

RECOMMANDATION UIT-R BO.712-1^{*,**}**Normes du son de haute qualité et des données pour le service de radiodiffusion par satellite dans la bande des 12 GHz**

(1990-1992)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) les besoins formulés en vue du développement futur de la radiodiffusion par satellite (émission simultanée de plusieurs programmes radiophoniques de très haute qualité technique et services de données à grande capacité);
- b) la qualité technique du système DSR (radiodiffusion numérique par satellite) qui permet de transmettre dans un canal de la bande des 12 GHz, 16 programmes stéréophoniques de très haute qualité avec une protection maximale contre les erreurs de transmission;
- c) la définition de l'exploitation en mode numérique plein canal des systèmes de la famille MAC/paquets, qui permet de multiplexer de façon souple (20 Mbit/s pour les systèmes C et D, 10 Mbit/s pour le système D2) des programmes sonores de haute qualité aussi bien que tout type de données;
- d) la souplesse technique du système MDS (radiodiffusion numérique son/données multicanaux par satellite) qui permet non seulement l'émission de 12 programmes stéréophoniques de haute qualité mais aussi, pour une p.i.r.e. plus faible, l'émission de 6 programmes de haute qualité avec un code de correction d'erreurs supplémentaire;
- e) que le système MAC/paquets, le système DSR et le système MDS sont destinés à la radiodiffusion par satellite vers des récepteurs fixes;
- f) que d'autres systèmes sont en cours de mise au point pour la radiodiffusion sonore en bande décimétrique vers des récepteurs fixes, portatifs et surtout vers des récepteurs mobiles,

recommande

que lorsqu'on met en œuvre dans la bande des 12 GHz un service de radiodiffusion par satellite de programmes sonores et de données pour récepteurs fixes, on accorde la préférence aux systèmes suivants (voir les Notes 1 et 2):

- le système DSR quand le but recherché est surtout l'émission, vers une vaste zone de couverture, de plusieurs programmes sonores de très haute qualité;
- le mode numérique plein canal d'un des systèmes de la famille MAC/paquets quand le but recherché est surtout la souplesse nécessaire pour l'émission simultanée de programmes sonores de haute qualité et de services de données à grande capacité;
- le système MDS quand le but recherché est surtout la compatibilité avec le système NTSC à sous-porteuse numérique.

* *Note* – Les Rapports UIT-R BO.953, UIT-R BO.954, UIT-R BO.1073 et UIT-R BO.1228 ont servi de base à l'élaboration de la présente Recommandation

** La Commission d'études 6 des radiocommunications a apporté des modifications rédactionnelles à cette Recommandation en 2001 conformément aux dispositions de la Résolution UIT-R 44.

NOTE 1 – La question de la norme son/données pour le service de radiodiffusion par satellite est encore à l'étude dans la Région 2.

NOTE 2 – Les descriptions détaillées des systèmes sont données dans l'Annexe 1.

NOTE 3 – L'arborescence ci-après facilitera la compréhension des relations entre les Annexes et les Appendices.

ANNEXE 1

APPENDICE 1 À L'ANNEXE 1
ANNEXE 1 DE L'APPENDICE 1
ANNEXE 2 DE L'APPENDICE 1
ANNEXE 3 DE L'APPENDICE 1
ANNEXE 4 DE L'APPENDICE 1
ANNEXE 5 DE L'APPENDICE 1
APPENDICE 2 À L'ANNEXE 1
APPENDICE 3 À L'ANNEXE 1

ANNEXE 1

Normes du son de haute qualité et des données pour le service de radiodiffusion par satellite dans la bande des 12 GHz

1 Introduction

Conformément à l'actuel Règlement des radiocommunications, les canaux de satellite assignés à chaque administration dans la bande des 12 GHz peuvent diffuser des programmes de télévision mais aussi, à leur place, d'autres services, pourvu que les signaux émis ne provoquent pas plus de brouillage que les signaux de télévision MF ordinaires. Les normes de télévision appropriées sont conseillées par la Recommandation UIT-R. BO.650 et spécifiées dans les passages pertinents de la Publication spéciale de l'UIT-R intitulée «Spécifications des systèmes de transmission pour le service de radiodiffusion par satellite».

Les techniques numériques d'enregistrement et de reproduction du son posent un défi aux organismes de radiodiffusion, s'agissant de fournir aux usagers une qualité qui excède les possibilités des méthodes d'émission classiques (comme la stéréophonie MF). En outre, dans un certain nombre de pays, on a besoin d'émettre un grand nombre de voies son de haute qualité sur une zone de couverture aussi vaste que possible. De plus, la demande croissante pour des moyens de radiodiffusion de données fait rechercher un système capable d'émettre à la fois sons et données avec une certaine flexibilité.

Au sein des diverses administrations, plusieurs systèmes possibles en sont à des stades de développement variés. La présente Annexe décrit brièvement les caractéristiques fondamentales de trois systèmes mis au point dans la République fédérale d'Allemagne, au Japon et par l'UER.

2 Description sommaire des systèmes

Le présent paragraphe donne une description succincte des caractéristiques principales de chacun des systèmes considérés. Le Tableau 1 compare les caractéristiques essentielles de chacun d'eux.

TABLEAU 1
Caractéristiques essentielles des normes de radiodiffusion son
données par satellite dans la bande du SRS à 12 GHz

Caractéristique	Radiodiffusion numérique par satellite (DSR)	Famille MAC/paquets Mode numérique plein canal		Radiodiffusion numérique son/données multicanaux par satellite (MDS)
		D2	C/D	
Structure du multiplex	Multiplex synchrone à répartition dans le temps (STD)	Multiplex asynchrone à répartition dans le temps (ATD)		Son: multiplex STD Données: multiplex ATD
Débit binaire total (Mbit/s)	20,48	10,125	20,25	24,576
Débit binaire utile (Mbit/s) ⁽¹⁾	19,2	9,576	19,242	MDS1 ⁽²⁾ : 18,432 (Mode A) 21,504 (Mode B) MDS2 ⁽²⁾ : 9,216 (Mode A) 10,752 (Mode B)
Codage du son ⁽³⁾	Fréquence d'échantillonnage 32 kHz Technique binaire à virgule flottante 16/14 Pas de préaccentuation	Fréquence d'échantillonnage 32 kHz (16 kHz pour qualité moyenne) Première loi de codage: compression-extension binaire 14/10 quasi instantanée (HQI) ⁽⁴⁾ Seconde loi de codage: codage linéaire à 14 bits (HQL) Préaccentuation de la Recommandation UIT-T J.17		Mode A: fréquence d'échantillonnage 32 kHz compression-extension binaire 14/10 quasi instantanée Mode B: fréquence d'échantillonnage 48 kHz codage linéaire à 16 bits Préaccentuation: 50 µs (zéro) + 15 µs (pôle)
Dynamique	Selon une résolution de 16 bits (égale au disque compact)	Selon une résolution de 14 bits		Mode A: selon une résolution de 14 bits Mode B: selon une résolution de 16 bits
Protection contre les erreurs binaires	Code BCH (63,44): sur 63 bits, corrige 2 erreurs, ou en détecte 5. Protection supplémentaire par facteur d'échelle	Premier niveau de protection: 1 bit de parité appliqué aux 6 bits de plus fort poids (HQI) ou aux 10 bits de plus fort poids (HQL) (dissimulation des erreurs seulement) Second niveau de protection: code de Hamming (11,6) pour HQI et code de Hamming (16,11) pour HQL: corrige 1 erreur ou détecte 2 bits erronés. Protection supplémentaire par facteur d'échelle pour les deux niveaux de protection		MDS1: code BCH (63,56): corrige 1 erreur et en détecte 2. Protection supplémentaire information à 8 gammes MDS2: code BCH (63,50): protection supplémentaire par décodage de Viterbi (2,1) qui protège toutes les données
Nombre de configurations sonores (combinaison du codage du son et du schéma de protection contre les erreurs)	Une (voir ci-dessus)	Quatre configurations de haute qualité ⁽⁴⁾ , ⁽⁵⁾ HQI HQL1 HQI2 HQL2		Deux configurations de haute qualité Mode A Mode B

TABLEAU 1 (suite)

Caractéristique	Radiodiffusion numérique par satellite (DSR)	Famille MAC/paquets Mode numérique plein canal		Radiodiffusion numérique son/données multicanaux par satellite (MDS)
		D2	C/D	
Capacité en voies son (monophoniques)	32	HQ11: 26 HQL1: 19 HQ12: 19 HQL2: 14	HQ11: 53 HQL1: 40 HQ12: 40 HQL2: 30	MDS1: Mode A: 48 (max.) Mode B: 24 (max.) MDS2: Mode A: 24 (max.) Mode B: 12 (max.)
Modulation	MDP-4 à codage différentiel	Pour D et D2: MF du signal de données codé duobinaire Pour C: MDP-2-4 à codage différentiel		Modulation avec déplacement minimal (MDM)
C/N(dB) pour TEB = 1×10^{-3} (liaison complète rapportée à une largeur de bande de 27 MHz)	7,5 ⁽⁶⁾	8 ⁽⁷⁾	Pour D: 9,5 ⁽⁷⁾ Pour C: 8,0 ⁽⁸⁾	8,0
Limite pour la perceptibilité	2×10^{-3}	1 ^{er} niveau de protection: 10^{-5} 2 ^e niveau de protection: 10^{-3}		MDS1: 1×10^{-3} MDS2: 1×10^{-2}

- (1) Débit binaire utile (pour émissions sonores) = débit binaire total moins données additionnelles, synchronisation et en-tête de paquets.
- (2) MDS1: classe d'émission pour réception d'une p.i.r.e. suffisante.
MDS2: classe d'émission pour réception avec p.i.r.e plus faible.
- (3) Tous les schémas de codage utilisés suivent la Recommandation UIT-R BO.651.
- (4) HQ11 : haute qualité, compression-extension quasi instantanée, 1^{er} niveau de protection.
HQL1 : haute qualité, codage linéaire, 1^{er} niveau de protection.
HQ12 : haute qualité, compression-extension quasi instantanée, 2^e niveau de protection.
HQL2 : haute qualité, codage linéaire, 2^e niveau de protection.
- (5) En plus des configurations de haute qualité, le mode numérique plein canal MAC/paquets fournit quatre configurations de qualité moyenne avec échantillonnage à 16 kHz.
- (6) Mesuré sur un récepteur domestique (début de production en série).
- (7) Valeurs pour filtres FI à 27 MHz; on peut les améliorer d'environ 2 dB au moyen de filtres plus étroits et/ou avec décodage de Viterbi.
- (8) Valeurs types pour la démodulation différentielle. Améliorations possibles par démodulation cohérente.

2.1 Système de radiodiffusion numérique par satellite (DSR)

Le système DSR a été mis au point en République fédérale d'Allemagne pour permettre l'émission simultanée vers une vaste zone de couverture de 16 voies stéréophoniques ou de 32 voies monophoniques de haute qualité (ou toute combinaison de voies stéréophoniques et monophoniques). Conformément à la Recommandation UIT-R BO.561, la fréquence d'échantillonnage est 32 kHz et la résolution est égale à 16 bits, ce qui donne un bruit de quantification comparable à celui du disque compact. La correction et la détection des erreurs binaires s'effectuent au moyen d'un code BCH (63,44) qui peut corriger deux erreurs par bloc et en détecter cinq. Associé au facteur d'échelle (voir l'Appendice 1 de l'Annexe 1), ce schéma de protection contre les erreurs binaires offre un son d'une bonne qualité subjective pour un TEB de 2×10^{-3} . La modulation est du type MDP-4 à codage différentiel.

Bien que le système DSR soit surtout destiné à l'émission de sons de haute qualité, il peut aussi émettre des données à grand débit dans un ou plusieurs canaux monophoniques ou stéréophoniques en plus de la voie de données auxiliaires à faible débit binaire déjà présente avec chaque voie son.

Un service régulier fondé sur le système DSR a démarré en août 1989 dans la République fédérale d'Allemagne. Les appareils d'émission et de réception, ces derniers réalisés selon la technique VLSI, sont déjà disponibles sur le marché.

L'Appendice 1 à l'Annexe 1 contient la spécification détaillée du système DSR.

2.2 Mode numérique plein canal de la famille MAC/paquets

La Recommandation UIT-R BO.650 et la Publication spéciale «Spécifications des systèmes de transmission pour le service de radiodiffusion par satellite» donnent la spécification de la famille des systèmes MAC/paquets quand ces systèmes sont exploités en mode télévision normal. Lorsque la plage de l'image de télévision normalement réservée au signal image MAC (et à son intervalle de suppression trame) est occupée par des paquets de données, on dit que le MAC/paquets est exploité en mode numérique plein canal.

Les trois systèmes de la famille (à savoir C-MAC/paquets, D-MAC/paquets avec MF et D2-MAC/paquets avec MF) peuvent fonctionner en mode numérique plein canal en fournissant les capacités son/données suivantes:

- C-MAC/paquets en mode plein canal: près de 20 Mbit/s ou jusqu'à 53 voies son de haute qualité à 15 kHz de largeur de bande, avec compression-extension quasi instantanée de 14/10 bits et protection au moyen d'un bit de parité par échantillon.
- D-MAC/paquets en mode plein canal: même capacité que C-MAC/paquets.
- D2-MAC/paquets en mode plein canal: près de 10 Mbit/s ou jusqu'à 26 voies son de haute qualité à 15 kHz de largeur de bande, avec compression-extension quasi instantanée de 14/10 bits et protections au moyen d'un bit de parité par échantillon.

L'extension de la spécification de la famille MAC/paquets au mode numérique plein canal offre toutes sortes de possibilités (comme la radiodiffusion sonore, télévisuelle, de données, etc.). Dans ces conditions, il est possible de concevoir et de mettre en œuvre des récepteurs universels qui serviront à la réception soit de la télévision en mode MAC/paquets normal, soit de sons et de données en mode numérique plein canal.

La mesure dans laquelle le public profitera finalement de ces possibilités dépendra des services fournis et de la conception des récepteurs (aptitude à recevoir telle ou telle d'entre elles).

Pour le mode numérique plein canal, on prévoit que les décodeurs et les circuits intégrés seront disponibles dès le début du service.

L'Appendice 2 à l'Annexe 1 présente la description détaillée du mode numérique plein canal MAC/paquets.

2.3 Système de radiodiffusion numérique son/données multicanaux par satellite (MDS)

Le système MDS a été étudié au Japon, l'objectif étant de permettre à l'avenir la diffusion son/données de haute qualité dans l'ensemble du pays au moyen de satellites de radiodiffusion dans la bande des 12 GHz. Ce système a été mis au point en vue de deux classes d'émission par satellite. L'une d'elles, MDS1, est utilisée lorsqu'on dispose d'une p.i.r.e. suffisante, l'autre, MDS2, convient pour la réception de p.i.r.e. plus faible. Il comporte deux modes son: dans le mode A, qui utilise une compression-extension quasi instantanée 14/10, on dispose de la même qualité de son qu'en radiodiffusion MF. En mode B, une qualité de son non inférieure à celle qu'offre le disque compact est possible (largeur de bande de 20 kHz et résolution de 16 bits).

Le format du signal du système MDS est établi par passage à travers deux étages de multiplexage. L'étage inférieur a le même format que les signaux son/données de la sous-porteuse numérique/système NTSC (Recommandation UIT-R BO.650) avec un débit binaire de transmission de 2,048 Mbit/s. Dans ce format, il est possible de choisir quatre canaux son de mode A avec signaux de données à 480 kbit/s ou deux canaux son de mode B avec données à 224 kbit/s. La vitesse des données peut être portée au maximum à 1 760 kbit/s en fonction du mode et du nombre de canaux son. Il permet la diffusion de données autres que le son en transmission par paquets.

A l'étage de multiplexage supérieur, 12 (MDS1) ou 6 (MDS2) de ces signaux sont à nouveau multiplexés. Le débit de transmission atteint alors 24,576 Mbit/s (MDS1) ou 12,288 Mbit/s (MDS2).

Pour maintenir une haute qualité de transmission du signal numérique, on applique les mêmes méthodes de correction des erreurs que pour les signaux numériques de sous-porteuse/NTSC, tels que le code BCH (63,56) SEC-DED et des codes d'une longueur de 3 bits. Pour la classe MDS2, on ajoute au signal global un code convolutionnel (2,1) et on applique un décodage Viterbi pour améliorer les possibilités de correction des erreurs. Le débit binaire de transmission est donc 24,576 Mbit/s.

La porteuse est modulée en MDM par le train de bits multiplexés susmentionné. La méthode de modulation MDM a des performances supérieures vis-à-vis des caractéristiques non linéaires des tubes à ondes progressives (TOP) et offre la possibilité de fabriquer une commande automatique de fréquence (CAF) de prix modique.

Des expériences de transmission ont été faites avec les systèmes MDS1 et MDS2 par l'intermédiaire de satellites. Le rapport porteuse/bruit (dans une largeur de bande de 27 MHz) nécessaire à la réception pour maintenir une dégradation du son juste perceptible est d'environ 8 dB ($TEB = 1 \times 10^{-3}$) en MDS1 ou 4,5 dB ($TEB = 1 \times 10^{-2}$) en MDS2, en utilisant un récepteur de type domestique.

Les spécifications détaillées du système MDS sont données dans l'Appendice 3 de l'Annexe 1.

3 Conclusion

Actuellement, il existe trois systèmes de radiodiffusion de son de haute qualité et de données pour le service de radiodiffusion par satellite à 12 GHz. Ces systèmes sont déjà disponibles au niveau de la normalisation et satisfont aux exigences de la radiodiffusion de signaux son de très haute qualité et de données. Le système DSR est déjà exploité dans la République fédérale d'Allemagne et les récepteurs sont disponibles dans le commerce.

APPENDICE 1

À L'ANNEXE 1

Spécifications du système de radiodiffusion numérique par satellite (DSR)

1 Introduction

Les satellites de radiodiffusion télévisuelle seront utilisés non seulement pour la transmission de programmes de télévision mais aussi pour la transmission de haute qualité, exclusivement numérique, de 16 programmes de radiodiffusion sonore stéréophonique sur un canal de répéteur

réservé uniquement à cet effet. Plusieurs projets d'étude et de développement financés par le Ministère de la recherche et de la technologie de la République fédérale d'Allemagne ont défini les principaux paramètres relatifs à la qualité de réception et à la zone de couverture pour un nombre donné de voies, si bien qu'on a pu déterminer les conditions imposées au système de transmission. Des expériences comportant des essais en service ont été menées avec succès.

