

UIT-R

Secteur des Radiocommunications de l'UIT

Recommandation UIT-R BO.1516-1
(01/2012)

**Systemes de télévision numérique
multiprogramme utilisés par des satellites
dans la gamme de fréquences 11/12 GHz**

Série BO
Diffusion par satellite



Avant-propos

Le rôle du Secteur des radiocommunications est d'assurer l'utilisation rationnelle, équitable, efficace et économique du spectre radioélectrique par tous les services de radiocommunication, y compris les services par satellite, et de procéder à des études pour toutes les gammes de fréquences, à partir desquelles les Recommandations seront élaborées et adoptées.

Les fonctions réglementaires et politiques du Secteur des radiocommunications sont remplies par les Conférences mondiales et régionales des radiocommunications et par les Assemblées des radiocommunications assistées par les Commissions d'études.

Politique en matière de droits de propriété intellectuelle (IPR)

La politique de l'UIT-R en matière de droits de propriété intellectuelle est décrite dans la «Politique commune de l'UIT-T, l'UIT-R, l'ISO et la CEI en matière de brevets», dont il est question dans l'Annexe 1 de la Résolution UIT-R 1. Les formulaires que les titulaires de brevets doivent utiliser pour soumettre les déclarations de brevet et d'octroi de licence sont accessibles à l'adresse <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/fr>, où l'on trouvera également les Lignes directrices pour la mise en oeuvre de la politique commune en matière de brevets de l'UIT-T, l'UIT-R, l'ISO et la CEI et la base de données en matière de brevets de l'UIT-R.

Séries des Recommandations UIT-R

(Egalement disponible en ligne: <http://www.itu.int/publ/R-REC/fr>)

Séries	Titre
BO	Diffusion par satellite
BR	Enregistrement pour la production, l'archivage et la diffusion; films pour la télévision
BS	Service de radiodiffusion sonore
BT	Service de radiodiffusion télévisuelle
F	Service fixe
M	Services mobile, de radiorepérage et d'amateur y compris les services par satellite associés
P	Propagation des ondes radioélectriques
RA	Radio astronomie
RS	Systèmes de télédétection
S	Service fixe par satellite
SA	Applications spatiales et météorologie
SF	Partage des fréquences et coordination entre les systèmes du service fixe par satellite et du service fixe
SM	Gestion du spectre
SNG	Reportage d'actualités par satellite
TF	Emissions de fréquences étalon et de signaux horaires
V	Vocabulaire et sujets associés

Note: Cette Recommandation UIT-R a été approuvée en anglais aux termes de la procédure détaillée dans la Résolution UIT-R 1.

Publication électronique
Genève, 2012

© UIT 2012

Tous droits réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite, par quelque procédé que ce soit, sans l'accord écrit préalable de l'UIT.

RECOMMANDATION UIT-R BO.1516-1

**Systèmes de télévision numérique multiprogramme utilisés
par des satellites dans la gamme de fréquences 11/12 GHz**

(Question UIT-R 285/4)

(2001-2012)

Domaine d'application

La présente Recommandation propose des caractéristiques fonctionnelles communes pour quatre systèmes à satellites de réception numérique multiprogramme de services de télévision, de radio et de transmission de données. L'Annexe 1 définit les caractéristiques fonctionnelles communes applicables aux transmissions télévisuelles via des satellites fonctionnant dans la gamme de fréquences 11/12 GHz.

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) que des systèmes numériques multiprogramme ont été conçus pour l'utilisation par des satellites dans la gamme de fréquences 11/12 GHz;
- b) que ces systèmes, du fait de leur caractère numérique, présentent des avantages significatifs sur le plan de la qualité de service de l'image, du son et des données, de la souplesse d'utilisation, de l'efficacité d'utilisation du spectre et de la robustesse d'émission;
- c) que ces systèmes fournissent une multiplicité de services tels que les programmes télévisuels, les éléments multimédias, les services de données, les canaux audio et leurs équivalents en multiplex unique;
- d) que ces systèmes sont actuellement exploités à grande échelle, ou que leur exploitation est prévue dans un avenir proche;
- e) que les techniques relatives aux systèmes numériques multiprogramme ont fait l'objet d'avancées significatives suite à l'élaboration de l'ancienne Recommandation UIT-R BO.1294, et que le système décrit dans la Recommandation UIT-R BO.1408 intègre ces avancées;
- f) que les circuits intégrés compatibles avec certains ou tous les éléments communs de deux ou trois de ces systèmes ont été conçus, fabriqués, et sont utilisés à grande échelle;
- g) que ces systèmes présentent chacun plusieurs caractéristiques distinctes, ce qui permet une meilleure adéquation aux besoins d'une administration donnée;
- h) que la Résolution UIT-R 1 dispose que: «Les Recommandations comprenant des informations sur divers systèmes associés à une application radioélectrique donnée doivent être établies sur la base de critères pertinents pour cette application et doivent si possible comprendre une évaluation des systèmes recommandés, selon ces critères.»,

recommande

- 1 que les administrations souhaitant mettre en œuvre les services de télévision numérique multiprogramme par satellite se réfèrent aux caractéristiques décrites dans le § 4 de l'Annexe 1, ce qui constituera une aide dans leur choix d'un système particulier;
- 2 qu'un des systèmes de transmission décrits dans l'Annexe 1 soit sélectionné au moment de mettre en œuvre des services de télévision numérique multiprogramme par satellite;

3 que les éléments communs des caractéristiques fonctionnelles communes d'un système de transmission numérique multiprogramme, décrits au § 3 de l'Annexe 1, servent de base à la mise en œuvre des services dans les régions où plusieurs systèmes coexistent ou pourraient coexister à l'avenir.

Annexe 1

Caractéristiques fonctionnelles communes à respecter pour la réception d'émissions de télévision numérique multiprogramme par des satellites dans la gamme de fréquences 11/12 GHz

TABLE DES MATIÈRES

	<i>Page</i>
1 Introduction	6
2 Modèle de référence générique des systèmes de transmission numérique multiprogramme	6
2.1 Modèle de référence générique.....	6
2.2 Application à l'IRD de satellite.....	8
3 Éléments communs des systèmes de transmission numérique multiprogramme	10
3.1 Modulation/démodulation et codage/décodage	10
3.1.1 Modulation et démodulation	10
3.1.2 Filtre adapté.....	12
3.1.3 Codage et décodage convolutif	12
3.1.4 Décodeur d'octet de synchronisation.....	13
3.1.5 Désentrelaceur convolutif	13
3.1.6 Codeur et décodeur RS	13
3.1.7 Suppression de dispersion d'énergie	13
3.2 Transport et démultiplexage	14
3.3 Codage ou décodage des sources vidéo, audio et données	14
3.3.1 Vidéo.....	15
3.3.2 Audio.....	15
3.3.3 Données.....	15

4	Résumé et comparaison des caractéristiques des systèmes de télévision numérique multiprogramme par satellite.....	15
4.1	Récapitulatif des caractéristiques de système.....	16
4.2	Comparaison des caractéristiques de système	16
5	Caractéristiques spécifiques	24
5.1	Spectre des signaux des différents systèmes à la sortie du modulateur.....	24
5.1.1	Spectre des signaux pour le Système A	24
5.1.2	Spectre des signaux pour le Système B	26
5.1.3	Spectre des signaux pour le Système C	27
5.1.4	Spectre des signaux pour le système D.....	32
5.2	Codage convolutif.....	33
5.2.1	Caractéristiques de codage convolutif pour le Système A.....	33
5.2.2	Caractéristiques de codage convolutif pour le Système B.....	33
5.2.3	Caractéristiques de codage convolutif pour le Système C.....	33
5.2.4	Caractéristiques de codage convolutif pour le Système D.....	34
5.3	Caractéristiques de synchronisation	37
5.3.1	Caractéristiques de synchronisation pour le Système A	37
5.3.2	Caractéristiques de synchronisation pour le Système B	37
5.3.3	Caractéristiques de synchronisation pour le Système C	37
5.3.4	Caractéristiques de synchronisation pour le Système D	40
5.4	Entrelaceurs	45
5.4.1	Entrelaceur convolutif pour le Système A	45
5.4.2	Entrelaceur convolutif pour le Système B	46
5.4.3	Entrelaceur convolutif pour le Système C	47
5.4.4	Entrelaceur de blocs pour le Système D	47
5.5	Codeur RS.....	49
5.5.1	Caractéristiques du codeur RS pour le Système A	49
5.5.2	Caractéristiques du codeur RS pour le Système B.....	49
5.5.3	Caractéristiques du codeur RS pour le Système C.....	49
5.5.4	Caractéristiques du codeur RS pour le Système D	49
5.6	Dispersion d'énergie.....	50

	<i>Page</i>
5.6.1	Dispersion d'énergie pour le Système A 50
5.6.2	Dispersion d'énergie pour le Système B 51
5.6.3	Dispersion d'énergie pour le Système C 51
5.6.4	Dispersion d'énergie pour le Système D 52
5.7	Caractéristiques de mise en trame et du flux de transport 53
5.7.1	Caractéristiques de mise en trame et du flux de transport pour le Système A 53
5.7.2	Caractéristiques de mise en trame et du flux de transport pour le Système B 53
5.7.3	Caractéristiques de mise en trame et du flux de transport pour le Système C 53
5.7.4	Caractéristiques de mise en trame et du flux de transport pour le Système D 53
5.8	Signaux de commande 53
5.8.1	Signaux de commande pour le Système A..... 53
5.8.2	Signaux de commande pour le Système B..... 54
5.8.3	Signaux de commande pour le Système C..... 54
5.8.4	Signaux de commande pour le Système D..... 54
6	Références 54
7	Liste d'abréviations 54
	Appendice 1 à l'Annexe 1 – Caractéristiques du flux de transport du Système B..... 55
1	Introduction 56
2	Préfixe..... 56
3	Paquets nuls et de gamme..... 57
4	Paquets d'application vidéo 59
4.1	Paquets de données auxiliaires 60
4.2	Paquets du service vidéo de base..... 63
4.3	Paquets de données redondants 64
4.4	Paquets de données vidéo autres que MPEG..... 65
5	Paquets d'application audio 66
5.1	Paquets de données auxiliaires 67
5.2	Paquets de service audio de base 67

	<i>Page</i>
5.3 Paquets de données audio autres que MPEG.....	68
6 Paquets de guide sur les programmes.....	69
7 Contraintes du multiplex de transport	70
7.1 Définition de contrainte de multiplex de flux élémentaire	70
Appendice 2 à l'Annexe 1 – Signaux de commande pour le Système D	71
1 Introduction	71
2 Codage de l'information TMCC	71
2.1 Ordre de changement	72
2.2 Information de combinaison modulation-code	72
2.3 Identification des flux TS	73
2.4 Autres informations	74
3 Codage externe pour l'information TMCC.....	74
4 Références temporelles.....	74
5 Codage des canaux pour le signal TMCC	74
Appendice 3 à l'Annexe 1 – Disponibilité de circuits intégrés pour un récepteur-décodeur intégré commun	75
1 Introduction	75
2 Analyse.....	76
3 Conclusion.....	76

1 Introduction

Depuis leur mise en œuvre initiale, les systèmes de télévision numérique par satellite n'ont cessé de prouver leur capacité à utiliser de manière efficace le spectre des fréquences radioélectriques et à fournir des services de haute qualité aux consommateurs. Quatre de ces systèmes ont été décrits dans les anciennes Recommandations UIT-R BO.1211 et UIT-R BO.1294 et dans la Recommandation UIT-R BO.1408.

Les caractéristiques fonctionnelles communes pour la réception des émissions de télévision numérique multiprogramme par satellite ont été décrites dans l'ancienne Recommandation UIT-R BO.1294, dans le but de favoriser la convergence d'une norme mondiale pour les systèmes de réception numérique multiprogramme par satellite de services de télévision, de radio et de données. Dans la présente Recommandation, les caractéristiques fonctionnelles communes et des éléments communs ont été définis pour un récepteur-décodeur intégré (IRD, *integrated receiver-decoder*) de satellite fonctionnant dans la gamme de fréquences 11/12 GHz. L'utilisation de gammes de fréquences différentes n'avait pas été exclue, et ne l'est toujours pas. L'ancienne Recommandation UIT-R BO.1294 a pris en compte le système unique décrit dans l'ancienne Recommandation UIT-R BO.1211.

Les éléments communs de l'IRD de satellite, définis dans l'ancienne Recommandation UIT-R BO.1294, peuvent recevoir les émissions provenant des trois systèmes de transmission numérique multiprogramme, identifiés comme étant les Systèmes A, B et C. Les éléments communs et spécifiques de chacun de ces systèmes ont été analysés, et il a été conclu que la mise en place effective des éléments communs d'un IRD de satellite était possible. Ce résultat a été clairement étayé depuis par le développement continu de circuits intégrés utilisables par ces systèmes, de nombreux circuits intégrés disponibles à présent étant compatibles avec les éléments communs de deux ou des trois de ces systèmes.

Un quatrième système, décrit dans la Recommandation UIT-R BO.1408, a été élaboré depuis. Possédant lui-aussi les éléments communs présentés dans l'ancienne Recommandation UIT-R BO.1294, il constitue une avancée de la technique de ces systèmes numériques multiprogramme. Ainsi, il offre des caractéristiques supplémentaires telles que la possibilité de gérer simultanément plusieurs types de modulation, un schéma de modulation hiérarchique et la possibilité de traiter plusieurs flux de transport du Groupe d'experts en images animées (MPEG) au sein d'une même porteuse.

Dans les paragraphes suivants de la présente Annexe, les caractéristiques et les éléments fonctionnels communs de ces systèmes sont brièvement examinés, ainsi que les fonctions d'un système générique de transmission numérique multiprogramme.

On trouvera aussi, pour chacun de ces quatre systèmes, un résumé et une description détaillée des caractéristiques au niveau du système. Ces paramètres au niveau du système se rapportent soit à la mise en œuvre des équipements de transmission ou à celle du récepteur-décodeur intégré.

2 Modèle de référence générique des systèmes de transmission numérique multiprogramme

2.1 Modèle de référence générique

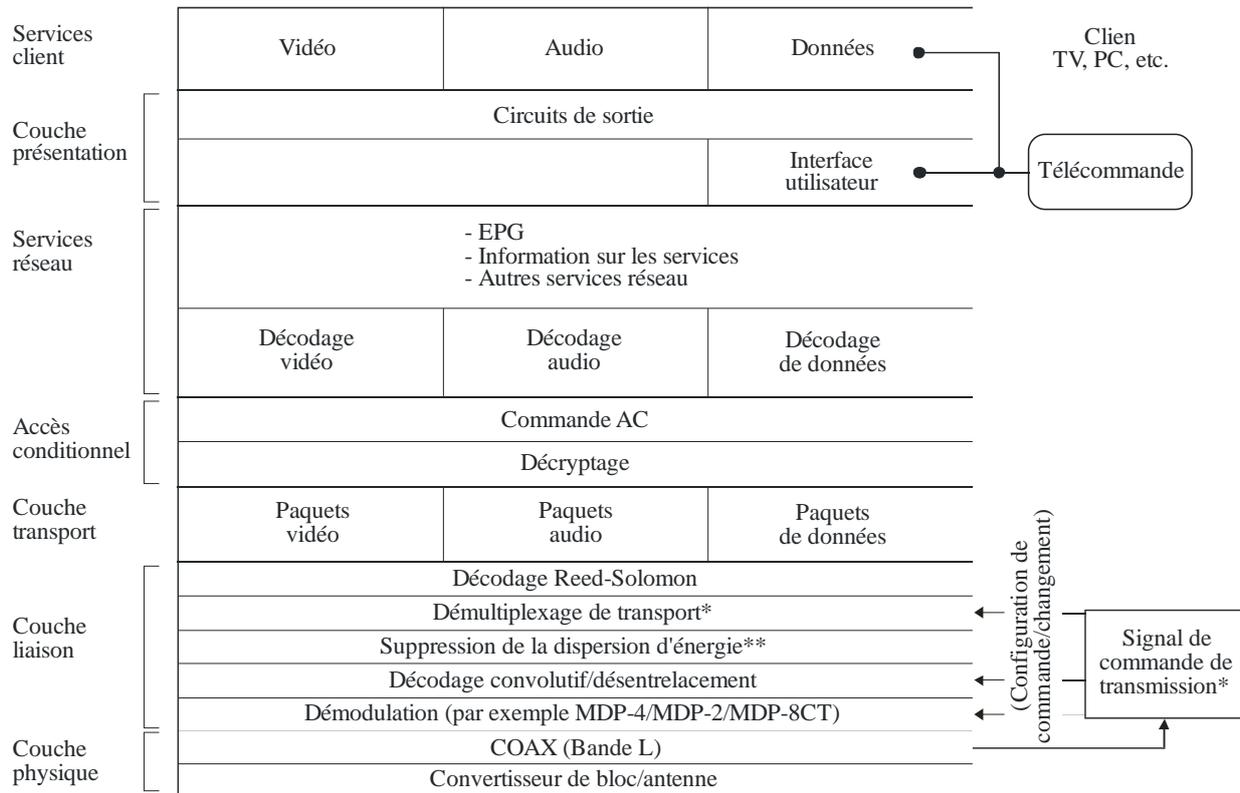
Un modèle de référence générique relatif aux caractéristiques fonctionnelles communes d'un système de transmission numérique multiprogramme a été établi. On a montré qu'il s'appliquait à l'ensemble des quatre systèmes décrits ici.

On a défini ce modèle en se fondant sur les fonctions communes que nécessitent les différentes couches d'une pile de protocoles d'un système de transmission numérique multiprogramme. Il peut être utilisé pour définir les fonctions communes que nécessite un IRD pour la réception de ces transmissions.

A titre de référence, la Fig. 1 présente une pile de protocoles typique, fondée sur les couches suivantes:

- Les *couches physique et liaison* qui régissent les fonctions d'entrée typiques: génération et réception de la porteuse (syntonisation), modulation et démodulation par déplacement de phase quadrivalente (MDP-4), codage et décodage convolutif, entrelacement et désentrelacement, codage et décodage de Reed-Solomon (RS), application et suppression de la dispersion d'énergie.
- La *couche transport* qui gère le multiplexage et le démultiplexage des différents programmes et éléments, ainsi que la mise en paquets et la défaite des paquets d'informations (vidéo, audio et de données).
- Les fonctions d'*accès conditionnel* qui contrôlent les opérations de cryptage et de décryptage externes et les fonctions de commande associées (une interface commune d'accès conditionnel en option).
- Les *services de réseau* qui réalisent le codage et le décodage vidéo et audio, ainsi que la gestion des fonctions de guide électronique sur les programmes (EPG, *electronic programme guide*), de l'information sur les services et, en option, du décodage de données.
- La *couche présentation* qui gère, entre autres, l'interface utilisateur, les opérations de contrôle à distance, etc.
- Les *services clients* qui traitent des différentes applications fondées sur la vidéo, l'audio et les données.

FIGURE 1
Pile de protocoles d'IRD typique



MDP-8CT: Modulation par déplacement de phase octovalente avec codage en treillis

* Uniquement présent dans le système D.

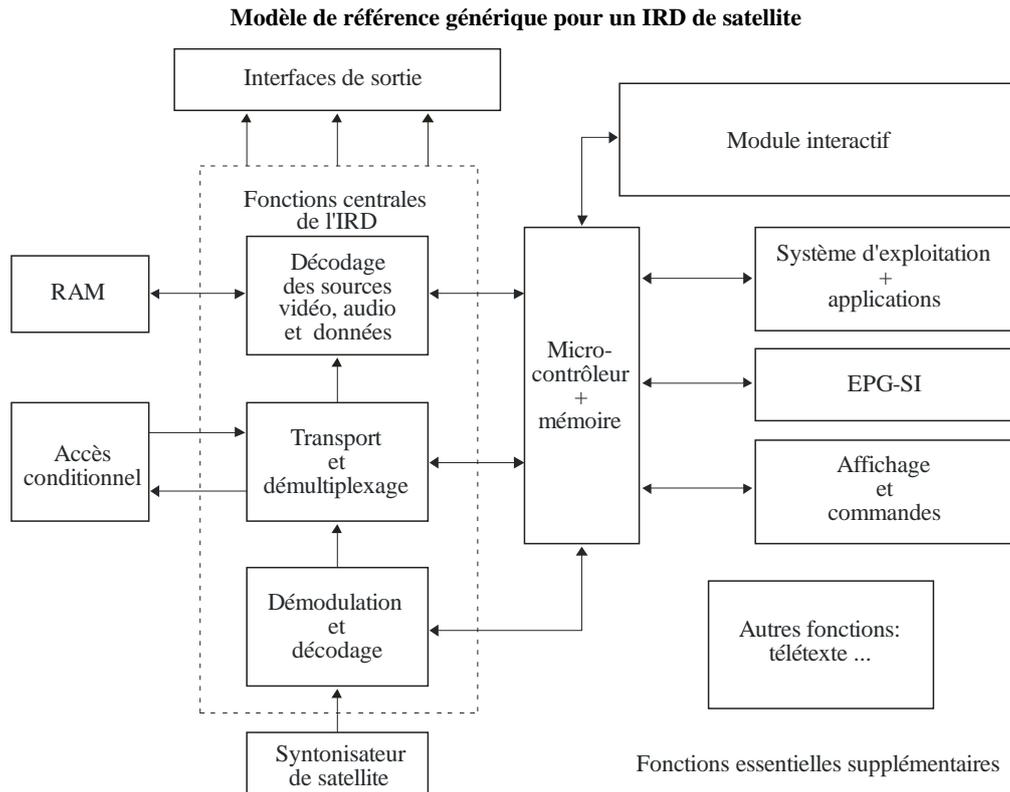
** Absent dans le système B.

BO.1516-01

2.2 Application à l'IRD de satellite

Le schéma fonctionnel générique visant l'IRD de satellite (voir la Fig. 2) se fonde sur les couches de protocole. Ce modèle est utile pour montrer la façon dont les éléments communs sont organisés au sein de l'IRD.

FIGURE 2



BO.1516-02

Deux types de fonctions sont indiqués dans le modèle de référence générique: les fonctions centrales de l'IRD et d'autres fonctions essentielles supplémentaires:

- *Les fonctions centrales de l'IRD* regroupent les fonctions clés de l'IRD qui définissent le système de télévision numérique. Les fonctions centrales de l'IRD comprennent:
 - la démodulation et le décodage,
 - le transport et le démultiplexage,
 - le décodage des sources vidéo, audio et données.
- *Les fonctions essentielles supplémentaires* sont nécessaires à la bonne marche du système ainsi qu'à l'incorporation de caractéristiques additionnelles et/ou complémentaires. Ces fonctions sont étroitement liées à la prestation des services. Les fonctions et blocs ci-dessous peuvent être considérés comme des fonctions essentielles supplémentaires et permettent de différencier les IRD les uns des autres:
 - syntonisateur de satellite,
 - interfaces de sortie,
 - système d'exploitation et applications,
 - EPG,
 - information sur les services/systèmes (SI, *service/system information*),
 - accès conditionnel (CA),
 - affichage, télécommande et différentes commandes,
 - mémoire morte (ROM, *read-only memory*), mémoire vive (RAM, *random access memory*) et mémoire FLASH,
 - module interactif,

- microcontrôleur,
- autres fonctions comme télétexte, sous-titrage, etc.

3 Eléments communs des systèmes de transmission numérique multiprogramme

Les éléments communs sont les suivants:

- La modulation/démodulation et la correction d'erreurs du codage/décodage.
- Le transport et le démultiplexage.
- Le codage et décodage des sources vidéo, audio et données.

3.1 Modulation/démodulation et codage/décodage

La Fig. 3 illustre le schéma fonctionnel de la modulation/démodulation et du codage/décodage des éléments communs d'un IRD de satellite. Les blocs qui se chevauchent partiellement représentent les fonctions dont des éléments sont communs aux quatre systèmes, malgré des caractéristiques différentes. Les blocs en pointillé représentent des fonctions non utilisées par l'ensemble des quatre systèmes.

3.1.1 Modulation et démodulation

Cet élément commun assure les fonctions de modulation et de démodulation cohérentes quadratiques, binaires ou à 8 phases. Le démodulateur fournit l'information I et Q de «décision progressive» au décodeur interne.

Cet élément commun d'un IRD de satellite pourra démoduler un signal utilisant les modulations MDP-4 à codage Gray conventionnel et MDP-8TC, avec structuration absolue (pas de codage différentiel).

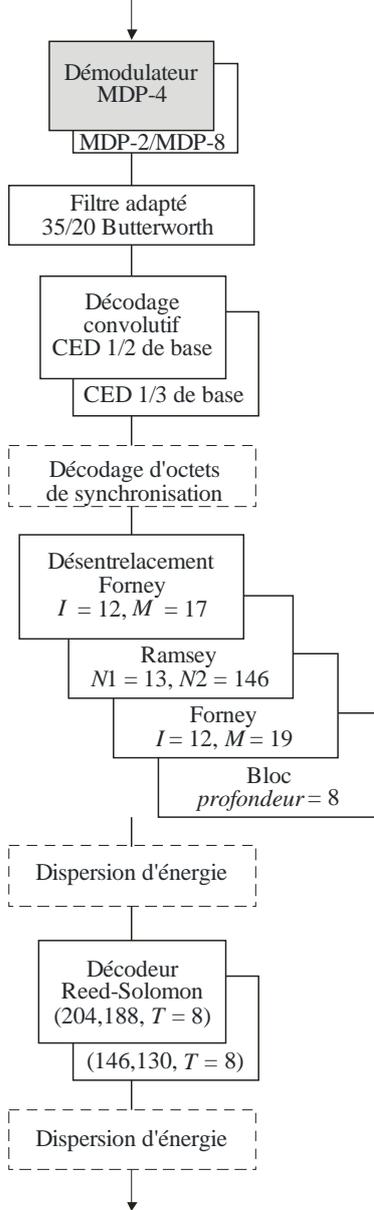
Dans le cas d'une modulation MDP-4, on utilisera pour le signal une structuration des bits conforme à celle de la Fig. 4.

Dans le cas d'une modulation binaire ou MDP-8, on utilisera pour le signal une structuration des bits conforme à celle décrite dans le § 5.2.4.

