas, le bloc est équivalent au conteneur TV pour 45 Mbit/s.

Capacité de la charge utile: 43 904 kbit/s

Longueur du bloc: 686 octets

Multitrame: 699 trames G.752 véhiculant 595 blocs; le premier bit qui suit les 6 kbits de la première trame de la multitrame est le premier bit du conteneur TV.

Cette trame est répétée 699 fois pour former une multitrame.

Structure de la trame à 9398 kHz (G.752)

L (10 bits) numéro de trame G.752 (MSB en premier) de 0 à 698

K (6 bits) indique les trames où S est un octet de bourrage selon la loi $14 + J^*15$, J ayant des valeurs comprises entre 0 et 45

K = 11111 pour les trames 14, 29, 45, etc.

K = 000000 pour toutes les autres trames

S (8 bits) octet de bourrage vidéo

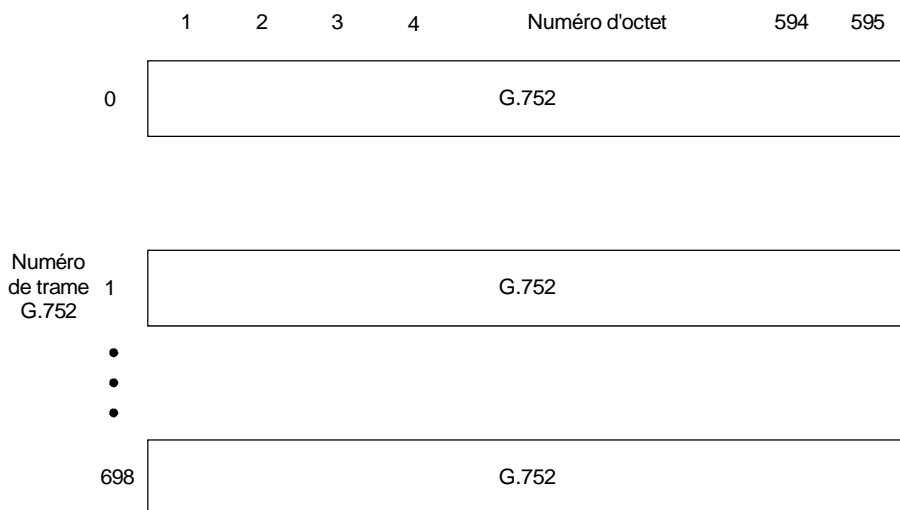
R (16 bits) réservé

- X* Bit fonctionnel de service (répété une fois)
- C* Voie de contrôle
- P* Bit de parité pour la multitrame précédente (répété une fois)
- F₀*, F₁* Bits de verrouillage de la sous-trame
- M₀*, M₁* Bits de verrouillage de la trame
- * Défini ou présent dans la Recommandation G.752.

Numéro de bit																								
0			85			170			255			340			425			510			595			
X	L	K			F ₁			C			F ₀			C			F ₀			C			F ₁	
X					F ₁			C			F ₀			C			F ₀			C			F ₁	
P	R	R			F ₁			C			F ₀			C			F ₀			C			F ₁	
P					F ₁			C			F ₀			C			F ₀			C			F ₁	
M ₀					F ₁			C			F ₀			C			F ₀			C			F ₁	
M ₁					F ₁			C			F ₀			C			F ₀			C			F ₁	
M ₀	S				F ₁			C			F ₀			C			F ₀			C			F ₁	

T0902090-94/d18

FIGURE A.19/J.81
Structure d'une trame G.752



T0902100-94/d19

FIGURE A.20/5.81
Structure de la multitrame de 74,375 ms

A.11.3 Adaptation au réseau utilisant SDH

La structure à 8 kHz du support de transmission TV se prête particulièrement à la mise en correspondance avec les supports SDH VC3 de VC2-5c. La mise en correspondance la plus appropriée est encore à l'étude. Il est prévu de la faire apparaître dans la Recommandation G.709.

A.12 Embrouillage pour l'accès conditionnel des données transmises

A.12.1 Description générale du système d'accès conditionnel

Les Figures A.21 et A.22 présentent le schéma fonctionnel d'un codeur et d'un décodeur à contrôle d'accès pour une voie. La source d'information peut être l'une des composantes du programme (vidéo, audio ou télétexte) ou toutes à la fois, considérées comme un service unique. On ne peut embrouiller que les octets audio, vidéo et du télétexte (V, A, A', T, T'). Les voies auxiliaires comme la voie de contrôle ne sont pas embrouillées.