Les spécifications finalement adoptées pour le système sont indiquées ci-dessous. La séquence temporelle de toutes les séquences de bits est indiquée de gauche à droite dans la présente Annexe.

Les paramètres de modulation analogique et de transmission en radiofréquence correspondent aux spécifications nominales. L'équipement et les tolérances de fonctionnement à l'extrémité émission ne sont pas traités ici.

2 Codage du signal son

2.1 Signal source

Les signaux audiofréquence uniformément quantifiés avec une résolution de 16 bits et une fréquence d'échantillonnage de 48 kHz seront produits dans des studios de radiodiffusion numérique.

Etant donné que ni la liaison de Terre vers la station terrienne ni le canal de satellite n'auront la capacité nécessaire pour transmettre le signal source sous cette forme particulière, le signal devra être adapté au débit binaire de $14 \text{ bits} \times 32 \text{ kHz/voie}$ audiofréquence existant à la fois sur les liaisons de Terre et sur le canal de satellite. L'adaptation nécessaire de la fréquence d'échantillonnage de 48 kHz à 32 kHz n'entraîne pas une dégradation notable de la qualité. Cependant, pour diverses raisons, il serait souhaitable d'obtenir une gamme dynamique du signal son correspondant à 16 bits, ce qu'on peut faire à l'aide de mesures appropriées. Le signal à l'extrémité de la transmission globale est donc caractérisé par les paramètres 16 bits et 32 kHz.

2.2 Formation des blocs de signaux son

Si, en plus du signal son, des données sont transmises au voisinage de la gamme d'amplitude du signal son (facteur d'échelle), on peut utiliser ces données à l'extrémité de réception pour limiter à la gamme d'amplitude indiquée les erreurs d'amplitude causées par les erreurs sur les bits dans le signal son. En outre, le facteur d'échelle permet d'utiliser un système de virgule flottante à 16/14 bits.

Il n'est pas nécessaire de transmettre le facteur d'échelle avec chaque échantillon. Les essais ont montré qu'il suffit de déterminer un facteur d'échelle unique pour des blocs de 64 échantillons ($\hat{=} 2 \text{ ms}$) afin de décrire la gamme d'amplitude des plus grands de ces 64 échantillons.

2.3 Format de transmission

Les échantillons à 16 bits du signal son se présentent sous la forme de nombres doubles dans un complément à 2. Le premier bit de chaque mot est le bit de plus fort poids (bit de signe, $0 \hat{=} +$) et le dernier, le bit de moindre poids. En utilisant un système de virgule flottante, on convertit les échantillons à 16 bits en mots de code à 14 bits pour la transmission.

Un facteur d'échelle à 3 bits s'appliquant à un bloc de 64 échantillons indique combien de bits (0 ... 7) après le bit de signe (y_1) dans tous les mots échantillonnés ont la même valeur que le bit de signe (Fig. 1a)). Il n'est pas nécessaire de transmettre la redondance indiquée par le facteur d'échelle. Les échantillons et leurs informations pertinentes doivent au contraire être décalés vers les bits de signe (système de virgule flottante). Cela permet de transmettre les 15^e et 16^e bits des mots de code source dans le cas d'amplitudes faibles du signal. Les bits marqués Z1 à Z5 n'ont pas encore été assignés (Fig. 1b)).

A l'extrémité réception, on utilise le facteur d'échelle pour reconvertir les bits des échantillons dans leur valeur initiale. Cela permet d'obtenir des échantillons à 16 bits et de limiter les effets des erreurs sur les bits non reconnues à la gamme d'amplitude indiquée par le facteur d'échelle.

3 Multiplexage

3.1 Généralités

Toutes les informations à transmettre, à savoir les signaux audiofréquence, les données relatives au programme et les données associées pour la protection contre les erreurs sur les bits, sont contenues dans deux trames principales synchrones identiques déclenchant la modulation de deux porteuses orthogonales (modulation MDP-4). Chacune des deux trames principales contient 16 des voies audiofréquence décrites au § 2 et les informations associées. On peut convertir deux voies audiofréquence en une voie stéréophonique unique. Les voies stéréophoniques 1 ... 8 sont contenues dans la trame principale A, les voies stéréophoniques 9 ... 16 dans la trame principale B (Fig. 2).

3.2 Structure de la trame principale

Une trame principale se compose de 320 bits (Fig. 3). La fréquence de répétition de trame est de 32 kHz. Cela permet d'obtenir un débit de 10,24 Mbit/s.

La trame commence par un mot de synchronisation de trame, suivi d'un bit pour les services spéciaux et de quatre blocs de 77 bits chacun, dont les deux premiers blocs consécutifs sont à bits entrelacés et les deux derniers blocs consécutifs sont également à bits entrelacés (Fig. 2). Ce mode d'entrelacement des bits élimine les effets des erreurs de doubles bits dans le récepteur quand on utilise la démodulation différentielle.

3.2.1 Mot de synchronisation de trame principale

Un mot de code Barker à 11 bits ayant la structure suivante sert de mot de synchronisation pour la trame principale A:

1 1 1 0 0 0 1 0 0 1 0

L'inverse de ce mot code Barker à 11 bits est utilisé pour la trame principale B:

0 0 0 1 1 1 0 1 1 0 1

Le mot de code Barker permet d'effectuer l'analyse de corrélation dans le récepteur, ce qui assure un rétablissement du rythme des bits et une attribution de bits corrects et facilite la reconnaissance de la perte de synchronisme (sauts de cycle et glissements des bits). L'inversion du mot de code Barker dans la trame principale B permet d'attribuer d'une manière univoque les deux trains de bits démodulés aux trames principales A et B, même en cas de démodulation différentielle.

FIGURE 2
Structure de la trame principale

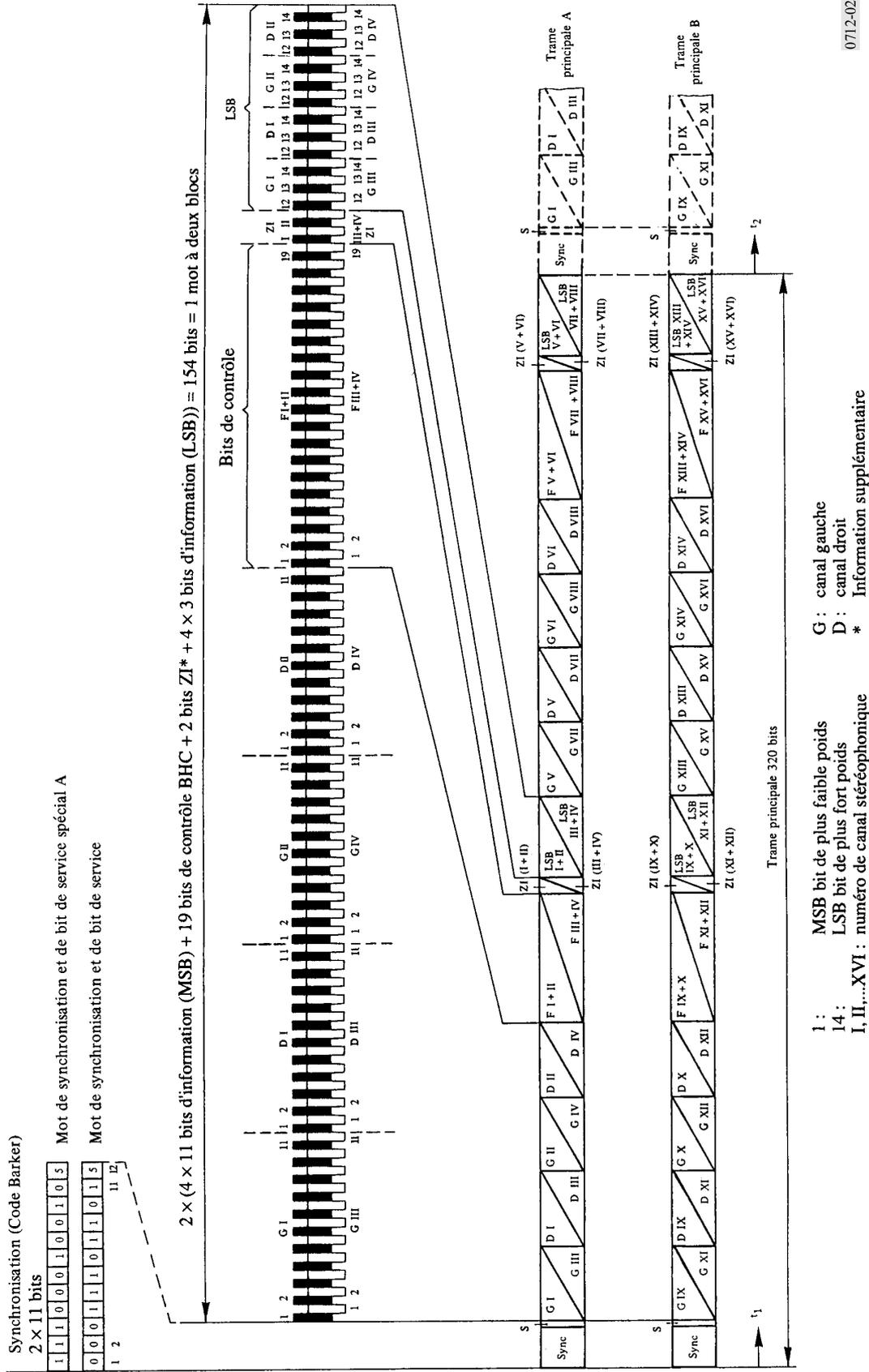
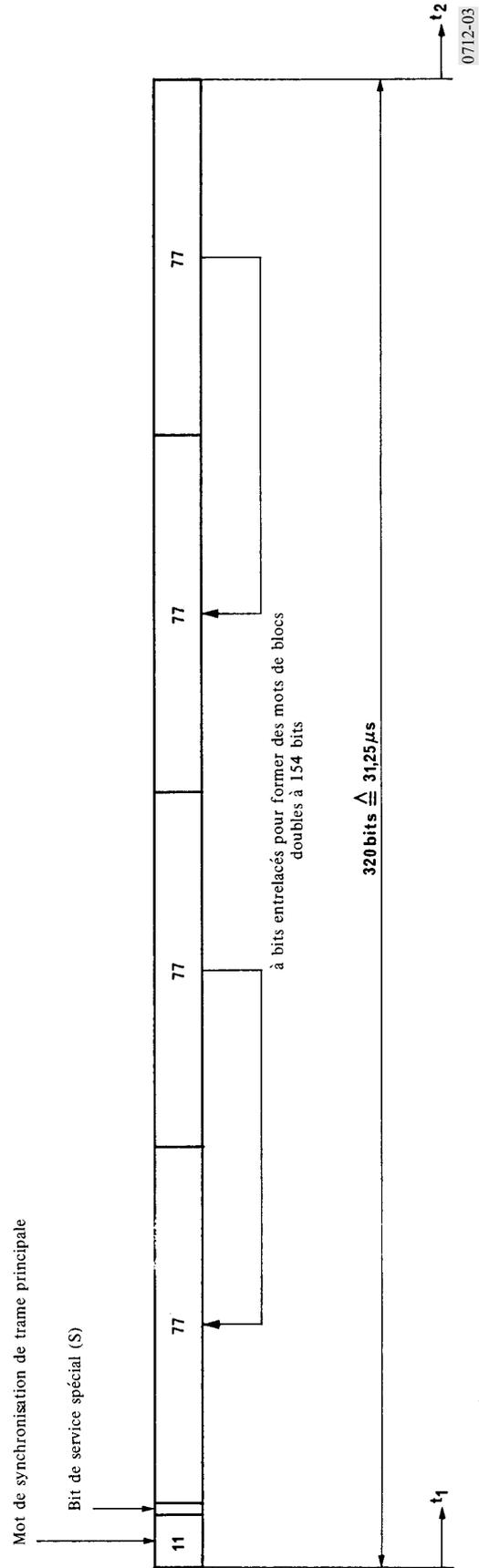


FIGURE 3
Structure de la trame principale
(pour le principe et les détails, voir les Fig. 2 et 4)



3.2.2 Bloc de 77 bits

Pour assurer une réception sans perturbations en cas de conditions défavorables, on utilise systématiquement un code BCH (63,44) à l'extrémité réception pour la correction des erreurs ou la reconnaissance des erreurs avec dissimulation des erreurs. Les 19 bits de contrôle BCH sont dérivés chacun d'un ensemble de 11 bits de plus fort poids du mot de code à 14 bits de quatre voies à signal audiofréquence. Ils sont déterminés entièrement par le polynôme générateur:

$$g(x) = x^{19} + x^{15} + x^{10} + x^9 + x^8 + x^6 + x^4 + 1$$

En commençant par le bit de contrôle correspondant à la puissance la plus élevée, les bits de contrôle sont ajoutés aux 4×11 bits de plus fort poids des mots de code des signaux audiofréquence à 14 bits pour former le mot de code BCH à 63 bits. Avec les 4×3 bits de plus faible poids des mots de code des signaux audiofréquence à 14 bits et deux bits d'information supplémentaires utilisés pour une transmission associée à la voie des facteurs d'échelle et les informations dites «informations liées au programme (PI)», le mot de code BCH à 63 bits forme un bloc de 77 bits pour deux voies stéréophoniques. Le premier bit d'information supplémentaire est toujours attribué à la première voie stéréophonique, le deuxième bit d'information supplémentaire l'est toujours à la deuxième voie stéréophonique. La disposition exacte est indiquée sur la Fig. 4.

3.2.3 Bit de service spécial

Les bits de service spécial (Fig. 3) de 64 trames principales A consécutives sont combinés pour former une trame de service spécial (SA) (Fig. 5). L'utilisation et la structure de cette trame particulière sont décrites aux § 3.3 et 3.4. L'utilisation du bit de service spécial dans la trame principale B n'a pas encore été définie; ce bit est réglé provisoirement à «0».

3.3 Structure de la supertrame

3.3.1 Généralités

Un mot de code de signal audiofréquence provenant de chacune des 16 voies audiofréquence est transmis dans une trame principale. Conformément au § 2.2, 64 échantillons de signal audiofréquence ($\hat{=}$ 2 ms) provenant d'une voie sont combinés pour former un bloc de signal son permettant de déterminer le facteur d'échelle. Afin de veiller à ce que cette structure soit conservée dans le trajet de transmission pour tous les canaux audio, on forme une supertrame à partir de 64 trames principales consécutives. La supertrame doit elle aussi commencer par un mot de synchronisation.

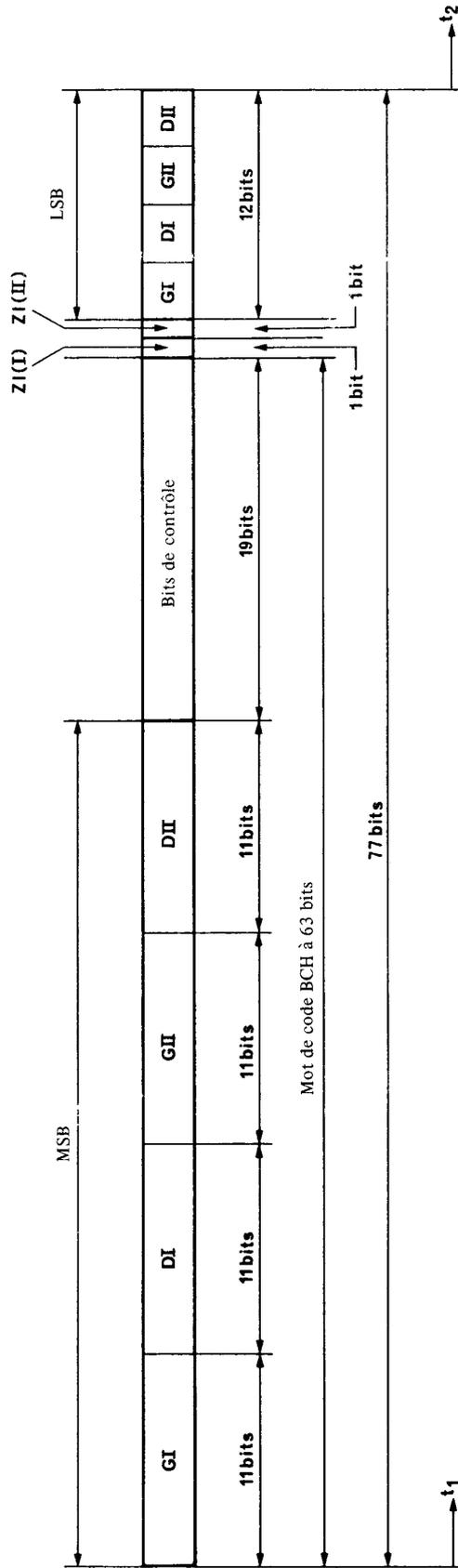
3.3.2 Synchronisation des supertrames

On utilise les 16 premiers bits de la trame de service spécial formée par les bits de service spécial de la trame principale A pour assurer la synchronisation correcte des blocs de signaux audio transmis toutes les 2 ms dans l'ensemble des 32 canaux audio (y compris toute l'information additionnelle) des deux trames principales. A titre de mot de synchronisation, on utilise un code Williard ayant la structure suivante:

0 0 0 0 0 1 0 1 1 1 0 0 1 1 1 1

La trame principale A dont le bit de service spécial contient le dernier bit du mot de synchronisation ci-dessus est suivie par tous les blocs de signaux audio émis à intervalles de 2 ms (y compris l'information additionnelle ZI), appartenant aux trames principales A et B. Compte tenu de l'utilisation des 48 bits restants de la trame de service spécial SA, des supertrames SAÜ et SAÜÜ sont également nécessaires pour le service spécial (voir aussi les § 3.4.3 et 3.4.4).