FIGURE 3

Schéma fonctionnel de la démodulation et du décodage du canal

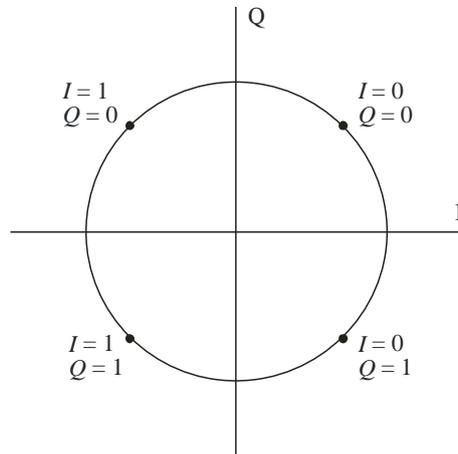
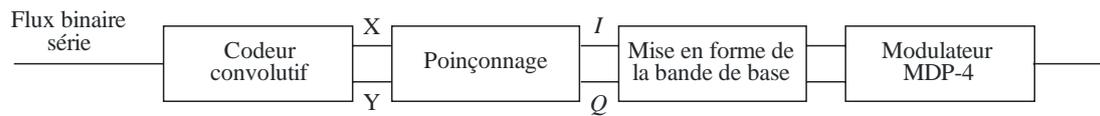
Depuis le syntonisateur du satellite



Vers le transport et le démultiplexage

CED: correction d'erreur directe

FIGURE 4

Constellation MDP-4

BO.1516-04

3.1.2 Filtre adapté

Cet élément commun au sein du démodulateur assure le filtrage par mise en forme d'impulsion complémentaire, en fonction du facteur de décroissance. L'utilisation d'un filtre numérique à réponse impulsionnelle finie (FIR, *finite impulse response*) pourrait assurer l'égalisation des distorsions linéaires de canal dans l'IRD.

L'IRD de satellite doit pouvoir traiter un signal présentant les caractéristiques suivantes de mise en forme et de décroissance:

Cosinus carré surélevé: $\alpha = 0,35$ et $0,20$

Filtre Butterworth de 4^e ordre: modes à spectre normal et à spectre tronqué.

Le § 5.1 donne des informations au sujet du gabarit du spectre du signal en sortie du modulateur.

3.1.3 Codage et décodage convolutif

Cet élément commun assure le codage et le décodage de protection contre les erreurs de premier niveau. Sa conception est telle que le démodulateur fonctionne à un taux d'erreur binaire (TEB) «décision nette» équivalent d'entrée compris entre 1×10^{-1} et 1×10^{-2} (selon le rendement de codage adopté) et donne un TEB de sortie ne dépassant pas environ 2×10^{-4} . Ce TEB de sortie correspond à la qualité de service quasiment sans erreur après correction de codage externe. Il est possible que cette unité utilise des informations de «décision progressive». Cette unité peut essayer chacune des valeurs de rendement de codage et des configurations de poinçonnage jusqu'à l'acquisition du verrouillage. Par ailleurs, elle peut résoudre l'ambiguïté de phase de démodulation $\pi/2$.

Le code interne présente les caractéristiques suivantes:

- Viterbi et poinçonnage,
- longueur de contrainte du code $K = 7$.

Le codeur et le décodeur peuvent fonctionner avec trois codes convolutifs différents. Le système permettra le décodage convolutif avec des rendements de codage fondés sur 1/2 ou 1/3:

- fondés sur le rendement de base 1/2: CED = 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 6/7 et 7/8;
- fondés sur le rendement de base 1/3: CED = 5/11, 1/2, 3/4, 2/3, 3/5, 4/5, 5/6 et 7/8.

Le § 5.2 en présente les caractéristiques spécifiques.

3.1.4 Décodeur d'octet de synchronisation

Cet élément commun décodera les octets de synchronisation. Ce décodeur fournit des informations de synchronisation pour le désentrelacement. Il peut également récupérer l'ambiguïté de phase du démodulateur (que ne peut détecter le décodeur de Viterbi).

Le § 5.3 en présente les caractéristiques spécifiques.

3.1.5 Désentrelaceur convolutif

Cet élément commun permet de randomiser par octet les salves d'erreurs en sortie du décodeur interne afin d'améliorer la capacité de correction d'erreurs en salves du décodeur externe.

Cet élément commun pourra recevoir les signaux de systèmes entrelaceurs convolutifs Ramsey de type II ($N1 = 13$, $N2 = 146$) et Ramsey de type III (méthode de Forney) ($I = 12$, $M = 17$ et 19) ou le système entrelaceur de blocs (profondeur = 8), selon les caractéristiques spécifiques du § 5.4.

3.1.6 Codeur et décodeur RS

Cet élément commun d'un IRD de satellite assure un deuxième niveau de protection contre les erreurs. Il peut donner une sortie quasiment sans erreur (soit un TEB d'environ 1×10^{-10} et 1×10^{-11}) en présence d'erreurs en salves à l'entrée correspondant à un TEB d'environ 7×10^{-4} , ou meilleur, avec entrelacement d'octets infini. Dans le cas d'un niveau d'entrelacement $I = 12$, on suppose que le TEB correspondant à une sortie quasiment sans erreur est égal à 2×10^{-4} .

Cet élément commun présente les caractéristiques suivantes:

- Générateur RS: (255,239, $T = 8$)
- Polynôme générateur de code RS:

$$(x + \alpha^0) (x + \alpha^1) \dots (x + \alpha^{15})$$

ou

$$(x + \alpha^1) (x + \alpha^2) \dots (x + \alpha^{16})$$

où:

$$\alpha = 02_h.$$

- Polynôme générateur de champ RS:

$$x^8 + x^4 + x^3 + x^2 + 1$$

Le § 5.5 en présente les caractéristiques spécifiques.

3.1.7 Suppression de dispersion d'énergie

Cet élément commun ajoute une séquence de randomisation lors de la transmission pour permettre une dispersion d'énergie égale qui, lorsqu'elle existe, doit être supprimée par le démodulateur. Elle peut s'effectuer de façon à permettre de dérandoniser les signaux lorsque le processus de dérandonisation a lieu avant ou après le décodeur RS. Cet élément commun d'un IRD de satellite offre le moyen de contourner cette caractéristique.

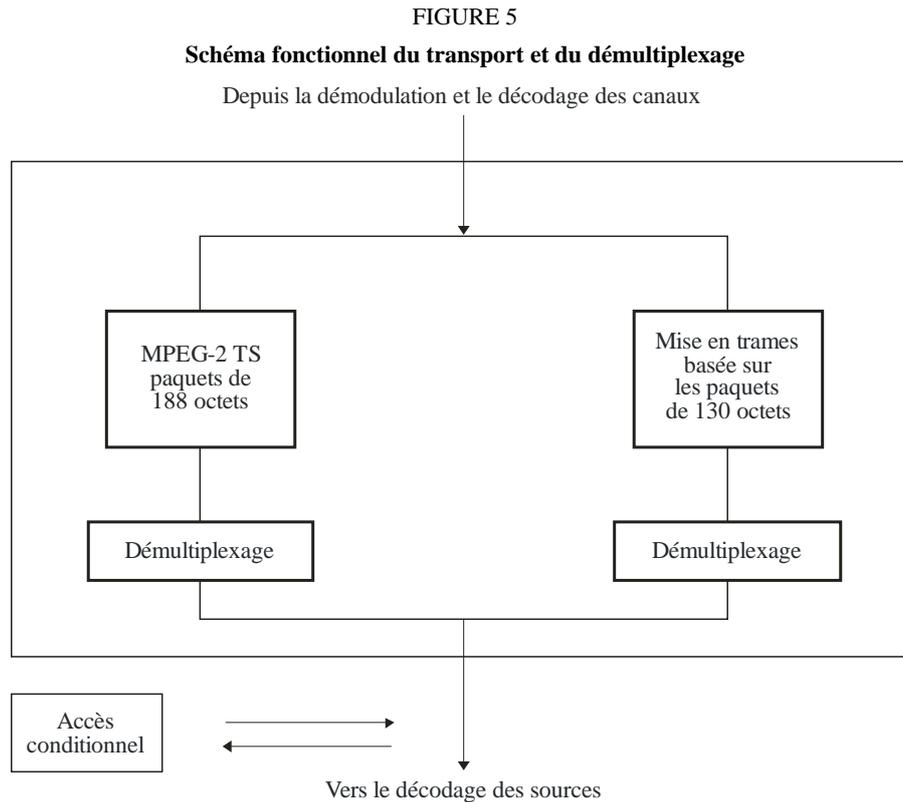
Le § 5.6 en présente les caractéristiques spécifiques.

3.2 Transport et démultiplexage

La Fig. 5 présente le schéma fonctionnel des fonctions de transport et de démultiplexage visant l'IRD de satellite.

Le système pourra recevoir et démultiplexer les paquets après le multiplexeur de transport MPEG-2 (voir ISO/CEI 13818-1) ainsi que les caractéristiques spécifiques du flux de transport, définies au § 5.7.

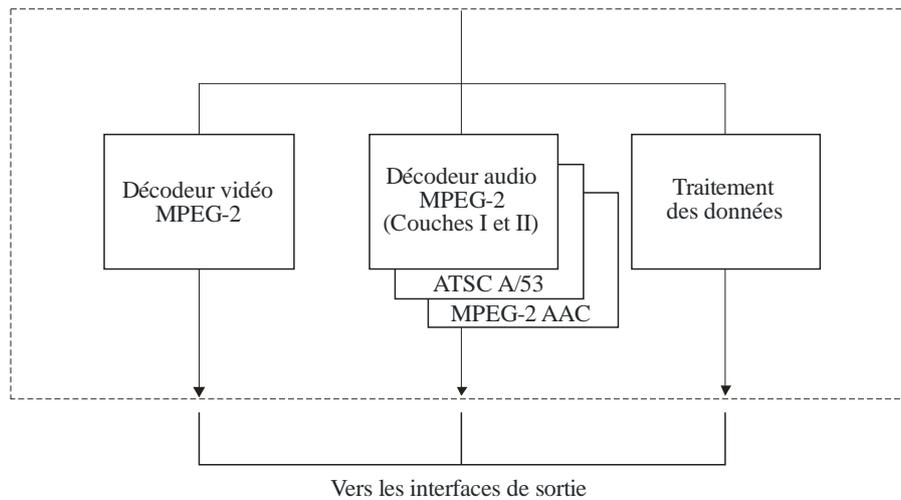
L'accès conditionnel déborde le cadre de la présente Recommandation.



3.3 Codage ou décodage des sources vidéo, audio et données

La Fig. 6 présente le schéma fonctionnel du codage ou décodage des sources vidéo, audio et données pour l'IRD de satellite.

FIGURE 6
Schéma fonctionnel du décodage des sources
Depuis le transport et le démultiplexage



ATSC: Comité de systèmes de télévision évolués (*Advanced Television Systems Committee*)

BO.1516-06

3.3.1 Vidéo

Cet élément commun exige au moins le codage ou le décodage des sources des formats vidéo suivant les signaux MPEG-2 à profil principal et niveau principal, selon les spécifications de la Publication ISO/CEI 13818-2.

3.3.2 Audio

Cet élément commun exige le codage et décodage des sources des signaux audio suivant les formats des Couches I et II MPEG-2 (ISO/CEI 13818-3), de la norme ATSC-A/53, Annexe B (Recommandation UIT-R BS.1196, Annexe 2) et du codage MPEG-2 AAC (codage audio avancé, *advanced audio coding*) de la Publication ISO/IEC 13818-7.

3.3.3 Données

Ce bloc porte sur les fonctions nécessaires au traitement des données codées source livrées ou reçues du multiplex de transport. Il déborde le cadre de la présente Recommandation.

4 Résumé et comparaison des caractéristiques des systèmes de télévision numérique multiprogramme par satellite

Comme il est mentionné dans l'introduction, la présente Recommandation indique les caractéristiques de quatre systèmes de télévision numérique multiprogramme partageant les éléments communs décrits dans le § 3. Ces systèmes sont identifiés par les lettres A, B, C et D. Le Système A a d'abord été décrit dans l'ancienne Recommandation UIT-R BO.1211 et figure également dans l'ancienne Recommandation UIT-R BO.1294. Les Systèmes B et C ont d'abord été décrits dans l'ancienne Recommandation UIT-R BO.1294, alors que le Système D est décrit dans la Recommandation UIT-R BO.1408. Trois de ces systèmes sont actuellement en exploitation, et le déploiement opérationnel du quatrième système est prévu dans un avenir très proche.

Ces systèmes sont conçus pour fournir de façon robuste des programmes vidéo et audio MPEG de qualité via des transmissions numériques par satellite. L'utilisation des techniques de compression MPEG permet une utilisation très efficace du spectre disponible, et la conception de la couche de

transport permet une assignation très flexible des programmes vidéo et audio aux répéteurs de satellite.

Le Système A est fondé sur l'algorithme de codage vidéo et son MPEG-2 et sur le multiplex de transport MPEG-2. Un système CED avec concaténation de RS et un codage convolutif associé à un décodage de Viterbi à décision douce donnent une bonne robustesse radioélectrique en présence de bruit et de brouillage. Cinq rendements de codage compris entre 1/2 et 7/8 offrent différents compromis entre l'efficacité d'utilisation du spectre et la puissance utilisée. L'opérateur peut choisir le débit de symboles du système à l'émission afin d'utiliser au mieux la largeur de bande du répéteur de satellite.

Le Système B se fonde également sur l'algorithme de codage vidéo du niveau principal du profil principal. Celui-ci utilise la syntaxe audio de la Couche II MPEG-1 et les spécifications de transport du Système B. Comme pour le Système A, le système CED avec concaténation de RS et un codage convolutif associé à un décodage de Viterbi à décision douce donnent une bonne robustesse radioélectrique en présence de bruit et de brouillage. Cinq rendements de codage compris entre 1/2 et 6/7 offrent différents compromis entre l'efficacité d'utilisation du spectre et la puissance utilisée. Le débit de symboles est fixé à 20 millions de symboles par seconde.

Le Système C peut également transporter plusieurs services de télévision (et de radiodiffusion) numérique suivant le format de multiplexage par répartition dans le temps, et il partage les mêmes éléments communs d'architecture que ceux décrits plus haut. Ce système comprend le contrôle d'accès renouvelable, la télévision à la carte par impulsion et des services de données. Des canaux virtuels simplifient la navigation du téléspectateur et lui permettent de «surfer» entre les canaux.

Le Système D est un système récemment développé conçu pour la radiodiffusion des services multimédias. Il intègre de façon systématique divers types de contenus numériques, chacun d'eux pouvant comprendre des services vidéo multiprogramme allant de la télévision à faible définition (TVFD) à la télévision à haute définition (TVHD), en passant par les services audio multiprogramme, les graphiques, les textes, etc. On peut intégrer le système proposé en se fondant sur le flux de transport MPEG-TS (*transport stream*), largement utilisé comme conteneur commun pour les contenus numériques.

Afin de couvrir une large gamme d'exigences qui peuvent différer d'un service à un autre, le Système D propose une série de schémas de modulation et/ou de protection contre les erreurs qui peuvent être sélectionnés ou combinés de manière flexible. La mise en œuvre de plusieurs schémas de modulation ou de correction d'erreurs est particulièrement utile pour les pays situés dans les zones climatiques soumises à de forts affaiblissements dus à la pluie.

4.1 Récapitulatif des caractéristiques de système

Le Tableau 1 présente des informations sur les paramètres pertinents qui caractérisent ces quatre systèmes numériques multiprogramme. On y trouvera des informations tant sur les fonctions centrales (les éléments communs) que sur d'autres fonctions essentielles.

4.2 Comparaison des caractéristiques de système

L'Assemblée des radiocommunications dispose dans le § 6.1.2 de la Résolution UIT-R 1 que: «Les Recommandations comprenant des informations sur divers systèmes associés à une application radioélectrique donnée doivent être établies sur la base de critères pertinents pour cette application et doivent si possible comprendre une évaluation des systèmes recommandés, selon ces critères». Le Tableau 2 fournit cette évaluation. Des critères de qualité pertinents pour ces systèmes ont été sélectionnés, et l'on donne les valeurs ou les capacités des paramètres associés pour chacun de ces systèmes.

TABLEAU 1

Résumé des caractéristiques des systèmes de télévision numérique multiprogramme par satellitea) *Fonctions*

	Système A	Système B	Système C	Système D
Services fournis	TVDN et TVHD	TVDN et TVHD	TVDN et TVHD	TVDN et TVHD
Format des signaux d'entrée	MPEG-TS	MPEG-TS modifié	MPEG-TS	MPEG-TS
Capacité de multiples signaux d'entrée	Non	Non	Non	Oui, 8 au maximum
Résistance aux évanouissements dus à la pluie	Déterminée par la puissance d'émission et le rendement du code interne	Déterminée par la puissance d'émission et le rendement du code interne	Déterminée par la puissance d'émission et le rendement du code interne	La transmission hiérarchique est disponible en complément de la puissance d'émission et du rendement du code interne
Réception mobile	Non disponible; à examiner ultérieurement			
Assignation flexible de débit binaire de services	Disponible	Disponible	Disponible	Disponible
Conception d'une réception commune avec d'autres systèmes de réception	Les Systèmes A, B, C et D sont possibles	Les Systèmes A, B, C et D sont possibles	Les Systèmes A, B, C et D sont possibles	Les Systèmes A, B, C et D sont possibles
Points communs avec les autres supports de transmission (par exemple de Terre, par câble, etc.)	Base MPEG-TS	Base MPEG-ES (flux élémentaire, <i>elementary stream</i>)	Base MPEG-TS	Base MPEG-TS

TABLEAU 1 (suite)

b) Performances

	Système A	Système B	Système C	Système D
Débit de données net (débit de transmission sans bit de parité)	Le débit de symboles (R_s) n'est pas fixé. Les débits de données suivants sont issus d'un exemple suivant lequel R_s vaut 27,776 Mbd: 1/2: 23,754 Mbit/s 2/3: 31,672 Mbit/s 3/4: 35,631 Mbit/s 5/6: 39,590 Mbit/s 7/8: 41,570 Mbit/s	1/2: 17,69 Mbit/s 2/3: 23,58 Mbit/s 6/7: 30,32 Mbit/s	19,5 Mbd 29,3 Mbd 5/11: 16,4 Mbit/s 24,5 Mbit/s 1/2: 18,0 Mbit/s 27,0 Mbit/s 3/5: 21,6 Mbit/s 32,4 Mbit/s 2/3: 24,0 Mbit/s 36,0 Mbit/s 3/4: 27,0 Mbit/s 40,5 Mbit/s 4/5: 28,8 Mbit/s 43,2 Mbit/s 5/6: 30,0 Mbit/s 45,0 Mbit/s 7/8: 31,5 Mbit/s 47,2 Mbit/s	Jusqu'à 52,2 Mbit/s (pour un débit de symboles de 28,86 Mbd)
Capacité d'extension en liaison montante	Oui	Oui	Oui	Oui
Capacité TVHD	Oui	Oui	Oui	Oui
Sélection possible d'accès conditionnel	Oui	Oui	Oui	Oui

c) Caractéristiques techniques (de transmission)

	Système A	Système B	Système C	Système D
Schéma de modulation	MDP-4	MDP-4	MDP-4	MDP-8 CT/MDP-4/MDP-2
Débit de symboles	Non spécifié	Fixé à 20 Mbd	Variable: 19,5 et 29,3 Mbd	Non spécifié (par exemple 28,86 Mbd)
Largeur de bande nécessaire (-3 dB)	Non spécifiée	24 MHz	19,5 et 29,3 MHz	Non spécifiée (par exemple 28,86 MHz)
Taux de décroissance	0,35 (cosinus biaisé)	0,2 (cosinus biaisé)	0,55 et 0,33 (filtre de Butterworth du quatrième ordre)	0,35 (cosinus biaisé)

TABLEAU 1 (suite)

	Système A	Système B	Système C	Système D
Code externe RS	(204,188, $T = 8$)	(146,130, $T = 8$)	(204,188, $T = 8$)	(204,188, $T = 8$)
Générateur RS	(255,239, $T = 8$)	(255,239, $T = 8$)	(255,239, $T = 8$)	(255,239, $T = 8$)
Polynôme générateur de code RS	$(x + \alpha^0)(x + \alpha^1) \dots (x + \alpha^{15})$ avec $\alpha = 02_h$	$(x + \alpha^0)(x + \alpha^1) \dots (x + \alpha^{15})$ avec $\alpha = 02_h$	$(x + \alpha^1)(x + \alpha^2) \dots (x + \alpha^{16})$ avec $\alpha = 02_h$	$(x + \alpha^0)(x + \alpha^1) \dots (x + \alpha^{15})$ avec $\alpha = 02_h$
Polynôme générateur de champ RS	$x^8 + x^4 + x^3 + x^2 + 1$	$x^8 + x^4 + x^3 + x^2 + 1$	$x^8 + x^4 + x^3 + x^2 + 1$	$x^8 + x^4 + x^3 + x^2 + 1$
Randomisation pour la dispersion d'énergie	SBPA: $1 + x^{14} + x^{15}$	Aucune	SBPA: $1 + x + x^3 + x^{12} + x^{16}$ tronqué pour une période de 4 894 octets	SBPA: $1 + x^{14} + x^{15}$
Séquence de chargement dans le registre SBPA	100101010000000	Sans objet	0001 _h	100101010000000
Point de randomisation	Avant le codeur RS	Sans objet	Après le codeur RS	Après le codeur RS
Entrelacement	Convolutif $I = 12, M = 17$ (Forney)	Convolutif $N1 = 13, N2 = 146$ (Ramsey II)	Convolutif, $I = 12, M = 19$ (Forney)	Bloc (profondeur = 8)
Codage interne	Convolutif	Convolutif	Convolutif	Convolutif Treillis (MDP-8: MCT 2/3)
Longueur de contrainte du code	$K=7$	$K=7$	$K=7$	$K=7$
Code de base	1/2	1/2	1/3	1/2
Polynôme générateur	171, 133 (octal)	171, 133 (octal)	117, 135, 161 (octal)	171, 133 (octal)
Rendement du code interne	1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8	1/2, 2/3, 6/7	1/2, 2/3, 3/4, 3/5, 4/5, 5/6, 5/11, 7/8	1/2, 3/4, 2/3, 5/6, 7/8
Commande de transmission	Aucune	Aucune	Aucune	TMCC
Structure des trames	Aucune	Aucune	Aucune	N créneaux/trame (par exemple $N = 48$) 8 trames/supertrame
Taille des paquets	188 octets	130 octets	188 octets	188 octets

TABLEAU 1 (suite)

	Système A	Système B	Système C	Système D
Couche transport	MPEG-2	Non MPEG	MPEG-2	MPEG-2
Gamme de fréquences en liaison descendante de satellite	Conçu à l'origine pour la gamme de fréquences 11/12 GHz, ce qui n'exclut pas d'autres gammes de fréquences de satellite	Conçu à l'origine pour la gamme de fréquences 11/12 GHz, ce qui n'exclut pas d'autres gammes de fréquences de satellite	Conçu à l'origine pour les gammes de fréquences de satellite 11/12 GHz et 4 GHz.	Conçu à l'origine pour la gamme de fréquence 11/12 GHz, ce qui n'exclut pas d'autres gammes de fréquences de satellite

d) Exemple de caractéristiques techniques (codage de source)

		Système A	Système B	Système C	Système D
Codage des sources vidéo	Syntaxe	MPEG-2	MPEG-2	MPEG-2	MPEG-2
	Niveaux	Au moins le niveau principal	Au moins le niveau principal	Au moins le niveau principal	Du niveau bas au niveau élevé
	Profils	Au moins le profil principal	Au moins le profil principal	Au moins le profil principal	Profil principal
Rapports largeur/hauteur		4:3 16:9 (2,12:1 en option)	4:3 16:9	4:3 16:9	4:3 16:9
Formats d'images possibles		Non limités, Recommandés: 720 × 576 704 × 576 544 × 576 480 × 576 352 × 576 352 × 288	720 × 480 704 × 480 544 × 480 480 × 480 352 × 480 352 × 240 720 × 1 280 1 280 × 1 024 1 920 × 1 080	720(704) × 576 720(704) × 480 528 × 480 528 × 576 352 × 480 352 × 576 352 × 288 352 × 240	1 920 × 1 080 1 440 × 1 080 1 280 × 720 720 × 480 544 × 480 480 × 480 352 × 240* 176 × 120* (*pour transmission hiérarchique)
Débits de trames pour le moniteur (par s)		25	29,97	25 ou 29,97	29,97 ou 59,94
Décodage des sources audio		Couches I et II MPEG-2	Couche II MPEG-1; ATSC A/53 (AC3)	ATSC A/53 ou Couches I et II MPEG-2	MPEG-2 AAC
Information sur les services		ETS 300 468	Système B	ATSC A/56 SCTE DVS/011	ETS 300 468

TABLEAU 1 (*fin*)

	Système A	Système B	Système C	Système D
EPG	ETS 300 707	Système B	Sélection possible par l'utilisateur	Sélection possible par l'utilisateur
Télétexte	Utilisable	Non spécifié	Non spécifié	Sélection possible par l'utilisateur
Sous-titrage	Utilisable	Utilisable	Utilisable	Utilisable
Sous-titrage codé	Non spécifié	Oui	Oui	Utilisable

TABLEAU 2

Tableau des caractéristiques comparées

Modulation et codage	Système A		Système B		Système C		Système D	
Types de modulation possibles de façon individuelle, sur la même porteuse	MDP-4		MDP-4		MDP-4		MDP-8, MDP-4 et MDP-2	
Performances (définies par le rapport <i>C/N</i> dans le cas QEF) (bits/s/Hz)	Efficacité d'utilisation du spectre	<i>C/N</i> dans le cas QEF ⁽¹⁾	Efficacité d'utilisation du spectre	<i>C/N</i> dans le cas QEF ⁽²⁾	Efficacité d'utilisation du spectre ⁽³⁾	<i>C/N</i> dans le cas QEF ⁽⁴⁾	Efficacité d'utilisation du spectre	<i>C/N</i> dans le cas QEF ⁽⁵⁾
Modes Code interne								
MDP-2 Conv. 1/2	Inutilisé		Inutilisé		Non		0,35	0,2

TABLEAU 2 (suite)

Tableau des caractéristiques comparées

Modulation et codage		Système A		Système B		Système C		Système D	
MDP-4 Conv.	5/11	Inutilisé		Inutilisé		0,54/0,63	2,8/3,0	Inutilisé	
	1/2	0,72	4,1	0,74	3,8	0,59/0,69	3,3/3,5	0,7	3,2
	3/5	Non		Inutilisé		0,71/0,83	4,5/4,7		
	2/3	0,96	5,8	0,98	5	0,79/0,92	5,1/5,3	0,94	4,9
	3/4	1,08	6,8	Inutilisé		0,89/1,04	6,0/6,2	1,06	5,9
	4/5	Inutilisé		Inutilisé		0,95/1,11	6,6/6,8	Inutilisé	
	5/6	1,2	7,8	Inutilisé		0,99/1,15	7,0/7,2	1,18	6,8
	6/7	Inutilisé		1,26	7,6	Inutilisé		Inutilisé	
	7/8	1,26	8,4	Inutilisé		1,04/1,21	7,7/7,9	1,24	7,4
MDP-8 Treillis		Inutilisé		Inutilisé		Inutilisé		1,4	8,4
Capable de commande de modulation hiérarchique?		Non		Non		Non		Oui	
Caractéristiques de débit de symboles		Continûment variable		Constant, 20 Mbd		Variable, 19,5 ou 29,3 Mbd		Continûment variable	
Longueur de paquets (octets)		188		130		188		188	
Flux de transport possibles		MPEG-2		Système B		MPEG-2		MPEG-2	

TABLEAU 2 (*fin*)

Transport et multiplexage	Système A	Système B	Système C	Système D
Correspondance entre le flux de transport et les canaux de satellite	Un flux par canal	Un flux par canal	Un flux par canal	1 à 8 flux par canal
Prise en charge du multiplexage statistique des flux vidéo	Pas de limitation au sein d'un flux de transport	Pas de limitation au sein d'un flux de transport	Pas de limitation au sein d'un flux de transport	Pas de limitation au sein d'un flux de transport. Possible également parmi les flux de transport d'un canal de satellite

ATOP: amplificateur à tube à ondes progressives.