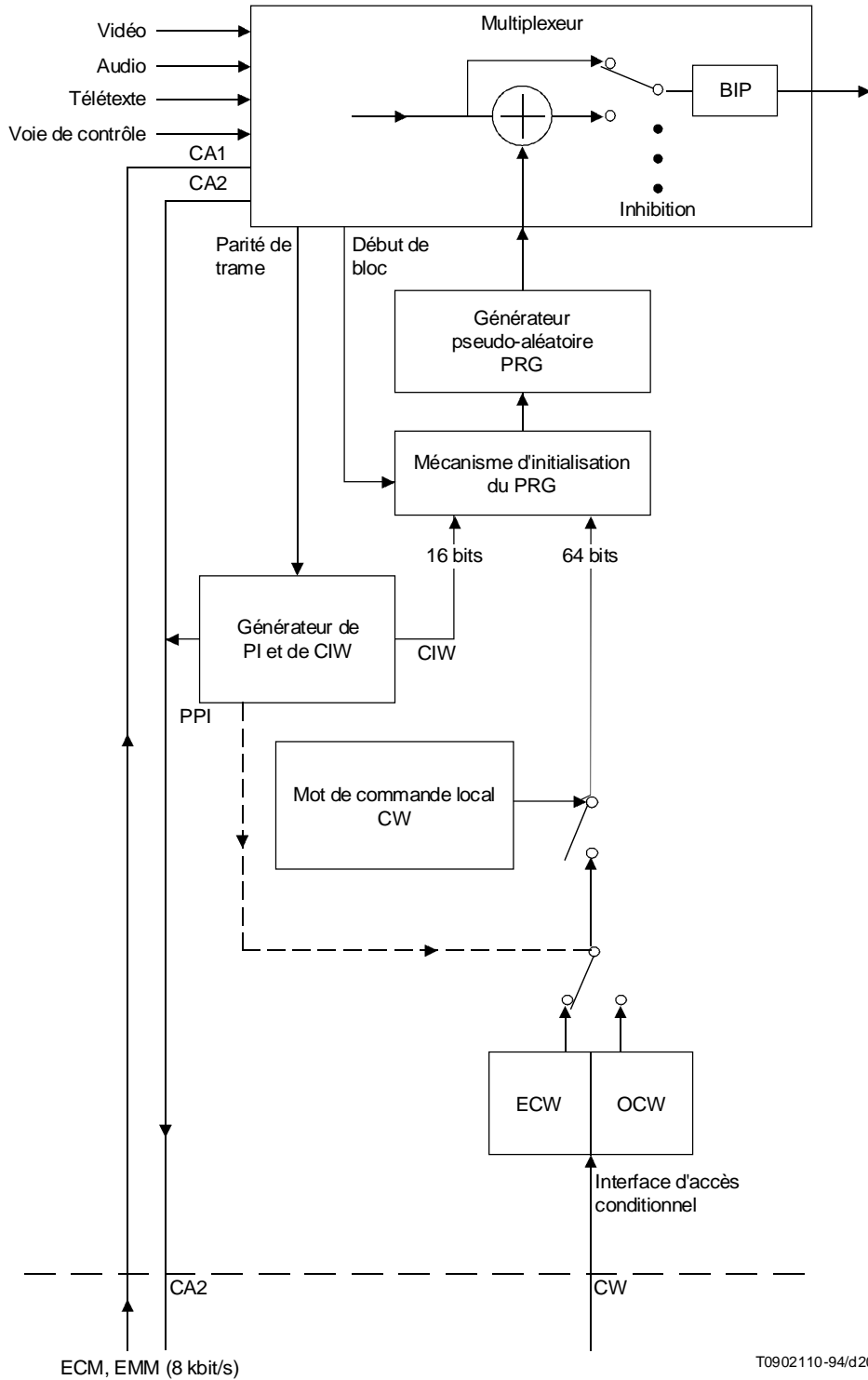


FIGURE A.21/J.81

Schéma du codeur

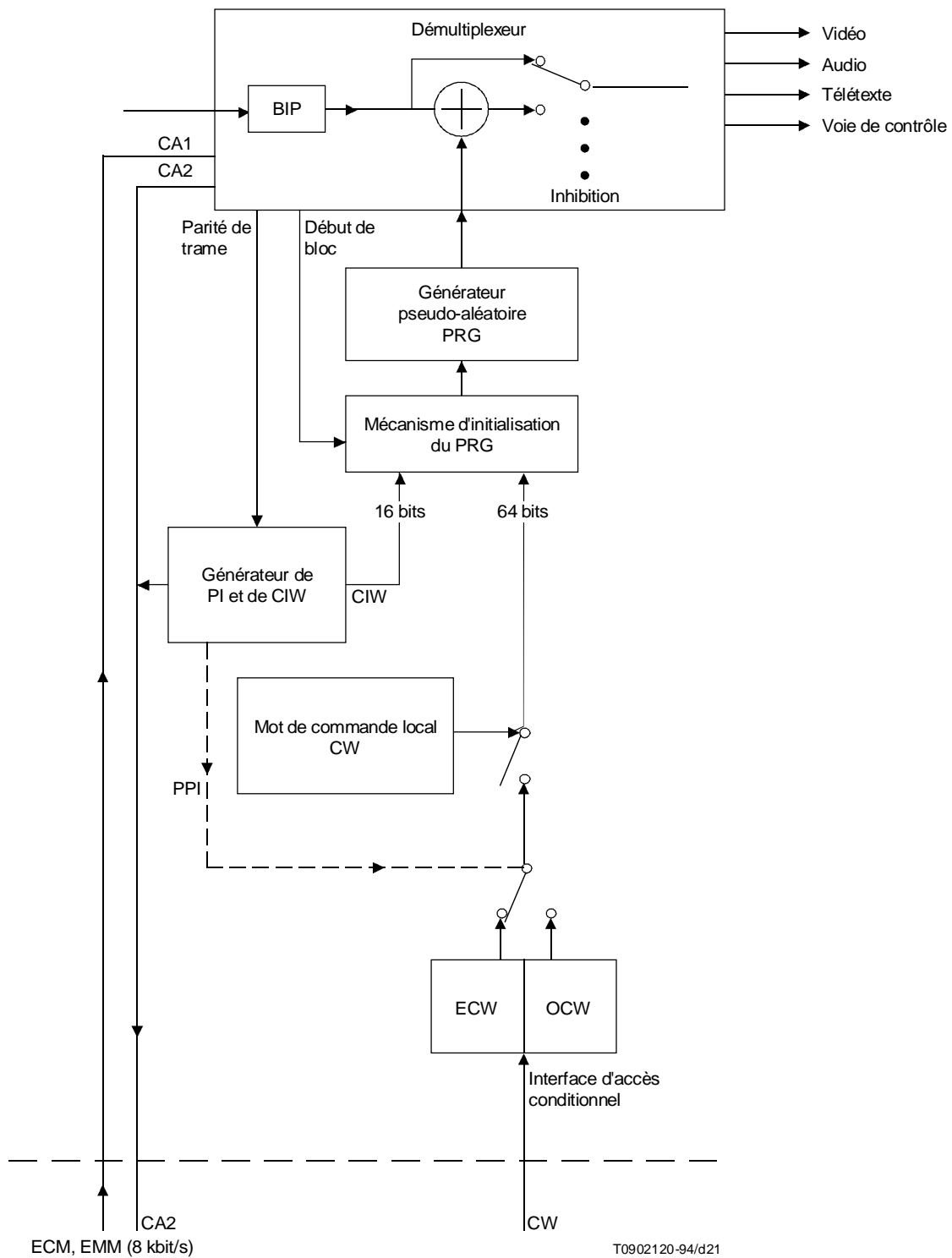


FIGURE A.22/J.81
Schéma du décodeur

Les caractéristiques principales du système d'embrouillage sont les suivantes:

- L'embrouillage est effectué au niveau du multiplex des services. Il affecte donc le son, la vidéo et le télétexte après la correction des erreurs sans voie de retour.
NOTE – Le calcul de la parité à entrelacement des bits se fait après embrouillage comme cela est exposé en A.10.
- L'embrouillage s'obtient au moyen d'un «OU exclusif» placé entre les octets d'information (A, T, V) et les octets séquentiels issus du générateur pseudo-aléatoire (PRG) (*pseudo-random generator*). Les octets P, L, J1, J2, J3, J4, J'1, J'2, J'3, J'4 ne sont jamais embrouillés.
- Le générateur de la séquence d'embrouillage est un générateur pseudo-aléatoire à très long cycle. Son signal de sortie est rendu imprévisible au moyen d'un mot de contrôle (CW) et d'un mot d'identification du conteneur (CIW) (*container identification word*) cyclique de 16 bits. Une combinaison de ces mots initialise le générateur PRG au début de chaque conteneur, toutes les 125 µs.
- La longueur de la séquence cyclique qui donne le CIW est 65 534. Les CW sont changés au début de chaque nouvelle séquence de CIW, soit toutes les 8,2 s (125 µs * 65 534).
- Les cryptogrammes sont émis dans les messages de contrôle de titres d'accès (ECM) qui comprennent deux mots de contrôle chiffrés (le CW en cours et le CW suivant) ainsi que les données relatives à la gestion du mot de contrôle. Pour que les récepteurs qui se connectent au cours d'une période de 8,2 s se verrouillent plus vite, on peut transmettre plus souvent les cryptogrammes des CW. Les ECM sont expédiés dans la voie à 8 kbit/s qu'achemine le bit CA1.
- Le système de désembrouillage doit être synchronisé de la source au récepteur. La composante de source embrouillée, le générateur de CIW et le signal de synchronisation sont tirés de la structure du multiplex. Par exemple, un nouveau mot de contrôle devient valable quand le CIW prend une valeur donnée.

En outre, l'exploitant du service peut choisir d'envoyer son signal embrouillé ou en clair.

Dans le cas de l'embrouillage, l'exploitant du service peut se servir soit d'un mot de contrôle local qui est constant et stocké dans le récepteur, soit d'un mot de contrôle reconstitué transmis dans l'ECM.

Lorsque les diverses composantes du programme sont embrouillées individuellement, on utilise des générateurs PRG séparés avec des CW différents. Les PRG qui, à un moment donné, ne servent ni à embrouiller ni à désembrouiller un octet sont inhibés (pas d'impulsion d'horloge et sortie ignorée). En raison du délai nécessaire à l'initialisation du PRG, on laisse non embrouillés les 11 derniers octets du conteneur.

A.12.2 Le générateur pseudo-aléatoire

A.12.2.1 Introduction

On peut considérer qu'à chaque étape le générateur pseudo-aléatoire (PRG) décrit dans la présente Recommandation est défini par trois variables:

- l'état interne: X_n
- le registre d'entrée: I_n
- le registre de sortie: O_n

Ces trois variables sont liées par les relations suivantes:

$$O_n = f(X_n) \quad \text{et} \quad X_{n+1} = g(X_n, I_n)$$

Les fonctions f et g sont définies ci-après.

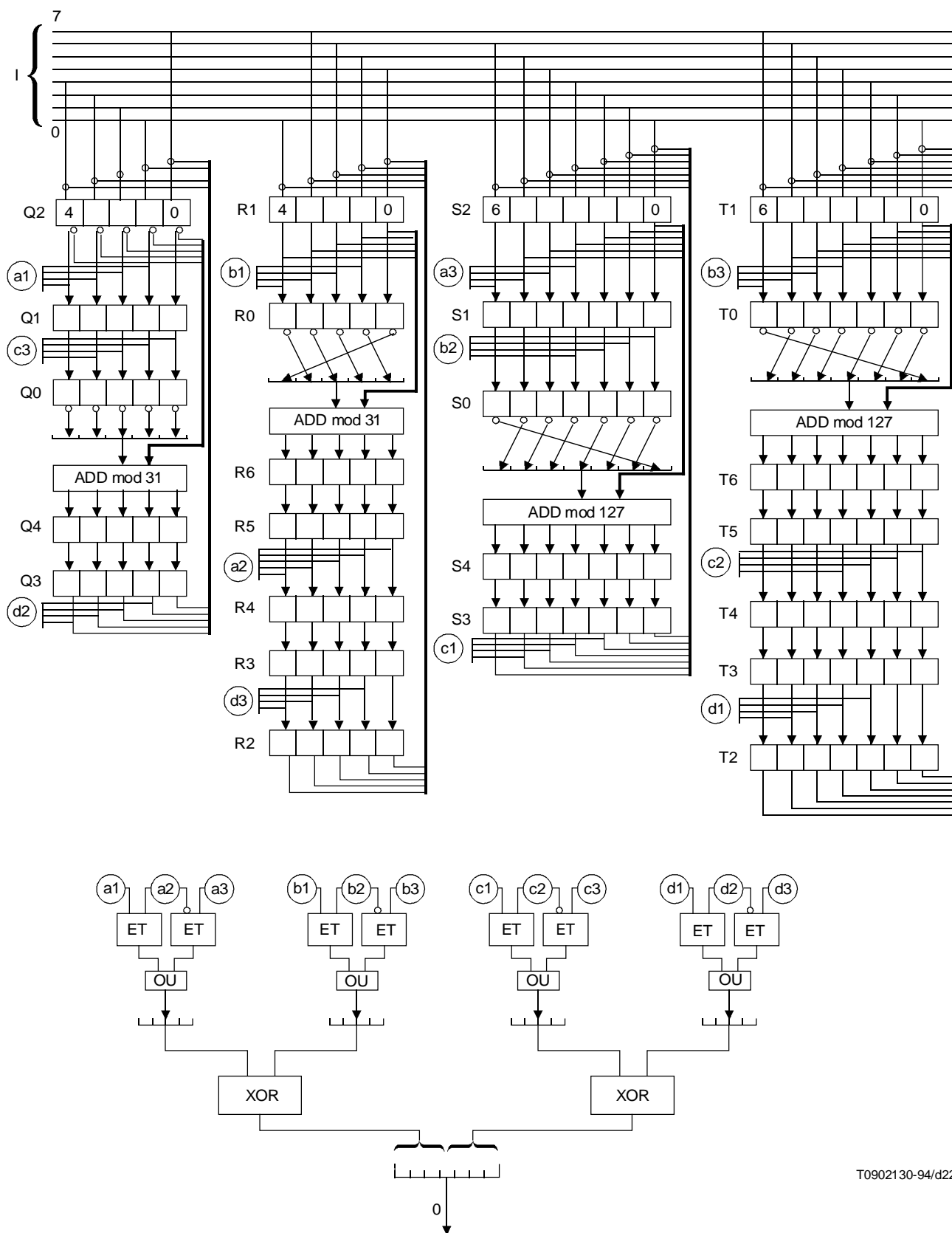
Le fonctionnement du PRG repose sur quatre polynômes irréductibles: Q, R, S, T. Deux d'entre eux sont définis sur le corps de galois GF(31) et les deux autres sur le corps de galois GF(127), comme suit:

Polynôme Q	$X^5 = 15X^2 + 30$	sur GF(31)	(l'ordre des racines de Q est $(31^5 - 1)/15$)
Polynôme R	$X^7 = X + 1^5$	sur GF(31)	(l'ordre des racines de R est $(31^7 - 1)/3$)
Polynôme S	$X^5 = 2X^2 + 125$	sur GF(127)	(l'ordre des racines de S est $(127^5 - 1)/9$)
Polynôme T	$X^7 = 2X + 125$	sur GF(127)	(l'ordre des racines de T est $(127^7 - 1)/9$)

Le PRG est synchronisé au rythme du conteneur (125 µs). Au début de chaque conteneur il est initialisé au moyen d'un mot de contrôle (CW) qu'envoie le système d'accès conditionnel et d'un mot d'identification du conteneur (CIW).

A.12.2.2 Description

Voir la Figure A. 23.