FIGURE 4
 Structure du bloc de 77 bits
 (voir la Fig.2 pour plus de détails)



Si un canal stéréophonique est divisé en deux canaux monophoniques:

- G → canal monophonique 1
- D → canal monophonique 2
- MSB: bits de plus fort poids
- LSB: bits de plus faible poids

I, II : numéro du canal stéréophonique

G : canal de gauche

D : canal de droite

ZI : information additionnelle

3.4 Utilisation des bits de service spécial

3.4.1 Généralités

Après déduction du mot de synchronisation à 16 bits, il subsiste 48 bits sur les 64 bits de la trame de service spécial. Les 48 bits sont disponibles à des intervalles de 2 ms et on les utilise pour identifier les programmes fournis (information de programme PA et source de programme SK). L'information PA permet d'identifier le mode de fonctionnement (monophonique/stéréophonique)* des différents canaux ainsi que le type de programme (0 ... 15) et elle permet également de savoir s'il s'agit de musique ou de signaux vocaux. On peut donc en permanence avoir un aperçu de tous les programmes disponibles et contrôler les fonctions de commutation dans le récepteur. L'information SK permet d'identifier la source du programme. Cette information peut être interprétée et affichée par le récepteur. Elle est constituée de 8 caractères alphanumériques**.

3.4.2 Structure de la trame de service spécial

Les 48 bits disponibles dans une période de 2 ms sont divisés en six octets (voir la Fig. 5). Les quatre premiers de ceux-ci sont utilisés pour la transmission de l'information PA (SA/PA) ainsi que pour le code de source de programme (SA/SK). Les octets 5 et 6 des trames SA (octets Dn ou En) sont utilisés pour l'identification du bloc de 77 bits ou sont disponibles pour d'autres applications futures.

3.4.2.1 Information de programme (PA)

Dans le cas des transmissions *monophoniques*, l'information relative au programme pour les canaux monophoniques 1 à 4 (PA-G I, PA-D I, PA-G II, PA-D II) est contenue dans les quatre premiers octets qui suivent le mot de synchronisation. Le format de codage de l'information relative au programme s'établit alors comme suit:

N° du type de programme					Signaux vocaux musique	Mode		Parité
0	0	0	0	0	K	0	1	P
1	0	0	0	1	K	0	1	P
2	0	0	1	0	K	0	1	P
3	0	0	1	1	K	0	1	P
4	0	1	0	0	K	0	1	P
5	0	1	0	1	K	0	1	P
6	0	1	1	0	K	0	1	P
7	0	1	1	1	K	0	1	P
8	1	0	0	0	K	0	1	P
9	1	0	0	1	K	0	1	P
10	1	0	1	0	K	0	1	P
11	1	0	1	1	K	0	1	P
12	1	1	0	0	K	0	1	P
13	1	1	0	1	K	0	1	P
14	1	1	1	0	K	0	1	P
15	1	1	1	1	K	0	1	P

K: identification musique/signaux vocaux
1: musique
0: signaux vocaux

P: bit de parité
0: nombre pair de «1» dans les bits 1 ... 7

* On entend par mode de fonctionnement «stéréophonique», l'utilisation de deux voies pour la transmission du programme, même si le signal radiophonique n'est pas un signal stéréophonique.

** La source de programme SK correspond au code PS «source de programme» dans le système de radiodiffusion de données.

Dans le cas des transmissions stéréophoniques, on peut recourir à une double identification du type de programme. Cela permet non seulement de mieux caractériser les programmes qui peuvent être attribués à deux types de programmes différents (par exemple sport/populaire) mais aussi de trouver un plus grand nombre de programmes pendant le processus de recherche dans le récepteur. Une double identification est constituée d'une identification primaire et d'une identification secondaire. Toutes deux doivent provenir du tableau ci-dessus des numéros des types de programmes.

L'identification primaire du type de programme et de l'identification musique/signaux vocaux est transmise dans la voie de gauche PA-G; l'identification secondaire est transmise dans les quatre premiers bits de la voie de droite PA-D. S'il n'est pas nécessaire de transmettre une identification secondaire, l'identification primaire sera répétée à titre d'identification secondaire.

La numérotation des types de programmes correspond à la classification suivante*:

Numéro	Type de programme	(1)
0	Aucun ou non défini	
1	Nouvelles	(NEWS)
2	Affaires courantes	(AFFAIRS)
3	Informations	(INFO)
4	Sport	(SPORT)
5	Enseignement	(EDUCATE)
6	Théâtre	(DRAMA)
7	Culture	(CULTURES)
8	Sciences	(SCIENCE)
9	Variétés	(VARIED)
10	Musique populaire	(POP M)
11	Musique de rock n'roll	(ROCK M)
12	Musique M.O.R.	(M.O.R. M)
13	Musique légère	(LIGHT M)
14	Musique sérieuse	(CLASSICS)
15	Autre musique	(OTHER M)

(1) Les termes entre parenthèses sont les abréviations recommandées qui peuvent être utilisées sur un dispositif d'affichage à huit caractères ou sur le panneau frontal du récepteur radio.

Pour indiquer le mode stéréophonique, on utilise en outre les bits restants de la voie de droite PA-D. L'occupation de la voie de droite PA-D pour les transmissions stéréophoniques se présente comme suit:

X X X X 0 1 0 P

où:

X: bits de codage de l'identification secondaire

P: bit de parité (0: nombre pair de «1» dans les bits 1 à 7)

bits 6 et 7: si 01 dans les voies PA-G et PA-D: deux voies monophoniques indépendantes
si 01 dans la voie PA-G et 10 dans la voie PA-D: paire stéréophonique.

Si une voie est inoccupée, cela sera indiqué par la séquence de bits suivante:

0 0 0 0 1 0 0 1

* Cette classification découle de la Recommandation de l'UER, Document Techn. 3244, au sujet du système de radiodiffusion des données pour les transmissions radiophoniques de Terre en ondes métriques (SRD).

dans le mot de code correspondant à 8 bits de l'identification de l'information de programme. Les échantillons de signaux audio, les facteurs d'échelle et l'information additionnelle sont mis à «1 permanent» dans ce cas.

3.4.2.2 Source de programme (SK)

Dans le cas des transmissions monophoniques, les 4 premiers octets qui suivent le mot de synchronisation contiennent l'information SK pour les voies monophoniques 1 à 4 (SK-G I, SK-D I, SK-G II, SK-D II). Dans le cas des transmissions stéréophoniques, le même code de source de programme est transmis tant dans la voie de gauche que dans la voie de droite.

La loi de codage pour les données SK est fondée sur la liste des caractères figurant dans les spécifications SRD (Document Techn. 3244 de l'UER, Appendice 5, Fig. 21). Afin d'augmenter au maximum la distance par rapport au mot de synchronisation (pour éviter la simulation de celui-ci), le mot de code 0111 1111 ne doit pas être transmis. Les mots de code 1110 XXXX et 1111 XXXX ne peuvent pas non plus être utilisés, pour la même raison; les caractères affectés à ces mots de code sont donc transmis par les mots de code 0000 XXXX et 0001 XXXX, respectivement (voir le Tableau 2).

TABLEAU 2

Tableau de codes pour 218 caractères visualisables formant le répertoire complet de l'UER basé sur les caractères latins

				Caractères affichables de la table de codage de la Norme ISO 646							Caractères affichables supplémentaires pour:									
											Noyau commun de l'UER (7 langues)		Répertoire complet à alphabet latin de l'UER (25 langues)							
b4	b3	b2	b1	b8	b7	b6	b5													
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0
0	0	0	1	1	!	1	A	Q	a	q	à	ä	α	¹	À	Ä	Å	â		
0	0	1	0	2	"	2	B	R	b	r	é	ê	©	²	É	Ê	Æ	æ		
0	0	1	1	3	#	3	C	S	c	s	è	ë	%o	³	È	Ë	œ	œ		
0	1	0	0	4	☒	4	D	T	d	t	í	î	Ǧ	±	Í	Î	ÿ	ÿ		
0	1	0	1	5	%	5	E	U	e	u	ì	ï	ě	İ	Ì	Ï	Ý	ý		
0	1	1	0	6	&	6	F	V	f	v	ó	ô	ň	ń	Ó	Ô	Õ	õ		
0	1	1	1	7	'	7	G	W	g	w	ò	ö	ő	ű	Ò	Ö	Ø	ø		
1	0	0	0	8	(	8	H	X	h	x	ú	û	π	μ	Ú	Û	þ	þ		
1	0	0	1	9	)	9	I	Y	i	y	ù	ü	Ϻ	ι	Û	Ü	η	η		
1	0	1	0	10	*	:	J	Z	j	z	ñ	ñ	£	÷	Ŕ	ř	Ř	ř		
1	0	1	1	11	+	;	K	[⁽¹⁾	k	{ ⁽¹⁾	Ç	ç	\$	°	Č	č	Ć	ć		
1	1	0	0	12	,	<	L	\	l		Error!	Error!	←	¼	Š	š	Ś	ś		
1	1	0	1	13	-	=	M] ⁽¹⁾	m	} ⁽¹⁾	ß	ğ	↑	½	Ž	ž	Ž	ž		
1	1	1	0	14	.	>	N		n		ı	ı	→	¾	Đ	đ	Ʀ	Ʀ		
1	1	1	1	15	/	?	O		o		IJ	ij	↓	§	Ł	ł	đ	đ		

Modification – voir le texte

Dans tous les octets, le bit b8 est toujours transmis en premier. La transmission commence toujours par le caractère situé à l'extrême gauche de l'écran. Les caractères, y compris les éventuels espaces, sont toujours au nombre de 8.

3.4.2.3 Utilisation des octets Dn et En

Afin d'augmenter au maximum la distance de codage par rapport au mot de synchronisation choisi (Sync 1; Sync 2), la règle ci-après doit être observée en cas d'utilisation des octets Dn et En:

X X X X X 0 X P

où:

X: bits non affectés

P: bit de parité (0: nombre pair de 1 dans les bits 1 à 7)

Les octets Dn décrivent l'utilisation des 4 voies monophoniques d'un bloc de 77 bits. Pour chaque voie monophonique, 2 bits sont disponibles à cette fin. L'affectation de ces bits d'identification à la voie monophonique est la suivante:

Dn (impair) 5 ^e octet de la trame SA/PA								Dn (pair) 6 ^e octet de la trame SA/PA							
X	X	X	X	X	0	X	P	X	X	X	X	X	0	X	P
Mono 1		Mono 2						Mono 3		Mono 4					
G I		D I		exemple				G II		D II					

Les bits 5 et 7 de chaque octet Dn sont gardés en réserve en vue d'une éventuelle extension des identifications et sont provisoirement mis à 0.

Ces deux bits permettent d'identifier quatre modes différents.

Mode	Signification
00	Voie son monophonique d'un bloc de 77 bits conforme à la Fig. 4. Codage du son comme indiqué au § 2. Information additionnelle comme indiqué au § 3.5
01	Pas encore défini
10	Pas encore défini
11	Transmission de données conforme à l'Annexe 5 de l'Appendice 1

Avec une identification autre que 0 0, les octets 1 à 4 des trames SA/PA et des trames SA/SK (Fig. 5) ne sont pas occupées par l'information de programme ou les données de source de programme et sont libres pour une autre utilisation. Une évaluation sûre des octets Dn est assurée par 7 transmissions consécutives des trames SA/PA avec décision majoritaire.

L'utilisation des octets En (octets 5 et 6 de la trame SA/SK) n'a pas encore été déterminée. Ces octets sont fixés à:

0 0 0 0 0 0 0 0

3.4.3 Structure de la supertrame de service spécial SAÜ

Une trame de service spécial SA contient l'information de programme (PA) et l'information de source de programme (SK) de 4 programmes monophoniques ou de 2 programmes stéréophoniques. Pour assurer l'ensemble des 32 programmes monophoniques ou des 16 programmes stéréophoniques, il faut combiner 8 trames de service spécial SA/PA et SA/SK pour former une supertrame de service spécial SAÜ/PA ou SAÜ/SK.

Le début de cette supertrame est caractérisé par le mot code de Williard à 16 bits décrit plus haut (voir le § 3.3.2) (Sync 1). Les 7 trames restantes de service spécial à l'intérieur de la supertrame commencent toutes par le mot de synchronisation modifié ci-après (Sync 2):

0 0 0 0 0 1 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1

(voir aussi la Fig. 5).

3.4.4 Structure de trame SAÜÜ

Les supertrames de service spécial SAÜ/PA et SAÜ/SK sont transmises en groupes alternés. A cet effet, une autre supertrame (SAÜÜ) est formée de 7 trames SAÜ/PA consécutives et 8 trames SAÜ/SK consécutives. Les deux groupes sont séparés par une trame SAÜ/LB (Fig. 5) qui a la structure d'une trame SAÜ dans laquelle tous les octets des 8 trames SA incluses sont mis à 0.

Les 8 trames SAÜ/SK suivant les trames SAÜ/LB contiennent les 8 caractères de l'information de source de programme en commençant par le caractère le plus à gauche de l'affichage. Dans le cas de transmission sonore, les 7 trames SAÜ/PA consécutives acheminent des informations identiques, assurant ainsi la protection des données.

3.5 Utilisation des bits d'information additionnelle

3.5.1 Généralités

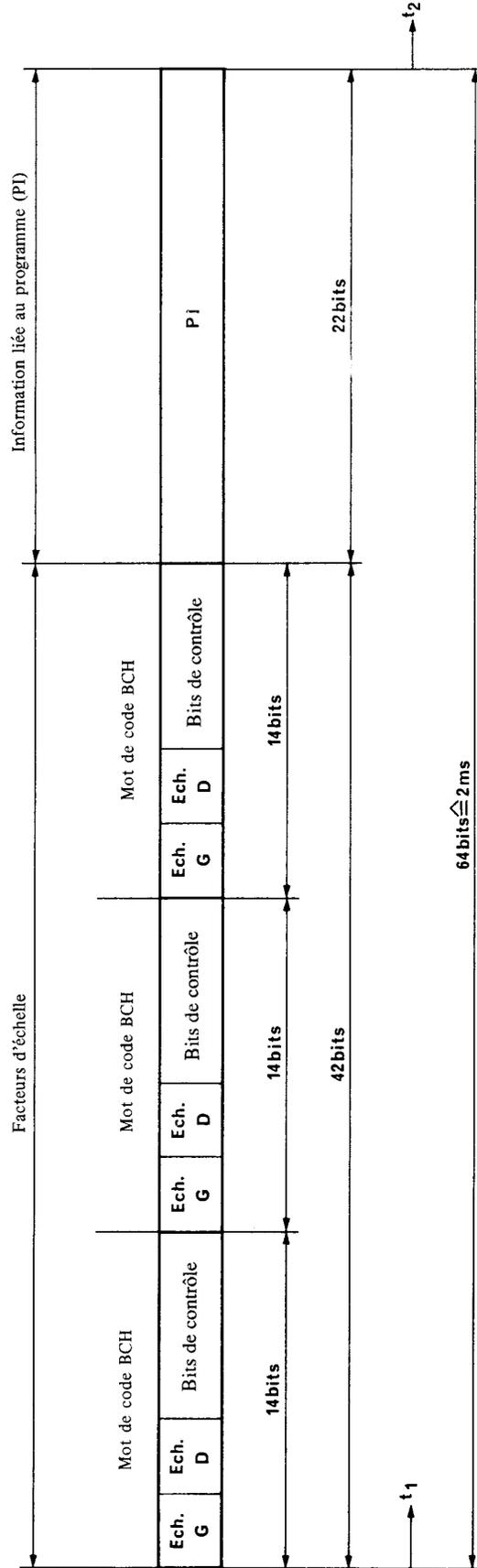
Le fait de combiner 64 trames principales en supertrames (voir le § 3.3) permet également d'aboutir à la formation de trames par les bits d'information additionnelle ZI. Une telle trame ZI contient les facteurs d'échelle pour deux canaux audio. La capacité subsistante est réservée pour la transmission future de PI (voir la Fig. 6).

3.5.2 Facteur d'échelle

La position des facteurs d'échelle de deux canaux audiofréquence dans une trame d'information (ZI) est donnée à la Fig. 6. La Fig. 1 indique l'attribution des facteurs d'échelle aux plages d'amplitude. En raison de l'importance qu'ils présentent, les facteurs d'échelle nécessitent une protection contre les erreurs binaires plus grande que les mots code du signal audiofréquence. A cette fin, deux facteurs d'échelle à 3 bits d'un canal de gauche et d'un canal de droite sont insérés à partir du bit de plus fort poids, dans un code BCH (14,6) systématique abrégé. Le mot code en BCH est répété trois fois (il occupe ainsi 42 bits dans la trame d'information). Afin d'obtenir le mot code abrégé en BCH, on procède aux opérations suivantes:

- a) les deux facteurs d'échelle à 3 bits sont précédés par un septième bit dont la valeur est 0;

FIGURE 6
Structure de la trame d'information (ZI)



- b) huit bits de contrôle obtenus par le polynôme générateur d'un code BCH (15,7)

$$g(x) = x^8 + x^7 + x^6 + x^4 + x^0$$

et sont adjoints aux six bits du facteur d'échelle. La séquence des bits de contrôle est déterminée par la puissance du polynôme générateur associé (ceux qui ont la valeur la plus faible sont placés à la fin).

Afin de faciliter le décodage à l'extrémité de réception, le facteur d'échelle doit être reçu avant le bloc contenant les signaux audiofréquence à partir duquel il a été obtenu. Pour des raisons techniques, le facteur d'échelle doit en réalité précéder deux blocs contenant des signaux audiofréquence, plus précisément la transmission du facteur d'échelle dans la trame d'information ZI doit débiter 4 ms avant la transmission du premier mot code du signal audiofréquence du bloc associé contenant les signaux audiofréquence.

3.5.3 Informations liées au programme (PI)

A intervalles de 2 ms, consécutifs à la détermination et à la transmission des facteurs d'échelle, on dispose de 22 bits par canal stéréophonique dans la trame d'information pour la transmission d'informations liées au programme. Il convient d'utiliser ces 22 bits de manière transparente, c'est-à-dire que les mots de 22 bits transmis dans des salves toutes les 2 ms par la station terrienne doivent atteindre l'interface* à l'extrémité de réception sous la forme de rafales de 22 bits**.