- (1) Pour un TEB $< 10^{-10}$. Les valeurs C/N pour le Système A correspondent à des simulations sur ordinateur effectuées avec une chaîne à satellite fictive comprenant multiplexage d'entrée, ATOP et multiplexage de sortie, avec un amortissement de modulation de 0,35. Les valeurs de C/N reposent sur l'hypothèse d'un décodage de Viterbi à décision progressive au niveau du récepteur. Un rapport de largeur de bande sur débit de symboles de 1,28 a été adopté. Les valeurs de C/N tiennent compte d'une dégradation calculée de 0,2 dB due aux limitations de largeur de bande au niveau des filtres de multiplexage d'entrée et de sortie, d'une distorsion non linéaire de 0,8 dB au niveau de l'ATOP à saturation et d'une dégradation de 0,8 dB au niveau du modem. Les chiffres correspondent à un TEB de 2×10^{-4} avant codage RS (204,188), ce qui donne un fonctionnement QEF en sortie de codeur RS. La dégradation due aux brouillages n'est pas prise en compte.
- (2) Pour un TEB de 10^{-12} .
- (3) Suite au calcul de la quantité $2(R_c)(188/204)/1,55$ ou $2(R_c)(188/204)/1,33$, dans le cas de la mise en forme, pour le Système C, du spectre transmis normale ou tronquée, respectivement, où R_c est le rendement du code convolutif.
- (4) MDP-4 théorique (2 bits par symbole) E_s/N_0 , c'est-à-dire, le rapport C/N mesuré en largeur de bande de débit binaire en bauds pour la mise en forme du spectre normale ou tronquée, respectivement. La marge de mise en œuvre des équipements ou la marge de pertes du répéteur de satellite ne sont pas pris en compte.
- (5) Ces valeurs ont été établies à partir de simulations informatiques et sont considérées comme des valeurs théoriques. Elles correspondent à un TEB de 2×10^{-4} avant codage RS (204,188), avec une largeur de bande de débit en bauds (largeur de bande de Nyquist). La marge de mise en œuvre des équipements ou la marge de pertes du répéteur de satellite ne sont pas prises en compte.

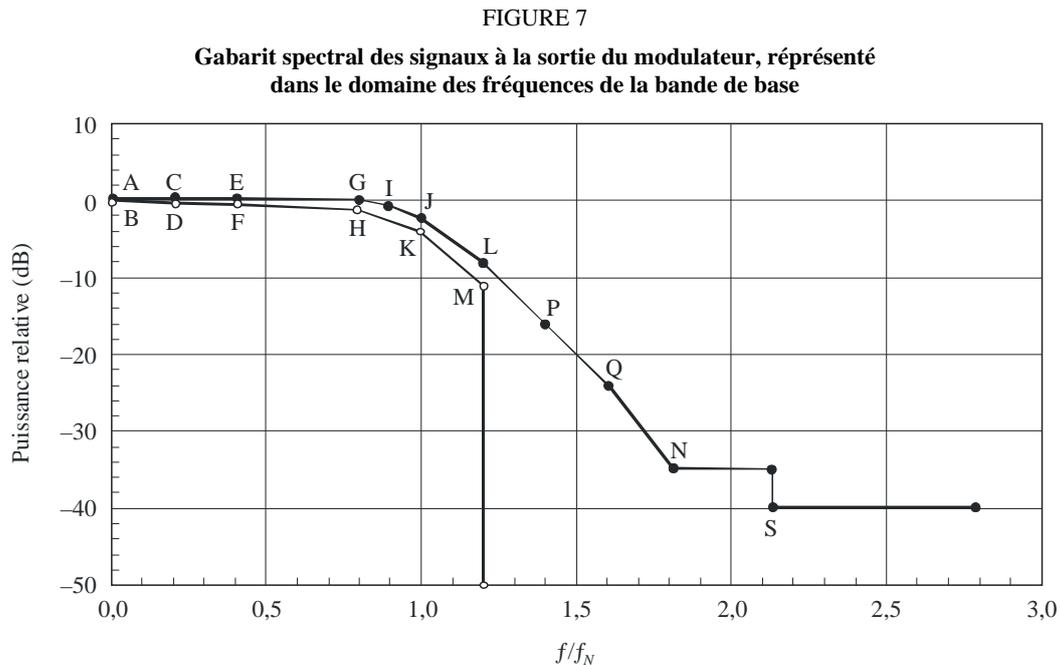
5 Caractéristiques spécifiques

5.1 Spectre des signaux des différents systèmes à la sortie du modulateur

5.1.1 Spectre des signaux pour le Système A

Le Système A utilise un facteur de décroissance à cosinus carré surélevé égal à 0,35.

La Fig. 7 illustre le gabarit spectral des signaux à la sortie du modulateur.



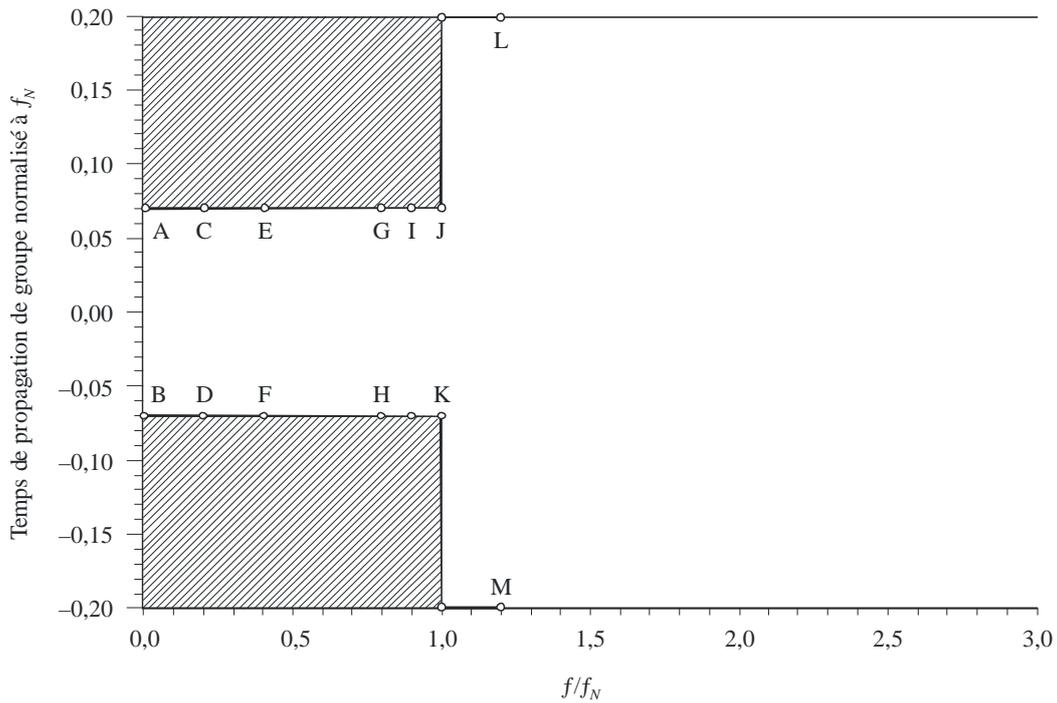
BO.1516-07

La Fig. 7 représente aussi un gabarit possible pour la matérialisation du filtre de modulateur de Nyquist. Le Tableau 3 définit les points A à S indiqués sur les Fig. 7 et 8. Le gabarit de la réponse en fréquence du filtre présuppose la présence de signaux d'entrée à fonction delta de Dirac idéale, espacés de la période de symbole $T_s = 1/R_s = 1/2f_N$, tandis que, dans le cas des signaux d'entrée rectangulaires, une correction appropriée $x/\sin x$ doit être apportée à la réponse du filtre.

La Fig. 8 présente un gabarit du temps de propagation de groupe pour la matérialisation du filtre de modulateur de Nyquist.

FIGURE 8

Gabarit du temps de propagation de groupe du filtre de modulateur



BO.1516-08

TABLEAU 3

Coordonnées des points indiqués sur les Fig. 7 et 8

Point	Fréquence	Puissance relative (dB)	Temps de propagation de groupe
A	$0,0 f_N$	0,25	$0,07/f_N$
B	$0,0 f_N$	-0,25	$-0,07/f_N$
C	$0,2 f_N$	+0,25	$0,07/f_N$
D	$0,2 f_N$	-0,40	$-0,07/f_N$
E	$0,4 f_N$	0,25	$+0,07/f_N$
F	$0,4 f_N$	-0,40	$-0,07/f_N$
G	$0,8 f_N$	+0,15	$+0,07/f_N$
H	$0,8 f_N$	-1,10	$-0,07/f_N$
I	$0,9 f_N$	-0,50	$+0,07/f_N$
J	$1,0 f_N$	-2,00	$+0,07/f_N$
K	$1,0 f_N$	-4,00	$-0,07/f_N$
L	$1,2 f_N$	-8,00	-
M	$1,2 f_N$	-11,00	-
N	$1,8 f_N$	-35,00	-
P	$1,4 f_N$	-16,00	-
Q	$1,6 f_N$	-24,00	-
S	$2,12 f_N$	-40,00	-

5.1.2 Spectre des signaux pour le Système B

Le Système B utilise un facteur de décroissance à cosinus carré surélevé égal à 0,2.

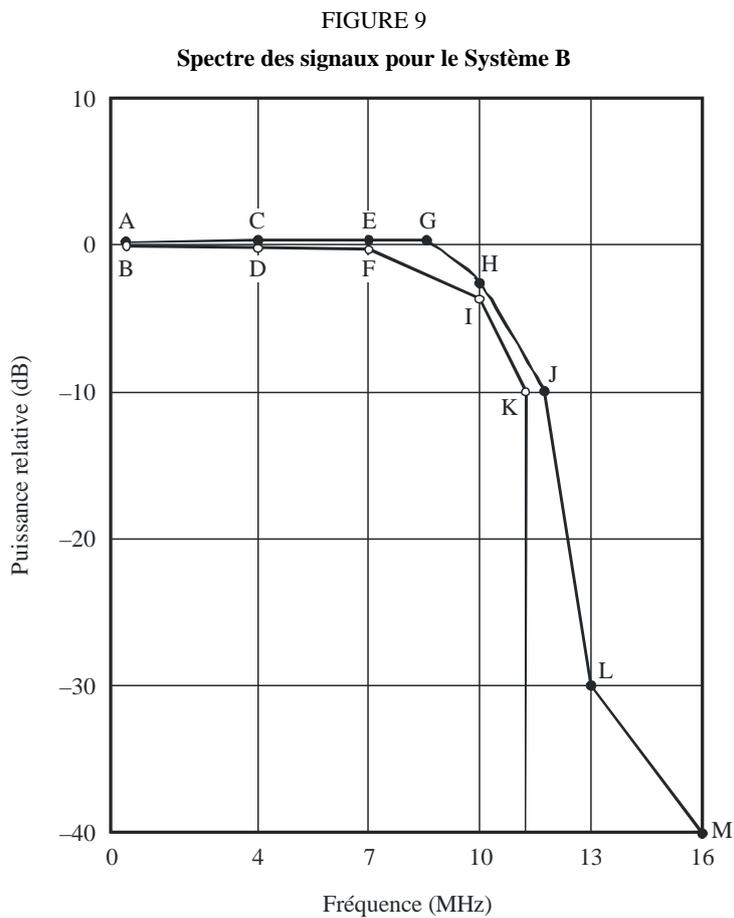


TABLEAU 4
Coordonnées des points

Point	Puissance relative (dB)	Fréquence (MHz)
A	0,2	0,05
B	-0,2	0,05
C	0,25	3,5
D	-0,25	3,5
E	0,3	7
F	-0,3	7
G	0,3	8,5
H	-2,5	10
I	-3,5	10

TABLEAU 4 (fin)

Point	Puissance relative (dB)	Fréquence (MHz)
J	-10	11,75
K	-10	11,25
L	-30	13
M	-40	16

5.1.3 Spectre des signaux pour le Système C

Le présent paragraphe définit les recommandations de conception du Système C, qui s'appliquent à la mise en forme des signaux dans la bande de base ainsi qu'au spectre de sortie du modulateur.

5.1.3.1 Mise en forme des signaux dans la bande de base

Le Système C utilise le filtrage Butterworth de 4ème ordre à largeur de bande limitée dans le mode à spectre normal ou à spectre tronqué, selon les exigences du système.

5.1.3.1.1 Réponse en amplitude

Les Fig. 10a et 10b indiquent les objectifs de conception recommandés dans les modes à spectre normal et à spectre tronqué pour la densité spectrale de mise en forme des signaux dans la bande de base, selon la normalisation du débit des symboles de transmission. Les Tableaux 5a et 5b précisent les valeurs seuils correspondantes, respectivement pour les modes à spectre normal et à spectre tronqué.

FIGURE 10a

Gabarit de densité spectrale pour le mode à spectre normal

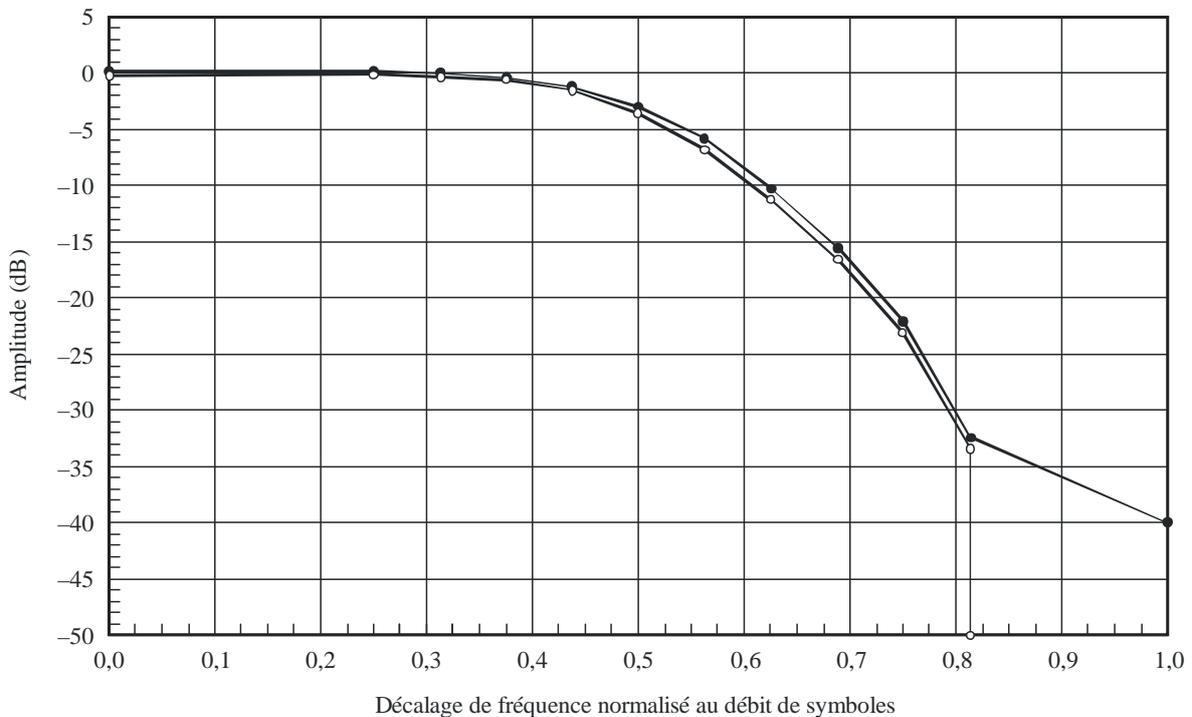


TABLEAU 5a

Valeurs seuils du gabarit de densité spectrale pour le mode normal

Décalage de fréquence normalisé au débit des symboles de transmission	Valeurs seuils supérieures du gabarit (dB)	Valeurs seuils inférieures du gabarit (dB)
0,00	0,1	-0,1
0,25	0,1	-0,1
0,3125	0,0	-0,2
0,375	-0,35	-0,55
0,4375	-1,25	-1,45
0,50	-3,0	-3,50
0,5625	-5,85	-6,85
0,625	-10,25	-11,25
0,6875	-15,55	-16,55
0,75	-22,05	-23,05
0,8125	-32,3	-33,3
0,8125		-50,0
1,0	-40,0	

FIGURE 10b

Gabarit de densité spectrale pour le mode à spectre tronqué

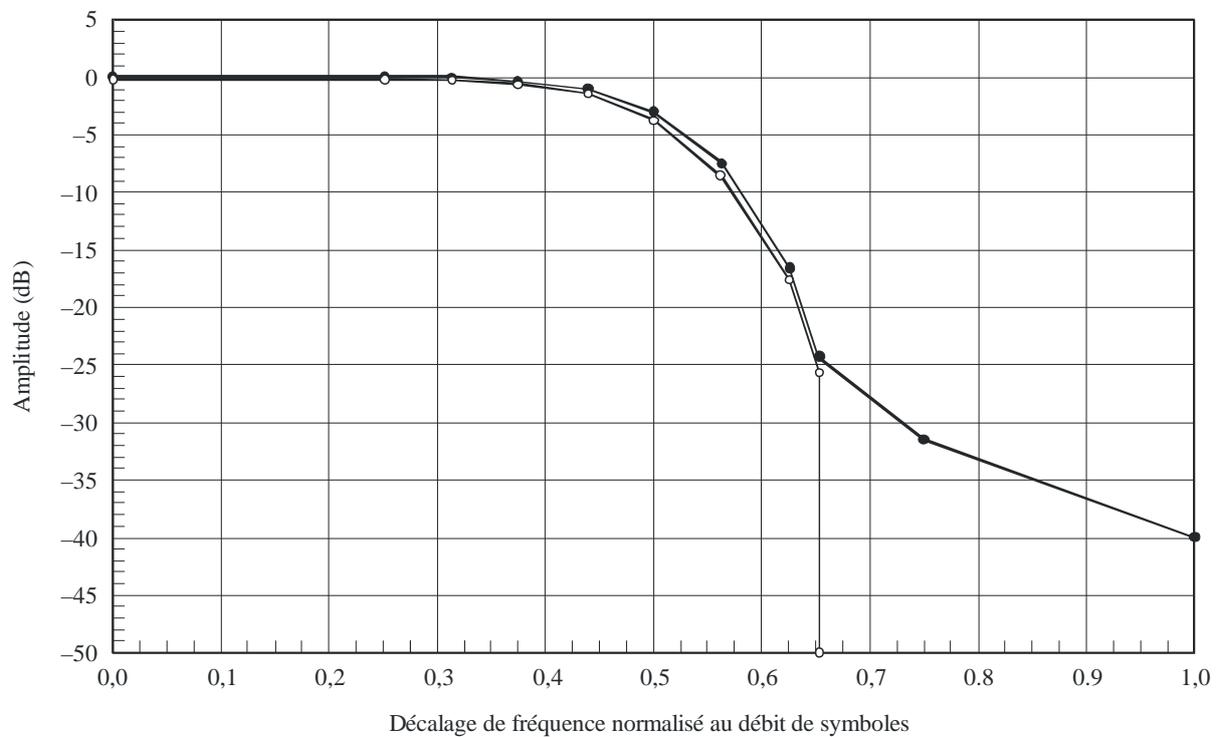


TABLEAU 5b

Valeurs seuils du gabarit de densité spectrale pour le mode à spectre tronqué

Décalage de fréquence normalisé au débit des symboles de transmission	Valeurs seuils supérieures du gabarit (dB)	Valeurs seuils inférieures du gabarit (dB)
0,00	0,1	-0,1
0,25	0,1	-0,1
0,3125	-0,15	-0,35
0,375	-0,35	-0,55
0,4375	-1,0	-1,2
0,50	-2,9	-3,4
0,5625	-7,4	-8,4
0,625	-16,6	-17,6
0,654	-24,5	-25,5
0,654		-50,0
0,75	-31,8	
1,0	-40,0	

5.1.3.1.2 Réponse en temps de propagation de groupe

Les Fig. 11a et 11b indiquent les objectifs de conception recommandés dans les modes à spectre normal et à spectre tronqué pour le temps de propagation de groupe des signaux dans la bande de base, selon la normalisation du débit des symboles de transmission. Les Tableaux 6a et 6b précisent les valeurs seuils correspondantes, respectivement pour les modes à spectre normal et à spectre tronqué. On peut obtenir le temps réel de propagation de groupe requis en divisant les valeurs du tableau par le débit de symboles (Hz); par exemple, pour une exploitation à 29,27 Msymbol/s, le point supérieur du gabarit dans le mode normal au décalage de fréquence de $0,3 \times 29,27 \text{ MHz} = 8,78 \text{ MHz}$ est déterminé comme suit à partir du Tableau 6a: $(-0,20/29,27 \times 10^6 \text{ Hz}) = -6,8 \times 10^{-9} \text{ s} = -6,8 \text{ ns}$.

FIGURE 11a

Gabarit de temps de propagation de groupe normalisé pour le mode à spectre normal

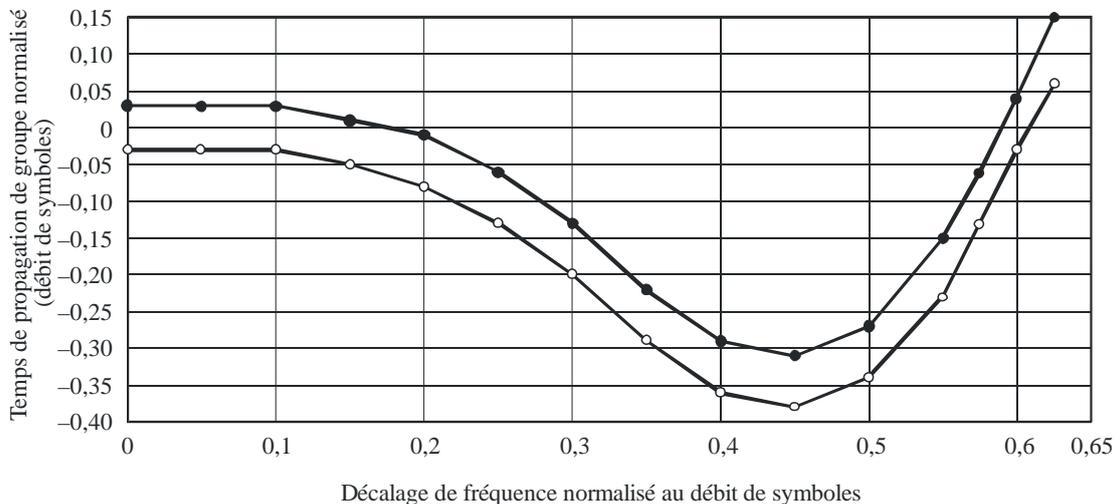


TABLEAU 6a

Valeurs seuils du temps de propagation de groupe normalisé pour le mode à spectre normal

Décalage de fréquence normalisé au débit des symboles de transmission (f_{sym})	Temps de propagation de groupe du point inférieur du gabarit, normalisé au débit des symboles (Temps \times (f_{sym} (Hz)))	Temps de propagation de groupe du point supérieur du gabarit, normalisé au débit des symboles (Temps \times (f_{sym} (Hz)))
0,00	-0,03	0,03
0,05	-0,03	0,03
0,10	-0,03	0,03
0,15	-0,05	0,01
0,20	-0,08	-0,01
0,25	-0,13	-0,06
0,30	-0,20	-0,13
0,35	-0,29	-0,22
0,40	-0,36	-0,29
0,45	-0,38	-0,31
0,50	-0,34	-0,27
0,55	-0,23	-0,15
0,575	-0,13	-0,06
0,60	-0,03	0,04
0,625	0,06	0,15

FIGURE 11b

Gabarit de temps de propagation de groupe normalisé pour le mode à spectre tronqué

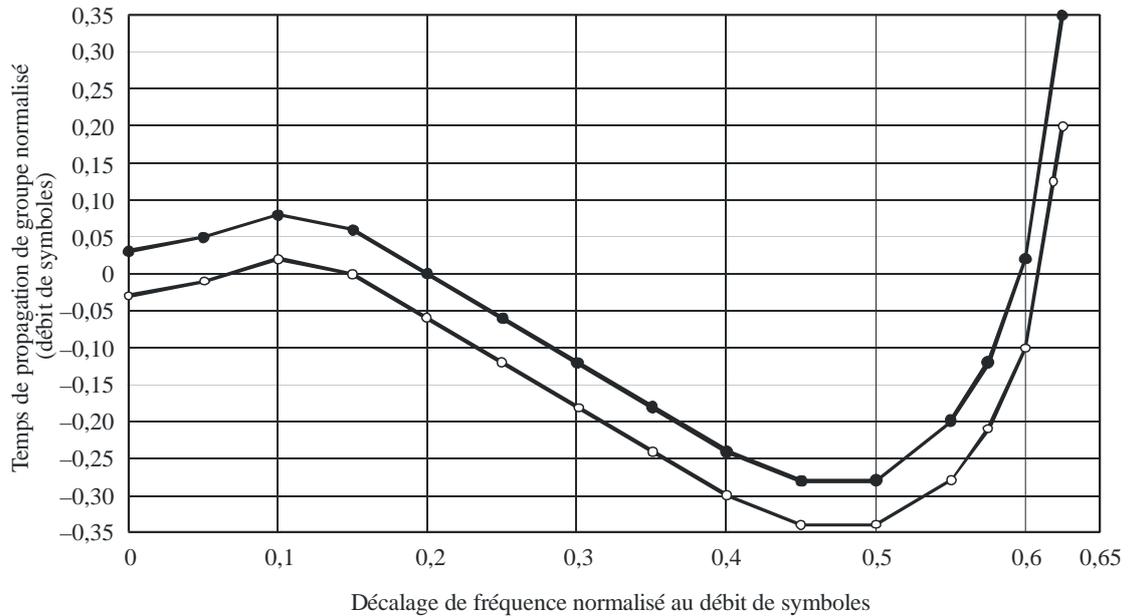


TABLEAU 6b

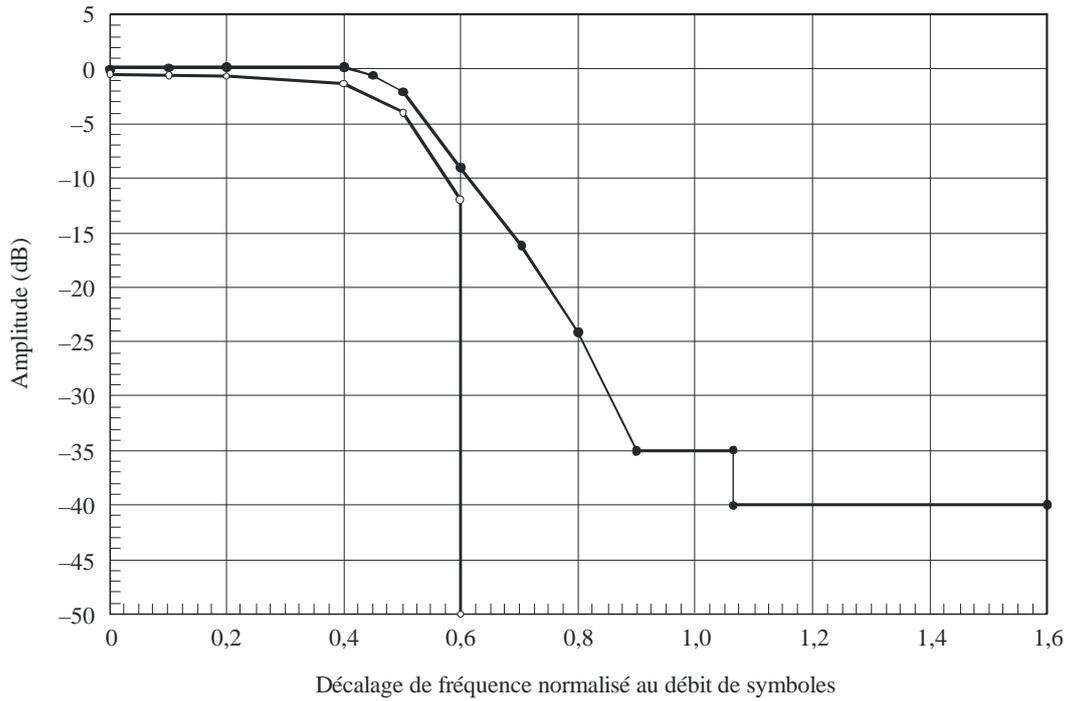
**Valeurs seuils du temps de propagation de groupe normalisé
pour le mode à spectre tronqué**

Décalage de fréquence normalisé au débit des symboles de transmission (f_{sym})	Temps de propagation de groupe du point inférieur du gabarit, normalisé au débit des symboles (Temps \times (f_{sym} (Hz)))	Temps de propagation de groupe du point supérieur du gabarit, normalisé au débit des symboles (Temps \times (f_{sym} (Hz)))
0,00	-0,03	0,03
0,05	-0,01	0,05
0,10	0,02	0,08
0,15	-0,00	0,06
0,20	-0,06	-0,0
0,25	-0,12	-0,06
0,30	-0,18	-0,12
0,35	-0,24	-0,18
0,40	-0,30	-0,24
0,45	-0,34	-0,28
0,50	-0,34	-0,28
0,55	-0,28	-0,20
0,575	-0,21	-0,12
0,60	-0,10	0,02
0,625	0,20	0,32

5.1.3.2 Réponse du modulateur

La réponse recommandée du spectre de sortie du modulateur pour le Système C est indiquée à la Fig. 11c et au Tableau 6c.