T0902130-94/d22

FIGURE A.23/J.81
Générateur pseudo-aléatoire

- L'état interne X_n du PRG dépend des registres suivants:
- 5 registres de 5 bits: Q0, Q1, Q2, Q3, Q4;
 - 7 registres de 5 bits: R0, R1, R2, R3, R4, R5, R6;
 - 5 registres de 7 bits: S0, S1, S2, S3, S4;
 - 7 registres de 7 bits: T0, T1, T2, T3, T4, T5, T6.

L'état interne a donc pour dimension 144 bits.

Quatre registres de démarrage QI, RI, SI, TI sont chargés par une sélection des 8 bits du registre d'entrée:

Si

$$I_n = i7, i6, i5, i4, i3, i2, i1, i0 \quad (8\text{bits}) \quad (i7 \text{ est le MSB})$$

alors

$$QI = i3, i2, i1, i0, i7 \quad (5 \text{ bits})$$

$$RI = i0, i7, i6, i5, i4 \quad (5 \text{ bits})$$

$$SI = i6, i5, i4, i3, i2, i1, i0 \quad (7 \text{ bits})$$

$$TI = i7, i6, i5, i4, i3, i2, i1 \quad (7 \text{ bits})$$

Après n cycles d'horloge, l'évolution du PRG est décrite au moyen de la fonction g suivante:

$$X_{n+1} = g(I_n, X_n)$$

$$\text{Si } X_n = \begin{cases} Q0, Q1, Q2, Q3, Q4 \\ R0, R1, R2, R3, R4, R5, R6 \\ S0, S1, S2, S3, S4 \\ T0, T1, T2, T3, T4, T5, T6 \end{cases}$$

$$\text{Alors } X_{n+1} = \begin{cases} Q1, Q2, Q3, (\text{XOR}) QI, Q4, (16 \overline{Q2} + \overline{Q0}) \bmod 32^* \\ R1, R2, (\text{XOR}) RI, R3, R4, R5, R6, (R1 + 16 \overline{R0}) \bmod 31^* \\ S1, S2, S3, (\text{XOR}) SI, S4, (2 S2 + 2 \overline{S0}) \bmod 127^* \\ T1, T2 (\text{XOR}) TI, T3, T4, T5, T6, (2 T1 + 2 \overline{T0}) \bmod 127^* \end{cases}$$

où (XOR) signifie OU EXCLUSIF.

NOTE – $X \bmod N^*$ signifie qu'on soustrait N de X chaque fois que X est supérieur à N (le résultat appartient donc à l'intervalle fermé $[0, N]$).

La fonction de sortie f : $O_n = f(X_n)$ se calcule comme suit:

Si

$$O_n = o(7), o(6), o(5), o(4), o(3), o(2), o(1), o(0) \quad (8 \text{ bits, où } o(7) \text{ est le MSB})$$

alors

$$o(0) = [S3(2) \cdot T5(0) + Q1(0) \cdot T5(0), \overline{\quad}] \text{ (XOR) } [T3(2) \cdot Q3(1) + R3(1) \cdot Q3(1), \overline{\quad}]$$

$$o(1) = [S3(3) \cdot T5(1) + Q1(1) \cdot T5(1), \overline{\quad}] \text{ (XOR) } [T3(3) \cdot Q3(2) + R3(2) \cdot Q3(2), \overline{\quad}]$$

$$o(2) = [S3(4) \cdot T5(2) + Q1(2) \cdot T5(2), \overline{\quad}] \text{ (XOR) } [T3(4) \cdot Q3(3) + R3(3) \cdot Q3(3), \overline{\quad}]$$

$$o(3) = [S3(5) \cdot T5(3) + Q1(3) \cdot T5(3), \overline{\quad}] \text{ (XOR) } [T3(5) \cdot Q3(4) + R3(4) \cdot Q3(4), \overline{\quad}]$$

$$o(4) = [Q2(1) \cdot R5(0) + S2(3) \cdot R5(0), \overline{\quad}] \text{ (XOR) } [R1(1) \cdot S1(0) + T1(3) \cdot S1(0), \overline{\quad}]$$

$$o(5) = [Q2(2) \cdot R5(1) + S2(4) \cdot R5(1), \overline{\quad}] \text{ (XOR) } [R1(2) \cdot S1(1) + T1(4) \cdot S1(1), \overline{\quad}]$$

$$o(6) = [Q2(3) \cdot R5(2) + S2(5) \cdot R5(2), \overline{\quad}] \text{ (XOR) } [R1(3) \cdot S1(2) + T1(5) \cdot S1(2), \overline{\quad}]$$

$$o(7) = [Q2(4) \cdot R5(3) + S2(6) \cdot R5(3), \overline{\quad}] \text{ (XOR) } [R1(4) \cdot S1(3) + T1(6) \cdot S1(3), \overline{\quad}]$$

où (XOR) signifie OU EXCLUSIF.

Le bit $o(7)$ traite le premier bit transmis dans un octet chiffré et le bit $o(0)$ traite le dernier.

A.12.3 Paramètres d'initialisation du PRG

A.12.3.1 Générateur de CIW

Le mot d'identification du conteneur (CIW) est un mot de 16 bits produit côté codeur et régénéré côté décodeur au moyen d'un code de chaîne de 15 bits et d'un bit de parité de trame en LSB. Le signal d'entrée du registre à décalage associé au code de chaîne est expédié dans le canal CA2 du conteneur: il permet de synchroniser les séquences dans le codeur et le décodeur. Cette information est expédiée tous les deux conteneurs (trames impaires que définit le bit m_1). Au cours des trames paires, un identificateur de parité de phase (PPI) (*phase parity identifier*) est expédié dans le même bit du conteneur.

La séquence pseudo-aléatoire choisie est tirée du polynôme

$$g(x) = 1 + x^{14} + x^{15}$$

qui est produit par le registre à décalage à boucle de contre-réaction de la Figure A.24.

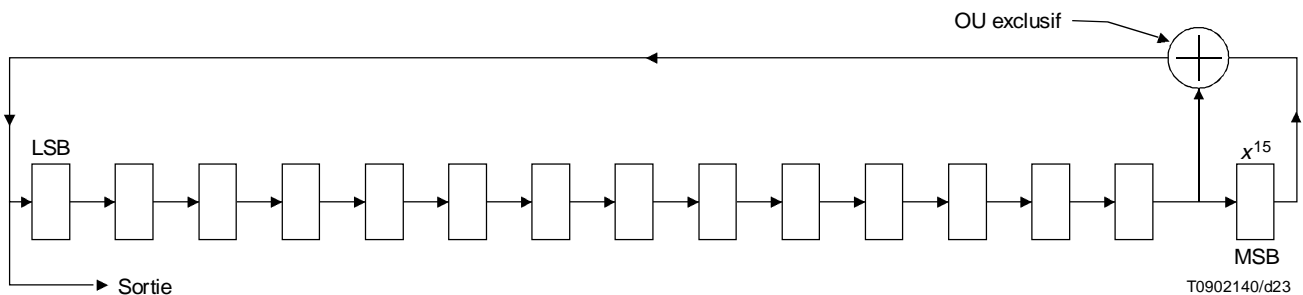


FIGURE A.24/J.81

Générateur pseudo-aléatoire – Contre-réaction

Le registre à décalage avance d'un bit à la fin de chaque conteneur impair et son signal d'entrée est envoyé au décodeur aux fins de synchronisation. Le mot d'identification du conteneur est constitué à l'aide:

- du contenu du registre à décalage (15 MSB du CIW);
- de la parité de la trame en cours (LSB du CIW) («0» pour les trames paires, «1» pour les trames impaires).

La période est $2 \times (2^{15} - 1) = 65\,534$ supports de transmission (8,2 s).

Le CIW définit des blocs de 8,2 s qui délimitent la période de validité des CW successifs. Le premier conteneur d'un bloc est identifié par un bit de parité, tous les bits du registre à décalage étant égaux à «0» sauf le LSB du code de chaîne qui est mis à «1» (CIW = 0000 0000 0000 0010). L'identificateur de parité de phase (PPI) s'inverse d'un bloc à l'autre et sert à identifier le CW attaché au bloc en cours et celui du bloc suivant. Le PRG correspondant au premier support de transmission d'un bloc est initialisé à la fin du bloc précédent, avec le CW attaché à ce bloc, comme le montre la Figure A.25.

A.12.3.2 Mot de contrôle

Le mot de contrôle peut être un mot de contrôle local pour les vérifications ou pour les services à faible sécurité. Il appartient au constructeur de choisir la méthode d'introduction et/ou de modification du mot de contrôle local. Pour une utilisation normale, le mot de contrôle est créé à la source par l'expéditeur puis envoyé chiffré au récepteur. Il change tous les 65 534 conteneurs mais on peut transmettre son cryptogramme toutes les secondes.

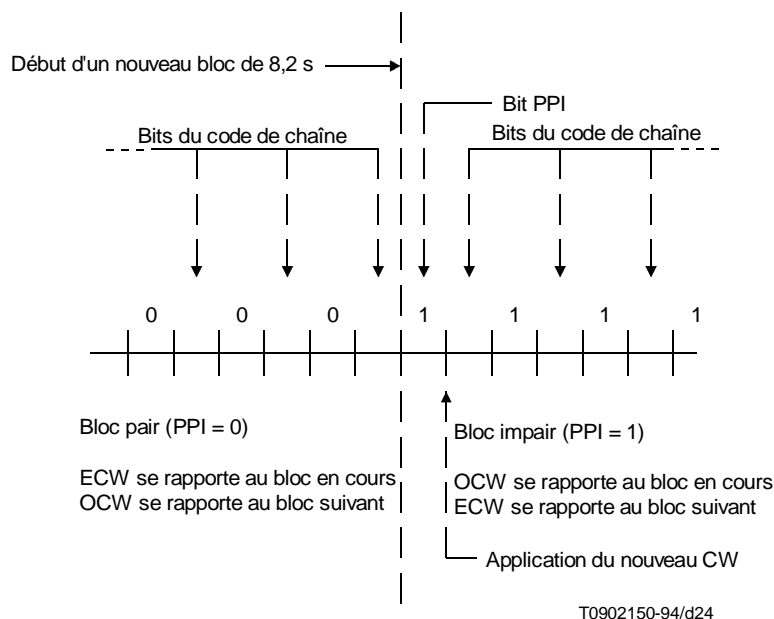


FIGURE A.25/J.81
Mécanisme de changement de bloc

A.12.3.3 Synchronisation

La synchronisation sert à préparer un nouveau mot d'initialisation (IW) et à le charger dans le PRG. Ce mot résulte de la mise en chaîne du mot d'identification du conteneur (CIW), suivi du mot de commande CW et de la répétition du CIW.