Les 22 bits d'information liée au programme dans le cas de programmes monophoniques sont alternativement attribués à chacun des canaux monophoniques, c'est-à-dire qu'un bloc de 22 bits contenant des informations liées au programme n'est transmis que toutes les 4 ms. La synchronisation de la supertrame de service spécial SAÛ est utilisée pour l'attribution au canal monophonique approprié des 22 bits d'information liée au programme. Les 22 bits d'information liée au programme qui suivent le mot de synchronisation du SAÛ de la trame primaire spéciale de service sont par conséquent assignés au canal monophonique 1.

4 Modulation et transmission radiofréquence

4.1 Technique de modulation

Afin d'obtenir une utilisation efficace de la largeur de bande du canal du répéteur, même pour de faibles valeurs du rapport C/N , on utilise la modulation MDP-4 cohérente de la porteuse sans décalage de bits. Les deux trains binaires à 10,24 Mbit/s obtenus à partir des deux trames principales constituent le signal d'entrée. Le débit binaire global de 20,48 Mbit/s permet la transmission de 16 programmes radiophoniques stéréophoniques ou 32 programmes monophoniques. Le codage différentiel des deux trains binaires permet la démodulation différentielle et synchrone à l'extrémité de réception. Une technique de modulation couramment utilisée se trouve décrite dans l'Annexe 3 à l'Appendice 1.

* Une proposition concernant une interface normalisée pour les informations liées au programme dans le récepteur DSR se trouve à l'Annexe 1 à l'Appendice.

** L'Annexe 2 à l'Appendice 1 décrit une structure de paquets possible pour la transmission d'informations sur le programme.

4.2 Embrouillage

L'embrouillage est utilisé pour obtenir une dispersion d'énergie et une récupération d'horloge fiable au cours des pauses de modulation ou dans le cas de signaux continus pour la protection contre les éventuelles imitations des mots de synchronisation. Comme le montre la Fig. 7, les trains binaires des trames principales A et B, à l'exception des mots de synchronisation et des bits spéciaux de service, sont embrouillés au moyen d'une combinaison avec une séquence pseudo-aléatoire d'un générateur d'embrouillage. On réalise pratiquement cet embrouillage en utilisant un registre à décalage à 9 digits et à contre-réaction. Le polynôme de générateur est donné par l'expression:

$$g(x) = x^9 + x^4 + 1$$

Une séquence à 308 bits, montrant une probabilité minimale d'imitation en ce qui concerne le mot de synchronisation de la trame Barker, est sélectionnée à partir de la séquence binaire de 511 impulsions d'horloge ($2^9 - 1$). La séquence à 308 bits est déterminée par sa valeur initiale:

$$r_8, r_7, \dots, r_0 = 0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 0 \ 1$$

A partir du trentième bit de la trame principale entrante, les 308 bits restants sont combinés selon une loi pseudo-aléatoire modulo 2 comme suit:

- trame principale A avec le contenu de la position r_0 du registre à décalage et
- trame principale B avec le contenu des positions r_3 et r_0 du registre à décalage.

Ensuite, les positions du registre à décalage sont remises à la valeur initiale précédemment indiquée. L'embrouillage recommence ensuite avec le treizième bit de la trame principale suivante.

4.3 Le codage différentiel

Pour pouvoir effectuer une démodulation différentielle de phase, au lieu de la démodulation synchrone plus complexe, le codage différentiel doit être appliqué à tous les bits des trames principales A et B après embrouillage. Pour cela, les deux trains binaires embrouillés A' et B' des trames principales A et B sont associés au moyen d'un codeur différentiel. Le processus d'association appliqué repose sur le principe suivant:

$$\text{pour } A'_n \oplus B'_n = 0 \quad A''_n = A''_{n-1} \oplus A'_n$$

$$B''_n = B''_{n-1} \oplus B'_n$$

$$\text{pour } A'_n \oplus B'_n = 1 \quad A''_n = B''_{n-1} \oplus A'_n$$

$$B''_n = A''_{n-1} \oplus B'_n$$

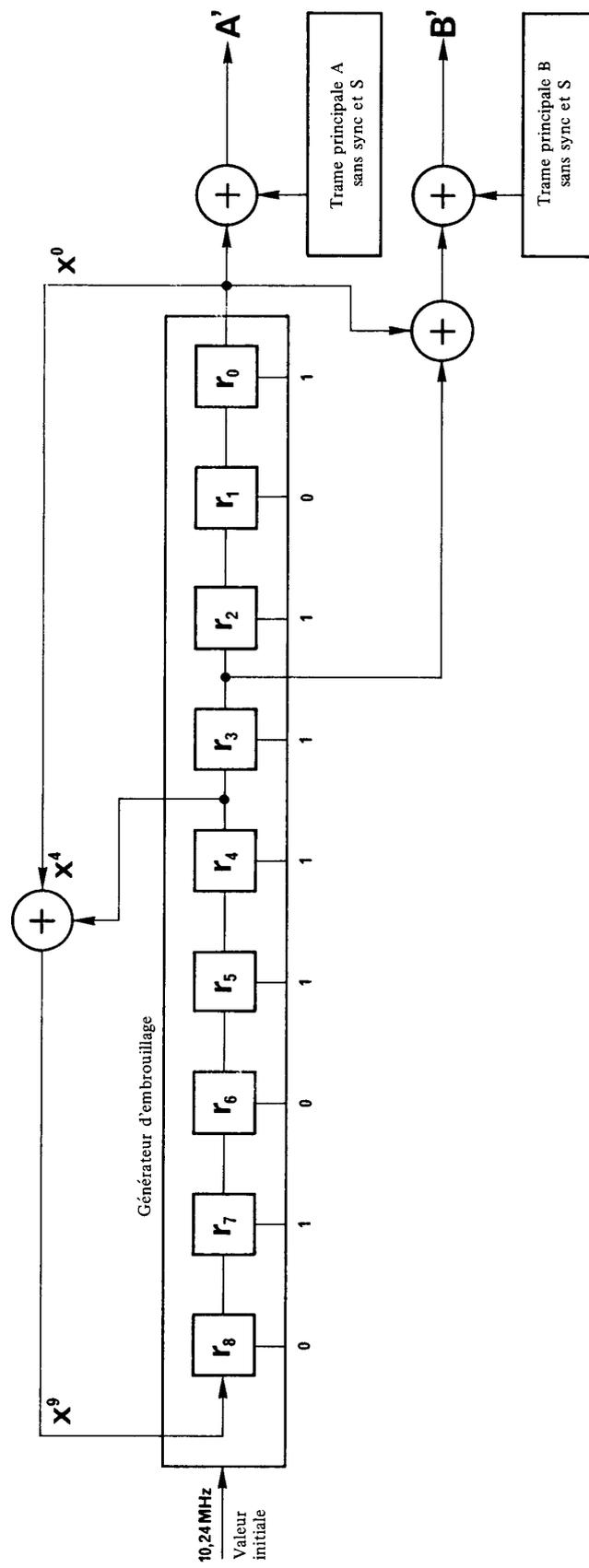
\oplus : OU EXCLUSIF

X_n : état logique au temps n

X_{n-1} : état logique au temps $n-1$, c'est-à-dire 1 bit avant.

Les deux signaux de sortie A'' et B'' du codeur différentiel forment le signal modulé (voir également la Fig. 8).

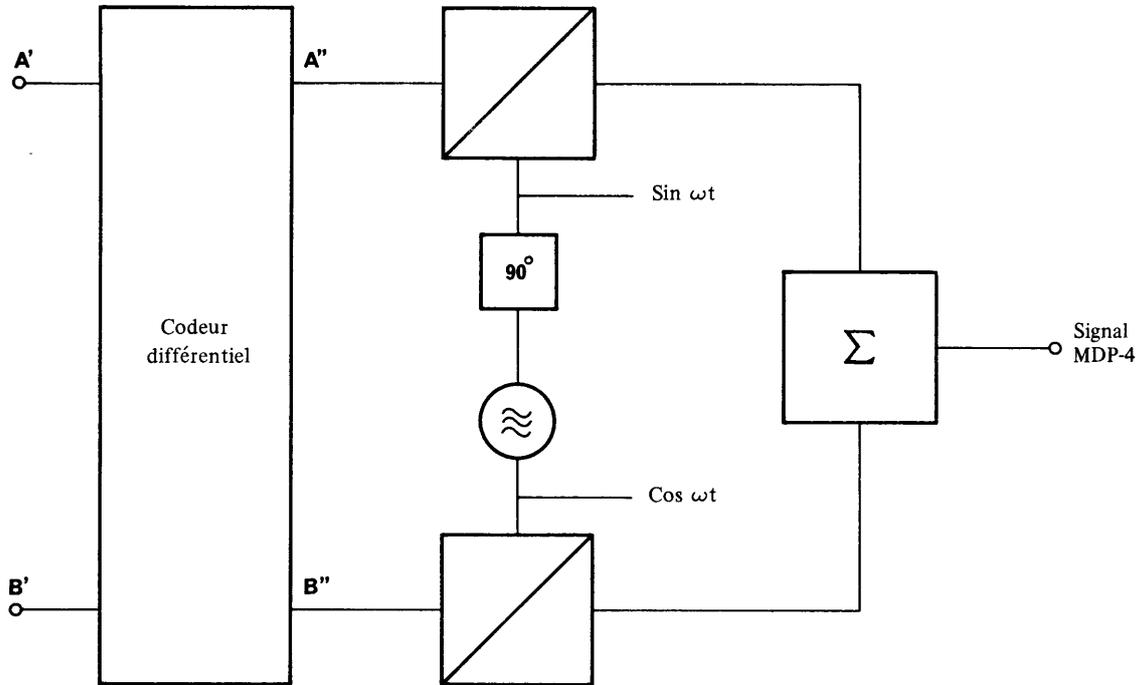
FIGURE 7
Embroutillage dans les trames principales A et B



0712-07

FIGURE 8

Schéma fonctionnel du modulateur cohérent MDP-4 avec codeur différentiel



0712-08

4.4 Modelage du spectre

Le spectre des signaux* délivré par la partie à amplification linéaire de la station terrienne est décrit par la représentation suivante en bande de base (coupure en cosinus à 50%):

$$\begin{aligned}
 S(f) &= 1 && \text{pour } 0 \leq f \leq \frac{1}{4\tau} \\
 S(f) &= \sqrt{\frac{1}{2} \left\{ 1 + \cos \left[2\pi \left(f - \frac{1}{4\tau} \right) \tau \right] \right\}} && \text{pour } \frac{1}{4\tau} \leq f \leq \frac{3}{4\tau} \\
 S(f) &= 0 && \text{pour } f > \frac{3}{4\tau}
 \end{aligned}$$

$$\tau = \text{durée de la paire de bits (dibit)} = \frac{2}{20,48} \cdot 10^{-6} \text{ s}$$

(Le spectre FI/radiofréquence est obtenu par modulation d'amplitude de deux porteuses orthogonales avec un signal correspondant à la représentation en bande de base ci-dessus.)

* La définition des spécifications pour l'émission hors bande des futures stations terriennes devra être conforme au Règlement des radiocommunications et aux principes de planification pour les liaisons montantes (CAMR ORB). Le gabarit de spectre applicable au signal MDP-4 est donné dans l'Annexe 4 de l'Appendice 1.

4.5 Etats de modulation

Les paires de bits (dibits) des trains de bits embrouillés A' et B' (avant le codage différentiel) dans le signal modulé MDP-4 correspondent à l'attribution des bits et aux changements de phase suivants:

Information binaire		Changement de phase (degrés)
A'	B'	$\Delta\phi$
0	0	0
1	0	90
1	1	180
0	1	270

Le changement de phase est lié à la position de phase qu'avait le signal porteur à chaque dibit antérieur*. Il convient de procéder au comptage dans le sens inverse (positif en mathématiques) des aiguilles d'une montre.

ANNEXE 1

À L'APPENDICE 1

Interface pour information liée au programme (PI) dans le récepteur de radiodiffusion sonore numérique par satellite

Afin de pouvoir identifier l'information liée au programme reçu, le récepteur de radiodiffusion sonore est équipé d'une interface série spéciale. Trois signaux de sortie différents sont appliqués à cette interface et la combinaison logique des signaux en question permet d'identifier les données liées au programme.

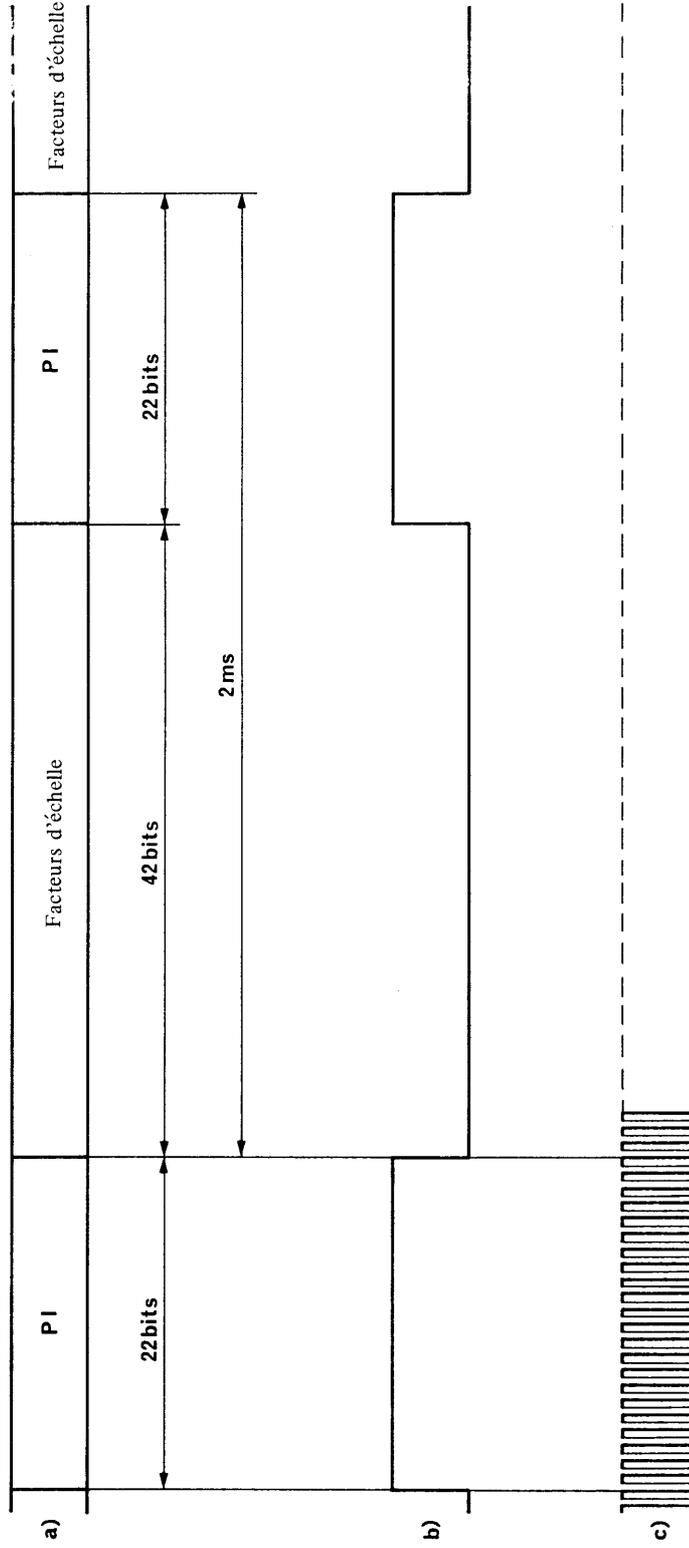
La Fig. 9 représente le format de sortie des trois signaux et la relation qui existe entre eux dans le temps pour des programmes stéréophoniques:

- train de données de l'information additionnelle associée au canal stéréophonique,
- signal de fenêtre,
- signal d'horloge à 32 kHz.

La combinaison logique des signaux considérés permet de faire en sorte que le mot de 22 bits contenant l'information liée au programme (PI) soit transmis par salves toutes les 2 ms.

* Les changements de phase et l'attribution des bits figurant dans le tableau s'appliquent au spectre du signal en position normale. Le récepteur doit pouvoir déterminer automatiquement si le spectre du signal se présente en position inverse à la suite de la conversion que le signal subit pour le passage de la gamme RF à la gamme des fréquences intermédiaires à l'extrémité de réception et il doit pouvoir traiter le signal en conséquence (par exemple, en échangeant A' et B' d'après le mot de synchronisation associé dans le cas de la démodulation différentielle).

FIGURE 9
 Interface pour information liée au programme (PI),
 format de sortie et correspondance dans le temps (stéréophonie)



- a) Train de données d'information additionnelle (ZI)
- b) Signal de fenêtre, démarrage du mot avec pente positive
- c) Signal d'horloge à 32 kHz, sortie de données avec pente de rythme négative

Dans le cas des programmes monophoniques, le signal de fenêtre change; il n'apparaît que toutes les 4 ms; en conséquence, un mot de PI à 22 bits n'est transmis que toutes les 4 ms. L'attribution au canal monophonique approprié est décrite au § 3.5.3.

Le choix des fiches et l'attribution de leurs broches sont laissés à l'appréciation des fabricants de récepteurs.