FIGURE 11c
Gabarit spectral du Système C



BO.1516-11c

TABLEAU 6c
Gabarit spectral du Système C

Décalage de fréquence normalisé au débit des symboles de transmission	Valeurs seuils supérieures du gabarit (dB)	Valeurs seuils inférieures du gabarit (dB)
0,0	0,25	-0,25
0,1		-0,4
0,2		-0,4
0,4	0,25	-1,0
0,45	-0,5	
0,5	-2,0	-4,0
0,6	-9,0	-12,0
0,6		-50,0
0,7	-16,0	
0,8	-24,0	
0,9	-35,0	
1,06	-35,0	
1,06	-40,0	
1,6	-40,0	

5.1.4 Spectre des signaux pour le système D

Le spectre des signaux pour le Système D est le même que pour le Système A. Voir le § 5.1.1.

5.2 Codage convolutif

5.2.1 Caractéristiques de codage convolutif pour le Système A

Le Tableau 7a donne la définition du code poinçonné pour le Système A, à partir du code de base 1/2:

TABLEAU 7a
Caractéristiques de codage convolutif pour le Système A

Code original			Rendements de codage									
			1/2		2/3		3/4		5/6		7/8	
K	G ₁ (X)	G ₂ (Y)	P	d _{libre}	P	d _{libre}	P	d _{libre}	P	d _{libre}	P	d _{libre}
7	171 (octal)	133 (octal)	X = 1 Y = 1 I = X ₁ Q = Y ₁	10	X = 10 Y = 11 I = X ₁ Y ₂ Y ₃ Q = Y ₁ X ₃ Y ₄	6	X = 101 Y = 110 I = X ₁ Y ₂ Q = Y ₁ X ₃	5	X = 10101 Y = 11010 I = X ₁ Y ₂ Y ₄ Q = Y ₁ X ₃ X ₅	4	X = 1000101 Y = 1111010 I = X ₁ Y ₂ Y ₄ Y ₆ Q = Y ₁ Y ₃ X ₅ X ₇	3

1: bit transmis

0: bit non transmis

P: poinçonnage

5.2.2 Caractéristiques de codage convolutif pour le Système B

Le Tableau 7b donne la définition du code poinçonné pour le Système B.

TABLEAU 7b
Caractéristiques de codage convolutif pour le Système B

Code original			Rendements de codage					
			1/2		2/3		6/7	
K	G ₁ (X)	G ₂ (Y)	P	d _{libre}	P	d _{libre}	P	d _{libre}
7	171 (octal)	133 (octal)	X = 1 Y = 1 I = X ₁ Q = Y ₁	10	X = 10 Y = 11 I = X ₁ Y ₂ Y ₃ Q = Y ₁ X ₃ Y ₄	6	X = 100101 Y = 111010 I = X ₁ Y ₂ X ₄ X ₆ Q = Y ₁ Y ₃ Y ₅ Y ₇	A déterminer

P: poinçonnage.

5.2.3 Caractéristiques de codage convolutif pour le Système C

La définition du code poinçonné pour le Système C, fondée sur le code de base 1/3, est donnée ci-dessous:

Les caractéristiques de codage convolutif ci-dessous sont incluses dans la couche de codage:

- Le codeur convolutif permet la transmission dans des canaux multiplex *I* et *Q* entrelacés bit par bit.

- L'IRD effectue la synchronisation des nœuds et du poinçonnage de code convolutif.
- Le code convolutif est poinçonné à partir d'un code de longueur de contrainte 7, de rendement 1/3. Les générateurs de code de rendement 1/3 sont $G(2) = 1001111$ en binaire (117 en octal), $G(1) = 1011101$ en binaire (135 en octal), et $G(0) = 1110001$ en binaire (161 en octal). Les générateurs de code sont définis du bit d'entrée le moins retardé au bit d'entrée le plus retardé (voir la Fig. 12).
- Les matrices de poinçonnage sont les suivantes:
 - La matrice de poinçonnage pour le rendement 3/4 est constituée de $p_2 = [100]$, $p_1 = [001]$, $p_0 = [110]$ (en binaire). Pour la sortie 1, les deuxièmes et troisièmes bits de toutes les séquences de trois sont supprimés; pour la sortie 2, les premiers et deuxièmes bits de toutes les séquences sont supprimés; pour la sortie 3, tous les troisièmes bits sont supprimés.
 - La matrice de poinçonnage pour le rendement 1/2 est constituée de $[0]$, $[1]$, $[1]$ (en binaire).
 - La matrice de poinçonnage pour le rendement 5/11 est constituée de $[00111]$, $[11010]$, $[11111]$ (en binaire).
 - La matrice de poinçonnage pour le rendement 2/3 est constituée de $[11]$, $[00]$, $[01]$ (en binaire).
 - La matrice de poinçonnage pour le rendement 4/5 est constituée de $[0111]$, $[0010]$, $[1000]$ (en binaire).
 - La matrice de poinçonnage pour le rendement 7/8 est constituée de $[0000000]$, $[0000001]$, $[1111111]$ (en binaire).
 - La matrice de poinçonnage pour le rendement 3/5 est constituée de $[001]$, $[010]$, $[111]$ (en binaire).
 - La matrice de poinçonnage pour le rendement 5/6 est constituée de $[00111]$, $[00000]$, $[11001]$ (en binaire).
- Les sorties du codeur convolutif se présentent dans l'ordre suivant: sortie G_2 poinçonnée, puis sortie G_1 poinçonnée, puis sortie G_0 poinçonnée.
- Le premier bit de la séquence de poinçonnage à la sortie du codeur est appliqué au canal I du signal MDP-4 dans un mode de fonctionnement à multiplexage combiné; par exemple, sur le schéma suivant (Fig. 12), i_0 , k_1 , i_3 , k_4 , ... sont appliqués au canal I tandis que k_0 , j_2 , k_3 , j_5 , ... sont appliqués au canal Q .

5.2.4 Caractéristiques de codage convolutif pour le Système D

Les caractéristiques de codage convolutif pour le Système D sont très proches de celles du Système A.

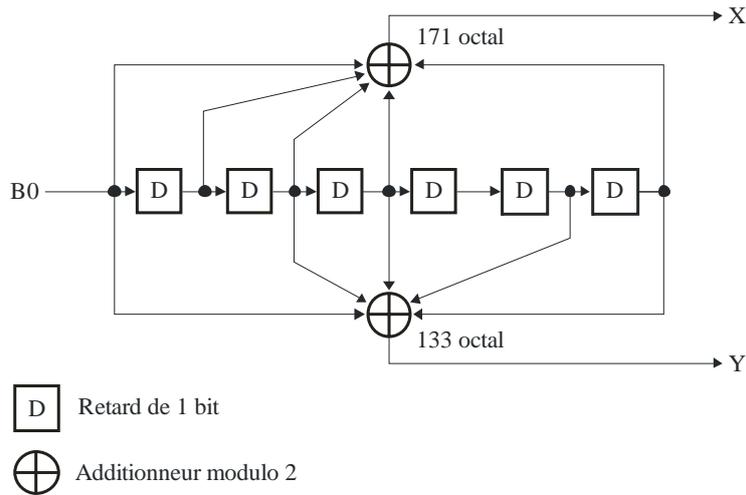
Le Système D utilisant non seulement le codage MDP-4, mais aussi les codages MDP-8CT et MDP-2, ses caractéristiques découlent de celles du Système A.

Le système admet une variété de schémas de modulation ainsi qu'une gamme de codes convolutifs poinçonnés basés sur un code convolutif de rendement 1/2 avec longueur de contrainte égale à 7. Le polynôme générateur est 171 (octal) et 133 (octal) (voir la Fig. 13). Le système peut permettre l'utilisation des modulations suivantes: MDP-8CT, MDP-4 et MDP-2. Dans le fonctionnement avec ces schémas de modulation, le système admet un rendement de codage de 2/3 pour la MDP-8CT, les rendements 1/2, 2/3, 3/4, 5/6 et 7/8 pour la MDP-4, et 1/2 pour la MDP-2.

La Fig. 12 représente le codeur convolutif et la Fig. 13, les circuits de poinçonnage et de structuration des symboles. Les codes poinçonnés sont ceux définis dans le Tableau 8 et la Fig. 14 illustre la structuration des symboles. En MDP-2, les deux bits codés (P0 et P1) sont transmis dans l'ordre P1 puis P0. Le bit d'entrée B1 est utilisé uniquement en MDP-8CT; B1 et B0 sont deux bits successifs d'un octet de données (B1 représente le bit d'ordre élevé).

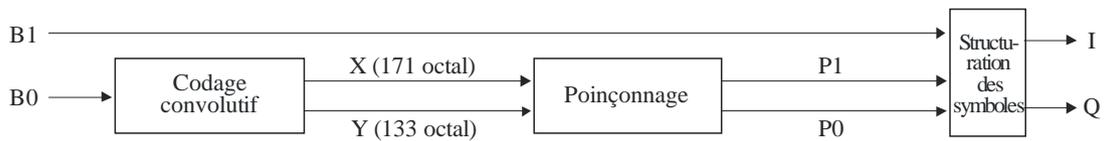
Pour des modulations et des codes convolutifs autres que ceux indiqués ci-dessus, on appliquera les spécifications idoines.

FIGURE 12
Codeur convolutif



BO.1516-12

FIGURE 13
Circuits de codage interne et de structuration des symboles



BO.1516-13

TABLEAU 8
Définition des codes poinçonnés

MDP-2		MDP-4										MDP-8CT	
1/2		1/2		2/3		3/4		5/6		7/8		2/3	
P	d_{libre}	P	d_{libre}	P	d_{libre}	P	d_{libre}	P	d_{libre}	P	d_{libre}	P	d_{libre}
X = 1		X = 1		X = 10		X = 101		X = 10101		X = 1000101		X = 1	
Y = 1	10	Y = 1	10	Y = 11	6	Y = 110	5	Y = 11010	4	Y = 1111010	3	Y = 1	10
P1 = X ₁		P1 = X ₁		P1 = X ₁ Y ₂ Y ₃		P1 = X ₁ Y ₂		P1 = X ₁ Y ₂ Y ₄		P1 = X ₁ Y ₂ Y ₄ Y ₆		P1 = X ₁	
P0 = Y ₁		P0 = Y ₁		P0 = Y ₁ X ₃ Y ₄		P0 = Y ₁ X ₃		P0 = Y ₁ X ₃ X ₅		P0 = Y ₁ Y ₃ X ₅ X ₇		P0 = Y ₁	

1: bit transmis

0: bit non transmis

d_{libre} : distance libre du code convolutif

NOTE 1 – Le code poinçonné est initialisé au début des créneaux successifs assignés au code correspondant.

FIGURE 14
Structuration des symboles

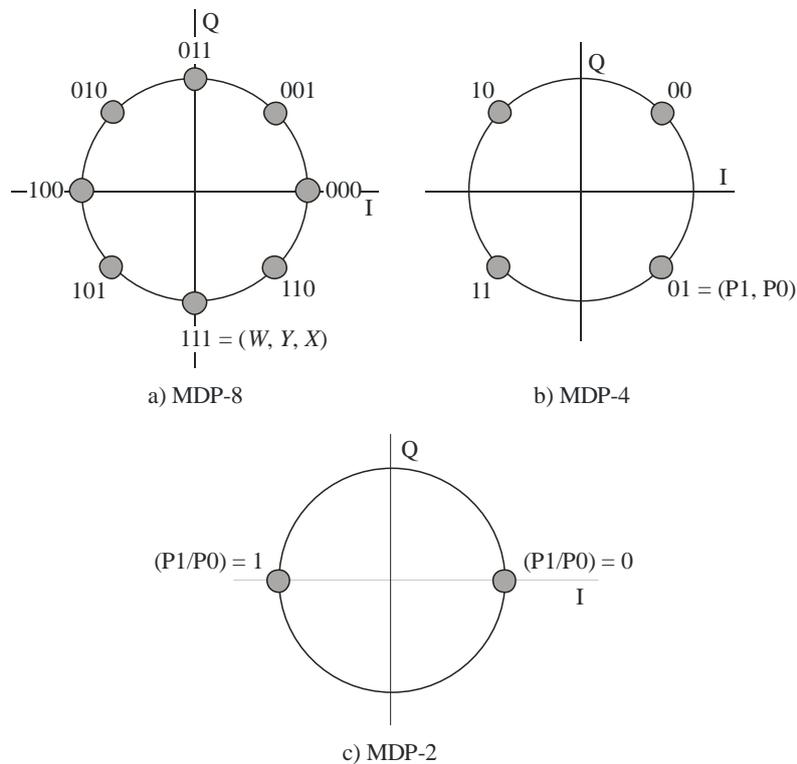
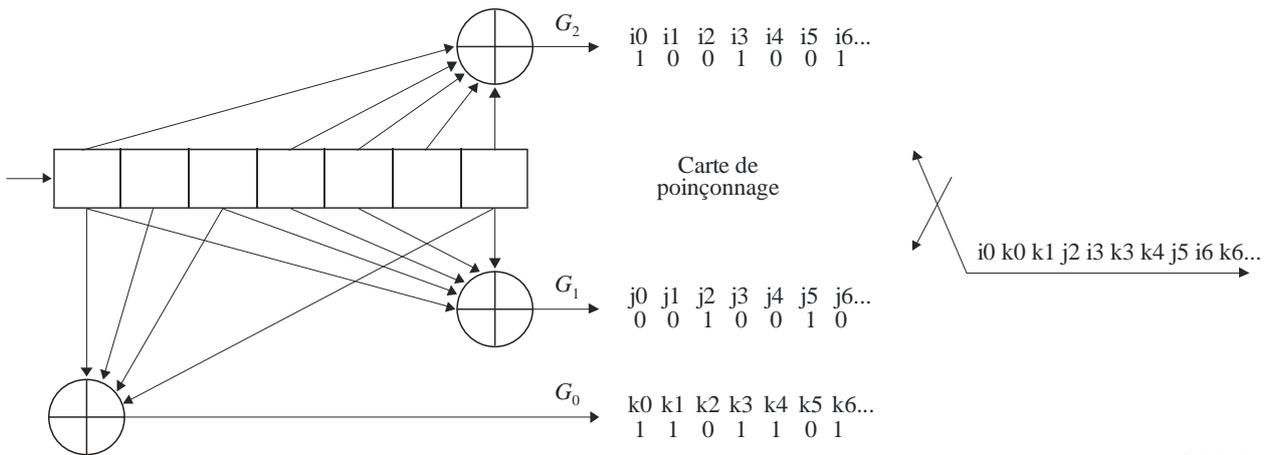


FIGURE 15

Codeur convolutif (exemple de rendement 3/4)



BO.1516-15

5.3 Caractéristiques de synchronisation

5.3.1 Caractéristiques de synchronisation pour le Système A

Le flux d'entrée du système doit être organisé en paquets de longueur fixe, suivant le multiplexeur de transport MPEG-2 (voir ISO/CEI DIS 13818-1 [1] (voir le § 6)). La longueur totale d'un paquet du multiplex (MUX) de transport MPEG-2 est de 188 octets, y compris un octet de mot de synchronisation (soit 47_h). Le traitement à l'extrémité d'émission doit toujours commencer par le bit de plus fort poids (MSB, *most significant bit*) (soit 0) de l'octet du mot de synchronisation (soit 01000111).

5.3.2 Caractéristiques de synchronisation pour le Système B

Un seul octet de synchronisation est ajouté à chaque bloc codé (146 octets). L'octet de synchronisation est ajouté une fois l'entrelacement terminé. L'octet de synchronisation correspond à la valeur binaire 00011101 et est ajouté au début de chaque bloc codé.

5.3.3 Caractéristiques de synchronisation pour le Système C

Le traitement de la transmission sur la liaison montante facilite la synchronisation sur la liaison descendante du système à code à CED en réorganisant les paquets MPEG-2 et en effectuant le formatage du mot réservé et de synchronisation de trame de 16 bits. La Fig. 16 illustre le traitement de la liaison montante, nécessaire pour que la séquence de synchronisation de trame de 16 bits apparaisse à la sortie du décodeur de Viterbi à des emplacements d'octets consécutifs et à tous les 12 intervalles de blocs RS.

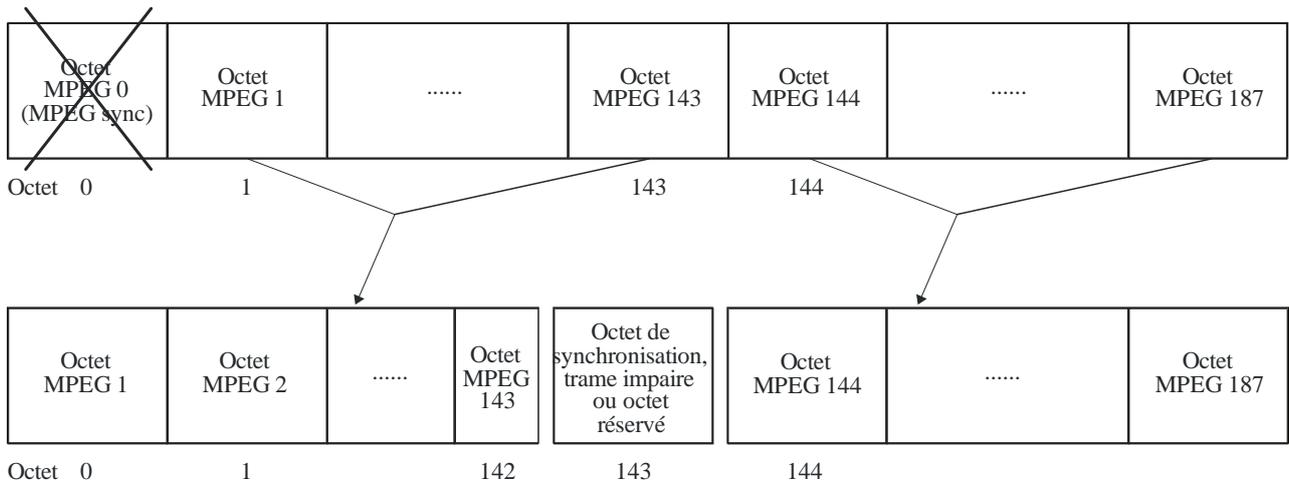
Le codeur effectue les fonctions ci-dessous à des fins de synchronisation.

- L'entrée du réorganisateur de paquets sur la liaison montante est constituée d'un flux de paquets de transport MPEG-2 de 188 octets, numérotés ici de 0 à 187. Les paquets de transport MPEG-2 peuvent être numérotés $n = 0, 1, 2$.
- Pour les paquets de transport numérotés 0 modulo 12, l'octet de synchronisation MPEG-2 numéro 0 est remplacé par l'octet pair de synchronisation de trame 00110110, du bit MSB au bit de plus faible poids (LSB, *least significant bit*) dans le sens de gauche à droite. Le MSB est transmis en premier dans le canal. Si le flux de transport MPEG courant se retrouve sur un MUX de canal Q dans le mode de multiplexage divisé, l'octet pair de synchronisation est constitué de 10100100.

- Pour les paquets de transport numérotés 11 modulo 12, l'octet de synchronisation MPEG-2 numéro 0 est éliminé, les octets de numéro 1 à 143 sont décalés, l'octet impair de synchronisation de trame 01011010 (du MSB au LSB, le MSB étant le premier sur le canal) est inséré après l'octet MPEG-2 143 (pour le MUX de canal Q dans le mode de multiplexage divisé, l'octet impair de synchronisation est 01111110), et les octets MPEG-2 144 à 187 sont annexés pour compléter la structure de paquets. La Fig. 17 illustre ce traitement des paquets à numéro impair.
- Pour les paquets de transport à numéro pair non égal à 0 modulo 12, l'octet de synchronisation MPEG-2 numéro 0 est remplacé par un octet réservé.
- Pour les paquets de transport à numéro impair non égal à 11 modulo 12, l'octet de synchronisation MPEG-2 numéro 0 est éliminé, les octets numéro 1 à 143 sont décalés, l'octet réservé est inséré après l'octet MPEG-2 143 et les octets MPEG 144 à 187 sont annexés pour compléter la structure des paquets.
- Le randomiseur est initialisé aux paquets de transport numérotés 0 modulo 24; le randomiseur est coupé durant les occurrences de 16 bits des octets de synchronisation pairs et impairs à la sortie de l'entrelaceur convolutif, tous les 12 blocs RS.
- Dans le cas du multiplexage divisé, les données du flux Q sont retardées de la durée d'un symbole par rapport aux données du flux I , lorsqu'elles sont appliquées au modulateur MDP-4, ce qui permet une réacquisition rapide durant les évanouissements sur les liaisons descendantes ou durant les sauts de cycle.

FIGURE 17

Réorganisation des paquets à numéro impair sur la liaison montante



BO.1516-17

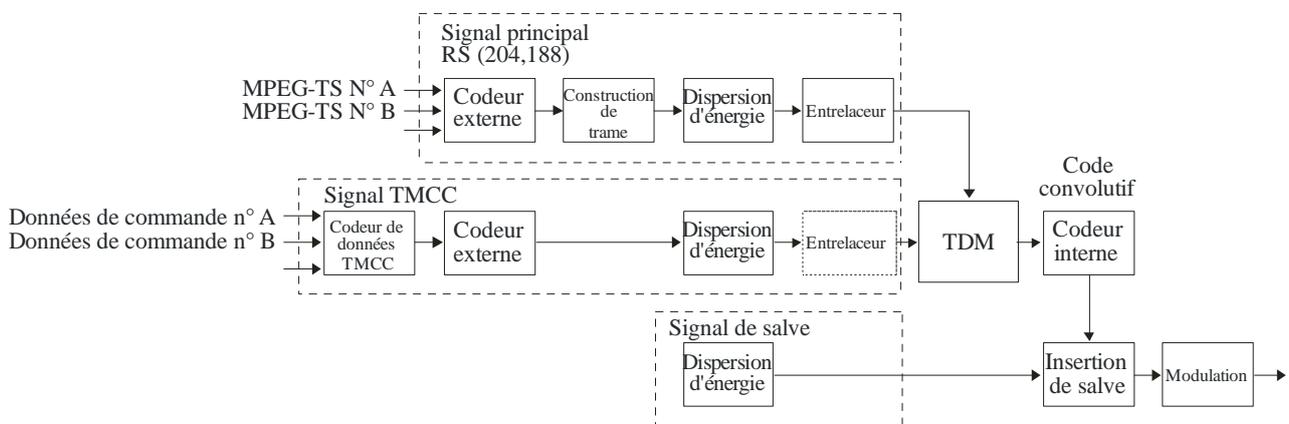
5.3.4 Caractéristiques de synchronisation pour le Système D

La Fig. 18 présente la configuration générale du Système D. Le système traite trois types de signaux afin de transmettre plusieurs flux MPEG-TS avec divers types de schémas de modulation et afin d'assurer une réception facile et stable. Ces trois signaux sont les suivants:

- un signal principal, qui comporte plusieurs flux MPEG-TS et achemine le contenu des programmes;
- un signal de commande de configuration de transmission et de multiplexage (TMCC), qui informe le récepteur des schémas de modulation appliqués, de l'identification des flux MPEG-TS, etc.; et
- un signal de salve, qui garantit une récupération stable de la porteuse au niveau du récepteur quelles que soient les conditions de réception (en particulier dans le cas d'un faible rapport porteuse sur bruit (C/N)).