La synchronisation se produit:

- toutes les 125 μ s (à chaque conteneur), ce qui correspond à un changement de CIW;
- toutes les 8,2 s (tous les 65 534 conteneurs), ce qui correspond à un changement de CW.

On se sert de deux CW, un pour les blocs impairs de 8,2 s (OCW), l'autre pour les blocs pairs de 8,2 s (ECW). Ce mécanisme est nécessaire pour préparer le CW suivant avant un nouvel ordre de synchronisation et aussi pour permettre à un nouveau récepteur d'obtenir le CW en cours.

La synchronisation utilise:

- le CIW;
- les mots OCW et ECW;
- l'identificateur de parité de phase PPI pour définir la parité du bloc de 8,2 s et savoir par conséquent quel est le CW en vigueur.

La synchronisation du PRG doit avoir lieu pendant les derniers octets vidéo de chaque conteneur qui sont restés non embrouillés. Les mots CW et le CIW qu'on a définis au cours d'un conteneur servent donc à définir le mot d'initialisation du PRG pour le conteneur suivant.

A.12.4 Fonctionnement du PRG

A.12.4.1 Périodicité des séquences

Grâce à sa méthode d'initialisation, le PRG peut produire $(2^{16} \times 2^{64})$ séquences distinctes d'octets. La plus grande périodicité de ces séquences peut se déduire du comportement des polynômes Q, R, S et T.

Ainsi le PRG, qui est une combinaison des quatre polynômes Q, R, S et T, peut produire des séquences qui ont une périodicité égale au plus petit commun multiple de T_q , T_r , T_s et T_t :

$$\text{LCM}(T_q, T_r, T_s, T_t) = 1,36 \times 10^{37}$$

A.12.4.2 Dégénérescence

Les dégénérescences surviennent quand l'un des groupes de registres (Qi, Ri, Si ou Ti) reste dans le même état. Cela n'arrive que si tous les registres de ce groupe sont chargés avec des 0 ou des 31 (pour Q et R) ou des 0 et des 127 (pour S et T). S'il n'y a qu'un groupe de registres dégénérés, on parle de dégénérescence simple. Si tous les groupes le sont, on parle de dégénérescence quadruple (ou complète).

Parmi les 225 états possibles des registres Q0 à Q4 après initialisation, nous pouvons noter:

- 2⁵ états où les registres sont chargés avec des 0 et des 31;
- 32⁵ – 2⁵ états répartis entre 15 séquences.

Le même raisonnement s'applique aux polynômes R, S et T.

On peut donc à présent énumérer tous les états dégénérés du PRG:

- Nombres d'états aboutissant à une dégénérescence complète:
 $2^5 \times 2^7 \times 2^5 \times 2^7 = 2^{24}$
- Nombre d'états aboutissant à une dégénérescence triple: environ 2⁶⁶
 $(2^5 \times 2^7 \times 2^5 \times (128^7 - 128) + 2^5 \times 2^7 \times (128^5 - 128) \times 2^7 + 2^5 \times (32^7 - 32) \times 2^5 \times 2^7 + (32^5 - 32) \times 2^7 \times 2^5 \times 2^7)$
- Nombre d'états aboutissant à une double dégénérescence: environ 2⁹⁵
- Nombre d'états aboutissant à une dégénérescence simple: environ 2¹²⁴
- Sans dégénérescence: environ 2¹⁴⁴ – 2¹²⁴

A.12.5 Production de séquences d'embrouillage à l'aide du générateur PRG

La Figure A.26 indique comment le PRG est initialisé avant d'embrouiller un conteneur. Cette initialisation exige treize cycles.

Pour chaque session, le PRG opère ainsi:

- Réinitialiser l'état interne du PRG ... $X_0 = 0$.
- Initialiser le PRG en chargeant dans le registre d'entrée les octets de démarrage (pendant cette phase, la sortie est neutralisée). Dans tous les mots, les octets de plus fort poids sont expédiés les premiers.
- Produire des octets d'embrouillage que fournit le registre de sortie (pendant cette phase, le registre d'entrée est chargé avec l'octet 0). Le premier octet d'embrouillage est obtenu quand le dernier octet d'initialisation a été envoyé sur impulsion d'horloge dans le PRG.

A.12.6 Système d'accès conditionnel

Les décodeurs à contrôle d'accès ont besoin d'un module de sécurité appelé système de contrôle d'accès (ACS) (*access control system*) qui puisse être incorporé au décodeur, ou être détachable. Dans ce dernier cas, il lui est rattaché via une interface externe codec-ACS que décrit le paragraphe suivant. L'ACS lui-même, qui comprend, entre autres, le moyen de produire les mots de contrôle CW, n'est pas défini dans la présente annexe.

A.12.7 Interface entre le codec et le système de contrôle d'accès

A.12.7.1 Signaux d'interface

L'interface comprend les signaux suivants.

A.12.7.1.1 Données transmises (codeur seulement)

Envoie les données de l'ACS au codeur pour insertion dans la voie CA1 du multiplex.

A.12.7.1.2 Données reçues (décodeur seulement)

Envoie à l'ACS les données extraites de la voie CA1 par le décodeur.

A.12.7.1.3 Mots de contrôle et messages de configuration

Transmettent au générateur pseudo-aléatoire du codeur et du décodeur dans des trames HDLC (définies en A.12.7.4) les mots de contrôle pairs et impairs que produit l'ACS. Les messages de configuration sont aussi envoyés sur cette ligne pour indiquer le mode d'embrouillage (codeur seulement).

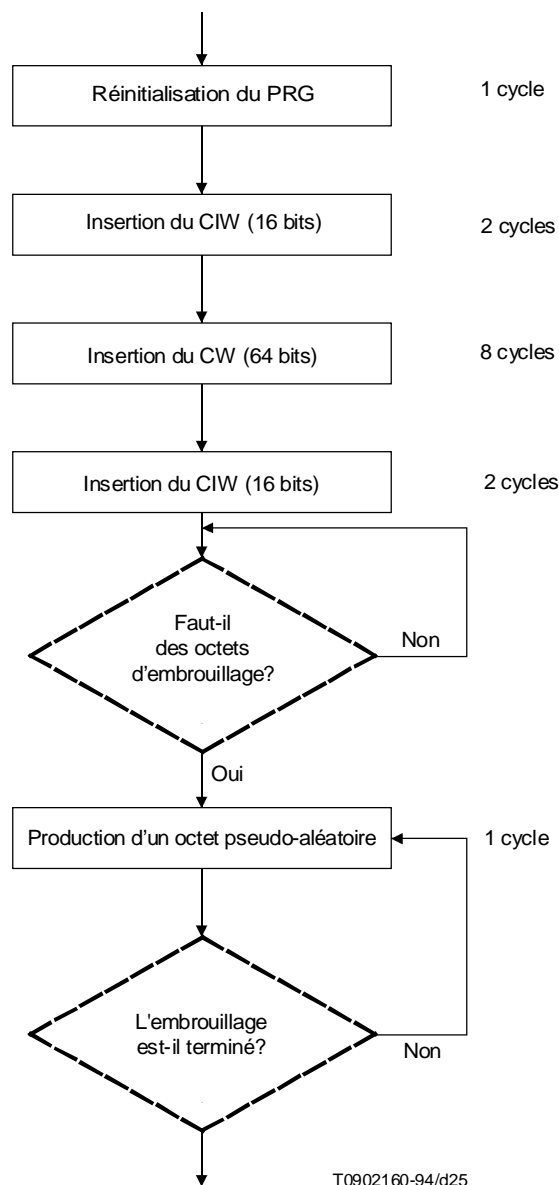


FIGURE A.26/J.81
Initialisation du générateur pseudo-aléatoire (séquence)

A.12.7.1.4 Données d'état

Dans un codeur, les données expédiées sur la voie CA2 sont envoyées à l'ACS. Dans le décodeur, la ligne est réglée au niveau logique «0». Cela peut aider l'ACS à distinguer les codeurs des décodeurs.

A.12.7.1.5 Horloge

Référence à 8 kHz à la cadence de répétition du conteneur, qui sert à l'échange de données de commande sur les lignes séries définies ci-dessus. Le rapport cyclique doit être d'environ 50%. De nouvelles données doivent apparaître lors de la transition du «1» logique au «0» logique. Elles seront échantillonnées lors de la transition du «0» logique au «1» logique.

NOTE – Il faut prévoir des dispositifs de verrouillage appropriés sur les lignes de transmission pour satisfaire aux exigences de synchronisation ci-dessus. On ne spécifie pas de relation de phase spécifique entre l'horloge et le conteneur car le délai de transmission entre le codeur/décodeur et l'ACS n'est pas critique.

A.12.7.2 Interface électrique et physique

Cette interface est décrite dans la Recommandation V.24 [14]. L'interface électrique doit être conforme à la Recommandation V.28 [15]. Le connecteur est le connecteur 25 broches spécifié dans la Norme ISO 2110 [16]. La prise est femelle sur le codeur ou le décodeur qui sont censés être des ETCD et mâle sur l'ACS qui est considéré comme un ETTD.

Les broches sont attribuées comme suit:

Broche	Circuit	Direction
1	Masse de protection	
2	Données émises	ACS vers codeur
3	Données reçues	Décodeur vers ACS
7	Masse du signal	
14	Mots de commande	ACS vers codeur/décodeur
15	Horloge	Codeur/décodeur vers ACS
16	Données d'état	Codeur/décodeur vers ACS

A.12.7.3 Modes de chiffrement

Quatre modes de fonctionnement sont autorisés:

- *Mode 0* – Pas d'embrouillage.
- *Mode 1* – Toutes les composantes sont embrouillées ensemble par un seul polynôme PRG. Le mot de contrôle est fixe («mot de contrôle local»).
- *Mode 2* – Les composantes sont embrouillées par un même PRG. Le mot de contrôle, qui change à chaque bloc, est fourni par l'ACS. Celui-ci indique aussi les composantes qui sont soumises à l'embrouillage.
- *Mode 3* – Les composantes sont embrouillées par plusieurs PRG. Dans cette option, les mots de contrôle sont produits par l'ACS pour chaque bloc avec indication des composantes concernées.