ANNEXE 2

À L'APPENDICE 1

Structure des paquets pour la PI

Les mots de PI à 22 bits transmis toutes les 2 ms (toutes les 4 ms dans les programmes monophoniques) sont utilisés comme suit:

- 1 La PI est structurée en *paquets* dont la longueur correspond à des multiples entiers de 22 bits.
- 2 Les *paquets* comprennent un *en-tête* (2×22 bits) et le *contenu du paquet* ($n \times 22$ bits).
- 3 La structure de l'en-tête est décrite à la Fig. 10. L'en-tête commence avec un mot initial de 12 bits:

0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1

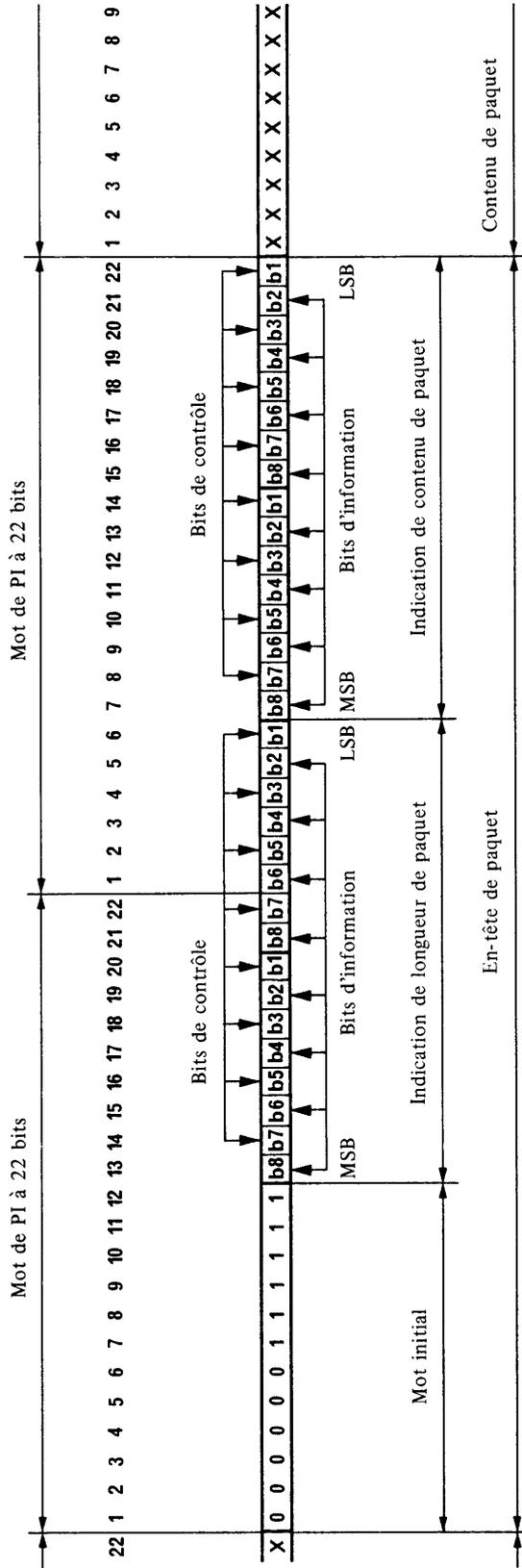
Le mot initial est suivi de deux octets *indiquant la longueur des paquets* et il se termine par deux octets *identifiant le contenu des paquets*.

- 4 Dans les deux octets qui permettent d'identifier la longueur des paquets, huit bits sont utilisés pour indiquer 256 longueurs différentes de paquets. En conséquence, la longueur maximale de paquet (en-tête y compris) correspond à 255×22 bits + 2×22 bits = 5 654 bits, et elle est transmise sur une liaison stéréophonique en 514 ms (1 028 ms pour des programmes monophoniques). Les autres 8 bits de l'indication de longueur de paquet sont utilisés pour la protection contre les erreurs (code de Hamming (8,4)). Le format de codage et de décodage pour les demi-octets est décrit au Tableau 3.

- 5 Les deux octets permettant d'*identifier le contenu des paquets* ont la même structure que l'indication de longueur de paquet et utilisent la même protection contre les erreurs sur les bits. Le nombre des différentes indications possibles de contenu des paquets s'élève donc à 256.

- 6 Le *contenu des paquets* est transmis au moyen de mots de 22 bits. Le nombre réel des mots de 22 bits est déterminé par l'indication de longueur de paquet. La longueur 0 correspond à un «paquet factice» comprenant seulement un en-tête. La longueur 255 correspond à la longueur maximale de 255×22 bits pour le contenu des paquets. Le choix de la structure et de la protection contre les erreurs sur les bits utilisées pour les mots de 22 bits est laissé à l'appréciation de l'utilisateur des différents services possibles et doit faire l'objet d'une spécification lorsqu'un nouveau service est introduit.

FIGURE 10
Structure de l'en-tête de la PI



0712-10

TABLEAU 3

Format de codage et de décodage pour les octets protégés par un code de Hamming

CODAGE		bits d'information							
Nombre hexadécimal	Nombre décimal	↓							
		b8	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1
0	0	0	0	0	1	0	1	0	1
1	1	0	0	0	0	0	0	1	0
2	2	0	1	0	0	1	0	0	1
3	3	0	1	0	1	1	1	1	0
4	4	0	1	1	0	0	1	0	0
5	5	0	1	1	1	0	0	1	1
6	6	0	0	1	1	1	0	0	0
7	7	0	0	1	0	1	1	1	1
8	8	1	1	0	1	0	0	0	0
9	9	1	1	0	0	0	1	1	1
A	10	1	0	0	0	1	1	0	0
B	11	1	0	0	1	1	0	1	1
C	12	1	0	1	0	0	0	0	1
D	13	1	0	1	1	0	1	1	0
E	14	1	1	1	1	1	1	0	1
F	15	1	1	1	0	1	0	1	0
			↑		↑		↑		↑

$b7 = b8 \oplus b6 \oplus b4$
 $b5 = b6 \oplus b4 \oplus \overline{b2}$
 $b3 = b4 \oplus \overline{b2} \oplus b8$
 $b1 = \overline{b2} \oplus b8 \oplus b6$

bits de protection

DÉCODAGE

\oplus : OU EXCLUSIF

$\overline{b2}$: b2 inverse

$A = b8 \oplus b6 \oplus b2 \oplus b1$
 $B = b8 \oplus b4 \oplus b3 \oplus b2$
 $C = b6 \oplus b5 \oplus b4 \oplus b2$
 $D = b8 \oplus b7 \oplus b6 \oplus b5 \oplus b4 \oplus b3 \oplus b2 \oplus b1$

A	B	C	D	Interprétation	Information
1	1	1	1	aucune erreur	accepté
0	0	1	0	erreur dans b8	corrigé
1	1	1	0	erreur dans b7	accepté
0	1	0	0	erreur dans b6	corrigé
1	1	0	0	erreur dans b5	accepté
1	0	0	0	erreur dans b4	corrigé
1	0	1	0	erreur dans b3	accepté
0	0	0	0	erreur dans b2	corrigé
0	1	1	0	erreur dans b1	accepté
$A \cdot B \cdot C = 0$			1	erreurs multiples	rejeté

ANNEXE 3

À L'APPENDICE 1

Modulation

La modulation MDP-4 peut résulter, par exemple, de deux oscillations de porteuse en quadrature de phase A et B modulées sous forme MDP-2 par des trains de bits à 10,24 Mbit/s et, enfin, additionnées.

La trame principale A engendre un train de données continu de 10,24 Mbit/s sur le signal porteur A, tandis que la trame principale B produit un train de données continu de 10,24 Mbit/s sur le signal porteur B. En ajoutant les deux signaux porteurs modulés MDP-2 et de même amplitude, on obtient le signal MDP-4 (Fig. 8).

ANNEXE 4

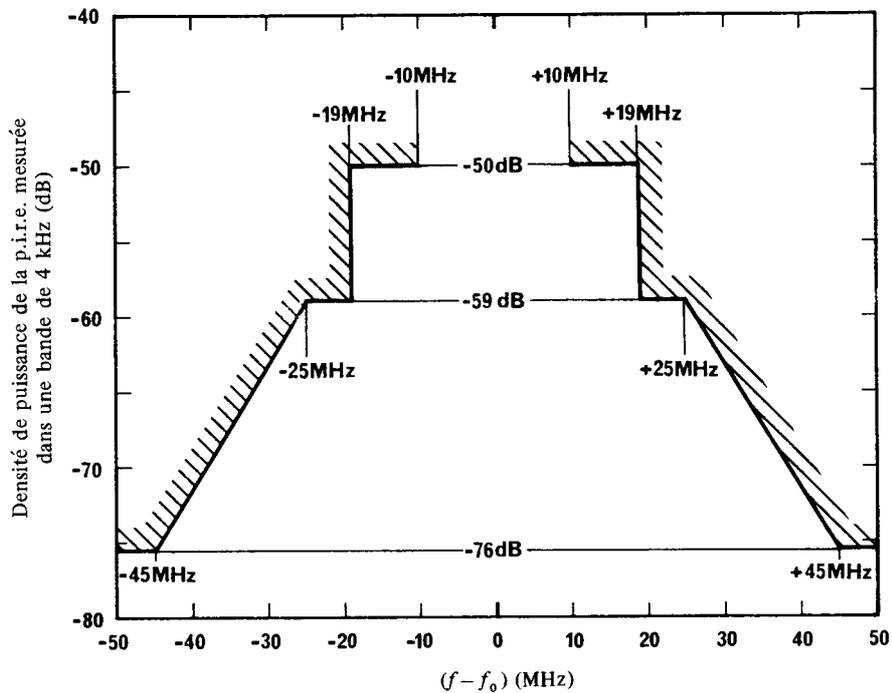
À L'APPENDICE 1

Gabarit de spectre pour la station terrienne

Afin d'éviter les brouillages dans le canal adjacent, le spectre RF à la sortie de l'amplificateur de puissance de la station terrienne ne doit pas dépasser le gabarit de tolérance indiqué à la Fig. 11.

FIGURE 11

Gabarit de tolérance pour la station terrienne



Gabarit du spectre hors bande pour le signal MDP-4 à la sortie de la station terrienne d'émission (filtre de mesure à 4 kHz) par rapport à la p.i.r.e. maximale prévue, mesurée avec une séquence pseudo-aléatoire de $2^{15} - 1$ de longueur modulant les deux porteuses.

0712-11

ANNEXE 5

À L'APPENDICE 1

Transmission de données

Sans qu'il soit besoin de modifier sa structure, le système DSR peut aussi être utilisé pour la transmission de données. Chaque voie monophonique fournit un débit binaire de 448 kbit/s. Chaque mot code de 14 bits pour la transmission de signaux son consiste en 11 bits de plus fort poids protégés par le code BCH et 3 bits de plus faible poids non protégé (Fig. 4). Ainsi, la capacité totale d'une voie monophonique comprend 352 kbit/s (protégés par le code BCH) plus 96 kbit/s (non protégés). Cela a été pris en compte lors de l'emploi de la voie pour la transmission de données.

Pour une description détaillée du service de transmission de données, les octets des trames SA/PA ou SA/SK attribués à la voie monophonique correspondante peuvent être utilisés. Les 4 premiers bits de l'octet SA/PA peuvent être utilisés pour décrire différentes structures de transmission de données. Les détails n'ont pas encore été définis.

X X X X X 0 1 P

Le bit 5 peut aussi être utilisé à des fins d'identification future. Les bits 6 et 7 sont mis sur 01 afin de rendre aussi grande que possible la distance de codage. Le bit 8 est le bit de parité.

Deux voies monophoniques adjacentes peuvent être combinées pour donner un débit binaire total de 896 kbit/s (704 kbit/s protégés, 192 kbit/s non protégés). L'occupation des octets SA/PA correspondants est alors la suivante:

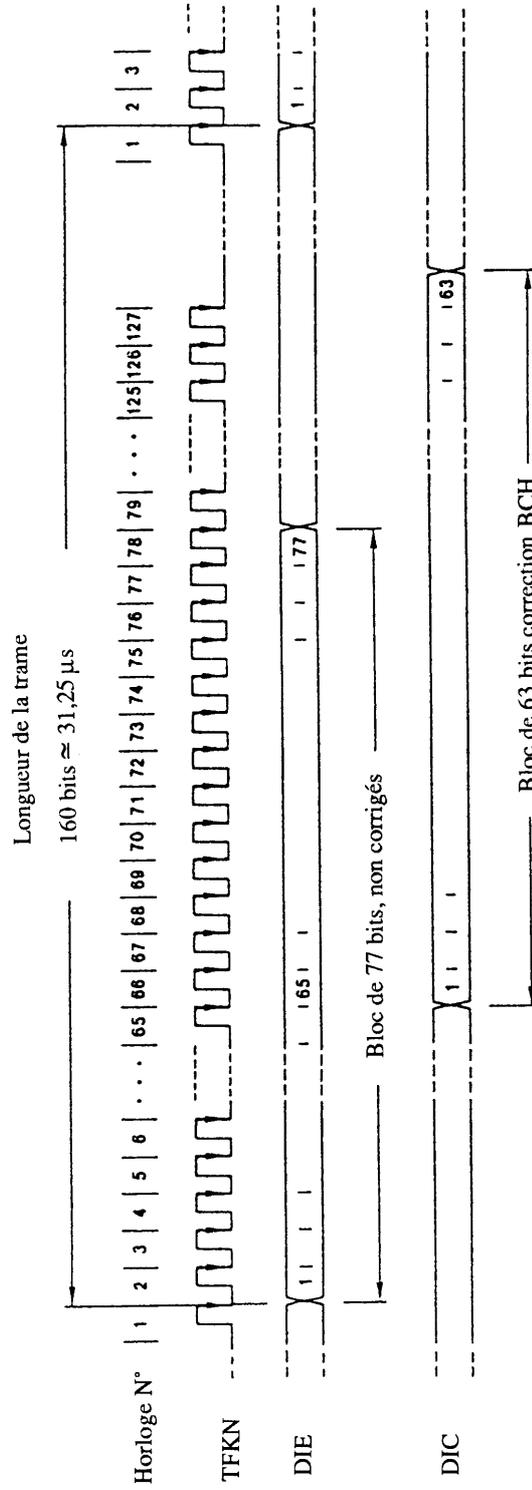
X X X X X 0 1 P	X X X X 0 1 0 P
-----------------	-----------------

La capacité d'identification à l'aide du bit 5 dans la première voie se rapporte alors à la paire de voies.

L'utilisation des octets SA/SK n'a pas encore été spécifiée. S'il n'y a pas d'autre demande, ils pourront être utilisés pour des informations sur la source de programme. La structure serait alors expliquée au § 3.4.2.2.

A l'extrémité de réception, une interface doit être préparée pour tous les blocs à 77 bits (non corrigés) ainsi que pour les blocs BCH à 63 bits (corrigés) et la salve d'horloge. Le format de sortie et les relations temporelles de cette interface sont représentés à la Fig. 12.

FIGURE 12
Interface pour transmission de données, format de sortie et relations temporelles



Il existe une relation fixe entre le début de la salve d'horloge TFKN, le début du bloc de 77 bits non corrigés et le début du bloc, corrigé BCH. Cette relation ne dépend pas de la position du bloc BCH choisi de la trame principale.

TFKN, DIE et DIC sont des sorties d'essai du décodeur VALVO pour la radiodiffusion numérique SSA 7500.

APPENDICE 2

À L'ANNEXE 1

**Description technique des systèmes de la famille MAC/paquets
en mode numérique plein canal****1 Introduction**

La Recommandation UIT-R BO.650 et la Publication spéciale de l'UIT-R «Spécifications des systèmes de transmission pour le service de radiodiffusion par satellite» donnent une description générale de la famille des systèmes MAC/paquets. Lorsque le signal image MAC et son intervalle de suppression de trame sont remplacés par une ou plusieurs salves de données, le système MAC/paquets fonctionne en mode numérique plein canal. Ce mode d'exploitation a été récemment proposé par l'UER et a été introduit dans la spécification des systèmes de la famille MAC/paquets (voir la Publication spéciale de l'UIT-R «Spécification des systèmes de transmission pour le service de radiodiffusion par satellite»).

Le présent Appendice ne décrit que les éléments de spécification qui sont propres au mode d'exploitation numérique plein canal. Les spécifications des caractéristiques de codage du son, de la signalisation et de la modulation figurent dans la Publication spéciale et ne sont pas reprises ici.

2 Structure du multiplex à répartition dans le temps

La Fig. 13 présente pour chaque ligne la structure du multiplex à répartition dans le temps pour le cas de l'exploitation en mode numérique plein canal.

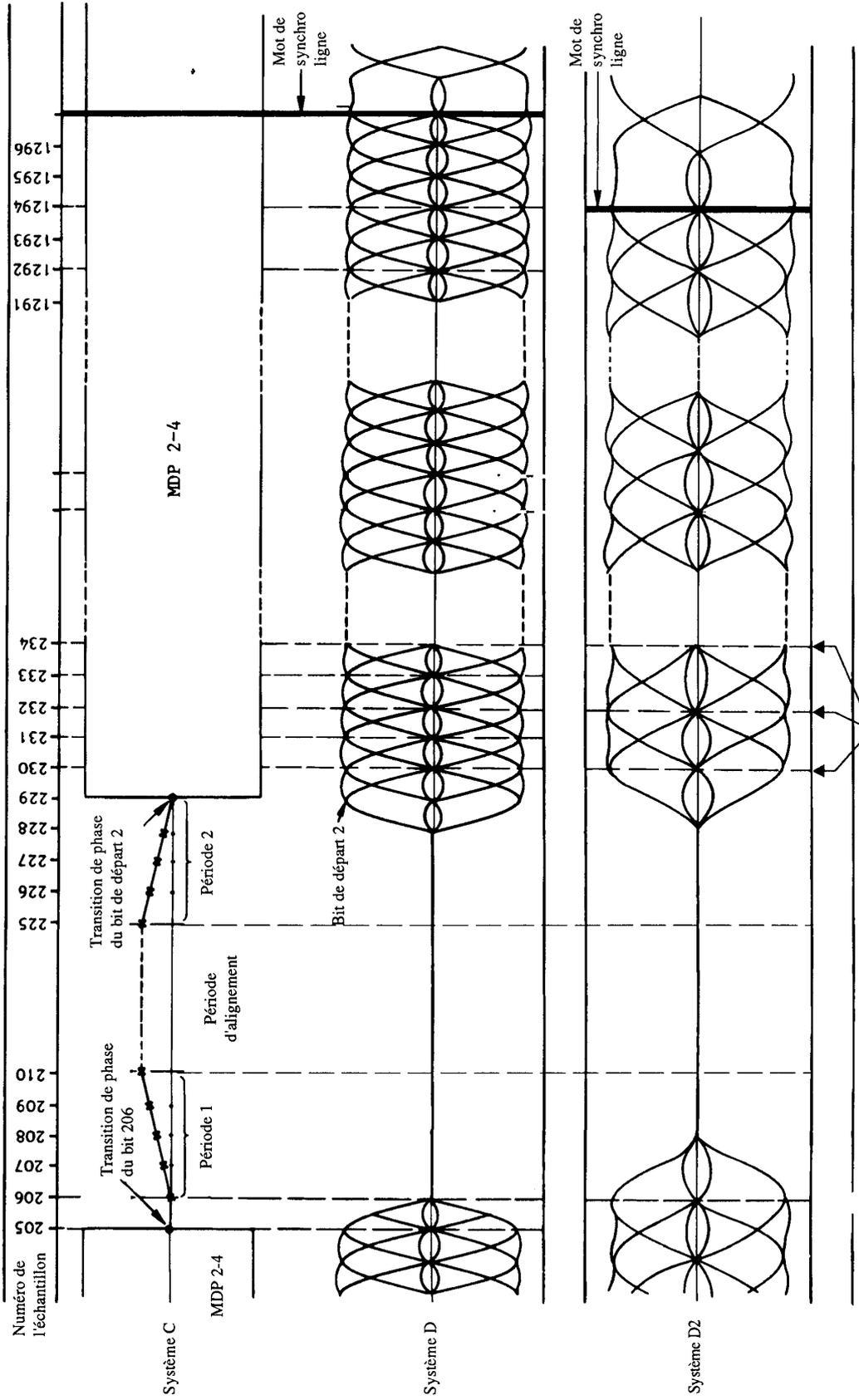
On suppose, dans cette figure, que la première salve de données est de longueur normale. Si sa longueur est réduite, on avance en conséquence la période d'alignement et le début de la deuxième salve de données. La première salve de données doit se terminer au plus tard comme cela est indiqué sur la figure.