FIGURE 18

Configuration générale du système



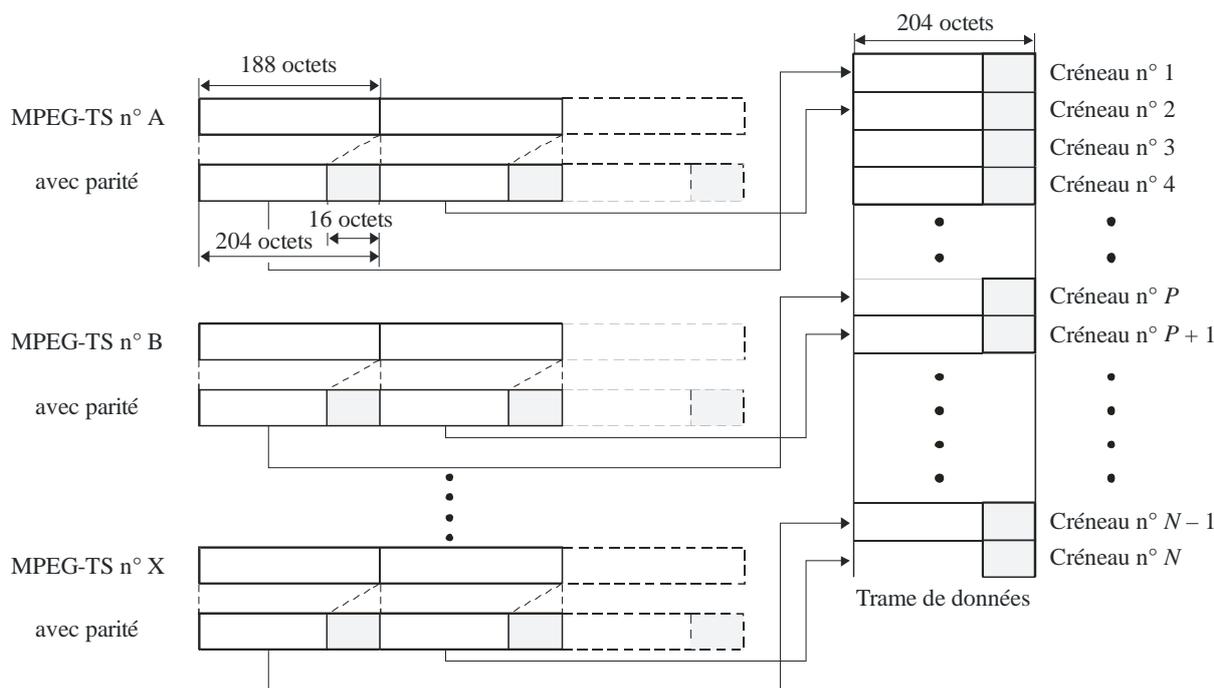
BO.1516-18

Pour traiter une multiplicité de flux MPEG-TS et pour permettre l'utilisation simultanée de plusieurs schémas de modulation, une structure de trame est utilisée dans le Système D.

Pour combiner les flux MPEG-TS, il faut affecter les paquets de 204 octets protégés contre les erreurs à des «créneaux» ménagés dans une «trame de données» (voir la Fig. 19). Le créneau indique la position absolue dans la trame de données et il sert d'unité pour désigner le schéma de modulation et l'identification du flux MPEG-TS. La taille d'un créneau (nombre d'octets dans le créneau) doit être de 204 octets, ce qui donne une correspondance biunivoque entre les créneaux et les paquets protégés contre les erreurs. La trame de données se compose de N créneaux.

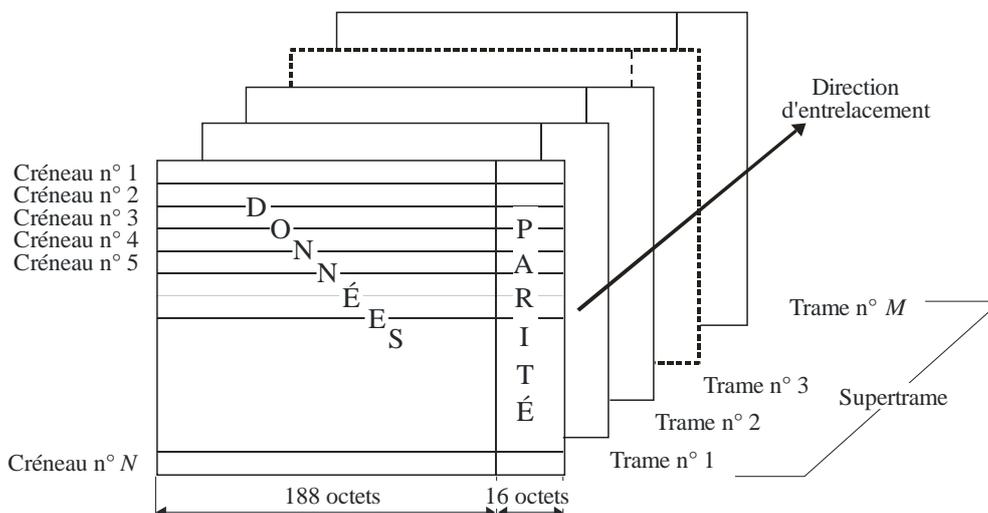
On introduit une supertrame pour faciliter l'opération d'entrelacement. La Fig. 20 montre la structure de cette supertrame, qui se compose de M trames (M désignant le niveau d'entrelacement).

FIGURE 19
Structure de trame



BO.1516-19

FIGURE 20
Structure de supertrame



BO.1516-20

Etant donné que l'efficacité d'utilisation du spectre ou le nombre de bits transmissibles par symbole varie en fonction de la combinaison entre le schéma de modulation et le rendement du code interne, le nombre de paquets transmis dépend de la combinaison. Etant donné que le nombre de symboles à moduler par un schéma de modulation particulier doit être une valeur entière, la relation entre le nombre de paquets transmis et le nombre de symboles pour la modulation est donnée par la formule (1).

$$I_k = \frac{8 B P_k}{E_k} \quad (1)$$

où:

I_k, P_k : entiers

I_k : nombre de symboles transmis avec la $k^{\text{ième}}$ combinaison entre le schéma de modulation et le rendement du code interne

P_k : nombre de paquets transmis avec la $k^{\text{ième}}$ combinaison entre le schéma de modulation et le rendement du code interne

E_k : efficacité d'utilisation du spectre de la $k^{\text{ième}}$ combinaison entre le schéma de modulation et le rendement du code interne

B : nombre d'octets par paquet (= 204).

Le nombre de symboles par trame de données, I_D , est exprimé par la formule (2).

$$I_D = \sum_k I_k \quad (2)$$

Le nombre de paquets transmis pendant la durée d'une trame devient maximal lorsque tous les paquets sont modulés par la combinaison modulation-code ayant l'efficacité d'utilisation du spectre la plus élevée parmi les combinaisons possibles dans le système. Par conséquent, la formule (1) permet d'exprimer comme suit le nombre de créneaux offerts par le système en fonction de I_D et E_{max} .

$$N = \frac{I_D E_{max}}{8 B} \quad (3)$$

où N désigne le nombre de créneaux offerts par le système, et E_{max} l'efficacité d'utilisation du spectre la plus élevée parmi les combinaisons modulation-code offertes par le système.

En cas d'utilisation de combinaisons modulation-code n'ayant pas l'efficacité d'utilisation du spectre la plus élevée, le nombre de paquets transmis devient inférieur au nombre de créneaux offerts par le système. Dans ce cas, certains créneaux doivent être remplis avec des données fictives pour que la taille de trame (le nombre de créneaux dans une trame) reste constante. Ces créneaux sont appelés «créneaux fictifs». Le nombre de créneaux fictifs S_d dans une trame est obtenu au moyen de la formule (4) ci-après.

$$S_d = N - \sum_k P_k \quad (4)$$

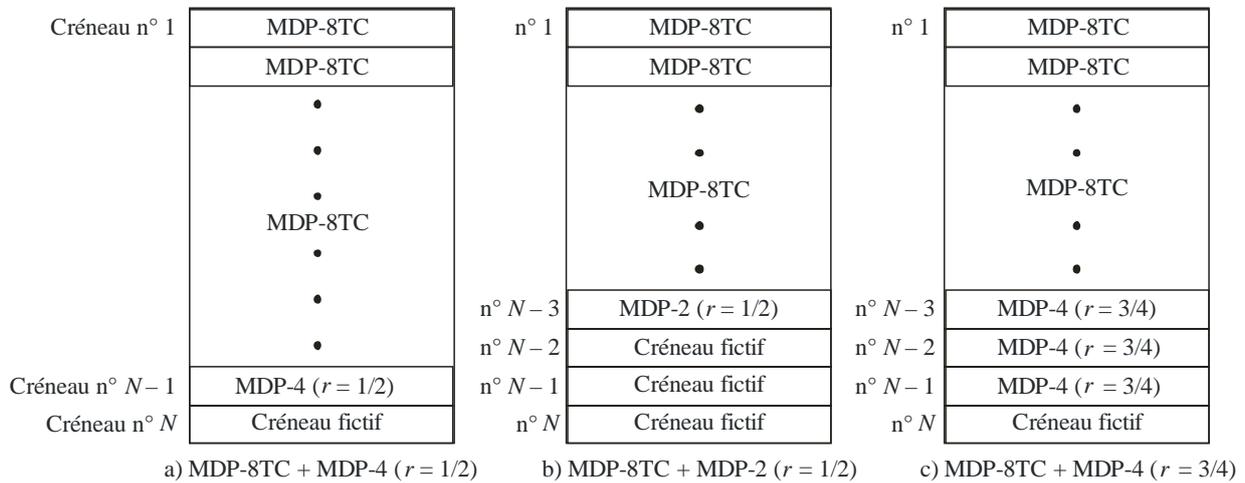
Lorsque plusieurs schémas de modulation sont utilisés simultanément, autrement dit une partie des créneaux d'une trame sont modulés par une certaine combinaison modulation-code tandis que les autres créneaux sont modulés par d'autres combinaisons, la modulation des données doit se faire du schéma ayant l'efficacité d'utilisation du spectre la plus élevée au schéma ayant l'efficacité d'utilisation du spectre la moins élevée parmi les combinaisons effectivement utilisées. En d'autres termes, les paquets transmis avec une combinaison ayant une efficacité d'utilisation du spectre élevée sont affectés aux créneaux de petit numéro dans une trame. Avec cet ordre de modulation, on

obtient la valeur minimale du taux d'erreurs sur les bits après décodage du code convolutif dans le cas d'une réception avec un faible rapport C/N .

La Fig. 21 donne quelques exemples d'affectation des créneaux lorsqu'on utilise respectivement les combinaisons MDP-4 ($r = 1/2$, r désignant le rendement de codage), MDP-2 ($r = 1/2$) et MDP-4 ($r = 3/4$) avec la combinaison MDP-8 avec codage en treillis (CT) ($r = 2/3$). Dans les exemples, la combinaison MDP-8CT ($r = 2/3$) est supposée être celle qui présente l'efficacité d'utilisation du spectre la plus élevée parmi les combinaisons du système. Comme l'efficacité d'utilisation du spectre de la combinaison MDP-4 ($r = 1/2$) vaut la moitié de celle de la combinaison MDP-8TC, un créneau fictif est inséré (Fig. 21a)); comme l'efficacité d'utilisation du spectre de la combinaison MDP-2 ($r = 1/2$) vaut un quart de celle de la combinaison MDP-8TC, trois créneaux fictifs sont insérés (Fig. 21b)); et comme l'efficacité d'utilisation du spectre de la combinaison MDP-4 ($r = 3/4$) vaut $3/4$ de celle de la combinaison MDP-8TC, un créneau fictif est inséré pour trois créneaux actifs (Fig. 21c)).

FIGURE 21

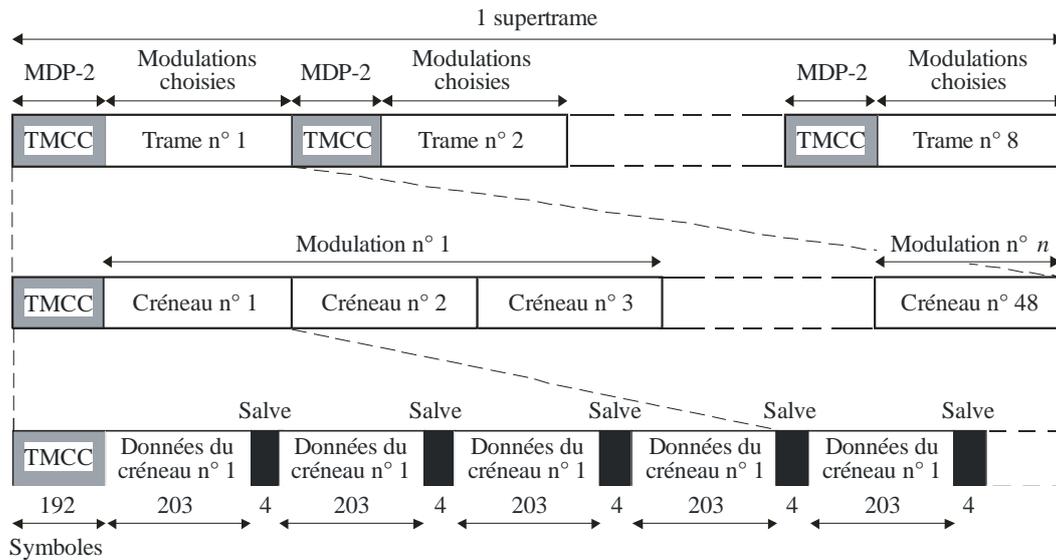
Exemple d'affectation des créneaux



Le Système D utilise le signal TMCC pour acheminer les informations sur les schémas de modulation et l'ID MPEG-2 TS qui est appliqué aux créneaux, etc. On trouvera dans l'Appendice 2 des informations détaillées relatives au signal TMCC. La Fig. 22 décrit le signal de transmission pour le Système D.

FIGURE 22

Description du signal de transmission



Lorsque la modulation n° 1 est du type MDP-8CT

BO.1516-22

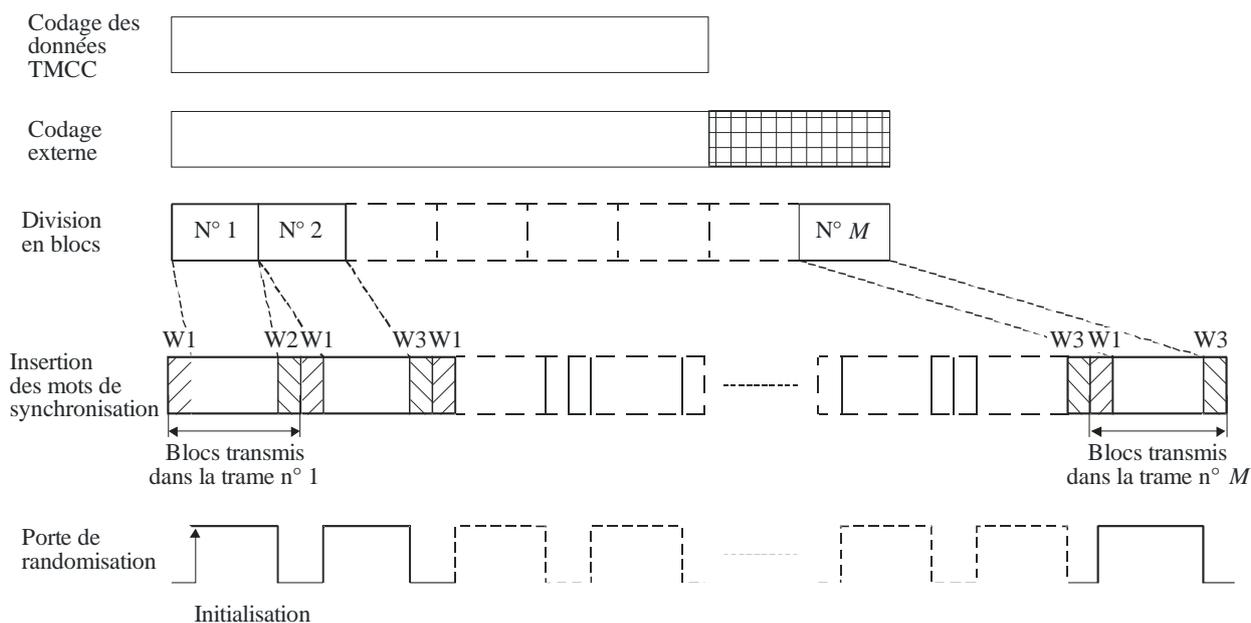
Le signal principal et le signal TMCC doivent faire l'objet d'un multiplexage par répartition dans le temps à chaque trame. En fonction des combinaisons modulation-code choisies pour chaque créneau, la base de temps du signal multiplexé subit une expansion/compression partielle (sur la base du créneau) en raison du processus de codage convolutif. Par cette opération, les créneaux fictifs éventuellement inclus dans le signal principal sont exclus du signal de transmission. La Fig. 23 illustre les processus théoriques d'intégration du signal principal, du signal TMCC et du signal de salve en vue de la constitution du signal de transmission.

Afin de maintenir un intervalle constant entre les salves successives tout au long d'une trame (voir la Fig. 22), un signal de salve est inséré une fois tous les 204 symboles du signal principal à codage convolutif. Il est à noter que la salve est insérée une fois tous les 203 symboles lorsque les mots de synchronisation MPEG ne sont pas transmis (voir le § 5.4.4). La durée de la salve est de 4 symboles. Les données de la salve avant modulation sont randomisées au moyen d'une séquence aléatoire appropriée en vue d'une dispersion d'énergie. Le schéma de modulation pour le signal de salve est le même que celui qui est appliqué au signal TMCC (le schéma le plus robuste vis-à-vis du bruit de transmission).

Lorsque la récupération de la porteuse dans le récepteur est effectuée uniquement à partir des signaux de salve, la porteuse récupérée n'est pas toujours verrouillée sur la bonne fréquence. Pour résoudre ce problème (mauvais verrouillage de la boucle à verrouillage de phase (PLL)), on peut utiliser le signal de transmission pendant la durée du signal TMCC en plus du signal de salve (en cas de mauvais verrouillage de la boucle PLL, le nombre de cycles de la porteuse récupérée pendant la durée du signal TMCC est un nombre différent qui est incorrect; la boucle PLL peut donc être commandée grâce à la différence du nombre de cycles).

FIGURE 23

Génération du signal TMCC



BO.1516-23

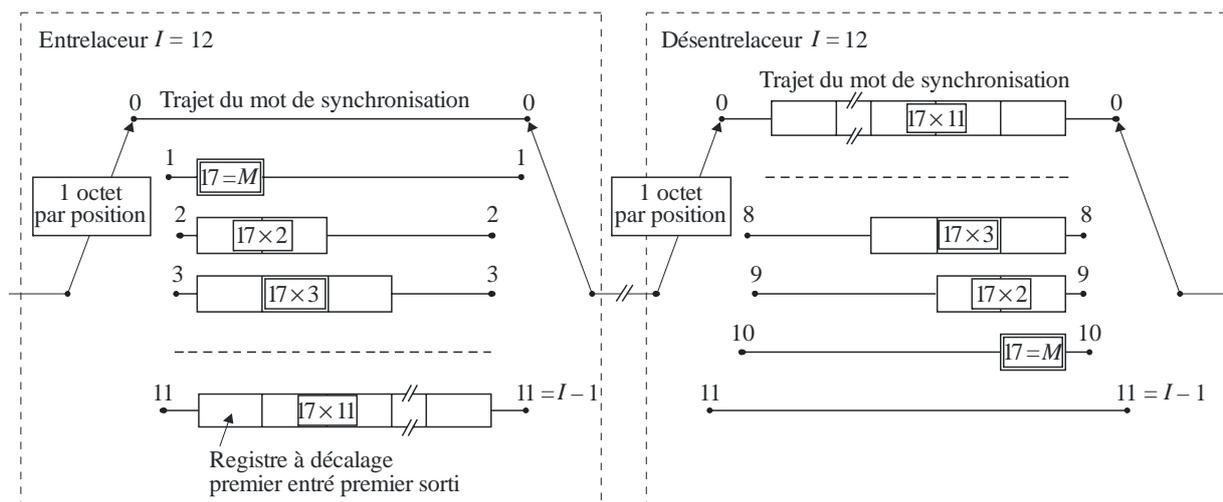
5.4 Entrelaceurs

5.4.1 Entrelaceur convolutif pour le Système A

Selon le schéma conceptuel de la Fig. 24a, un entrelacement convolutif de niveau $I = 12$ est appliqué aux paquets protégés contre les erreurs, ce qui donne une trame entrelacée.

FIGURE 24a

Schéma conceptuel de l'entrelaceur et du désentrelaceur convolutifs



BO.1516-24a

La procédure d'entrelacement convolutif se fonde sur l'approche de Forney, compatible avec l'approche Ramsey de type III, avec $I = 12$. La trame entrelacée se compose de paquets en chevauchement, protégés contre les erreurs, et est délimitée par des octets de synchronisation inversés ou non inversés MPEG-2 (ce qui préserve la périodicité de 204 octets).

L'entrelaceur peut comporter $I = 12$ embranchements, connectés cycliquement au flux d'octets d'entrée par le commutateur d'entrée. À chaque embranchement est associé un registre à décalage premier entré premier sorti, à cellules de niveau (Mj) (avec $M = 17 = N/I$, $N = 204 =$ longueur de trame protégée contre les erreurs, $I = 12 =$ niveau d'entrelacement, $j =$ indice d'embranchement). Les cellules du registre à décalage premier entré premier sorti contiennent un octet, et les commutateurs d'entrée et de sortie sont synchronisés.

A des fins de synchronisation, les octets de synchronisation et les octets de synchronisation inversés sont toujours acheminés sur l'embranchement «0» de l'entrelaceur (ce qui correspond à un retard nul).

NOTE 1 – Le désentrelaceur est en principe similaire à l'entrelaceur, mais les indices d'embranchement sont inversés ($j = 0$ correspond au temps de propagation le plus important). La synchronisation du désentrelacement peut être assurée par acheminement du premier octet de synchronisation reconnu dans l'embranchement «0».

5.4.2 Entrelaceur convolutif pour le Système B

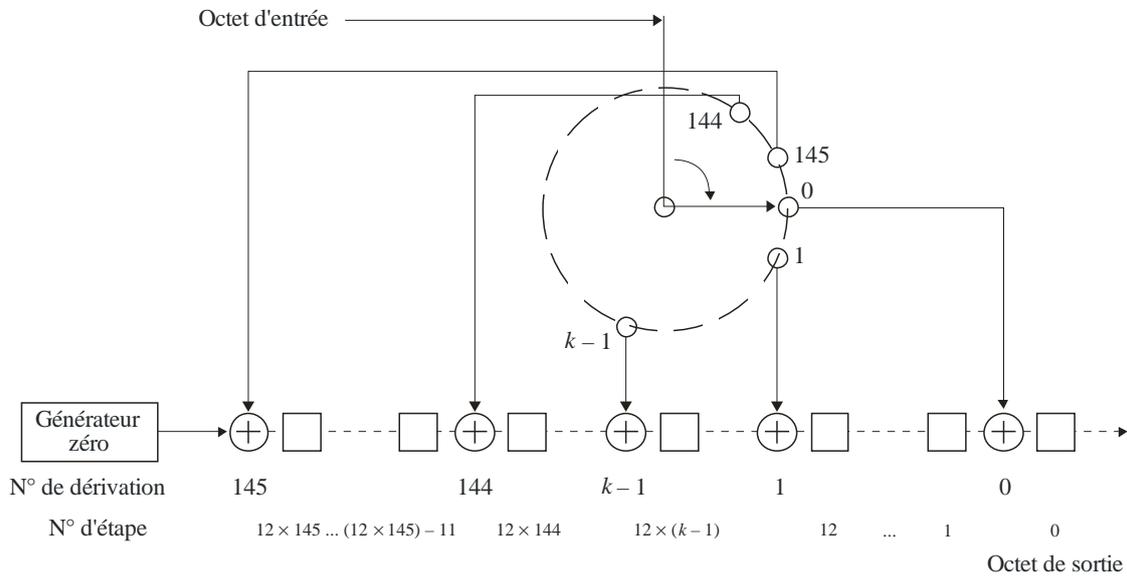
Le Système B utilise un entrelaceur convolutif défini par le schéma fonctionnel de la Fig. 24b. Il s'agit d'un entrelaceur Ramsey de type II, caractérisé par les paramètres suivants (voir la Note 1):

- $I = 146$ longueur des blocs de l'entrelaceur et
- $D = 13$ niveau d'entrelacement.

NOTE 1 – J. RAMSEY, [mai 1970] Realization of optimum interleavers. *IEEE Trans. Inform. Theory*, Vol. IT-16, 338-345.

FIGURE 24b

Schéma fonctionnel de l'entrelaceur convolutif du Système B



BO.1516-24b

L'entrelacement convolutif produit un retard absolu de lecture à écriture, qui s'incrémente linéairement avec l'indice d'octet à l'intérieur d'un bloc de I octets:

$$\text{Retard lecture/écriture (octets)} \quad (D - 1) k \quad \text{avec } k = 0, \dots, I - 1.$$

L'entrelaceur n'ajoute pas d'éléments de service au flux de données. Il est constitué d'un commutateur et d'un registre à décalage à prises. L'entrelaceur commence à la position 0 du commutateur, au début de chaque paquet de données, et il fonctionne en suivant les étapes ci-dessous.

Pour chaque octet d'entrée,

Etape 1: il ajoute l'octet présent à la prise qui correspond à la position courante du commutateur (0 est présent à la prise lorsqu'il n'y a pas eu sélection par le commutateur),

Etape 2: il déplace le contenu du registre à décalage d'un octet vers la droite,

Etape 3: il déplace le commutateur à la position de commutateur suivante, et

Etape 4: il échantillonne l'octet de sortie à la position 0 du registre à décalage.

5.4.3 Entrelaceur convolutif pour le Système C

La couche de codage assure l'entrelacement convolutif des symboles de sortie du codeur RS à 8 bits. Les caractéristiques ci-dessous définissent l'entrelacement convolutif.

- L'entrelaceur à niveau $I = 12$, $J = 19$ est constitué d'une mémoire de symboles RS $I(I-1)J/2 = 1254$. La structure de l'entrelaceur sera compatible avec le type de commutateur, comme l'illustre la Fig. 25.
- Le premier octet d'un bloc de sortie codé RS est présent à l'entrée et à la sortie du bras de commutateur de l'entrelaceur à retard nul.
- Le $k^{\text{ième}}$ bras de commutateur inclut $k \cdot J$ retards d'octets pour $k = 0, 1, \dots, 11$ et $J = 19$. Un octet de sortie est lu du $k^{\text{ième}}$ premier entré premier sorti ou tampon circulaire, un octet d'entrée est écrit ou décalé dans le $k^{\text{ième}}$ tampon, et le bras de commutateur avance à la position du bras d'entrelaceur $k + 1$. Une fois terminées la lecture et l'écriture à partir du dernier bras de commutateur, le commutateur avance à la position à retard zéro pour la sortie suivante.