Les mots de contrôle, s'il y en a, reçus par l'ACS et relatifs aux blocs envoyés en mode 0 ou 1 ne sont utilisés ni par le codeur ni par le décodeur.

Le mode de fonctionnement est décrit comme suit par le bit m_4 de l'octet J4:

m_4 de la trame 1	m_4 de la trame 2	Mode
0	0	0
0	1	1
1	0	2
1	1	3

Les passages d'un mode à l'autre ne se produisent qu'à la limite entre deux blocs successifs de 8,2 s. Ces changements sont signalés par le bit m_4 de la trame 0 qui sert de drapeau de mise à jour.

Entre 0,5 s et 1 s avant la fin du bloc en cours, le bit m_4 de la trame 0 est mis à «1». Les bits m_4 des trames suivantes décrivent la configuration à introduire pour le bloc suivant.

Dans la première demi-seconde après le début du nouveau bloc, il faut remettre à «0» le bit m_4 de la trame 0.

La base de temps du bit m_4 est commandée par le codeur. Les changements de modes doivent être reçus de l'ACS dans un délai de 2 s au minimum avant le début d'un nouveau bloc.

A.12.7.4 Format des mots CW et messages de configuration

Les CW et les messages sont expédiés dans des trames HDLC. Elles comprennent:

- un drapeau de départ
- un octet d'adresse qui identifie le type de paquet transmis. Ses valeurs possibles sont:
 - «00» le message correspondant est:
 - i) le numéro du mode si l'ACS est relié à un codeur;
 - ii) FF hex si l'ACS est relié à un décodeur;
 - «01» pour les paquets qui acheminent un mot de contrôle impair OCW;
 - «02» pour les paquets qui acheminent un mot de contrôle pair ECW;
 - «03» pour les paquets qui acheminent à la fois des mots de contrôle pair et impair;
 - «04» pour les paquets qui transmettent un mot de contrôle local temporaire de remplacement;
 - «05» pour les paquets qui chargent un nouveau mot de contrôle interne local;
 - «06» pour les paquets qui correspondent à «pas de CW disponible» (c'est-à-dire, l'accès à la composante correspondante n'est pas autorisé);
 - «07» pour les paquets qui identifient des composantes non embrouillées.
D'autres types de paquet sont réservés pour un usage ultérieur.
- un octet de contrôle avec:
 - Bits 0 à 5: indication des composantes du multiplex que concerne le paquet en cours:
 - le bit 0 mis à «1» si la composante T est concernée;
 - le bit 1 mis à «1» si la composante A est concernée;
 - le bit 2 mis à «1» si la composante T' est concernée;
 - le bit 3 mis à «1» si la composante A' est concernée;
 - le bit 4 mis à «1» si la composante V est concernée;
 - le bit 5 est réservé pour un usage ultérieur.
 - Pour les modes 0 et 1, les bits 0 à 4 doivent être ignorés par le décodeur. Ils doivent tous être mis sur «0» pour le mode 0 et sur «1» pour le mode 1.
 - Bits 6 et 7: indice de continuité des messages envoyés avec une adresse donnée (ne progresse pas si le message est répété).
- Le message de configuration qui comprend:
 - 0 octet si l'adresse d'octet = «06» ou «07»;
 - 1 octet contenant le numéro du mode si l'octet d'adresse = «00» (b_0 = LSB de mode, b_1 = MSB de mode, b_2 à b_7 sont réservés);
 - 8 octets pour un nouveau mot de contrôle local;
 - 8 octets si les mots ECW et OCW sont transmis séparément;
 - 16 octets si les mots ECW et OCW sont transmis ensemble (ECW le premier);
- 2 octets CRC comme le spécifie le format HDLC;
- un drapeau de fin.

Pour chaque octet transmis, le bit 0 est le bit de plus faible poids et il est expédié le premier conformément à la spécification HDLC. Toutefois, pour les octets, celui de plus fort poids est expédié le premier.

Après le drapeau de fin, la ligne HDLC revient au mode «repos». Il faut que les trames successives soient séparées d'une durée de garde d'au moins 50 ms et au maximum d'un délai d'attente de 1s. On peut garantir cette activité minimale en transmettant des paquets d'adresse «00».

Les constructeurs peuvent décider des moyens les plus appropriés de stocker les mots de contrôle locaux dans les codecs et d'utiliser les messages de téléchargement CW (adresses «04» et «05»).

Appendice I (de l'Annexe A)

Directives pour la mise en œuvre

I.1 Introduction

Pour que le codec réponde parfaitement à la qualité d'image, à la performance en matière d'erreur et à la facilité d'exploitation exigées, il faut attirer l'attention des constructeurs sur l'importance d'une conception soignée des éléments suivants du système. La présente annexe ne les définit pas tous complètement car certaines de leurs caractéristiques n'influencent pas le format vidéo et les constructeurs peuvent les choisir à leur guise. Toutefois, ce choix peut avoir une influence sensible sur la qualité globale du codec.

Les utilisateurs qui voudraient évaluer la qualité subjective d'un codec peuvent recourir aux méthodes décrites dans les Recommandations de l'UIT concernant les radiocommunications, tandis que des méthodes sont actuellement mises au point pour vérifier la conception des codecs répondant aux options exposées ci-dessous. Ces méthodes peuvent consister en une comparaison du signal de sortie du codec testé avec celui d'un codec normalisé dont on sait qu'il satisfait pleinement les options ci-dessous. On peut aussi faire des comparaisons sur des codeurs ou des décodeurs séparés en les associant dans un codec avec, respectivement, un décodeur ou un codeur normalisé.

I.2 Choix du mode (voir A.5.1)

Sous réserve des exigences d'une stratégie de rafraîchissement, il faut que le codec tire le meilleur parti de la plus grande efficacité de codage qu'offrent les modes interimage à compensation de mouvement et intertrame.

I.3 Stratégie de rafraîchissement (voir A.5.1)

Un rafraîchissement intratrame est nécessaire pour limiter la propagation des erreurs et le temps de récupération, mais il faut aussi faire attention à l'influence sur l'efficacité du codage d'une proportion accrue de blocs intratrame.

I.4 Estimation du mouvement (voir A.5.4)

Il est recommandé d'exploiter l'estimation du mouvement avec toute la dynamique possible et avec toute la précision que permet la spécification.

I.5 Troncature ou arrondi des coefficients (voir A.6)

On notera que la façon de convertir $C(k,l)$ en un nombre entier avant la quantification peut affecter la qualité du codage.

I.6 Régulation de la mémoire tampon (voir A.6)

Il faut que la méthode de calcul du facteur de transmission en fonction de l'occupation de la mémoire tampon permette d'exploiter à fond la faculté qu'a la mémoire d'absorber les variations de débit binaire quand l'image est particulièrement critique.

En fonction de la mise en œuvre du codeur, les rangées peuvent être traitées à des vitesses différentes, ce qui peut influencer la signification exacte de l'information BO envoyée dans chaque rangée.

La synchronisation précise du décodeur doit dépendre de l'information expédiée dans le champ BOF qui doit normalement aboutir à une information temporelle cohérente de trame en trame.

Il est toutefois recommandé que les décodeurs acceptent que cette information subisse des fluctuations tant qu'elles correspondent à moins de 5000 bits.

I.7 Criticallité (voir A.6)

Le codec doit tirer le meilleur parti du paramètre criticallité défini dans la présente Recommandation.

I.8 Dissimulation des erreurs (voir A.8.1 et A.8.2)

Les informations que produisent le CRC et le code RS au sujet des erreurs non corrigées peuvent servir à mettre en œuvre une stratégie de dissimulation dans le décodeur, ce qui améliore le fonctionnement quand les erreurs binaires sont nombreuses.

I.9 Transmission de signaux composites

Pour être transmis par le codec, le signal composite est décodé en Y , C_R et C_B . On recommande un décodage de qualité aussi bonne que possible pour réduire les diaphoties qui nuiraient au fonctionnement du codec.

Appendice II (de l'Annexe A)

Résultats des essais de codec à 34 Mbit/s

A leurs réunions de novembre 1991, le Groupe d'action CMTT/2 et le Groupe de travail 11B ont nommé des Rapporteurs spéciaux afin de préparer et d'assurer, avec l'appui des membres de ces Groupes, des tests de qualité sur des codecs réels, dès la disponibilité de ceux-ci. Ces essais ont été menés du 6 au 10 avril 1992 à Turin. Les essais réalisés, les résultats et leurs conclusions sont décrits dans les paragraphes suivants.

Le codec prototype ne peut être essayé qu'avec l'interface de ligne à 34 Mbit/s. Cependant, les membres du Groupe des pays fonctionnant en 525/60 ont indiqué qu'il y a peu de différence entre le niveau de qualité de systèmes de réduction de débit fonctionnant en 625/50 et en 525/60 et que le débit plus élevé disponible pour l'image à 45 Mbit/s devrait procurer une qualité d'image encore supérieure. Compte tenu du temps très limité disponible pour la réalisation des essais, les évaluations subjectives et le traitement des résultats d'essais, il fut conclu que les tests en 525/60 n'étaient pas essentiels.

II.1 Codec essayé

Il y eut un codec 34/45 Mbit/s disponible pour les essais, fonctionnant avec les deux systèmes 625/50 et 525/60, mais l'interface de ligne à 45 Mbit/s n'était pas encore réalisé.

En ce qui concerne la conformité avec la présente Recommandation la plupart des dispositions ont été mises en œuvre dans le codec prototype. Le codec fonctionnait avec 2×2 Mbit/s attribués au son et aux données. Ceci correspond au cas le plus défavorable pour la vidéo.

La liste ci-après indique les points que le constructeur a indiqué ne pas correspondre à la présente Recommandation:

- *Multiplexeur*
Le multiplexeur DS3 n'est pas réalisé.
- *Embrouillage*
Pas encore réalisé.
- *Compensation de mouvement*
Complètement conforme au décodage. Au codage l'estimation de mouvement n'exploite pas toute la plage et toute la précision permises par la spécification.
- *Services additionnels*
Pas réalisés en totalité.
- L'entrelacement des codes de Reed-Solomon a été limité à 2 (au lieu de 6) comme le laissait entendre, à cette époque, le projet de révision de la présente Recommandation.