Les Fig. 14 et 15 donnent des exemples de structure du multiplex pour l'exploitation en mode numérique plein canal des systèmes C-, D- et D2-MAC/paquets, respectivement. La structure de base du multiplex de télévision qui sert aux émissions normales de télévision est conservée pour l'exploitation en mode numérique plein canal, à ceci près que le signal image analogique est remplacé par des signaux numériques. Le train de données du mode numérique plein canal est divisé en composantes du multiplex (TDM). Chaque composante du TDM peut occuper les lignes 1 à 623* incluses de chaque image, ce qui laisse la ligne 624 disponible pour l'insertion d'un repère d'alignement et de signaux de référence, et la ligne 625 pour insérer un mot de synchronisation d'image et la salve spéciale de données (comme le spécifie la Publication spéciale).

En principe, les composantes numériques du TDM des systèmes C et D sont divisées en deux sous-trames, l'une d'entre elles étant destinée à être transférée à un système D2. Ces composantes TDM sont identifiées au moyen des codes TDMCID 01 à 0E.

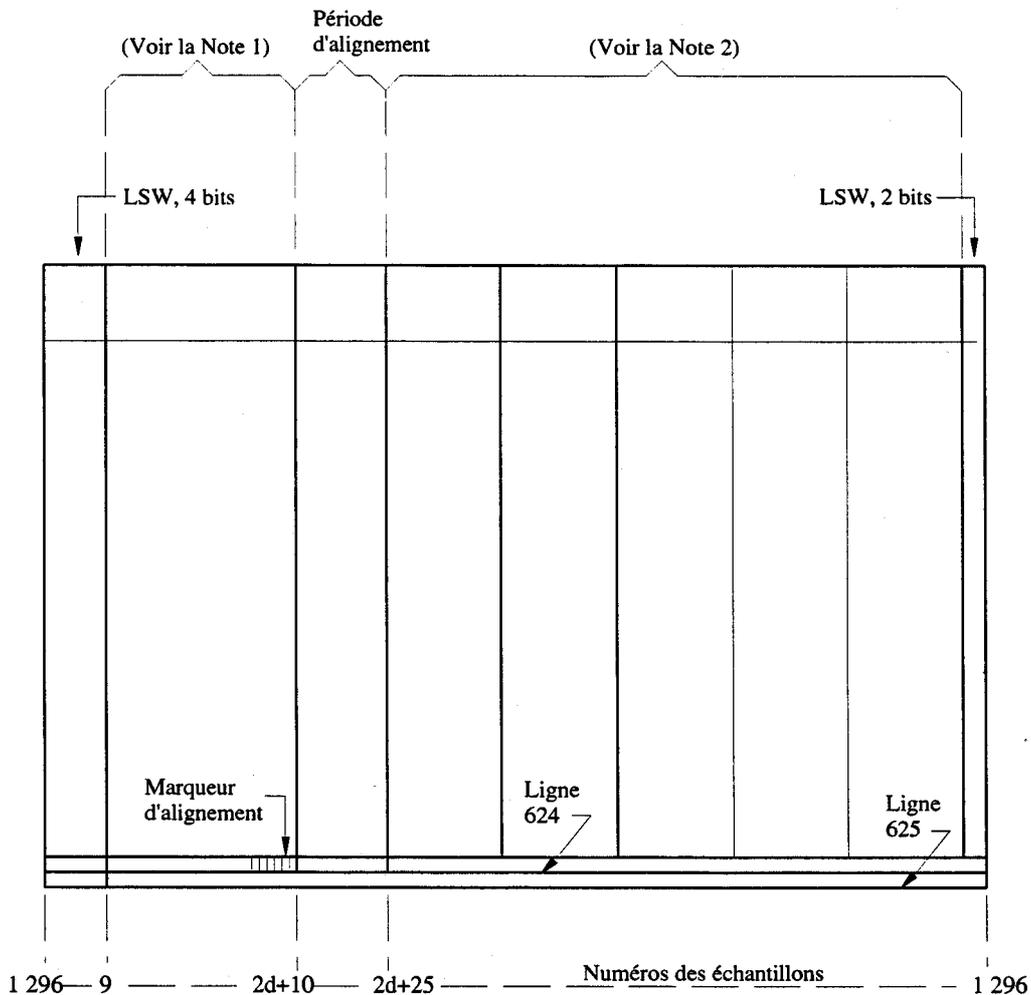
* Dans le cas de l'exploitation en mode numérique plein canal, il faudra omettre les signaux de ligne test pour l'insertion de l'image et les signaux de télétexte dans l'intervalle de suppression de trame.

FIGURE 13
 Relation entre les bits de données et la structure d'échantillonnage dans le cas
 de l'exploitation en mode numérique plein canal avec les systèmes C-, D- et D2-MAC paquets



Les instants d'échantillonnage correspondent aux échantillons pairs de l'horloge à 20,25 MHz

FIGURE 15
 Exemple de structure du multiplex pour l'exploitation
 en mode numérique plein canal D2
 (échelle non respectée)



d : durée en bits de la première salve de données
 LSW: mot de synchronisation (4 + 2 bits)

Note 1 – Cette portion de la trame consiste en composantes TDM avec codes TDMCID 01 ou 02. Sa durée totale est de 99 bits.

Note 2 – Cette portion de la trame consiste en composantes TDM avec codes TDMCID compris entre 03 et 0E et/ou 40 et 4F. La durée de la composante TDM est indiquée sur la ligne 625.

0712-15

3 Données transmises sur la ligne 625 dans le cas du mode numérique plein canal

La Publication spéciale indique la structure générale des données de la ligne 625. Les informations propres au mode d'exploitation numérique plein canal se trouvent dans la trame de données statique (SDF) et dans la trame de données répétées (RDF), comme cela est expliqué dans les § 3.1 et 3.2.

3.1 Trame de données statique (SDF)

Le *groupe de commande de l'embrouillage du multiplex et de la vidéo* (MVSCG) indique comment se présente le signal dans le canal du satellite. Les bits 1 à 4 constituent le sous-groupe de configuration du multiplex à répartition dans le temps (TDMC) et, en mode numérique plein canal, prennent les valeurs suivantes:

Bit 1: $b_j = 0$

Bit 2: b_m : format du multiplex son/données:

- si $b_m = 1$, le multiplex son/données est compatible avec les décodeurs conçus pour le multiplex à salves normal défini dans la spécification;
- si $b_m = 0$, le multiplex son/données n'est pas compatible.

Bit 3: b_T : transcodage recommandé pour le multiplex son/données:

- si $b_T = 1$, la sous-trame caractérisée par TDMCID = 01 est la seule que le radiodiffuseur conseille de transférer du système C- ou D-MAC/paquets vers le système D2-MAC/paquets;
- si $b_T = 0$, l'une des deux sous-trames codées TDMCID 01 et 02 peut être transférée au gré des exploitants du câble.

En radiodiffusion par satellite d'un signal D2-MAC/paquets, le bit 3 ne correspond à rien. En exploitation en mode numérique plein canal, ce bit ne concerne que la première salve de données.

Bit 4: $b_A = 0$

En mode numérique plein canal, les bits 5 à 8 du MVSCG n'agissent pas sur le décodeur de l'utilisateur.

3.2 Trame de données répétée (RDF)

La trame de données répétée transmet l'information de *commande du multiplex à répartition dans le temps* (TDMCTL) qui décrit les composantes individuelles du multiplex à répartition dans le temps. En particulier, le paramètre TDMCID (identification de la composante TDM) véhicule un code unique pour chaque type de composante TDM, comme cela est indiqué ci-après en (notation hexadécimale):

01 à 0E: Pour les systèmes C- ou D-MAC/paquets, ces codes sont attribués aux domaines réservés aux salves de données organisés sous forme de deux sous-trames associées; les codes TDMCID impairs se rapportent à la première sous-trame de chaque salve de données, les codes pairs à la seconde sous-trame. Pour un système D2-MAC/paquets, ces codes sont attribués aux domaines réservés aux salves de données.

La salve de données qui se trouve juste après le mot de synchronisation de ligne est toujours identifiée au moyen des codes TDMCID 01 et 02 pour les systèmes C- et D-MAC/paquets et par les codes 01 ou 02 pour le système D2-MAC/paquets.

Pour les systèmes C- et D-MAC/paquets, les salves de données qui suivent l'intervalle d'alignement sont repérées par des couples de codes TDMCID: 03 et 04, ..., 0D et 0E. Pour le système D2-MAC/paquets, ces salves de données sont repérées par des codes TDMCID 03 ou 04, ..., 0D ou 0E.

40 à 4F : Attribués aux domaines réservés aux salves de données qui ne sont pas divisées en deux sous-frames associées.

Paramètre TDMS (*Structure du multiplex à répartition dans le temps*): il définit les limites verticales et horizontales des sous-frames* attribuées à une composante TDM et exprimées sous forme de nombre de lignes et de périodes d'horloge, respectivement. Une composante TDM peut comprendre une ou plusieurs sous-frames et chaque champ de la TDMS peut définir deux sous-frames distinctes, si nécessaire. Elles doivent occuper des périodes d'horloge identique (par exemple, dans la définition de la composante de luminance des trames 1 et 2 de l'image de télévision). Le format du champ de la TDMS est le suivant:

(FLN1) 10 bits: numéro de la première ligne de la sous-trame 1 de la composante TDM

(LLN1) 10 bits: numéro de la dernière ligne de la sous-trame 1 de la composante TDM

(FLN2) 10 bits: numéro de la première ligne de la sous-trame 2 de la composante TDM

(LLN2) 10 bits: numéro de la dernière ligne de la sous-trame 2 de la composante TDM

(FCP) 11 bits: première période d'horloge de la (des) sous-trame(s) de la composante TDM

(LCP) 11 bits: dernière période d'horloge de la (des) sous-trame(s) de la composante TDM

La ligne numéro 1 est codée sous forme d'un 0 binaire ainsi que la période d'horloge 1; les nombres plus élevés sont codés de façon analogue. Tous les 1 des FLN1, FLN2, etc., représentent des codes non valables et servent à signaler les sous-frames non définies. Ainsi, un champ de la TDMS qui définit une seule sous-trame n'a que des 1 dans le FLN2 et le LLN2.

Paramètre LINKS (*Structure liée*): commutation à un bit servant à relier le groupe du (des) champ(s) de la TDMS nécessaire à la définition complète d'une composante TDM. Ce bit change à chaque répétition du (des) champ(s) de la TDMS lié(s).

Pour les différentes composantes TDM, les données de TDMCTL peuvent être envoyées dans un ordre quelconque dans les images de télévision successives. Les structures liées doivent être décrites dans l'ordre des FLN1 croissants. Les champs de la TDMS ayant la même valeur FLN1 seront transmis dans l'ordre croissant des FCP. Dans un canal de satellite, le nombre de composantes TDM distinctes ne doit jamais dépasser 128**.

Tout changement de la configuration du TDM est synchronisé par le compteur de trame. Une nouvelle donnée de la TDMS, repérée par le bit UDF (fanion de mise à jour), est transmise avant le changement. Les anciennes et nouvelles données de la TDMS peuvent être entrelacées, en ordre quelconque, dans des trames de données successives. La configuration commence vraiment à être modifiée à partir du début de la ligne 1 de la deuxième image, après l'image dans laquelle le code FCNT (compteur d'images) 0 (modulo 128) est envoyé.

Une composante TDM à supprimer est repérée par le bit UDF et la donnée TDM est mise tout en 1. La composante est supprimée à la suite du changement de configuration suivant, comme cela est décrit ci-dessus. On peut répéter plusieurs fois le processus pour augmenter la probabilité qu'aucun récepteur ne s'aperçoive de la suppression.

* Une sous-trame est n'importe quel domaine rectangulaire de l'image de télévision.

** Ce nombre correspond à un temps maximal d'acquisition d'environ 5 s pour une composante TDM donnée.

Il est recommandé d'émettre une nouvelle donnée TDMCTL peu de temps avant tout changement de configuration, afin de réduire le délai d'acquisition pour les récepteurs qui auraient été mis en marche au cours du processus.

4 Canal d'identification du service (SI) en mode numérique plein canal

La Partie 5 du Chapitre 3 de la Publication spéciale donne la spécification de la radiodiffusion de données dans le canal d'identification du service. Ce canal est constitué de paquets (adresse 0) dans le multiplex son/données. Pour les émissions normales de télévision, l'information diffusée dans ce canal donne à l'utilisateur accès aux divers services (télévision, son et données) qui peuvent coexister dans un canal véhiculant un signal de la famille MAC/paquets. Dans le cas de l'exploitation en mode numérique plein canal, chaque composante numérique TDM achemine son propre canal SI. Celui-ci fournit l'information dont l'utilisateur a besoin pour avoir accès aux services son et données que comprend cette composante TDM.

APPENDICE 3

À L'ANNEXE 1

Spécification du système MDS

1 Introduction

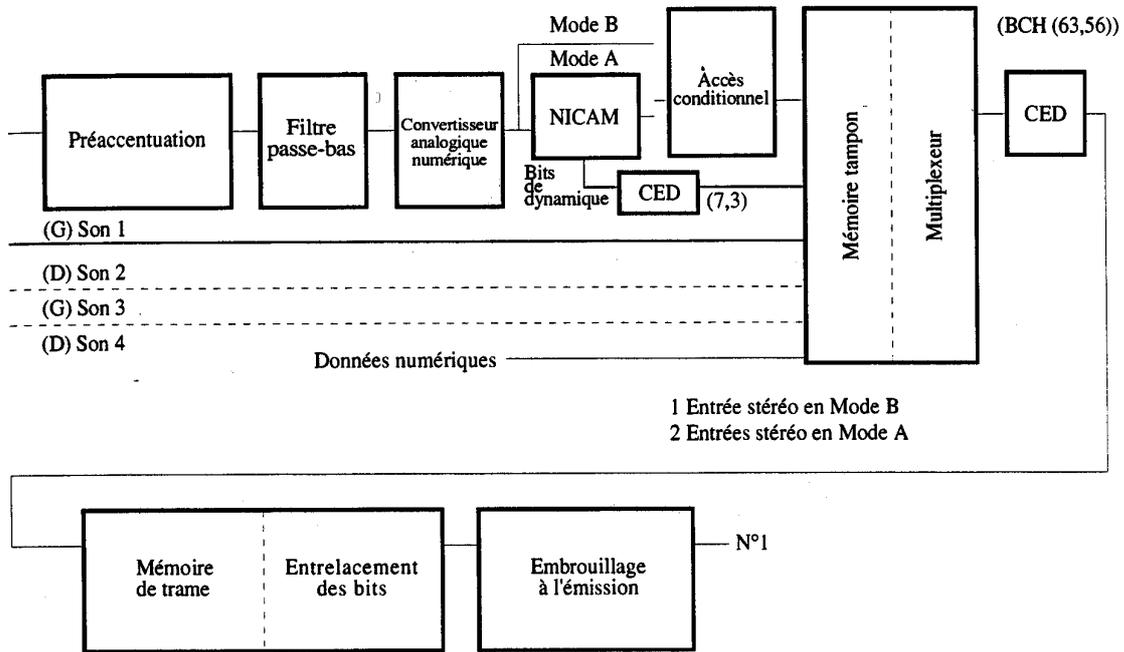
Le système MDS (radiodiffusion numérique son/données multicanaux par satellite) comprend un certain nombre de canaux sonores de haute qualité à multiplexage par répartition dans le temps. Le format du signal est basé sur celui du canal sonore adopté dans le système NTSC à sous-porteuse numérique que décrit la Recommandation UIT-R BO.650.

Le système comprend deux classes d'émission: MDS1 (qui contient douze programmes sonores stéréophoniques) et MDS2 (qui en contient six avec en outre une correction d'erreur sans voie de retour). Les deux classes ont le même débit binaire. MDS1 s'applique aux situations où la p.i.r.e. est normale et MDS2 où elle est plus faible.