5.4.4 Entrelaceur de blocs pour le Système D

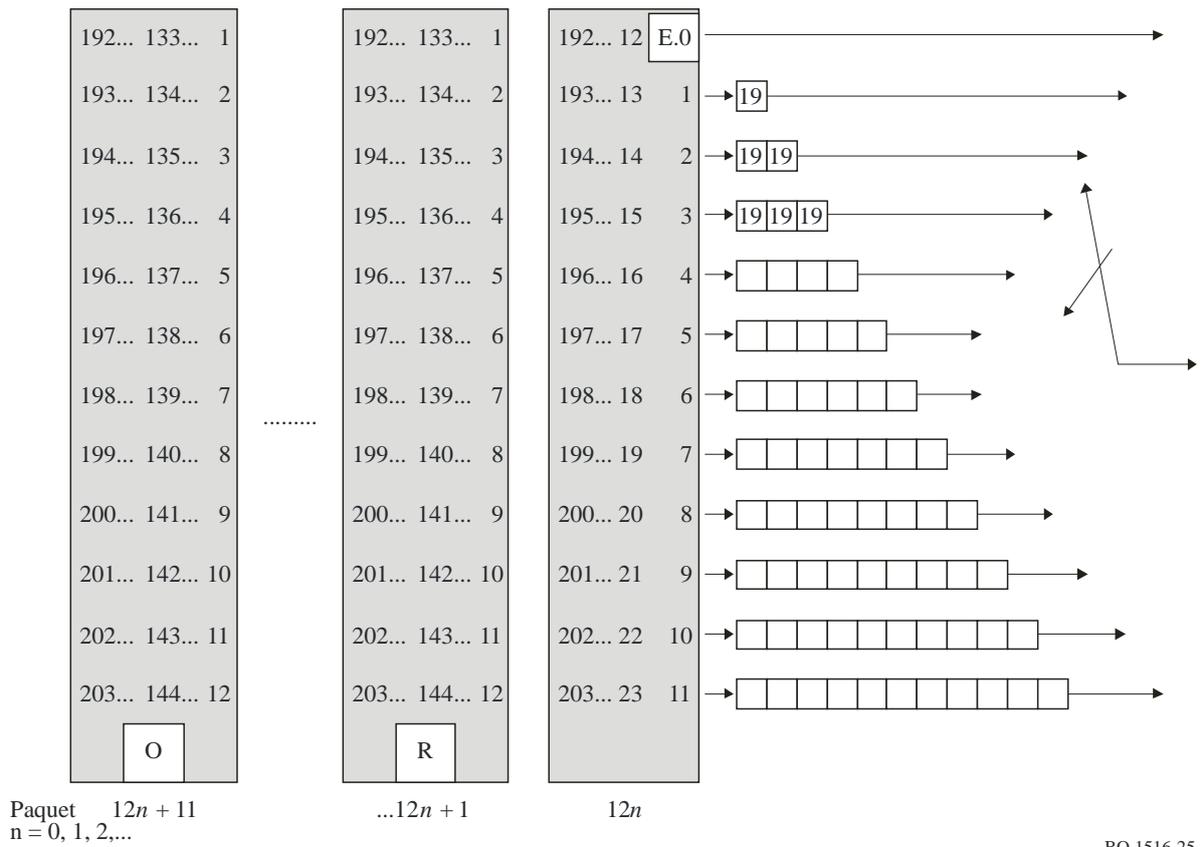
Pour traiter une multiplicité de flux MPEG-TS et pour permettre l'utilisation simultanée de plusieurs schémas de modulation, une structure de trame est utilisée pour le Système D. La structure de trame est donnée dans le § 5.3.4.

Les données randomisées subissent un entrelacement de blocs intertrames, de niveau M , illustré par la Fig. 26. L'assignation des créneaux pour chaque trame est la même dans toute la supertrame; de ce fait, l'entrelacement porte seulement sur les données transmises avec la même combinaison modulation-code. L'entrelacement n'est pas appliqué au premier octet (octet de synchronisation MPEG) de chaque créneau.

La Fig. 26 montre un exemple d'entrelacement de niveau 8 (supertrame composée de 8 trames), avec utilisation de deux combinaisons modulation-code différentes. Les données de la trame initiale sont lues dans la direction de l'intertrame, c'est-à-dire dans l'ordre $A1, 1, A2, 1, A3, 1, \dots$, où A_i, j représente les données de l'octet du $j^{\text{ème}}$ créneau dans la $i^{\text{ème}}$ trame, pour former la trame entrelacée. Les données de la trame entrelacée sont lues dans la direction des octets (horizontalement) et injectées au multiplexeur MRT.

FIGURE 25

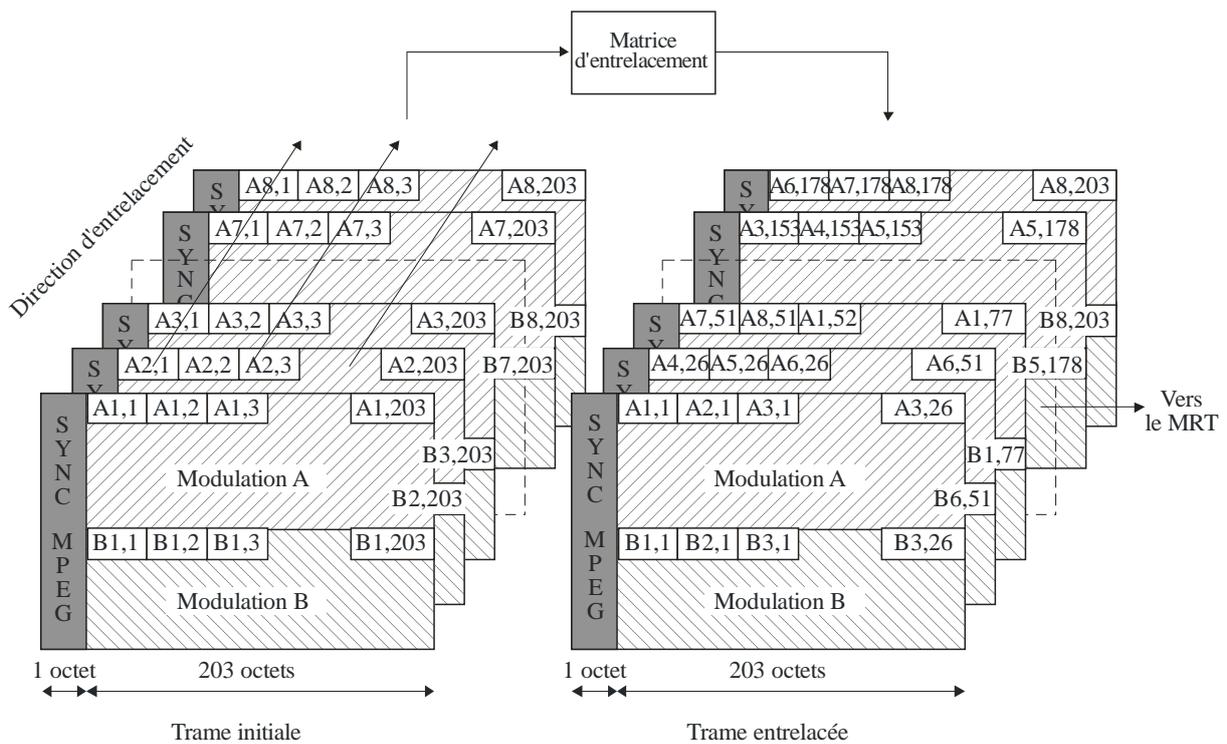
Entrelaceur convolutif



BO.1516-25

FIGURE 26

Schéma conceptuel de l'entrelacement



BO.1516-26

Il est inutile de transmettre le premier octet de chaque paquet (le mot de synchronisation MPEG de 47h), parce que les références temporelles (mots de synchronisation de trames) sont transportées par le signal TMCC. Les mots de synchronisation MPEG omis doivent être récupérés dans le récepteur, pour permettre un codage externe convenable.

5.5 Codeur RS

Le décodeur RS pourra fonctionner avec les paramètres abrégés suivants:

- (204,188, $T = 8$)
- (146,130, $T = 8$).

Les codes RS abrégés peuvent être appliqués par adjonction d'octets (51 pour le code (204,188) et 109 pour le code (146,130)), tous mis à zéro, avant les octets d'information à l'entrée d'un codeur (255, 239). Après la procédure de codage RS, ces octets nuls doivent être éliminés.

5.5.1 Caractéristiques du codeur RS pour le Système A

Le Système A utilise le code (204,188, $T = 8$).

5.5.2 Caractéristiques du codeur RS pour le Système B

Le Système B utilise le code (146,130, $T = 8$).

5.5.3 Caractéristiques du codeur RS pour le Système C

Le Système C utilise le code (204,188, $T = 8$).

5.5.4 Caractéristiques du codeur RS pour le Système D

Le Système D utilise le code (204,188, $T = 8$).

Le code RS est un code (204,188, $T = 8$) à symboles de 8 bits, dérivé d'une longueur de bloc de 256 symboles et corrigeant jusqu'à $t = 8$ symboles par bloc.

Le champ fini GF(256) est construit à partir du polynôme primitif $p(x) = x^8 + x^4 + x^3 + x^2 + 1$.

Le polynôme générateur correspondant au code de correction d'erreurs t comporte des racines à

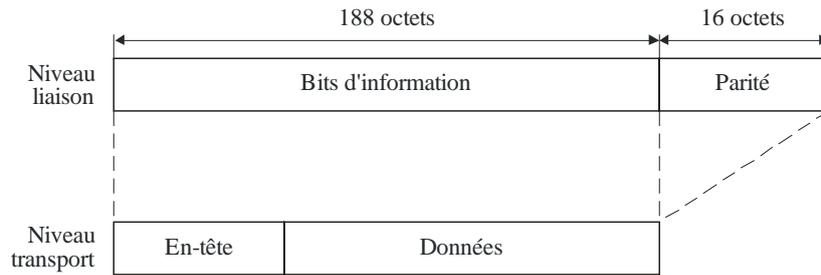
$$x = a^i, i = 1, 2, \dots, 2t, g(x) = \prod_{i=1}^{i=2t} (x + a^i).$$

Pour $t = 8$, le polynôme générateur est $g(x) = x^{16} + a^{121}x^{15} + a^{106}x^{14} + a^{110}x^{13} + a^{113}x^{12} + a^{107}x^{11} + a^{167}x^{10} + a^{83}x^9 + a^{11}x^8 + a^{100}x^7 + a^{201}x^6 + a^{158}x^5 + a^{181}x^4 + a^{195}x^3 + a^{208}x^2 + a^{240}x + a^{136}$.

Pour un code $(N, N - 2t)$, on génère un mot de code de N symboles en introduisant les symboles de données dans les $N - 2t$ premiers cycles d'horloge, puis en faisant fonctionner le circuit pour générer les symboles de parité $2t$. Ce codeur est clairement systématique, car la sortie est identique à l'entrée des symboles de données pour les $N - 2t$ premiers cycles. Algébriquement, la séquence de symboles $d_{N-2t-1}, d_{N-2t-2}, \dots, d_0$ entrée dans le codeur représente le polynôme $d(x) = d_{N-2t-1} x^{N-2t-1} + d_{N-2t-2} x^{N-2t-2} + \dots + d_1 x + d_0$. Ce codeur forme le mot de code $c(x) = x^{2t} d(x) + rmd[d(x) / g(x)]$, et produit en sortie les coefficients dans l'ordre du plus élevé au plus bas.

La convention de conversion parallèle-série des bits de données en symboles est celle d'un registre à décalage de gauche à droite, le bit le plus ancien étant le LSB et le bit le plus récent étant le MSB. Le code RS est appliqué aux paquets, comme l'illustre la Fig. 27.

FIGURE 27
Code RS appliqué à un paquet



BO.1516-27

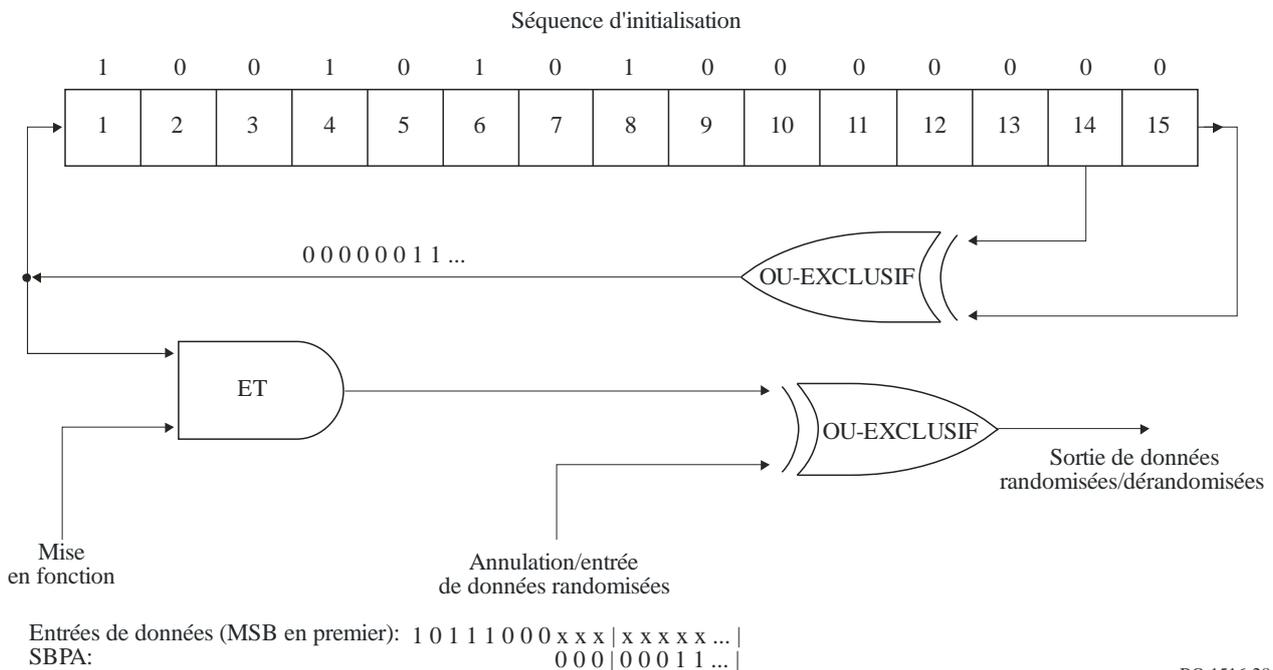
5.6 Dispersion d'énergie

5.6.1 Dispersion d'énergie pour le Système A

Le Système A élimine la séquence de randomisation après le décodage de RS. Le polynôme générateur SBPA doit être $1 + x^{14} + x^{15}$, avec la séquence de chargement «100101010000000».

Afin de satisfaire aux exigences du Règlement des radiocommunications et d'assurer des transitions binaires adéquates, les données du multiplex MPEG-2 d'entrée doivent être randomisées conformément à la configuration de la Fig. 28.

FIGURE 28
Schéma de randomisation/dérandomisation



BO.1516-28

Le polynôme générateur SBPA est de la forme:

$$1 + x^{14} + x^{15}$$

Le chargement de la séquence «100101010000000» dans les registres de SBPA (voir la Fig. 28) commence au début de chaque groupe de huit paquets de transport. Le signal d'initialisation du désembrouilleur est assuré par une inversion binaire de 47_h à B8_h, de l'octet de synchronisation

MPEG-2 du premier paquet de transport d'un groupe de 8 paquets, en une opération appelée «adaptation de multiplexage de transport».

Le premier bit en sortie du générateur de SBPA est appliqué à la position du premier bit (c'est-à-dire à celle du MSB) du premier octet qui suit l'octet de synchronisation inversé MPEG-2 (soit $B8_h$). Pour faciliter les autres fonctions de synchronisation pendant le traitement des octets de synchronisation MPEG-2 des sept paquets de transport suivants, la génération SBPA se poursuit, mais la sortie est déconnectée et ces octets ne sont donc pas randomisés. Ainsi, la période de la SBPA est de 1 503 octets.

Le processus de randomisation est également actif lorsque le flux binaire d'entrée du modulateur n'existe pas ou ne correspond pas au format du flux de transport MPEG-2 (soit 1 octet de synchronisation + 187 octets paquets). On évite ainsi d'émettre une porteuse non modulée en sortie du modulateur.

5.6.2 Dispersion d'énergie pour le Système B

Le Système B n'utilise pas de schéma de randomisation.

5.6.3 Dispersion d'énergie pour le Système C

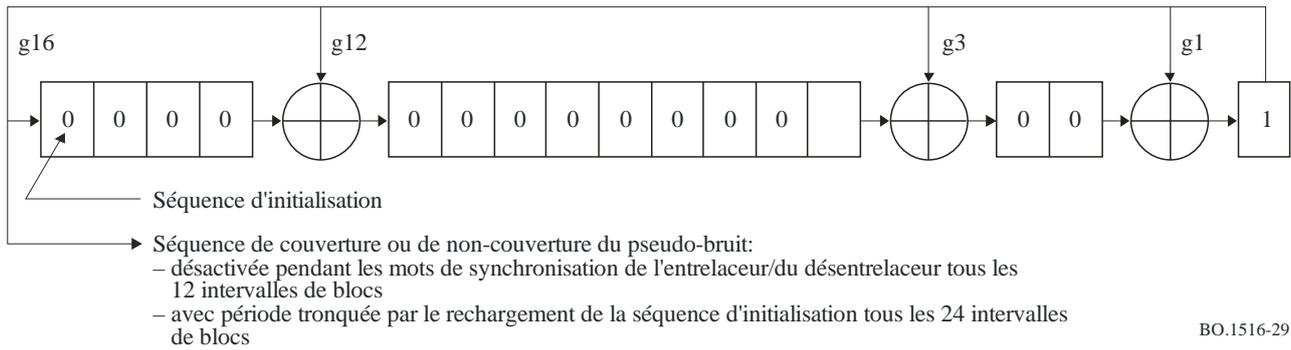
Le Système C applique des fonctions de randomisation après le décodage convolutif. Le polynôme générateur SBPA doit être $1 + x + x^3 + x^{12} + x^{16}$, avec une séquence de chargement «0001_h».

La couche de codage utilise la randomisation de données (embrouillage) à la sortie de l'entrelaceur et à l'entrée du désentrelaceur pour la dispersion d'énergie et afin d'assurer une haute densité de transition des données aux fins de rétablissement de la temporisation des bits. Les caractéristiques ci-dessous définissent la randomisation des données.

- Les données de transmission précédant le codage convolutif sont randomisées par l'intermédiaire d'une porte OU EXCLUSIF à séquence pseudo-aléatoire (pseudo-bruit) tronquée de longueur maximale $2^{16} - 1$, qui recommence tous les 24 intervalles de blocs de codeur RS, comme l'indique la Fig. 29.
- Les séquences de synchronisation de 16 bits à CED, qui se produisent tous les 12 intervalles de blocs RS, ne sont pas randomisées. Le randomiseur reçoit des impulsions d'horloge durant les 16 temps de bit où sont insérées des séquences de synchronisation à CED, mais la sortie du randomiseur n'est pas utilisée avec les données de transmission en mode de fonctionnement OU EXCLUSIF.
- La séquence de pseudo-bruit est produite à partir d'un registre à décalage à réaction linéaire de 16 étages, doté de prises aux étages 16, 12, 3 et 1 (voir la Fig. 29). L'entrée du randomiseur est définie comme séquence de randomisation de pseudo-bruit.
- Le randomiseur est initialisé à la valeur 0001_h au premier bit suivant le mot de synchronisation de trame à CED pour octet impair et octet pair, que produit l'entrelaceur tous les 24 intervalles de blocs.

FIGURE 29

Schéma fonctionnel d'un randomiseur



5.6.4 Dispersion d'énergie pour le Système D

Pour la conformité aux dispositions du Règlement des radiocommunications, et pour assurer des transitions binaires adéquates, les données de la trame sont randomisées selon la configuration présentée dans la Fig. 30.

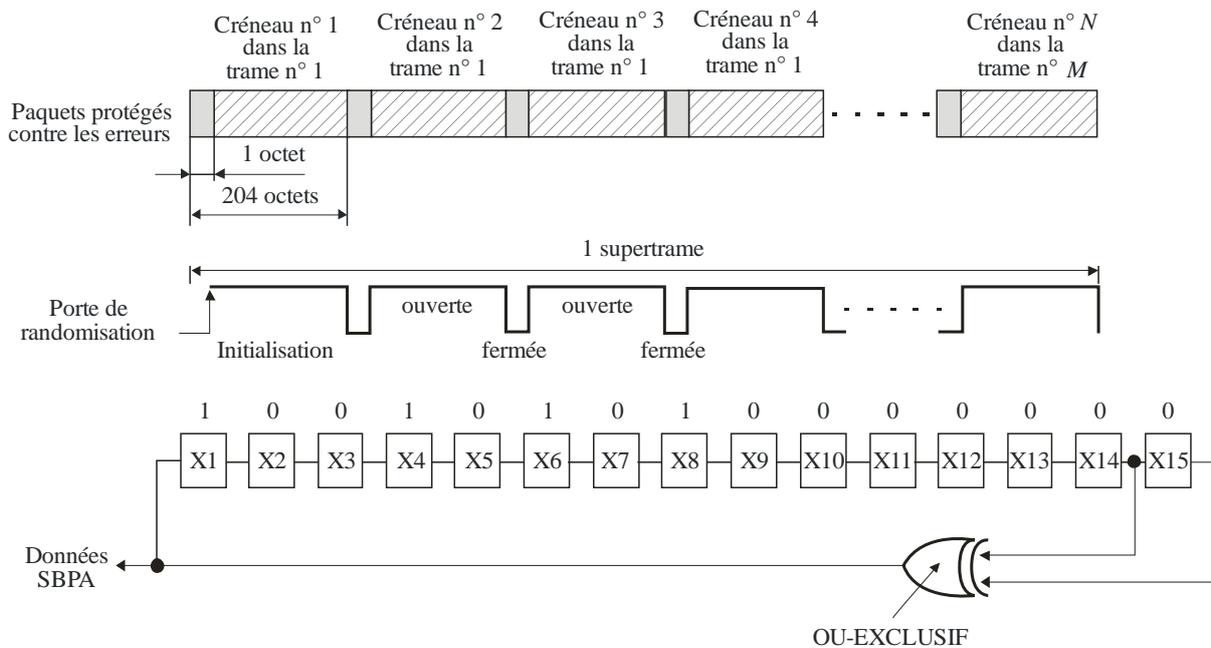
Le polynôme du générateur de SBPA est le suivant:

$$1 + x^{14} + x^{15}$$

Le chargement de la séquence «100101010000000» dans les registres SBPA, comme indiqué dans la Fig. 30, commence au deuxième octet de chaque supertrame. Le premier bit de la sortie du générateur SBPA est appliqué au premier bit (bit de plus fort poids) du deuxième octet du créneau n° 1 dans la trame n° 1. La séquence SBPA est ajoutée aux données, sauf au premier octet (octet de synchronisation MPEG) de chaque créneau.

FIGURE 30

Schéma fonctionnel d'un randomiseur



5.7 Caractéristiques de mise en trame et du flux de transport

5.7.1 Caractéristiques de mise en trame et du flux de transport pour le Système A

La mise en trame doit reposer sur la structure des paquets d'entrée (voir la Fig. 31a)).

5.7.2 Caractéristiques de mise en trame et du flux de transport pour le Système B

Voir l'Appendice 1.

5.7.3 Caractéristiques de mise en trame et du flux de transport pour le Système C

Voir les caractéristiques de synchronisation (§ 5.3.3).

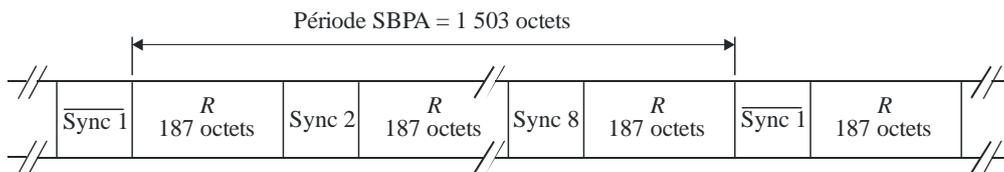
5.7.4 Caractéristiques de mise en trame et du flux de transport pour le Système D

Voir les caractéristiques de synchronisation (§ 5.3.4).

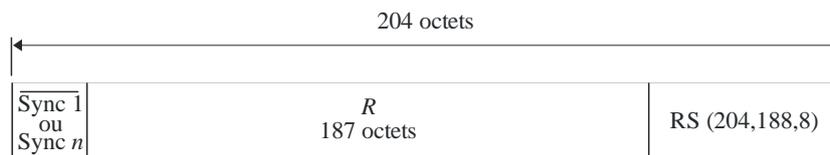
FIGURE 31
Structure de mise en trame



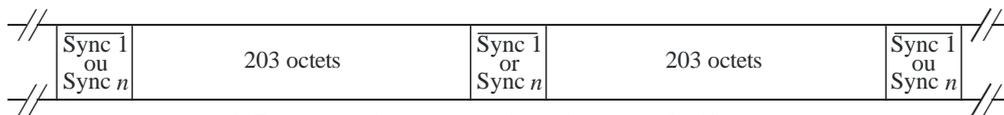
a) Paquet de multiplexage de transport MPEG-2



b) Paquets de transport randomisés: octets de synchronisation et séquence randomisée R



c) Paquet protégé contre les erreurs par code Reed-Solomon (RS) (204,188, $T=8$)



d) Trames entrelacés, niveau d'entrelacement $I=12$ octets

Sync 1: octet de synchronisation sans randomisation de complément
Sync n: octet de synchronisation non randomisé, $n = 2, 3, \dots, 8$

BO.1516-31

5.8 Signaux de commande

5.8.1 Signaux de commande pour le Système A

Aucun.

5.8.2 Signaux de commande pour le Système B

Aucun.

5.8.3 Signaux de commande pour le Système C

Aucun.

5.8.4 Signaux de commande pour le Système D

Voir l'Appendice 2.