Le codec était équipé d'interfaces 4:2:2 de types série et parallèle. Seule l'interface d'entrée/sortie parallèle a été utilisée pour les essais.

En outre, un codec PAL a été utilisé pour fournir un signal PAL destiné à servir d'ancrage vers le bas dans les essais subjectifs. Les points suivants n'ont pas pu être testés:

- retard image/son
- interfonctionnement de codecs issus de fabricants différents.

II.2 Essais réalisés et méthodes d'essais utilisées

II.2.1 Séquences d'essai

Compte tenu du court temps disponible pour la production des bandes d'essais subjectifs, il n'a pas été possible de fournir pour les tests de nouvelles séquences d'essai. C'est pourquoi il a été décidé d'utiliser les séquences d'essai enregistrées sur les bandes d'essai de codecs produites en 1989 par le Groupe ad hoc TPS et utilisées en 1989 par le Groupe ad hoc BCT pour les essais de codecs.

Les séquences utilisées pour les tests étaient:

Qualité intrinsèque	Incrustation	Ralenti	Erreurs
Diva avec bruit	Pelotes de laine	Disque tournant	Tableau noir
Tempête	Ciao	Port de Kiel	Mobile et calendrier
Jardin des fleurs	Old master	Cruising	Popple
Port de Kiel			
Disque tournant			
Mobile et calendrier			

Au cours d'une réunion, le groupe chargé des essais a examiné entre autres, la question de savoir si la séquence «diva avec bruit» devait être incluse dans les essais et si les résultats correspondants devaient être pris en considération avec les résultats des autres séquences pour les essais de qualité intrinsèque. Il a été décidé que la séquence serait utilisée et que ses résultats seraient traités statistiquement avec les autres afin de définir la qualité moyenne.

II.2.2 Procédure d'essai

Les essais subjectifs porteront sur la qualité intrinsèque (BQ) (*basic quality*), l'incrustation aval (DCK) (*downstream chroma-key*), le ralenti aval (DSM) (*downstream slow motion*) et la résistance aux erreurs (EP) (*error performance*).

Les essais de qualité intrinsèque, d'incrustation et de ralenti utilisèrent 2 codecs en cascade conformément aux besoins des utilisateurs donnés dans la Recommandation UIT-R BT.800. Ceci a été obtenu en faisant passer le signal deux fois entre deux magnétoscopes D1, le codec étant placé entre les deux. Pour les essais d'incrustation et de ralenti, le traitement a été effectué après le premier passage par le codec, comme proposé dans les besoins utilisateur.

Les essais de résistance aux erreurs ont également utilisé deux passages, l'inserteur d'erreur étant placé entre le codeur et le décodeur pour les deux passages.

La configuration pour chacun des essais est décrite ci-après.

Essai de qualité intrinsèque (BQ)

Pour ces essais, les séquences de la bande d'essai ont été enregistrées après deux passages par le codec (avec un enregistrement intermédiaire sur une machine D1). Six séquences d'essai ont été utilisées pour la qualité intrinsèque comme indiqué en II.2.1.

La configuration de l'essai est indiquée à la Figure II.1.

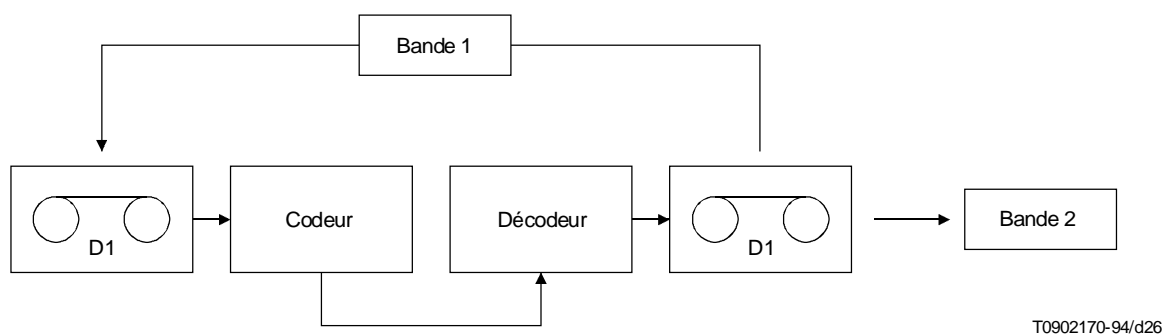


FIGURE II.1/J.81

«Référence basse de qualité» pour les essais subjectifs

Pendant la phase de préparation des essais, on a fait plusieurs propositions pour le choix de la référence basse de qualité du signal parmi lesquelles: signal PAL normal, signal PAL transitant par le codec par les interfaces PAL du codec et signaux MPEGII afin d'obtenir des effets de codage de même nature que pour les autres signaux d'essai.

Après discussion, le groupe d'essai a finalement retenu un signal codé PAL comme référence basse de qualité. Aucun traitement supplémentaire n'a été appliqué à ces séquences de référence basse.

La configuration de l'essai est indiquée à la Figure II.2.

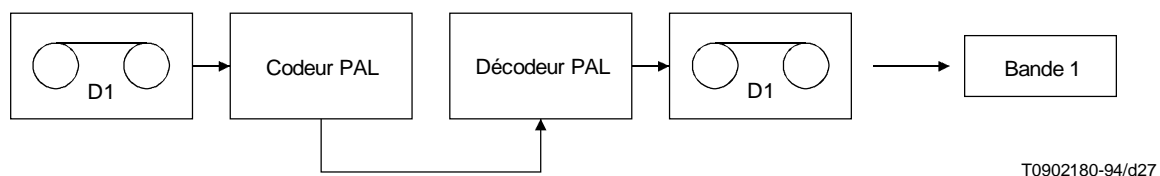


FIGURE II.2/J.81

Qualité des traitements en aval (incrustation et ralenti) (DCK) (DSM)

Pour ces essais, les séquences d'essai ont été enregistrées sur magnéto D1 après le premier passage par le codec. Pour l'incrustation, les séquences enregistrées servaient de premier plan, l'arrière-plan étant constitué de la séquence 4:2:2 non traitée issue d'un deuxième D1. Les séquences incrustées étaient enregistrées sur un D1. Enfin ces séquences ont subi un second passage à travers le codec, sans traitement supplémentaire, avant nouvel enregistrement D1.

Pour le ralenti (DSM), les séquences enregistrées après le premier passage par le codec ont été ralenties dans un rapport 10 par un magnéto D1. Les séquences ralenties ont été à nouveau appliquées au codec et réenregistrées sur D1.

Les séquences utilisées pour ces essais sont données en II.2.1.

La configuration de l'essai est indiquée à la Figure II.3.

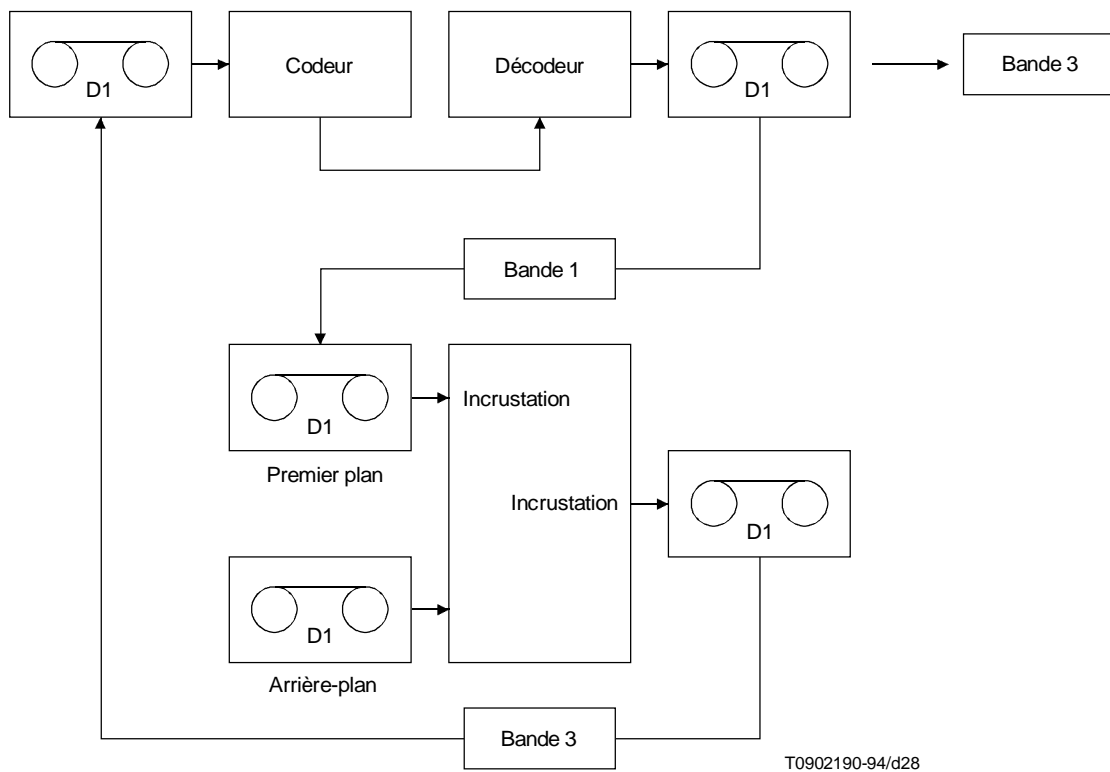


FIGURE II.3/J.81

«Référence basse qualité» pour les essais subjectifs dans la qualité des traitements aval

Pour la référence basse de qualité nécessaire aux essais subjectifs, il a été proposé d'utiliser un signal PAL comme premier plan et un signal 4:2:2 non traité comme arrière-plan. Pour le ralenti, un signal PAL n'ayant subi aucun traitement préalable a été ralenti.

La configuration de l'essai est indiquée à la Figure II.4.