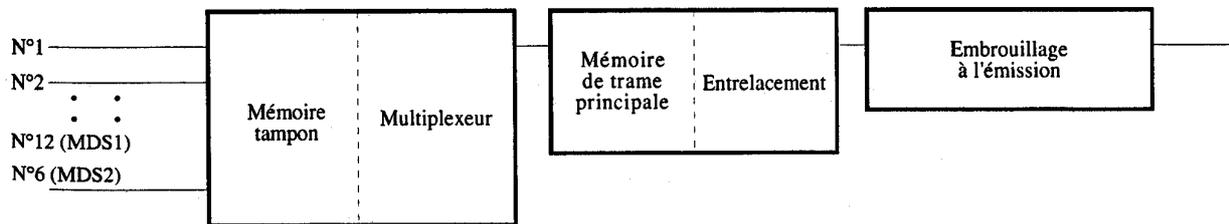
Dans les deux cas, on dispose d'une qualité sonore équivalente à celle du disque compact (en Mode B). En Mode A, la qualité sonore est moyenne. On dispose aussi du télétexte ou d'autres signaux numériques. En Mode A, on a deux fois plus de programmes sonores et des signaux numériques d'une plus grande capacité.

Comme les techniques adoptées pour le système sont les mêmes pour les deux classes, les descriptions ci-après se cantonnent au MDS1 (Mode B). Les particularités des classes et des modes sont signalées dans chaque paragraphe. La Fig. 16 présente le schéma fonctionnel du système.

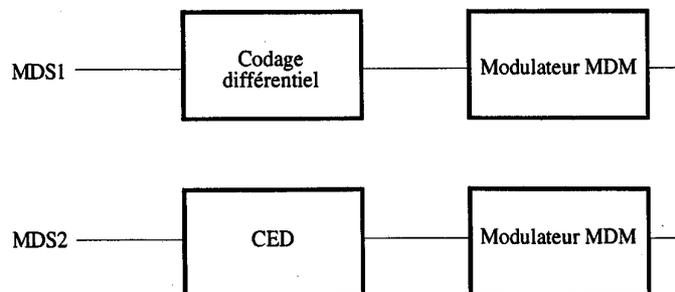
FIGURE 16
Schéma fonctionnel du système MDS



a) Codage et étage inférieur de multiplexage



b) Etage supérieur de multiplexage



c) Etage du modulateur

2 Codage du signal

Le présent paragraphe donne les caractéristiques communes au MDS1 et au MDS2. C'est le même schéma de codage que celui qui a été adopté pour le système NTSC à sous-porteuse numérique (Fig.16(a)).

Le Tableau 4 présente les deux types de modes du codage du son du système MDS. La qualité sonore est équivalente en Mode B à celle des disques compacts et en Mode A elle est supérieure à celle de la radiodiffusion MF de Terre.

Le Mode A répond à la Recommandation UIT-R BO.651.

TABLEAU 4

Caractéristiques du Mode A et du Mode B

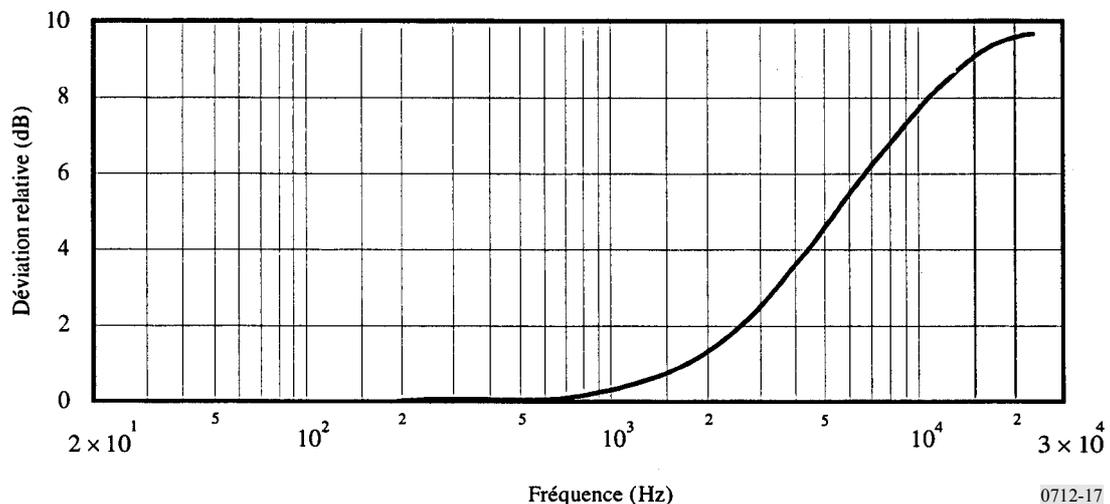
Mode de codage	Mode A	Mode B
Largeur de bande du signal son (kHz)	15	20
Fréquence d'échantillonnage (kHz)	32	48
Codage et compression-extension	compression-extension binaire 14/10 quasi instantanée	16 bits linéaires
Préaccentuation (μ s)	50/15 (un zéro à 50 μ s et un pôle à 15 μ s)	

2.1 Préaccentuation

Pour les deux modes, on adopte une préaccentuation 50/15 μ s (un zéro à 50 μ s et un pôle à 15 μ s) (Fig. 17).

FIGURE 17

Caractéristiques de préaccentuation (50/15 μ s)



2.2 Echantillonnage

Les fréquences d'échantillonnage sont 48 et 32 kHz pour les Modes B et A, respectivement. Le rapport des fréquences étant simple (3:2), les deux modes peuvent avoir une structure de trame commune.

Par souci de cohérence avec les magnétophones MIC et les autres appareils sonores numériques, on adopte pour le son un code à complément à 2.

2.3 Compression-extension 14/10

En Mode A, on adopte la compression-extension 14/10 quasi instantanée. Le signal sonore d'entrée est échantillonné, puis quantifié sous forme d'un signal numérique de 14 bits. Le codeur comprime chaque échantillon en 10 bits, les bits de plus faible poids étant omis en fonction de l'amplitude maximale du signal au cours du créneau temporel (1 ms) (Fig. 18). On dispose aussi d'une information de dynamique (3 bits) afin d'indiquer la dynamique d'amplitude au récepteur (Fig. 19).

En Mode B, on prend un codage linéaire à 16 bits.

FIGURE 18
Compression-extension 14/10 quasi instantanée (Mode A)

Amplitude maximale	N° de la gamme	MSB										LSB				Gamme	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
$|a| < 2^{13}$	0	0															000 ⁽¹⁾
$|a| < 2^{12}$	1	0	0									Bits omis				001 ⁽¹⁾	
$|a| < 2^{11}$	2	0	0	0											010 ⁽¹⁾		
$|a| < 2^{10}$	3	0	0	0	0									011 ⁽¹⁾			
$|a| < 2^9$	4	0	0	0	0	0	Bits son émis							100 ⁽¹⁾			
$|a| < 2^8$	5	0	0	0	0	0	0							101 ⁽²⁾			
$|a| < 2^7$	6	0	0	0	0	0	0	0						110 ⁽²⁾			
$|a| < 2^6$	7	0	0	0	0	0	0	0	0						111 ⁽²⁾		

0 ou 1 consécutifs fournis dans le récepteur

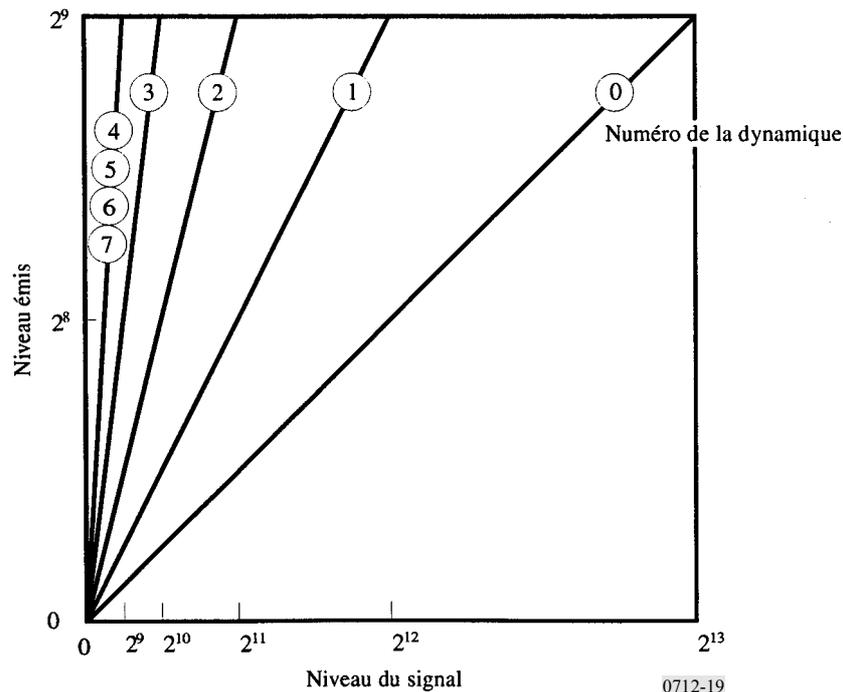
(¹) Sert d'information de gamme à la réduction du bruit

(²) Sert à la réduction du bruit

MSB: bit de plus fort poids

LSB: bit de plus faible poids

FIGURE 19
Définition de la dynamique



2.4 Bits de gamme

Une information de dynamique à 8 valeurs est fournie en Mode A pour renforcer la tolérance de bruit, bien que seuls cinq d'entre elles servent vraiment à la compression-extension. Le décodage avec information de dynamique atténué notablement les clics.

Le Mode B fournit aussi une information de dynamique à 8 valeurs pour améliorer la tolérance au bruit, mais il n'y a pas de compression-extension.

Un code BCH (7,3) SEC-DED sert à la correction d'erreur sans voie de retour pour les bits de dynamique. Le polynôme générateur $G(x)$ est le suivant:

$$G(x) = x^4 + x^3 + x^2 + 1$$

2.5 Principe de l'accès conditionnel

On réalise l'accès conditionnel en associant par des OU-exclusifs les données sonores aux signaux issus d'un générateur pseudo-aléatoire.

Les données de commande du désembrouilleur, celles qui sont associées au programme et celles du message de visualisation sont mises au format de paquet et transmises dans la section données du format. Parmi elles, les données de commande du désembrouilleur et celles qui sont associées au programme sont transmises au maximum cinq fois en format de paquets de façon à être reçues correctement, même par forte pluie.

C'est le même schéma que celui qu'on a adopté pour le système NTSC à sous-porteuse numérique que décrit le Chapitre 1 de la Publication spéciale de l'UIT-R «Spécifications des systèmes de transmission pour le service de radiodiffusion par satellite».

3 Multiplexage

Les signaux MDS sont constitués dans les étages inférieur et supérieur du multiplexage.

3.1 Etage inférieur de multiplexage

La structure de trame et la technique de l'étage inférieur de multiplexage sont les mêmes pour MDS1 et pour MDS2.

Dans cet étage, un (Mode B) ou deux (Mode A) sons stéréophoniques ainsi que les signaux de données (Fig. 16a), Tableau 5) sont multiplexés. Le format de multiplexage est le même que celui qui a été adopté pour le système NTSC à sous-porteuse numérique.

L'information de gamme est émise dans chaque section temporelle (1 ms). Cela réduit la longueur d'une trame à 1 ms.

TABLEAU 5

Caractéristiques de l'étage inférieur de multiplexage

Mode de codage	Mode A	Mode B
Nombre de sons (stéréo)	2	1
Débit de données (kbit/s)	480	224
Bits dans une trame	2 048	
Fréquence de trame (kHz)	1	
Débit de transmission (MHz)	2,048	
Entrelacement des bits	32	
Corrections des erreurs		
Son et données	BCH (63,56) SEC-DED	
Bits de gamme	BCH (7,3) SEC-DED plus le code précédent	

3.1.1 Entrelacement des bits

Les Fig. 20a et 21a présentent les matrices d'entrelacement des bits. Une ligne d'échantillons comprend 7 bits pour les données (Mode B, 15 pour le Mode A) et l'un de ces 7 bits (BCH (7,3)) pour l'information de gamme ainsi que des bits pour les signaux sonores. Un codage BCH (63,56) SEC-DED permet d'obtenir la correction d'erreur sans voie de retour. Le polynôme générateur $G(x)$ est le suivant:

$$G(x) = x^7 + x^6 + x^2 + 1$$

Dans les canaux d'émission, les erreurs n'affectent pas toujours un seul bit mais surviennent aussi en salves, faussant plusieurs bits successifs. Le code de correction d'erreur (BCH (63,56)) adopté dans ce système peut corriger une erreur sur un bit parmi 63 bits ou détecter deux bits erronés. Toutefois, ce code ne suffit pas pour toutes les salves d'erreurs et on fait appel à une méthode d'entrelacement pour diviser une salve d'erreurs en plusieurs erreurs binaires distinctes.

Dans l'émetteur, l'information codée de correction d'erreur (BCH (63,56)) est d'abord inscrite dans la mémoire ligne par ligne pour former une matrice de 32 rangées et 63 colonnes. La matrice est ensuite lue colonne par colonne en partant de la gauche.

Dans le récepteur, le signal est de nouveau entrelacé de la même façon pour reconstituer la trame. Les erreurs en salve qui sont apparues dans la transmission sont alors éparpillées, ce qui facilite la correction BCH des erreurs. Cette correction est efficace pour des salves qui contiennent jusqu'à 32 bits consécutifs.

3.1.2 Structure de trame

Le nombre de bits de sortie de la matrice d'entrelacement est égal à $32 \times 63 = 2\,016$. On ajoute ensuite la synchronisation de trame et le code de commande qui contiennent 16 bits chacun. Ainsi, le débit binaire à la sortie de l'étage inférieur de multiplexage est égal à 2,048 Mbit/s.

Les Fig. 20b et 21b présentent les structures de trame des Modes B et A, respectivement.

FIGURE 20a

Matrice d'entrelacement (Mode B)

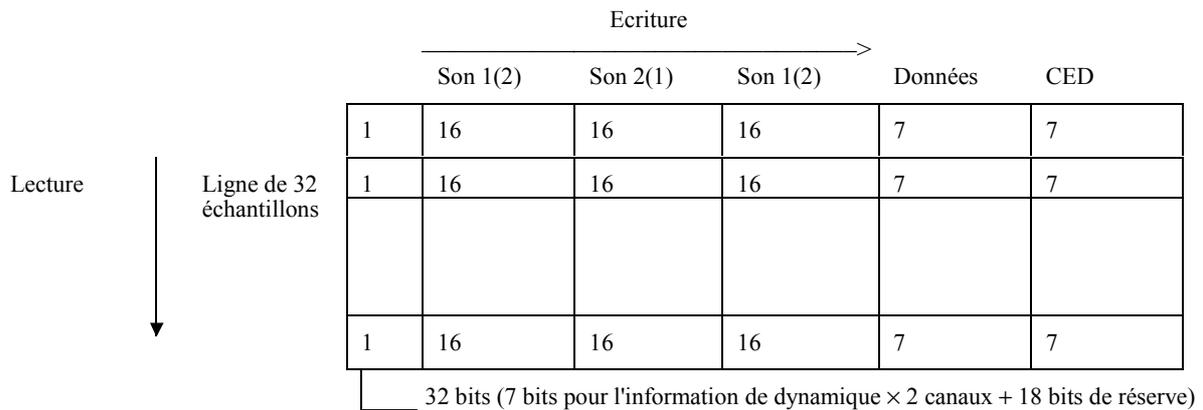


FIGURE 20b

Structure de trame (Mode B)

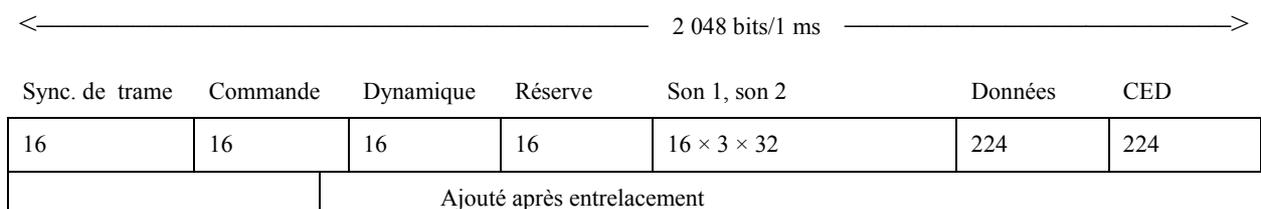


FIGURE 21a

Matrice d'entrelacement (Mode A)

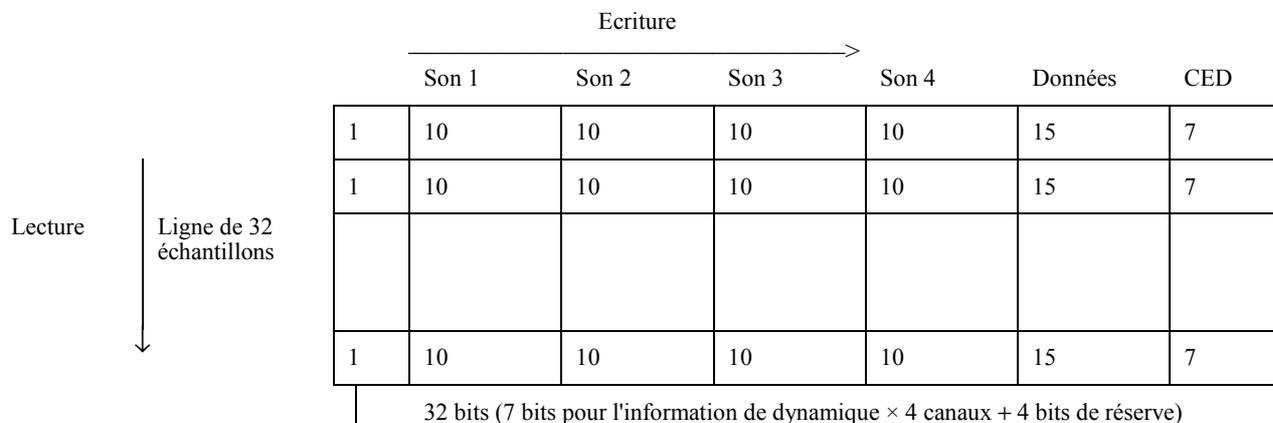
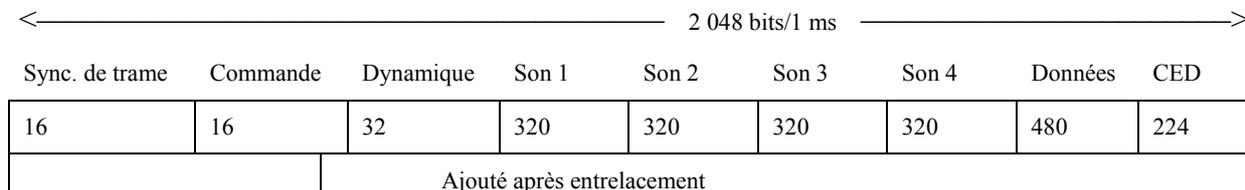


FIGURE 21b

Structure de trame (Mode A)



3.1.3 Données numériques

Une capacité de 224 et 480 kbit/s pour le Mode B (un son stéréo) et le Mode A (deux sons stéréo), respectivement est réservée aux données. Le débit de données peut être porté au maximum à 1 760 kbit/s selon le mode et le nombre de canaux son. Le schéma de transmission des données a recours au multiplexage par paquets qui permet de transmettre simultanément une image fixe, du télétexte, de la télécopie, etc.