6 Références

- [1] ISO/CEI. Norme ISO/CEI DIS 13818. Codage générique des images animées et des informations sonores associées, Parties 1, 2 et 3.
- [2] ATSC/A53, Annexe B. Recommandation UIT-R BS.1196, Annexe 2.
- [3] Norme ETS 300 468. *Digital broadcasting systems for television, sound and data services; Specification for Service Information (SI) in Digital Video Broadcasting (DVB) systems.*
- [4] Norme ETS 300 707. *Electronic Programme Guide (EPG); Protocol for a TV-guide using electronic data.*

7 Liste d'abréviations

AD	données auxiliaires (<i>auxiliary data</i>)
ATM	mode de transfert asynchrone (<i>asynchronous transfer mode</i>)
ATSC	Comité de systèmes de télévision évolués (<i>Advanced Television Systems Committee</i>)
CA	accès conditionnel (<i>conditional access</i>)
CED	correction d'erreur directe
ETS	Norme européenne de télécommunication (<i>European Telecommunication Standard</i>)
IRD	récepteur-décodeur intégré (<i>integrated receiver-decoder</i>)
MAQ	modulation d'amplitude en quadrature
MDP-4	modulation par déplacement de phase quadrivalente
MDP-8CT	modulation par déplacement de phase octovalente avec codage en treillis
MPEG	Groupe d'experts en images animées (<i>Motion Pictures Experts Group</i>)
MPEG-2 TS	flux de transport MPEG-2 (<i>MPEG-2 transport stream</i>)
PID	identification de programme (<i>programme identification</i>)
QEF	quasiment sans erreur (<i>quasi error-free</i>)
RAM	mémoire vive (<i>random access memory</i>)
ROM	mémoire morte (<i>read only memory</i>)
RS	Reed-Solomon
SBPA	séquence binaire pseudo-aléatoire
SCID	identification de canal de service (<i>service channel identification</i>)

SCTE	Society of Cable and Telecommunication Engineers
TMCC	commande de configuration de transmission et de multiplexage (<i>transmission and multiplexing configuration control</i>)

Appendice 1

à l'Annexe 1

Caractéristiques du flux de transport du Système B*

SOMMAIRE

- 1 Introduction
- 2 Préfixe
- 3 Paquets nuls et de gamme
- 4 Paquets d'application vidéo
 - 4.1 Paquets de données auxiliaires
 - 4.2 Paquets du service vidéo de base
 - 4.3 Paquets de données redondants
 - 4.4 Paquets de données vidéo autres que MPEG
- 5 Paquets d'application audio
 - 5.1 Paquets de données auxiliaires
 - 5.2 Paquets de service audio de base
 - 5.3 Paquets de données audio autres que MPEG
- 6 Paquets de guide sur les programmes
- 7 Contraintes du multiplex de transport
 - 7.1 Définition de contrainte de multiplex de flux élémentaire

* Les caractéristiques du flux de transport des Systèmes A et C sont indiquées comme référence [1], au § 6 de l'Annexe 1.

1 Introduction

Le présent Appendice définit le protocole de transport des flux binaires du Système B. Ces flux se caractérisent par une structure de paquets de longueur fixe, sur laquelle reposent la détection des erreurs, la resynchronisation logique et la dissimulation des erreurs au récepteur. Le protocole de transport du Système B est constitué de deux sous-couches distinctes: une sous-couche «liaison de données/réseau», un préfixe et une sous-couche «adaptation» de transport propre à chaque service. La sous-couche liaison de données/réseau assure des services génériques de transport, notamment en ce qui concerne les fanions de commande d'embrouillage, le multiplexage asynchrone de cellules et le contrôle des erreurs. La couche d'adaptation est conçue pour une mise en paquets efficace des données MPEG de longueur variable dans des cellules de longueur fixe, tout en permettant une resynchronisation logique rapide et la dissimulation des erreurs au décodeur après l'apparition d'erreurs impossibles à corriger.

Le format du protocole de transport définit des cellules (ou paquets) de données de longueur fixe, chaque cellule étant constituée d'un préfixe et d'un bloc de transport. Le préfixe contient quatre bits d'information de commande et douze bits d'identification du canal de service. Le multiplexage des services permet d'assurer une combinaison de services vidéo, audio et données. Le bloc de transport renferme des données auxiliaires contenant de l'information de temps et d'embrouillage, ainsi que des données propres aux services, par exemple des en-têtes MPEG redondants et des données MPEG normalisées pour les services vidéo MPEG.

Des mécanismes prévus dans le cadre de ce protocole facilitent la récupération rapide du décodeur après détection de la perte d'une ou de plusieurs des cellules dans le canal. En identifiant l'information spécifique et les données MPEG clés transmises de façon redondante, le décodeur peut déterminer la région de l'image touchée par des erreurs.

Le § 2 du présent Appendice décrit en détail la partie préfixe de la structure de transport. Le § 3 donne une description de deux types spéciaux de paquets de transport: les paquets nuls et les paquets de gamme. Les § 4 et 5 donnent respectivement des détails sur les paquets d'application vidéo et les paquets d'application audio. Le § 6 décrit les paquets relatifs au guide sur les programmes. Le présent Appendice se conclut par le § 7, qui donne une description des contraintes de multiplexage applicables à la gestion du tampon de transport.

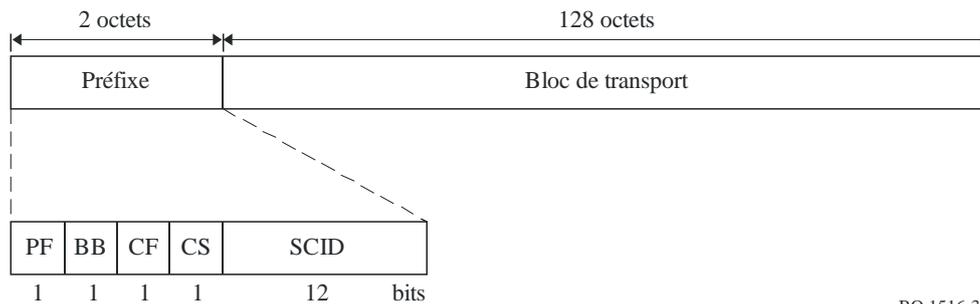
A noter que les présentes spécifications font usage du terme générique «embrouillage», qui désigne le chiffrement lorsqu'il s'applique aux systèmes numériques.

2 Préfixe

Les paquets de transport du Système B contiennent 130 octets. De ce nombre, les deux premiers octets doivent être réservés aux bits de préfixe. Le préfixe contient plusieurs fanions de commande de la couche liaison, ainsi que l'identité des canaux pour bon nombre de services vidéo, audio et données différents. La Fig. 32 illustre la structure logique d'une cellule de transport, en indiquant le préfixe et sa relation avec le bloc de transport.

FIGURE 32

Structure d'un paquet de transport du Système B



BO.1516-32

Le Tableau 9 présente la définition sémantique des champs du préfixe.

TABLEAU 9

Champs du préfixe

PF	Mise en trame de paquets (<i>packet framing</i>)	Ce bit bascule entre 0 et 1 pour chaque paquet
BB	Limite de groupe (<i>bundle boundary</i>)	Ce bit est significatif pour le service vidéo seulement. Le bit BB est mis à 1 dans le premier paquet contenant un en-tête de séquence vidéo redondant, et il est mis à 0 dans tous les autres paquets. Le décodeur ne doit pas tenir compte de ce bit
CF	Fanion de commande (<i>control flag</i>)	CF = 1: le bloc de transport de ce paquet n'est pas embrouillé. CF = 0: le bloc de transport de ce paquet est embrouillé
CS	Sync de commande (<i>control sync</i>)	Pour les paquets de transport embrouillés (c'est-à-dire CF = 0), ce bit indique la clé à utiliser pour le désembrouillage. Dans les paquets auxiliaires, si l'information utile des paquets auxiliaires contient un paquet de mot de commande (CWP, <i>control word packet</i>), ce bit indique quel CWP est transmis (CS = 0 ou CS = 1). L'information clé de désembrouillage, tirée du CWP, permet de désembrouiller les paquets de service comportant le même CS (c'est-à-dire que la clé obtenue du paquet auxiliaire pour CS = 0 est utilisée afin de désembrouiller les paquets de transport ayant un CS = 0)
SCID	Identification de canal de service (<i>service channel ID</i>)	Ce champ de 12 bits (nombre entier sans signe, MSB en premier) identifie de façon unique l'application à laquelle est destiné le bloc de transport du paquet de transport. Les SCID ci-dessous sont réservés à des fins spécifiques: SCID = 0x000 – paquet nul. SCID = 0xFF F – Réservé (ne pas utiliser!)
	Bloc de transport	Il s'agit des données d'application (128 octets) que traitera l'application à laquelle s'adresse le SCID

3 Paquets nuls et de gamme

Deux types spéciaux de paquets de transport sont définis dans le Système B: les paquets nuls et les paquets de gamme.

Les paquets nuls et les paquets de gamme ne doivent pas être chiffrés (c'est-à-dire CF = 1).

La structure de ces paquets est la suivante:

Pour les paquets nuls:

PF = x (basculement entre paquets)

BB = 0

CF = 1

CS = 0

SCID = 0x000

Par conséquent, les 2 premiers octets (préfixe) des paquets nuls se lisent comme suit en notation hexadécimale: 0x 20 00, ou 0x A0 00 selon la valeur du bit PF.

Pour les paquets de gamme

PF = x (basculement entre paquets)

BB = 0

CF = 1

CS = 0

SCID: déterminé par l'équipement de multiplexage.

Les 128 octets (bloc de transport) des paquets nuls et des paquets de gamme sont identiques, et ils sont décrits au Tableau 10. (Afin de maintenir le verrouillage de l'accord, le contenu est conçu pour demeurer neutre du point de vue du spectre.)

TABLEAU 10

Bloc de transport des paquets nuls et de gamme

N° d'octet	Valeur	N° d'octet	Valeur	N° d'octet	Valeur	N° d'octet	Valeur
1 ⁽¹⁾	4 ⁽¹⁾	33	48	65	38	97	125
2	9	34	124	66	137	98	137
3	180	35	121	67	99	99	212
4	6	36	26	68	57	100	61
5	149	37	179	69	113	101	187
6	240	38	128	70	146	102	96
7	167	39	88	71	191	103	192
8	88	40	113	72	245	104	141
9	169	41	223	73	71	105	69
10	6	42	82	74	194	106	15
11	78	43	75	75	159	107	108
12	175	44	112	76	212	108	80
13	172	45	18	77	55	109	184
14	129	46	242	78	154	110	106
15	134	47	249	79	235	111	159
16	185	48	172	80	227	112	231

TABLEAU 10 (fin)

N° d'octet	Valeur						
17	162	49	112	81	129	113	224
18	181	50	199	82	200	114	157
19	137	51	214	83	197	115	197
20	118	52	50	84	13	116	198
21	8	53	93	85	230	117	57
22	149	54	159	86	112	118	60
23	57	55	218	87	19	119	134
24	198	56	180	88	246	120	61
25	147	57	223	89	86	121	11
26	97	58	65	90	128	122	218
27	2	59	141	91	182	123	100
28	83	60	123	92	122	124	50
29	64	61	64	93	127	125	214
30	38	62	184	94	197	126	95
31	41	63	0	95	176	127	53
32	20	64	54	96	233	128	184

⁽¹⁾ A noter que cet octet correspond à l'octet compteur de continuité/désignateur d'en-tête (CC/HD, header designator) des autres paquets, soit CC = 0 HD = 0100_b.

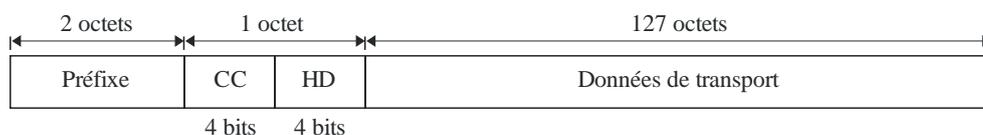
4 Paquets d'application vidéo

La Fig. 33 illustre la structure générale des paquets de transport vidéo. A l'intérieur des paquets d'application vidéo, on retrouve 4 types de cellules de transport, caractérisées par le genre de données de service vidéo qu'elles véhiculent:

- paquets de données auxiliaires (horodateurs, paquets de mot de commande de chiffrement);
- paquets de service vidéo de base (données vidéo MPEG);
- paquets de données redondantes (en-têtes MPEG redondants et données vidéo MPEG non redondantes);
- paquets de données vidéo autres que MPEG (données autres que MPEG et données vidéo MPEG non redondantes).

FIGURE 33

Structure d'un paquet d'application vidéo générale



Afin d'indiquer différents types de cellules et de compteurs associés, le format de la couche de transport vidéo comporte 4 bits pour un CC et 4 bits pour un HD, comme l'indique la Fig. 33. Le Tableau 11 donne une description détaillée de ces champs. A noter que, du paquet d'une longueur de 130 octets, les 2 premiers octets sont utilisés pour le préfixe, le troisième octet contient les champs CC et HD et les 127 autres octets servent à véhiculer l'information utile.

TABLEAU 11

Définition sémantique des champs dans l'octet CC HD

CC	Compteur de continuité	Ce champ de 4 bits (nombre entier sans signe, MSB en premier) est incrémenté de 1 avec chaque paquet comportant le même SCID. Une fois que le CC a atteint sa valeur maximale de 15 (1111 _b), le compte du CC est renoué à 0. Le compteur de continuité est réglé à 0 (0000 _b) et ne doit pas être incrémenté lorsque le champ HD contient «0x00» (paquets auxiliaires). A noter que, selon la définition des paquets nuls et de gamme, le champ CC des paquets nuls et de gamme est réglé à 0. Le CC permet à un récepteur de détecter la discontinuité des cellules (en raison des erreurs des cellules) pour un service de transport particulier
HD	Désignateur d'en-tête	Ce champ de 4 bits indique les 4 types de paquets d'application vidéo: HD 0000 _b Paquets de données auxiliaires 01x0 _b Paquets de service vidéo de base 10x0 _b Paquets de données redondants 11x0 _b Paquets de données vidéo autres que MPEG x: ce bit peut être à 0 ou à 1. Toutes les autres valeurs sont réservées pour une utilisation future

4.1 Paquets de données auxiliaires

Les paquets de données auxiliaires (paquets auxiliaires) servent à la transmission de groupes de données auxiliaires (ADG, *auxiliary data groups*) et sont identifiés par HD = 0000_b.

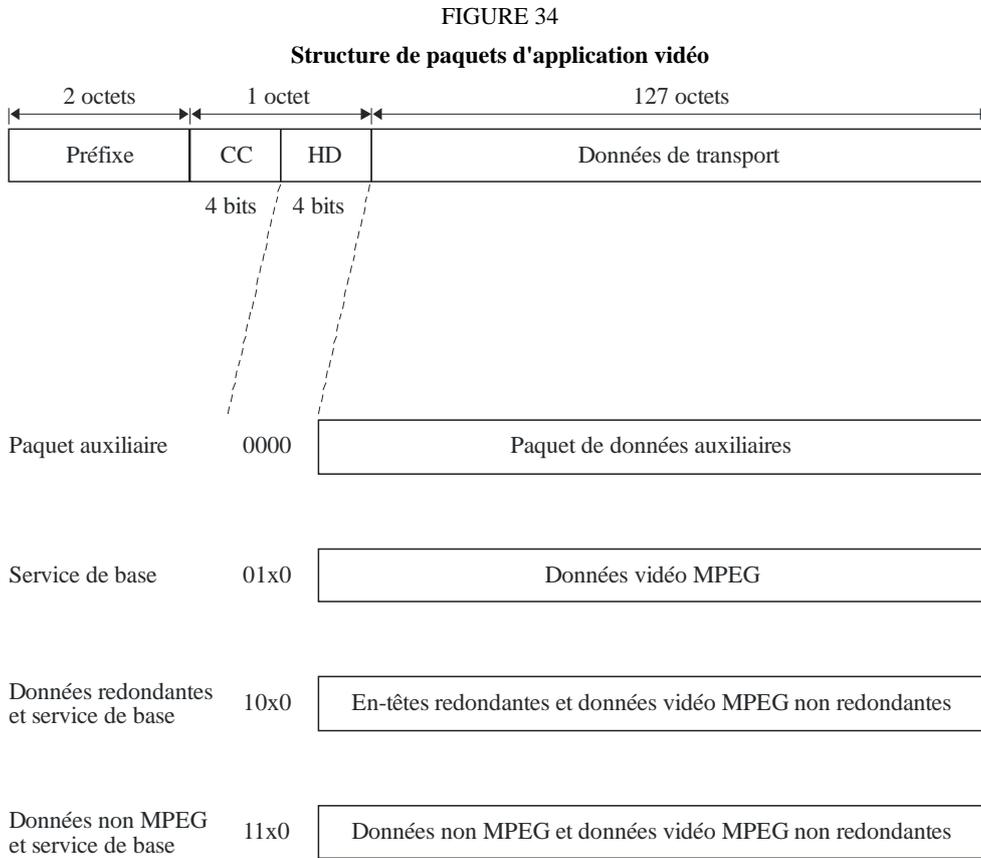
Ces paquets sont transmis en clair (non embrouillés) et le bit du fanion de commande, dans le préfixe, est mis à 1 pour en donner l'indication.

L'ADG peut contenir:

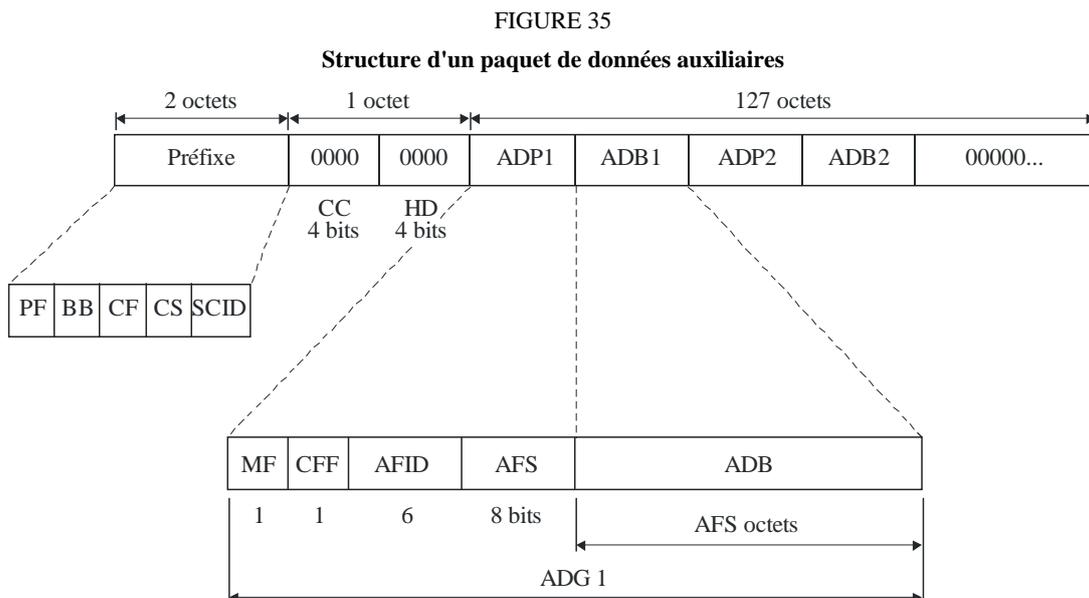
- des codes de référence temporelle et des horodateurs;
- des paquets de CWP de chiffrement.

Un ADG comprend 2 parties: un préfixe de données auxiliaires (ADP, *auxiliary data prefix*), constitué de 2 octets, et un bloc de données auxiliaires (ADB, *auxiliary data block*), de longueur variable. Un paquet auxiliaire peut contenir un ou plusieurs groupes de données, placés les uns à côté des autres. Si l'information utile de 127 octets n'est pas entièrement constituée de données ADG, les positions des octets restants (inutilisés) sont remplies de zéros. De plus, le bit de fanion de champ courant (CFF, *current field flag*) de chaque champ ADP indique si l'ADB correspondant contient des données définies et valides. Si ce bit est mis à zéro, le reste du paquet commençant immédiatement après le bit CFF en question ne sera pas considéré, ce qui signifie que l'identification de champ auxiliaire (AFID, *auxiliary field identification*), la longueur du champ auxiliaire (AFS, *auxiliary field size*) et l'ADB de l'ADG ne seront pas considérés lorsque le bit CFF est à zéro. De plus, aucun ADG valide ne pourra être transmis dans le reste du paquet.

La Fig. 35 illustre un exemple de structure de paquets de données auxiliaires à deux champs ADG. Le Tableau 12 donne la définition sémantique des champs (pertinents) d'un paquet de données auxiliaires.



BO.1516-34



BO.1516-35

TABLEAU 12

Définition sémantique des champs (pertinents) d'un paquet de données auxiliaires

BB	Limite de groupe (<i>bundle boundary</i>)	BB = 0 pour paquets auxiliaires
CF	Fanion de commande (<i>control flag</i>)	CF = 1 pour paquets auxiliaires (non embrouillés)
CS	Sync de commande (<i>control sync</i>)	Si l'information utile de paquet auxiliaire contient un CWP, ce bit indique quel CWP est transmis (CS = 0 ou CS = 1). L'information clé d'embrouillage, qui est tirée du CWP, permet de désembrouiller les paquets de service portant le même CS (c'est-à-dire que la clé obtenue du paquet auxiliaire CS = 0 est utilisée pour désembrouiller les paquets de transport comportant CS = 0)
CC	Compteur de continuité (<i>continuity counter</i>)	CC = 0000 _b pour paquets auxiliaires
HD	Désignateur d'en-tête (<i>header designator</i>)	HD = 0000 _b pour paquets auxiliaires
MF	Fanion modifiable (<i>modifiable flag</i>)	MF = 1: l'ADB suivant peut être modifié MF = 0: l'ADB suivant ne peut pas être modifié Le décodeur ne doit pas tenir compte de ce fanion
CFE	Fanion de champ courant (<i>current field flag</i>)	CFF = 1: ce champ contient un ADG valide CFF = 0: ce champ ne contient pas un ADG valide
AFID	Identification de champ auxiliaire (<i>auxiliary field ID</i>)	Ce champ de 6 bits indique l'information de données auxiliaires véhiculée dans cet ADG. Trois ADG différents sont définis. AFID Définition d'un ADG 000000 _b Horodateur de référence seulement 000001 _b CWP de chiffrement seulement 000011 _b Horodateur de référence et CWP 000010 _b et 000100 _b à 111111 _b : valeurs réservées pour définition future
AFS	Longueur du champ auxiliaire (<i>auxiliary field size</i>)	Ce champ d'un octet (nombre entier sans signe, MSB en premier) contient la longueur du bloc de données auxiliaires suivant en octets
ADB	Bloc de données auxiliaires (<i>auxiliary data block</i>)	Information de données auxiliaires dont la taille est égale à AFS octets

Trois ADG sont définis dans le Système B, identifiés par le champ AFID dans le préfixe des données auxiliaires.

*Horodateur de référence seulement*AFID = 000000_b

AFS = 5 (0x05)

ADB = horodateur de 5 octets. Un octet contient seulement des 0, suivis de 32 bits représentant un échantillon du compteur de référence du système à 27 MHz, à l'emplacement du codeur. Cet échantillon est prélevé au moment où le paquet des données auxiliaires quitte le codeur. On notera la différence par rapport aux horodateurs de référence utilisés par MPEG. L'incréméntation de 1 aux horodateurs de référence correspond à un cycle de l'horloge à 27 MHz. L'incréméntation de 1 des horodateurs de référence MPEG correspond à 300 cycles de l'horloge à 27 MHz ou à un incrémént d'une horloge à 90 kHz. Cet échantillon est prélevé au moment où le paquet de données auxiliaires quitte le codeur.

*CWP de chiffrement seulement*AFID = 000001_b

AFS = 120 (0x78)

ADB = 120 octets du paquet de mot de commande: information requise pour la gestion du chiffrement et de l'accès conditionnel.

A noter que le bit CS du préfixe indique quel CWP est transmis dans l'information utile (CS = 0 ou CS = 1). L'information clé de désembrouillage, tirée du CWP, est utilisée pour désembrouiller les paquets de service comportant le même CS (c'est-à-dire que la clé obtenue du paquet auxiliaire pour CS = 0 est utilisée afin de désembrouiller les paquets de transport ayant un CS = 0).

*Horodateur de référence et CWP*AFID = 000011_b

AFS = 125 (0x7D)

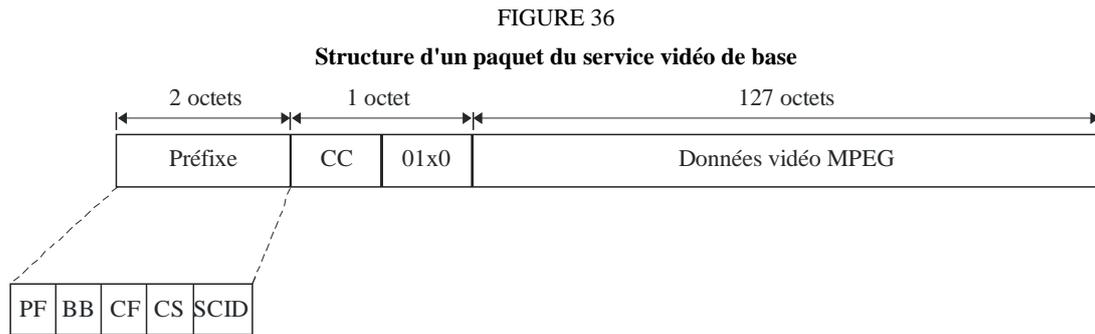
ADB = horodateur de 5 octets suivi de 120 octets du CWP.

NOTE 1 – Dans le cas des programmes «multiservices», c'est-à-dire ceux qui englobent plusieurs combinaisons de services audio, vidéo et données, il arrive souvent (bien que cela ne soit pas nécessaire) que des données auxiliaires concernent seulement un de ces services. Par conséquent, l'information de temps ou d'accès conditionnel obtenue d'un seul paquet de données auxiliaires peut s'appliquer à plus d'un service à l'intérieur d'un programme particulier. Cette situation s'explique pour les raisons suivantes:

- l'horloge de référence du système est commune à tous les services à l'intérieur d'un programme donné;
- à partir du CWP, le système d'accès conditionnel peut indiquer une autorisation visant jusqu'à trois services à l'intérieur d'un programme donné.

4.2 Paquets du service vidéo de base

Les paquets de transport d'un service vidéo dont le champ HD est mis à 01x0 véhiculent l'information du service vidéo de base (c'est-à-dire les bits vidéo MPEG). La Fig. 36 illustre la structure d'un paquet du service vidéo de base. Le Tableau 13 donne la définition sémantique des champs (pertinents) à l'intérieur de la structure de paquets du service vidéo de base.