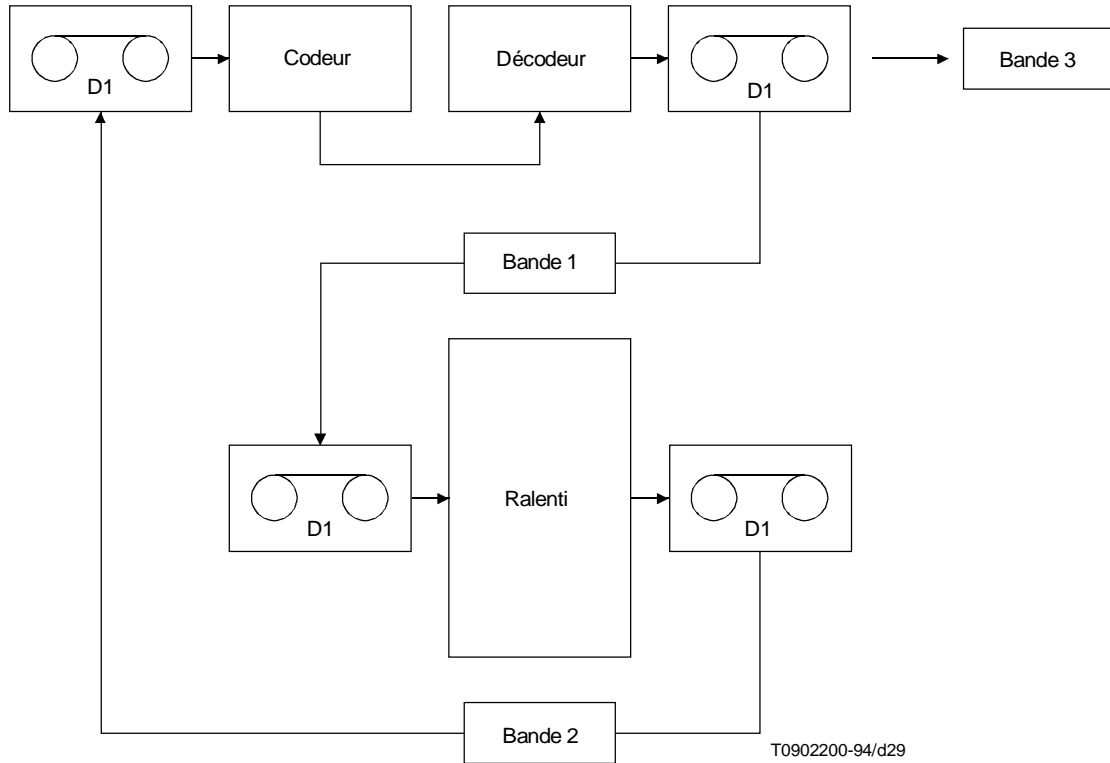


FIGURE II.4/J.81

Essais de résistance aux erreurs

Pour ces essais les séquences ont été codées, soumises aux erreurs puis décodées. Cette opération a été répétée deux fois avec un enregistrement D1 intermédiaire. Les séquences indiquées en II.2.1 à la rubrique erreurs, ont été enregistrées deux fois pour chaque condition d'erreur (7 taux d'erreurs aléatoires et 1 mode d'erreurs en paquets).

Les conditions d'erreurs retenues pour les essais subjectifs (5 taux d'erreurs aléatoires et 1 mode paquet) sont les suivantes:

Condition 1	BER	$6,1 \times 10^{-5}$
Condition 2	BER	$1,2 \times 10^{-4}$
Condition 3	BER	$2,4 \times 10^{-4}$
Condition 4	BER	$4,9 \times 10^{-4}$
Condition 5	BER	$9,8 \times 10^{-4}$
Mode paquets	Taux d'erreur moyen dans le paquet	$5,0 \times 10^{-1}$
	Nombre moyen de bits entre paquets	$1,3 \times 10^5$
	Durée moyenne du paquet (bits)	$3,2 \times 10^1$
	Occurrence moyenne des paquets	$7,6 \times 10^{-6}$

La configuration de l'essai est indiquée à la Figure II.5.

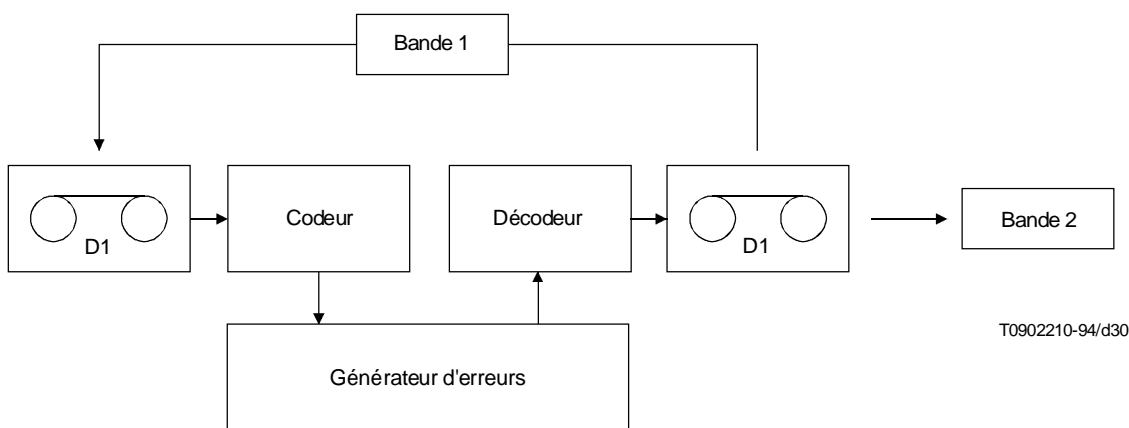


FIGURE II.5/J.81

Rétablissement après perturbations importantes

Ces essais, n'ont pas été enregistrés sur le magnétoscope D1 de sortie. Dans ces essais, une coupure de 50 ms dans le train de données entre codeur et décodeur a été introduite plusieurs fois, sans adjonction d'erreurs. La sortie décodée était affichée sur un moniteur synchronisé de façon externe sur le studio. Un caméscope enregistrait l'image du moniteur.

La configuration de l'essai est indiquée à la Figure II.6.

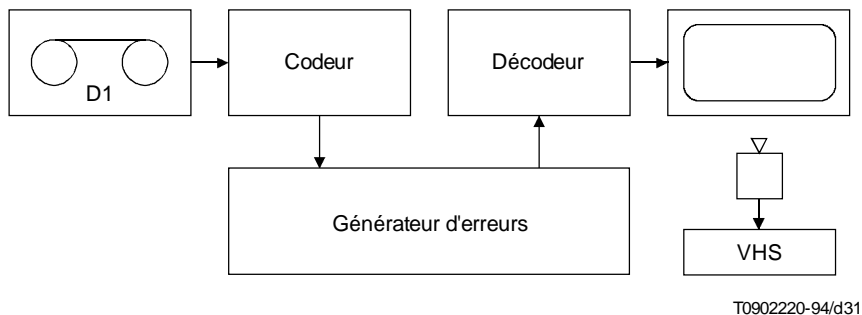


FIGURE II.6/J.81

II.3 Essais subjectifs

Les méthodes d'essais étaient pour l'essentiel conformes à la Recommandation UIT-R BT.500. Elles suivent à peu près celles utilisées pour les essais de codec effectués en 1989.

Les essais de qualité intrinsèque, d'incrustation et de ralenti utilisèrent la méthode à double stimulus avec échelle de qualité continue, l'essai de résistance aux erreurs, la méthode de double stimulus avec échelle de dégradation.

II.4 Résultats des essais subjectifs

Les résultats d'évaluation de 6 laboratoires furent disponibles.

II.4.1 Essai de qualité intrinsèque

Les différentes moyennes entre codec et référence sont les suivantes, sur l'échelle ± 100 . Le critère est +12 ou moins à 6H. L'écart type de la moyenne est donné entre parenthèses (l'écart type dans la colonne «moyenne des séquences» est la valeur moyenne des écarts types pour chaque séance).

Distance d'observation 4H

Laboratoires: 6

Observateurs: 74

	Séquences						Moyenne des séquences
	Diva	Tempête	Fleurs	Port de Kiel	Disque tournant	Mobile et calendrier	
Codec	45 (1)	1 (1)	0 (1)	0 (1)	3 (1)	3 (1)	9 (1)
PAL	22 (1)	12 (1)	29 (1)	29 (2)	19 (1)	43 (1)	26 (1)

Distance d'observation 6H

Laboratoires: 6

Observateurs: 95

	Séquences						Moyenne des séquences
	Diva	Tempête	Fleurs	Port de Kiel	Disque tournant	Mobile et calendrier	
Codec	41 (1)	0 (1)	0 (1)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	7 (1)
PAL	13 (1)	9 (1)	21 (1)	22 (1)	13 (1)	40 (1)	20 (1)

II.4.2 Essai d'incrustation aval (DCK)

La différence moyenne entre codec et référence utilisés en avant-plan est donnée sur une échelle ± 100 . Le critère est +18 ou moins à 6H. L'écart type de la moyenne est donné entre parenthèses (l'écart type dans la colonne «moyenne des séquences» est la valeur moyenne des écarts types pour chaque séance).

Distance d'observation 4H

Laboratoires: 6

Observateurs: 73

	Séquences			Moyenne des séquences
	Popple	Ciao	Old	
Codec	0 (1)	1 (1)	2 (1)	1 (1)
PAL	49 (2)	38 (2)	42 (1)	43 (2)

Distance d'observation 6H

Laboratoires: 6

Observateurs: 97

	Séquences			Moyenne des séquences
	Popple	Ciao	Old	
Codec	0 (0)	0 (1)	0 (1)	0 (1)
PAL	47 (1)	27 (1)	34 (1)	36 (1)

II.4.3 Test de ralenti (DSM)

La différence moyenne entre codec et référence utilisés en avant plan est donnée sur une échelle ± 100 . Le critère est +18 ou moins à 6H. L'écart type de la moyenne est donné entre parenthèses (l'écart type dans la colonne «moyenne des séquences» est la valeur moyenne des écarts types pour chaque séance).