3.1.4 Code de commande

Dans les systèmes de transmissions numériques comme le MDS, on peut changer de format selon le service à assurer. Le code de commande, qui comprend 16 bits, sert à signaler les changements de format. La Fig. 22 montre comment on peut changer le mode son (Mode A ou B), le type de son (monophonique, stéréophonique, diffusions en deux langues) et le nombre de programmes. Le code de commande a été conçu de manière à avoir suffisamment de bits pour répondre aux besoins futurs.

Comme le code de commande est émis toutes les millisecondes, on peut avoir des commandes fiables en prenant sur chaque bit une décision majoritaire.

FIGURE 22
Codes de commande dans les étages inférieurs de multiplexage

Code de commande bit N°	①	②	③	④	⑤	⑥ ... ⑮	⑯
Contenu de la commande	Mode	Son 1, 2		Son 3, 4		Bit d'extension	Silence
	A/B	Stéréo	Mono 1 canal Mono 2 canaux	Stéréo	Mono 1 canal Mono 2 canaux Signal autre que le son		

Note 1 – Lorsque le 1^{er} bit du code de commande est un 1, le 4^e et le 5^e doivent être des bits d'extension.

a) Structure des codes de commande

Code de commande bit N°	Attribution des bits du code de commande									
①	Mode A: 0 Mode B: 1									
② ③	<p>Modes 1 et 2 d'exploitation du son</p> <table border="1"> <tr> <td>② \ ③</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>Stéréo</td> <td>Mono 1 canal</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>Mono 2 canaux</td> <td>Non attribué</td> </tr> </table>	② \ ③	0	1	0	Stéréo	Mono 1 canal	1	Mono 2 canaux	Non attribué
② \ ③	0	1								
0	Stéréo	Mono 1 canal								
1	Mono 2 canaux	Non attribué								
④ ⑤	<p>Modes 3 et 4 d'exploitation du son</p> <table border="1"> <tr> <td>④ \ ⑤</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>Stéréo</td> <td>Mono 1 canal</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>Mono 2 canaux</td> <td>Non attribué</td> </tr> </table>	④ \ ⑤	0	1	0	Stéréo	Mono 1 canal	1	Mono 2 canaux	Non attribué
④ \ ⑤	0	1								
0	Stéréo	Mono 1 canal								
1	Mono 2 canaux	Non attribué								
⑯	Le son est bloqué pour 1 et restauré pour 0									

b) Attribution des codes de commande du son

Mono: monophonique
Stéréo: stéréophonique

3.1.5 Embrouillage

Pour disposer d'une reproduction stable de l'horloge dans le récepteur, le signal émis, à l'exception des bits de synchronisation de trame, est mélangé avec une séquence de message de pseudo-bruit de degré 10. Cette séquence procure une sortie binaire aléatoire, les 0 et les 1 ayant la même probabilité. Juste avant l'envoi du premier bit du code de commande, tout le contenu du générateur de signal qui produit la séquence de message pseudo-bruit de degré 10 est mis sur 1. Le polynôme générateur est alors:

$$x^{10} + x^3 + 1$$

3.2 Etage supérieur de multiplexage

Dans l'étage supérieur de multiplexage, MDS1 et MDS2 comprennent douze et six étages inférieurs, respectivement (Fig. 16b)). On constitue une trame principale qui comprend douze ou six trames de chaque étage inférieur. A la sortie de l'étage supérieur de multiplexage, les débits binaires sont égaux à 24,576 Mbit/s (2,048 Mbit/s × 12 canaux) ou à 12,288 Mbit/s (2,048 Mbit/s × 6 canaux). Le Tableau 6 indique les paramètres qui caractérisent dans cet étage les deux classes.

A l'entrée de cet étage, les signaux sont multiplexés (Fig. 23), puis les signaux de synchronisation de trame sont remplacés par des signaux de trame principale (Fig. 24a) qui contiennent les codes de commande pour l'étage supérieur. Enfin, la trame principale est entrelacée comme on l'a fait dans l'étage inférieur. La Fig. 24b présente une structure de trame principale.

FIGURE 23

Ensemble des trames de l'étage inférieur (Mode B)

12/6 lignes dans MDS1/2	Sync. de trame	Commande	Dynamique	Son 1, son 2	Données	CED
	16	16	32	16 × 3 × 32	224	224
	16	16	32	16 × 3 × 32	224	224
	16	16	32	16 × 3 × 32	224	224

FIGURE 24a

Ensemble des trames de l'étage inférieur, modifié (matrice d'entrelacement) (Mode B)

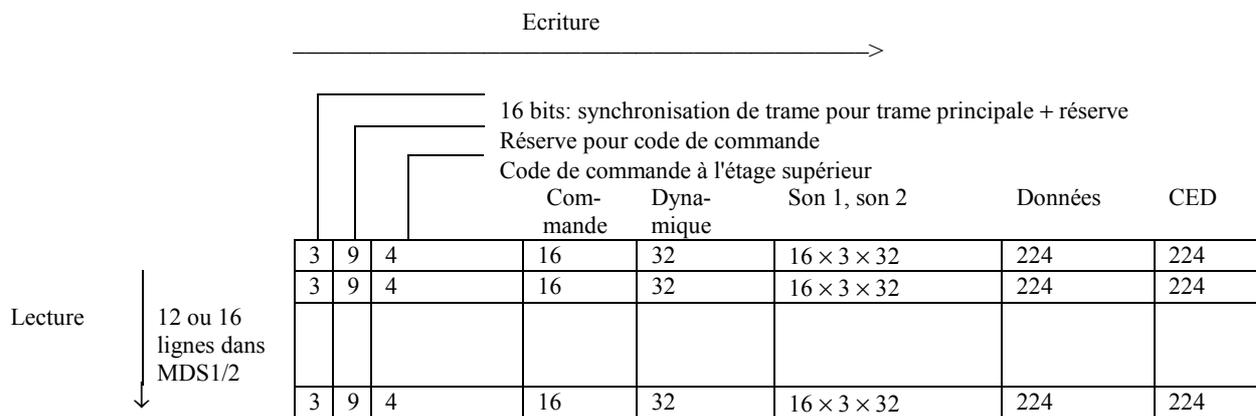
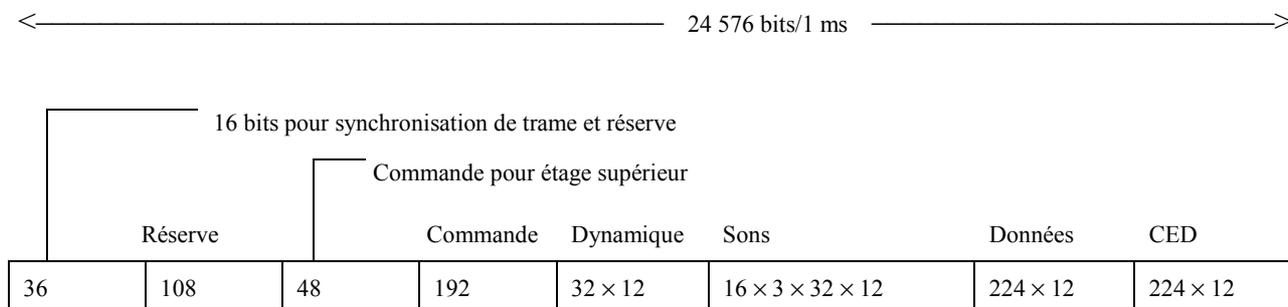


FIGURE 24b

Structure de la trame principale (MDS1, Mode B)



3.2.1 Structure de synchronisation de trame

Comme la trame principale contient de nombreux bits, il peut apparaître une structure binaire analogue à celle du signal de synchronisation. Pour résoudre ce problème, on utilise deux sortes de signaux de trame (Tableau 6). Ces deux signaux sont alternativement ajoutés en tête de la trame principale.

TABLEAU 6

Caractéristiques des classes d'émission

Classe d'émission	MDS1	MDS2
Etage inférieur inclus	12	6
Programmes stéréo inclus (mode A/mode B)	24/12	12/6
kbits dans la trame principale	24,576	12,288
Fréquence de la trame principale (kHz)	1	1
Débit d'information (Mbit/s)	24,576	12,288
Entrelacement (échantillons)	12	6
CED supplémentaire	-	$r = 1/2$, codage convolutionnel
Débit de transmission total (Mbit/s)	24,576	
Bits de synchronisation	(0001 0011 0101 1110) (0001 0011 1010 0001) Les deux séquences ci-dessus alternent	
Embrouillage	Séquence de message de pseudo-bruit de degré 15 ($x^{15} + x^{14} + 1$)	
Modulation	MDM	

3.2.2 Code de commande

Dans l'étage supérieur de multiplexage, le code de commande sert à distinguer des autres le format qui est fondé sur le format NTSC à sous-porteuse numérique. On affecte 13 bits à ce code mais en réalité quatre seulement sont utilisés.

Le code de commande a été conçu de manière à avoir suffisamment de bits pour répondre aux besoins futurs. Le Tableau 7 présente les commandes nécessaires à l'heure actuelle.

TABLEAU 7

Code de commande de l'étage supérieur

Bits b13 b14 b15 b16	Commande
0 0 0 0	Non valable
0 0 0 1	Sous porteuse numérique NTSC adoptée par MDS
0 0 1 0	Extension
:	(pour des besoins futurs)
:	
1 1 1 1	

3.2.3 Embrouillage

A l'exception des 16 bits de synchronisation de trame, le signal émis est embrouillé au moyen d'un générateur de signal qui produit une séquence de message de pseudo-bruit de degré 15. Juste avant l'envoi du premier bit du code de commande, tout le contenu du générateur de signal ci-dessus est mis sur 1.

4 Modulation et émission RF

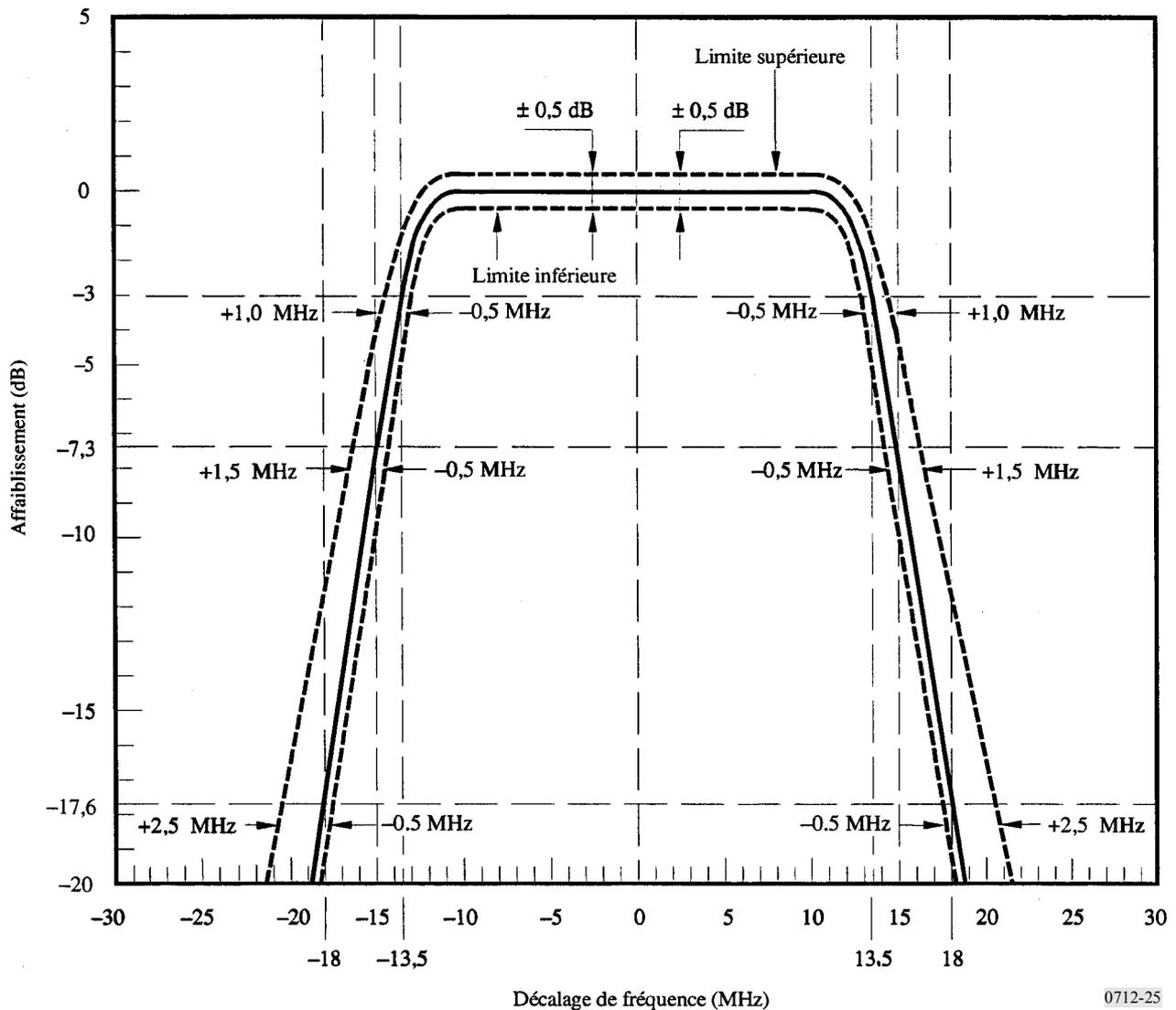
La modulation des deux classes (MDS1 et MDS2) est la MDM. Toutefois, le codage différentiel et la correction supplémentaire d'erreur sans voie de retour sont propres respectivement au MDS1 et au MDS2 (Fig. 16c).

La Fig. 25 représente le filtre d'émission de la station terrienne.

4.1 Modulation

Etant donné, que dans un satellite de radiodiffusion le signal à modulation numérique est émis par un TOP, il faut en considérer attentivement les caractéristiques non linéaires. Pour le système MDS, on a envisagé trois types de modulation en quadrature, MDM, MDP-4 et MDP-4O. C'est la modulation MDM qui a eu la préférence. L'amplitude du signal modulé MDM est constante et son taux d'erreur binaire n'est pas affecté, même s'il est amplifié de façon non linéaire par un TOP à saturation.

FIGURE 25
Caractéristiques du filtre d'émission



0712-25

4.2 Correction supplémentaire des erreurs (MDS2)

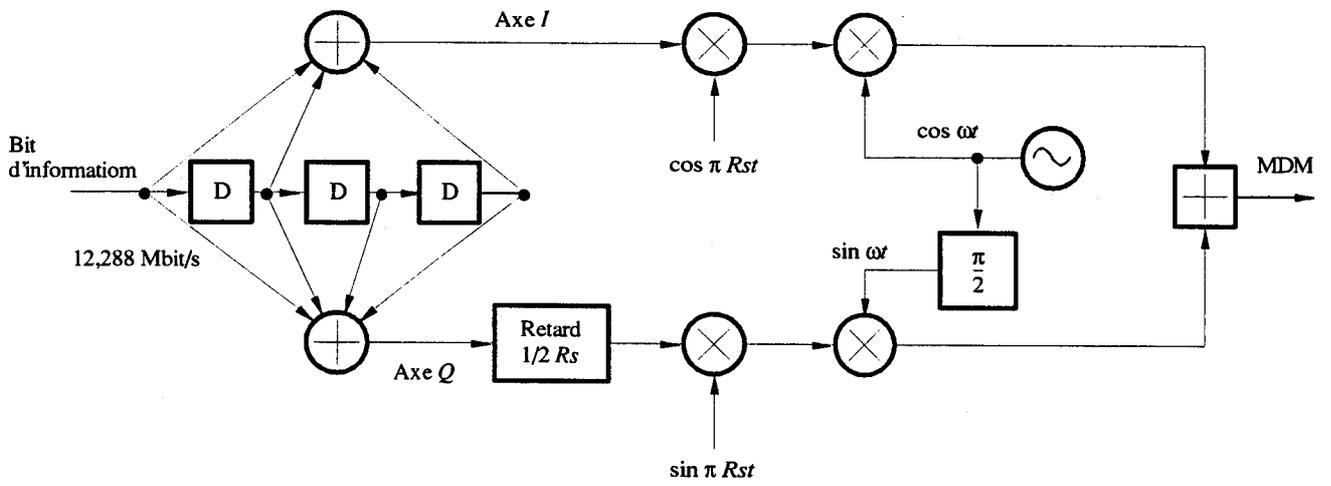
Avec le MDS2, on ajoute une correction d'erreur par code convolutionnel pour contrebalancer des p.i.r.e. faibles. Le taux de codage est $r = 1/2$ et la longueur de contrainte $k = 4$. Pour les axes I et Q , les polynômes générateurs sont les suivants:

$$\text{axe } I \quad 1 + x + x^3$$

$$\text{axe } Q \quad 1 + x + x^2 + x^3$$

Le débit de transmission de l'information et le débit global sont, respectivement, 12,288 et 24,576 Mbit/s. Le débit de transmission du MDS2 est donc égal à celui du MDS1.

FIGURE 26
Générateur du code convolusionnel et modulateur



Additionner modulo 2

R_s : débit des symboles 12,288 MBd



Registre à décalage

ω : porteuse