Distance d'observation 4H

Laboratoires: 6

Observateurs: 74

	Séquences			Moyenne des séquences
	Disque	Kiel	Cruising	
Codec	-1 (1)	5 (1)	1 (0)	2 (1)
PAL	20 (2)	42 (1)	14 (1)	25 (2)

Distance d'observation 6H

Laboratoires: 6

Observateurs: 97

	Séquences			Moyenne des séquences
	Disque	Kiel	Cruising	
Codec	0 (0)	2 (1)	0 (0)	1 (1)
PAL	16 (1)	39 (1)	5 (1)	20 (1)

II.4.4 Essai de résistance aux erreurs (EP)

Les résultats sont la moyenne sur une échelle de dégradation à 5 notes. Le critère est de 4,0 à 10^{-4} pour 6H. L'écart type de la moyenne est donné entre parenthèses (l'écart type dans la colonne «moyenne des séquences» est la valeur moyenne des écarts types pour chaque séquence).

Distance d'observation 4H

Laboratoires: 6

Observateurs: 77

	Séquences			Moyenne des séquences
	Tableau	Mobile	Popple	
Condition 1	4,8 (,0)	4,1 (,1)	4,7 (,0)	4,5 (,1)
Condition 2	4,8 (,0)	4,2 (,1)	4,7 (,0)	4,6 (,1)
Condition 3	4,8 (,0)	4,3 (,1)	4,5 (,1)	4,5 (,1)
Condition 4	4,8 (,0)	4,3 (,1)	3,6 (,1)	4,3 (,1)
Condition 5	1,3 (,1)	2,1 (,1)	1,8 (,1)	1,7 (,1)
Paquets	4,2 (,1)	2,5 (,1)	1,7 (,1)	2,8 (,1)

Distance d'observation 6H

Laboratoires: 6

Observateurs: 95

	Séquences			Moyenne des séquences
	Tableau	Mobile	Popple	
Condition 1	4,9 (,0)	4,5 (,0)	4,8 (,0)	4,7 (,0)
Condition 2	4,9 (,0)	4,7 (,0)	4,8 (,0)	4,8 (,0)
Condition 3	4,9 (,0)	4,6 (,0)	4,6 (,1)	4,7 (,0)
Condition 4	4,9 (,0)	4,7 (,0)	3,9 (,1)	4,5 (,1)
Condition 5	1,5 (,1)	2,4 (,1)	2,2 (,1)	2,0 (,1)
Paquets	4,4 (,1)	3,0 (,1)	2,0 (,1)	3,1 (,1)

Les résultats en erreurs aléatoires à 6H sont représentés sous forme graphique à la Figure II.7.

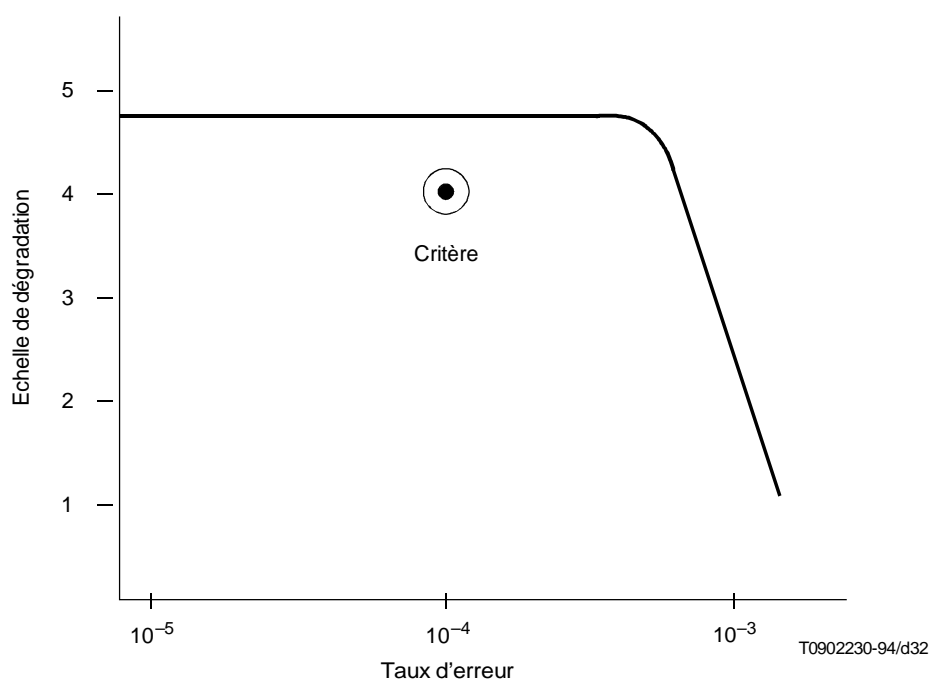


FIGURE II.7/J.81
Résultats des erreurs aléatoires à 6H

II.5 Résultats des essais sur le temps de récupération du codec

Le codec ne satisfait pas l'essai de temps de récupération. L'évaluation de ce temps après une interruption de 50 ms dans la transmission montre qu'en moyenne le codec prend 16 images pour rétablir une sortie correcte, ce qui correspond à environ 640 ms. Pendant cette période, des portions d'image sont gelées et/ou perturbées. Le caractère des perturbations est variable et peut être évalué comme allant de perceptible à très gênant.

Les informations disponibles et les discussions sur la question du temps de récupération conduisent à émettre quelques doutes quant à la pertinence de la valeur de 160 ms en temps de besoin d'utilisateur. De nouvelles propositions étayées semblent nécessaires pour définir le temps de récupération d'un codec numérique.

II.6 Observations complémentaires

La qualité du signal PAL produit par le dispositif indiqué en II.2.2 a conduit à une qualité d'image assez médiocre pour les séquences codées en PAL. Il n'a pas été possible de modifier cette configuration dans le laps de temps disponibles.

L'équipement d'incrustation disponible fonctionnait en analogique. Son réglage était difficile en l'absence d'un opérateur entraîné. Les résultats ne semblent pas représenter la meilleure qualité d'incrustation possible.

II.7 Conclusions

Les essais de codec ont été assurés avec l'aide de l'union européenne de radiodiffusion (UER) et de 9 laboratoires issus de différents pays d'Australie, du Japon et d'Europe. Les essais subjectifs ont porté sur plus de 90 observateurs.

Les résultats des essais montrent clairement que le codec soumis aux essais répond tout à fait aux exigences des utilisateurs pour la qualité de base définie dans la Recommandation UIT-R BT.800 pour trois des quatre séquences. Les exigences des utilisateurs ne sont pas respectées avec la séquence «diva avec bruit».

Les résultats moyens obtenus pour l'incrustation et le ralenti satisfont également très bien les critères définis dans la Recommandation UIT-R BT.800. Même en utilisant les séquences d'incrustation produites pour les essais de 1989, les écarts sont faibles.

Les essais de résistance aux erreurs montrent que le codec qui utilise un code correcteur puissant et du masquage, satisfait les exigences vis-à-vis des erreurs aléatoires jusqu'à un taux d'erreur supérieur à 5×10^{-4} .

Le codec n'a pas satisfait les exigences de résistance aux erreurs en paquets proposées par le groupe responsable des essais. Ces essais utilisent des paquets de longueur 32 bits à cause des limites de variation imposées par la boîte d'insertion d'erreurs utilisée et cette longueur dépasse celle indiquée par la Recommandation UIT-R BT.800 (inférieur ou égal à 30 bits)²⁾.

Le codec n'a pas non plus satisfait le critère de temps de récupération donné par la Recommandation UIT-R BT.800, le temps moyen nécessaire au rétablissement d'un signal de sortie correct étant de 16 images, soit 640 ms. Cependant, il convient de noter que le temps de récupération des codecs numériques fait l'objet de discussions et que de nouvelles propositions étayées pour la définition de ce temps sont nécessaires.

Le retard image/son et l'interfonctionnement de codecs issus de fabricants différents n'a pas encore pu être essayé.

Références

- [1] Recommandation UIT-R BT.601 *Paramètres de codage de télévision numérique pour studios.*
- [2] Recommandation G.751 du CCITT (1988) *Equipements de multiplexage numériques fonctionnant au débit binaire du troisième ordre de 34 368 kbit/s et au débit binaire du quatrième ordre de 139 264 kbit/s et utilisant la justification positive.*
- [3] Recommandation G.752 du CCITT (1988) *Caractéristiques des équipements de multiplexage numériques fondés sur un débit binaire du deuxième ordre (6312 kbit/s) utilisant une justification positive.*
- [4] Recommandation G.707 du CCITT (1988) *Débits binaires de la hiérarchie numérique synchrone.*
- [5] Recommandation G.708 du CCITT (1988) *Interface de nœud de réseau pour la hiérarchie numérique synchrone.*
- [6] Recommandation G.709 du CCITT (1988) *Structure de multiplexage synchrone.*
- [7] Recommandation H.261 du CCITT (1988) *Codec pour services audiovisuels à $n \times 384$ kbit/s.*
- [8] Recommandation UIT-R BT.470 *Systèmes de télévision.*
- [9] Recommandation UIT-R BT.656 *Interfaces pour les signaux vidéo numériques en composantes dans les systèmes de télévision à 525 lignes et à 625 lignes.*
- [10] Recommandation UIT-R CMTT 724 *Transmission de signaux audio avec la qualité studio numérique sur des canaux HI.*
- [11] Norme 3309-2 de l'ISO (1984) *Systèmes de traitement de l'information – Communication de données – Procédures de commande de liaison de données à haut niveau – Structure de trame.*
- [12] Recommandation UIT-R BT.653 *Systèmes de télétexte.*
- [13] Publication 461 de la CEI (1986) *Code temporel de commande pour les magnétoscopes.*
- [14] Recommandation V.24 du CCITT (1988) *Liste des définitions des circuits de jonction à l'interface entre l'équipement terminal de traitement de données (ETTD) et l'équipement de terminaison du circuit de données (ETCD).*
- [15] Recommandation V.28 du CCITT (1988) *Caractéristiques électriques des circuits de jonction dissymétriques pour transmission par double courant.*
- [16] Norme 2110 de l'ISO (1980) *Téléinformatique – Affectation des broches et description du connecteur 25 broches à la jonction entre ETTD et ETCD.*

²⁾ Pour résoudre ce problème, le niveau d'entrelacement a été porté à 6 dans la présente Recommandation.