BO.1516-36

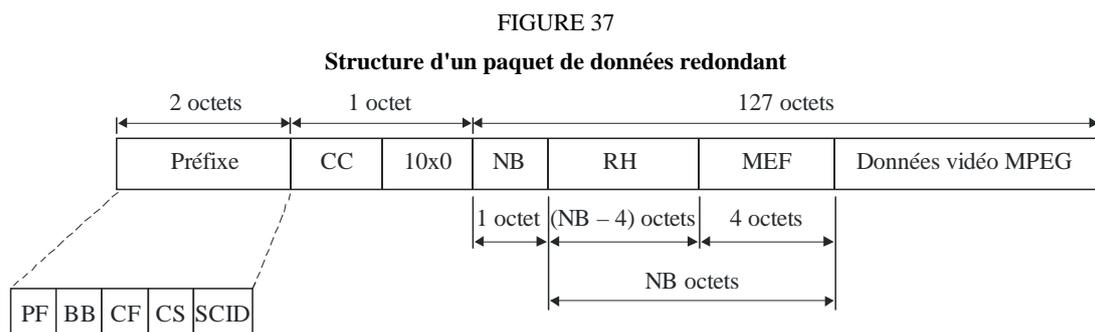
TABLEAU 13

Définition sémantique des champs (pertinents) à l'intérieur de la structure de paquets du service vidéo de base

BB	Limite de groupe	Le bit BB est mis à 1 dans le premier paquet vidéo de base contenant un en-tête de séquence vidéo redondant, et à 0 dans tous les autres paquets. Le décodeur ne doit pas tenir compte de ce bit
CF	Fanion de commande	CF = 1: le bloc de transport de ce paquet n'est pas embrouillé. CF = 0: le bloc de transport de ce paquet est embrouillé
CS	Sync de commande	Pour les paquets de transport embrouillés (c'est-à-dire CF = 0), ce bit indique la clé à utiliser pour le désembrouillage
HD	Désignateur d'en-tête	HD = 01x0 _b pour les paquets du service vidéo de base. Le bit HD(1), indiqué par x dans HD = 01x0 _b , bascule à chaque paquet du service vidéo de base contenant un code de début d'en-tête d'image non redondant. Pour ces paquets, le code de début d'en-tête d'image est aligné par paquets de façon à correspondre aux quatre premiers octets de l'information utile des données vidéo MPEG suivant les champs CC/HD. Aucun autre paquet ne fait basculer le bit HD(1)
	Données vidéo MPEG	127 octets de données vidéo MPEG

4.3 Paquets de données redondants

Un type de paquet spécial comportant HD = 10x0 est défini de telle sorte qu'il contient des en-têtes redondants de groupes d'images et d'images. De tels en-têtes peuvent ou non exister dans un flux binaire vidéo, de sorte que des paquets de données redondants peuvent également exister ou non. La Fig. 37 illustre la structure du paquet de données redondant. Le Tableau 14 donne la définition sémantique des champs (pertinents) d'un paquet de données redondant.



BO.1516-37

TABLEAU 14

Définition sémantique des champs (pertinents) d'un paquet de données redondant

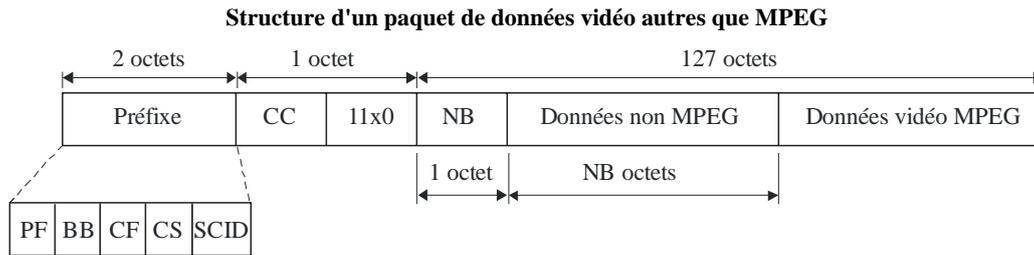
BB	Limite de groupe	BB = 0 pour paquets de service vidéo redondants. Le décodeur ne doit pas tenir compte de ce bit
CF	Fanion de commande	CF = 1: le bloc de transport de ce paquet n'est pas embrouillé. CF = 0: le bloc de transport de ce paquet est embrouillé
CS	Sync de commande	Dans le cas des paquets de transport embrouillés (c'est-à-dire CF = 0), ce bit indique la clé à utiliser pour le désembrouillage
HD	Désignateur d'en-tête	HD = $10x0_b$ pour paquets de données redondants. Le bit HD(1), indiqué par x dans HD = $10x0_b$, reflète l'état de basculement de HD dans le dernier paquet du service vidéo de base (valeur de x dans HD = $01x0_b$) du même SCID contenant le code de début d'en-tête d'image original
NB	Nombre d'octets (<i>number of bytes</i>)	Ce champ d'un octet (nombre entier sans signe, MSB en premier) représente la longueur totale en octets des RH et du MEF. Le nombre d'octets indiqué dans le champ NB doit être supérieur ou égal à 5 et inférieur ou égal à 126, c'est-à-dire $5 \leq NB \leq 126$
RH	En-têtes redondants (<i>redundant headers</i>)	Ce champ de (NB – 4) octets est constitué d'en-têtes redondants d'images ou de groupes d'images
MEF	Champ d'erreur due au support (<i>media error field</i>)	Ce champ MEF de 4 octets est mis au code d'erreur de séquence défini dans la norme MPEG ISO: 0x 00 00 01 B4
		Il est prévu que le processeur de transport envoie les octets d'en-têtes redondants de groupes d'images et d'images ainsi que les octets du champ d'erreur due au support au décodeur vidéo MPEG, chaque fois qu'une erreur sur un paquet est détectée (par le décodeur à CED ou par une discontinuité du CC). Aux autres moments, les en-têtes de groupes d'images et d'images ainsi que le champ du support ne sont pas transmis au décodeur vidéo MPEG. Le décodeur vidéo MPEG détecte la présence d'octets d'erreur due au support et déclenche une procédure de dissimulation d'erreur
	Données MPEG	Le reste du paquet est constitué de données vidéo MPEG standard (non redondantes), qui découlent du flux de données vidéo du paquet précédent portant le même SCID et contenant des données vidéo

4.4 Paquets de données vidéo autres que MPEG

Les paquets de données autres que MPEG ne sont pas utilisés en fonctionnement normal. Une exception est autorisée seulement dans le cas du premier paquet envoyé par un codeur qui passe du mode de «relève» au mode «opérationnel».

La Fig. 38 illustre la structure d'un paquet de données autres que MPEG. Le Tableau 15 donne la définition sémantique des champs (pertinents) d'un paquet de données vidéo autres que MPEG.

FIGURE 38



BO.1516-38

TABLEAU 15

Définition sémantique des champs (pertinents) d'un paquet de données vidéo autres que MPEG

BB	Limite de groupe	BB = 0 pour paquet de données vidéo autres que MPEG. Le décodeur ne doit pas tenir compte de ce bit
CF	Fanion de commande	CF = 1: le bloc de transport de ce paquet n'est pas embrouillé. CF = 0: le bloc de transport de ce paquet est embrouillé
CS	Sync de commande	Dans le cas des paquets de transport embrouillés (c'est-à-dire CF = 0), ce bit indique la clé à utiliser pour le désembrouillage
HD	Désignateur d'en-tête	HD = 11x0 _b pour paquets de données vidéo autres que MPEG. Le bit HD(1), indiqué par x dans HD = 11x0 _b , reflète l'état de basculement de HD dans le dernier paquet du service vidéo de base (valeur de x dans HD = 01x0 _b) du même SCID
NB	Nombre d'octets	Ce champ d'un octet (nombre entier sans signe, MSB en premier) représente la longueur totale en nombre d'octets du champ de données autres que MPEG ci-dessous. Le nombre d'octets indiqué dans le champ NB doit être supérieur ou égal à 5 et inférieur ou égal à 126, c'est-à-dire $5 \leq NB \leq 126$
	Données autres que MPEG	Ce champ de NB octets contient des données autres que MPEG, qui ne peuvent pas être interprétées par un décodeur vidéo MPEG
	Données MPEG	Le reste du paquet de données autres que MPEG est constitué de données vidéo MPEG standard (non redondantes)

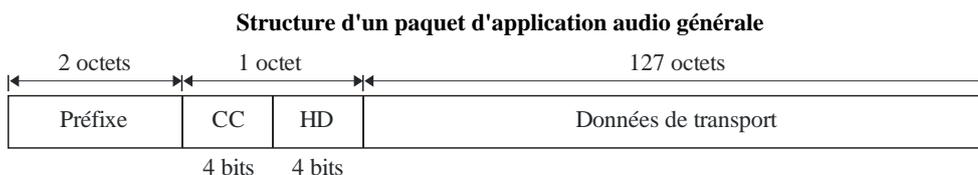
5 Paquets d'application audio

La Fig. 39 illustre la structure générale des paquets de transport audio. A l'intérieur des paquets d'application audio, on retrouve trois types de cellules de transport, caractérisées par le genre de données de service audio qu'elles véhiculent:

- paquets de données auxiliaires (horodateurs, CWP de chiffrement),
- paquets de service audio de base (données audio MPEG),
- paquets de données audio autres que MPEG (données autres que MPEG et données audio MPEG).

Afin d'indiquer différents types de cellules et compteurs associés, le format de la couche de transport audio comprend 4 bits pour le CC et 4 bits pour le HD. Une description détaillée de ces champs est donnée au Tableau 16. A noter que, du paquet d'une longueur de 130 octets, les 2 premiers octets sont utilisés pour le préfixe, le troisième octet contient les champs CC et HD, et les 127 autres octets véhiculent l'information utile.

FIGURE 39



BO.1516-39

TABLEAU 16

Définition sémantique des éléments de l'octet CC HD

CC	Compteur de continuité	Ce champ de 4 bits (nombre entier sans signe, MSB en premier) est incrémenté de 1 avec chaque paquet portant le même SCID. Une fois que ce champ a atteint sa valeur maximale de 15 (1111 _b), le compteur de continuité revient à 0. Le compteur de continuité est mis à 0 (0000 _b) et ne doit pas être incrémenté lorsque le champ HD contient «0x00» (paquets auxiliaires). Le CC permet à un récepteur de détecter la discontinuité des cellules (en raison des erreurs des cellules) pour un service de transport particulier
HD	Désignateur d'en-tête	Ce champ de 4 bits indique les 3 types de paquets d'application audio: HD 0000 _b Paquets de données auxiliaires 0100 _b Paquets de service audio de base 1100 _b Paquets de données audio autres que MPEG. Toutes les autres valeurs sont réservées

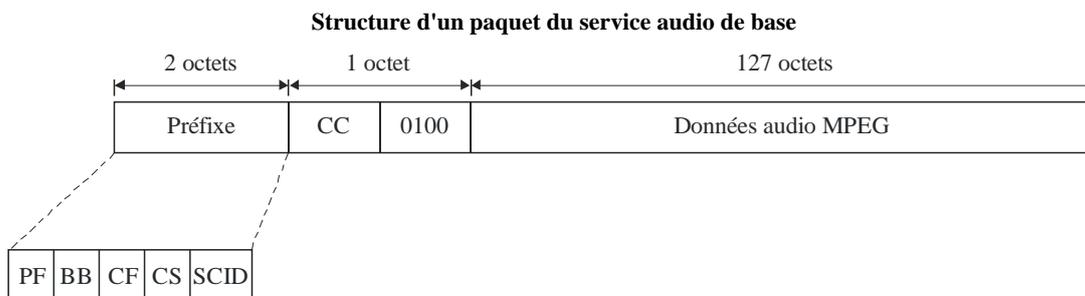
5.1 Paquets de données auxiliaires

Les paquets de données auxiliaires des services audio ont la même structure (syntaxe et sémantique) que les paquets de données auxiliaires des services vidéo, telle que mentionnée au § 4.1.

5.2 Paquets de service audio de base

Les paquets de transport d'un service audio dont le champ HD contient 0100_b véhiculent l'information du service audio de base (c'est-à-dire bits audio MPEG). La Fig. 40 illustre la structure d'un paquet du service audio de base, et le Tableau 17 donne la définition sémantique des champs (pertinents).

FIGURE 40



BO.1516-40

TABLEAU 17

Définition sémantique des champs (pertinents) d'un paquet du service audio de base

BB	Limite de groupe	BB = 0 pour les paquets du service audio de base
CF	Fanion de commande	CF = 1: le bloc de transport de ce paquet n'est pas embrouillé. CF = 0: le bloc de transport de ce paquet est embrouillé
CS	Sync de commande	Dans le cas des paquets de transport embrouillés (c'est-à-dire CF = 0), ce bit indique la clé à utiliser pour le désembrouillage
HD	Désignateur d'en-tête	HD = 0100 _b pour les paquets du service audio de base
	Données audio MPEG	127 octets de données audio MPEG standard

5.3 Paquets de données audio autres que MPEG

Les paquets de données autres que MPEG ne sont pas utilisés en fonctionnement normal. Une exception est autorisée seulement dans le cas du premier paquet envoyé par un codeur qui passe du mode de «relève» au mode «opérationnel».

La Fig. 41 illustre la structure d'un paquet de données audio autres que MPEG, et le Tableau 18 donne la définition sémantique des champs (pertinents).

FIGURE 41

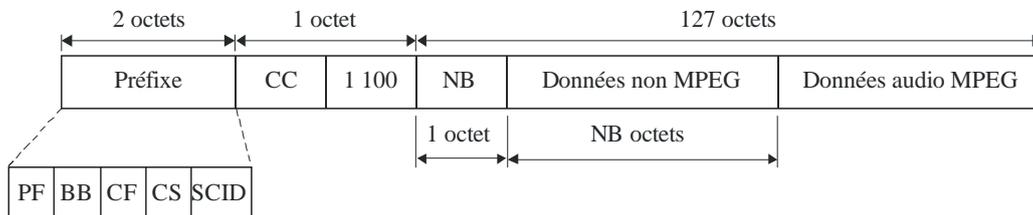
Structure d'un paquet de données audio autres que MPEG

TABLEAU 18

Définition sémantique des champs (pertinents) d'un paquet de données audio autres que MPEG

BB	Limite de groupe	BB = 0 pour paquets de données audio autres que MPEG
CF	Fanion de commande	CF = 1: le bloc de transport de ce paquet n'est pas embrouillé CF = 0: le bloc de transport de ce paquet est embrouillé
CS	Sync de commande	Dans le cas des paquets de transport embrouillés (c'est-à-dire CF = 0), ce bit indique la clé à utiliser pour le désembrouillage
HD	Désignateur d'en-tête	HD = 1100 _b pour les paquets de données audio autres que MPEG
NB	Nombre d'octets	Ce champ d'un octet (nombre entier sans signe, MSB en premier) représente la longueur totale en nombre d'octets du champ de données autres que MPEG qui suit. Le nombre d'octets indiqué dans le champ NB doit être supérieur ou égal à 5 et inférieur ou égal à 126, c'est-à-dire $5 \leq NB \leq 126$
	Données autres que MPEG	Ce champ de NB octets est constitué de données autres que MPEG, qui ne peuvent pas être interprétées par un décodeur audio MPEG
	Données audio MPEG	Le reste du paquet de données autres que MPEG contient des données audio MPEG normales

6 Paquets de guide sur les programmes

Les paquets de guide sur les programmes comprennent toutes les données nécessaires à la syntonisation sur des canaux et à l'affichage de l'information sur les programmes à l'intention des téléspectateurs. Les flux de guide sur les programmes définis dans le Système B sont:

les flux de guide principal sur les programmes (MPG, *master programme guide*), de guide spécial sur les programmes (SPG, *special programme guide*), de parcelle d'information d'achat (PIP, *purchase information parcel*) et de parcelle d'information de description (DIP, *description information parcel*). Ces flux sont acheminés en paquets qui ont la même structure que sur la Fig. 42. Le bit CF du champ de préfixe est mis à 1 pour tous ces flux (c'est-à-dire qu'il n'est pas embrouillé). Le SCID des paquets de guide principal sur les programmes est toujours à une valeur fixe prédéfinie par l'utilisateur.

FIGURE 42

Structure d'un paquet de guide sur les programmes

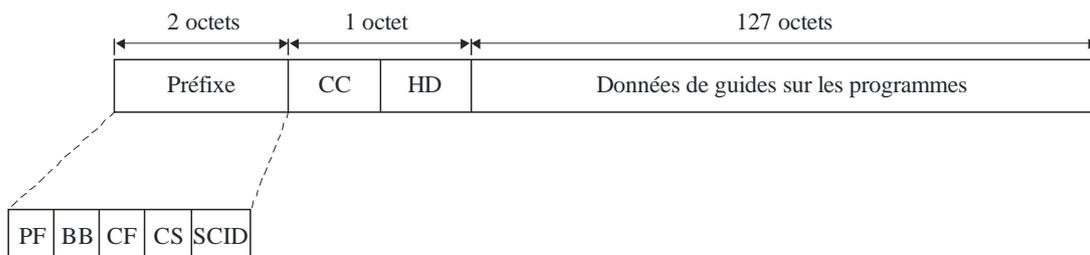


TABLEAU 19

Définition sémantique des champs (pertinents) d'un paquet de guide sur les programmes

BB	Limite de groupe	BB = 0 pour paquets de guide sur les programmes
CF	Fanion de commande	CF = 1 pour paquets de guide sur les programmes (non embrouillés)
SCID	Identification de canal de service	SCID: valeur fixe prédéfinie par l'utilisateur pour identifier les données du guide principal sur les programmes; le format est celui d'un champ de 12 bits (nombre entier sans signe, MSB en premier). La valeur typique est 0x001
HD	Désignateur d'en-tête	HD = 0100 _b pour paquets de guide sur les programmes

7 Contraintes du multiplex de transport

Les contraintes du multiplex en ce qui a trait à l'organisation des paquets sont indiquées pour tous les paquets de transport d'un multiplex de transport. Les paquets NULS sont définis de telle sorte qu'ils remplissent des positions non réservées dans le multiplex de transport et que le débit du multiplex de transport est maintenu constant sur n'importe quel intervalle de temps.

7.1 Définition de contrainte de multiplex de flux élémentaire

Les contraintes indiquées dans le présent paragraphe s'appliquent aux paquets de transport d'un SCID donné comportant comme information utile des types de données des flux élémentaires suivants: vidéo, audio, accès conditionnel, MPG, SPG, DIP, PIP, données série à basse vitesse (des types «continu» et «session») et données sur large bande à vitesse élevée (avec ou sans mise en tampon).

La contrainte est de nature telle qu'elle limite la fréquence d'occurrence des paquets pour un SCID donné sur le multiplex de transport, de sorte que les paquets véhiculant l'information utile à un débit de flux élémentaire inférieur apparaissent moins souvent que les paquets véhiculant l'information utile à un débit de flux élémentaire supérieur. La contrainte du multiplex de transport lie essentiellement le débit de crête des données du flux élémentaire appliqué à un décodeur et le débit de la source du flux élémentaire provenant d'une sortie de codeur.

Un multiplex de transport est considéré comme valide si et seulement si chaque type de données de flux de transport spécifié, par SCID, satisfait constamment aux critères de l'essai de contrainte de multiplex pour les débits spécifiés.

Contrainte de multiplex

Pour chaque SCID des types de données spécifiés, le débit de diffusion des paquets de transport contenant les données du flux élémentaire est considéré comme valide pour le débit, R, si et seulement si la condition ci-dessous est constamment satisfaite.

Les données du flux élémentaire sont transmises du champ «information utile» des paquets de transport du SCID sélectionné vers un tampon de 508 octets. Comme les données sont extraites de ce tampon à un débit constant, R, lorsque des données sont disponibles, les paquets de transport du SCID en question doivent être ordonnancés pour que le tampon en question ne déborde pas. Ce tampon peut être vide.

Appendice 2

à l'Annexe 1

Signaux de commande pour le Système D

SOMMAIRE

- 1 Introduction
- 2 Codage de l'information TMCC
 - 2.1 Ordre de changement
 - 2.2 Information de combinaison modulation-code
 - 2.3 Identification des flux TS
 - 2.4 Autres informations
- 3 Codage externe pour l'information TMCC
- 4 Références temporelles
- 5 Codage des canaux pour le signal TMCC

1 Introduction

Le présent Appendice définit les signaux de commande pour le Système D, qui utilise le signal TMCC pour une démodulation et un décodage appropriés au niveau du récepteur. Le signal TMCC véhicule l'information suivante:

- combinaison modulation-code pour chaque créneau;
- identification MPEG-2 TS pour chaque créneau; et
- autres informations (par exemple, ordre de changement, bit fanion pour la radiodiffusion d'alertes dans les situations d'urgence).

L'information TMCC est émise avant le signal principal, la raison étant que ce signal ne peut pas être démodulé en l'absence de l'information TMCC. L'intervalle de temps minimum pour le renouvellement de cette information est égal à la durée d'une supertrame. Les récepteurs décodent principalement l'information TMCC pendant chaque supertrame. Le signal TMCC transporte des références temporelles en plus de l'information mentionnée plus haut.

2 Codage de l'information TMCC

L'information transportée par le signal TMCC est formatée comme indiqué dans la Fig. 43. On trouvera ci-après des indications détaillées pour chaque élément d'information.

FIGURE 43

Format de l'information TMCC

Ordre de changement	Combinaison modulation-code pour chaque créneau	Identification relative des flux TS (TS ID) pour chaque créneau	Table de correspondance entre TS ID relative et MPEG-2 TS_ID	Autres informations
---------------------	---	---	--	---------------------

BO.1516-43

2.1 Ordre de changement

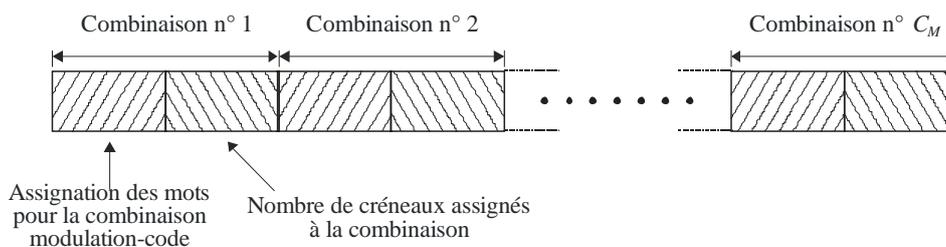
L'«ordre de changement» est un nombre de 5 bits qui indique le renouvellement de l'information TMCC. Il est incrémenté à chaque renouvellement de cette information. Il se peut que le récepteur détecte seulement les bits et décode l'information TMCC uniquement au moment du changement des bits. L'utilisation de l'ordre de changement est définie par le système à titre d'option.

2.2 Information de combinaison modulation-code

Il s'agit ici des combinaisons entre le schéma de modulation et le rendement du code convolutif pour chaque créneau. Pour réduire le nombre de bits de transmission nécessaires à cette information, celle-ci est codée pour donner le format représenté à la Fig. 44. Le nombre maximum de combinaisons modulation-code, C_M , utilisées simultanément est défini par le système, compte tenu des exigences du service. Le Tableau 20 définit l'assignation des mots pour les combinaisons dont il s'agit. Lorsque le nombre des combinaisons modulation-code utilisées est inférieur au nombre maximum spécifié par le système, le mot «1111» est appliqué aux combinaisons restantes et le nombre de créneaux assignés est égal à zéro.

FIGURE 44

Format de codage pour l'information de combinaison modulation-code



BO.1516-44

TABLEAU 20

Assignment des mots pour les combinaisons modulation-code

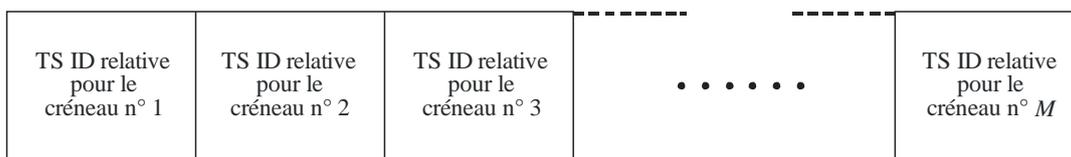
Mot	Combinaison modulation-code
0000	Réservé
0001	MDP-2 ($r = 1/2$)
0010	MDP-4 ($r = 1/2$)
0011	MDP-4 ($r = 2/3$)
0100	MDP-4 ($r = 3/4$)
0101	MDP-4 ($r = 5/6$)
0110	MDP-4 ($r = 7/8$)
0111	MDP-8CT ($r = 2/3$)
1000-1110	Réservé
1111	Fictif

2.3 Identification des flux TS

Au lieu de transmettre MPEG-2 TS_ID (16 bits) pour chaque créneau, on utilise une combinaison de TS ID relatives qui identifient uniquement les TS transmis ainsi que la table de correspondance entre ces deux types de ID. On obtient ainsi une diminution du nombre des bits de transmission. Les TS ID relatives pour chaque créneau sont transmis séquentiellement à partir du créneau n° 1. Le nombre maximum de flux TS transmis simultanément, T_M , est défini par le système.

FIGURE 45

Dispositions des données d'information TS ID relative

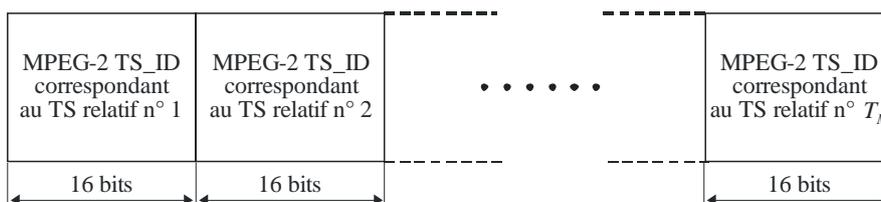


BO.1516-45

La table de correspondance se compose d'une série de nombres de 16 bits qui représentent chaque MPEG-2 TS_ID. Ces nombres s'échelonnent de TS ID n° 0 jusqu'à TS ID n° T_M .

FIGURE 46

Dispositions des données de la table de correspondance



BO.1516-46

2.4 Autres informations

Le format de codage pour les autres informations est défini selon convenance par le système.

3 Codage externe pour l'information TMCC

L'information TMCC étant indispensable pour la démodulation dans les récepteurs, le signal TMCC doit être protégé par une CED de niveau plus élevé que celui de la CED appliquée au signal principal. Pour la même raison, le signal TMCC est transmis avec la combinaison modulation-code qui résiste le mieux au bruit de transmission.

4 Références temporelles

On utilise deux types de référence temporelle: le mot de synchronisation de trame, qui indique le début de chaque trame, et les mots d'identification de trame, qui identifient la première trame (trame n°1). Ces mots sont transmis par chaque trame.

Après division des données TMCC à codage externe en M blocs (où M est le nombre de trames contenues dans une supertrame), les mots de synchronisation sont insérés dans chaque bloc, comme le montre la Fig. 47. Le mot de synchronisation $W1$ est inséré au début de chaque bloc. Le mot $W2$ est inséré à la fin du bloc qui est transmis dans la trame n° 1, et le mot $W3$ à la fin des autres blocs. Les mots $W1$, $W2$ et $W3$ se composent de 2 octets. On a: $W1 = 1B95_h$, $W2 = A340_h$ et $W3 = 5CBF_h$ (on obtient $W3$ en inversant les bits de $W2$).

A noter que les 6 premiers bits des mots seront modifiés par l'information utile (contenu du signal principal et/ou du signal TMCC) sous l'effet du codage convolutif (longueur de contrainte égale à 7) appliqué au signal TMCC dans l'opération suivante du processus. En d'autres termes, les six premiers bits du mot sont utilisés comme bits de terminaison du code convolutif. En conséquence, la séquence de bits caractéristique du mot de synchronisation se compose de 10 bits pris sur les 16 bits du mot initial.

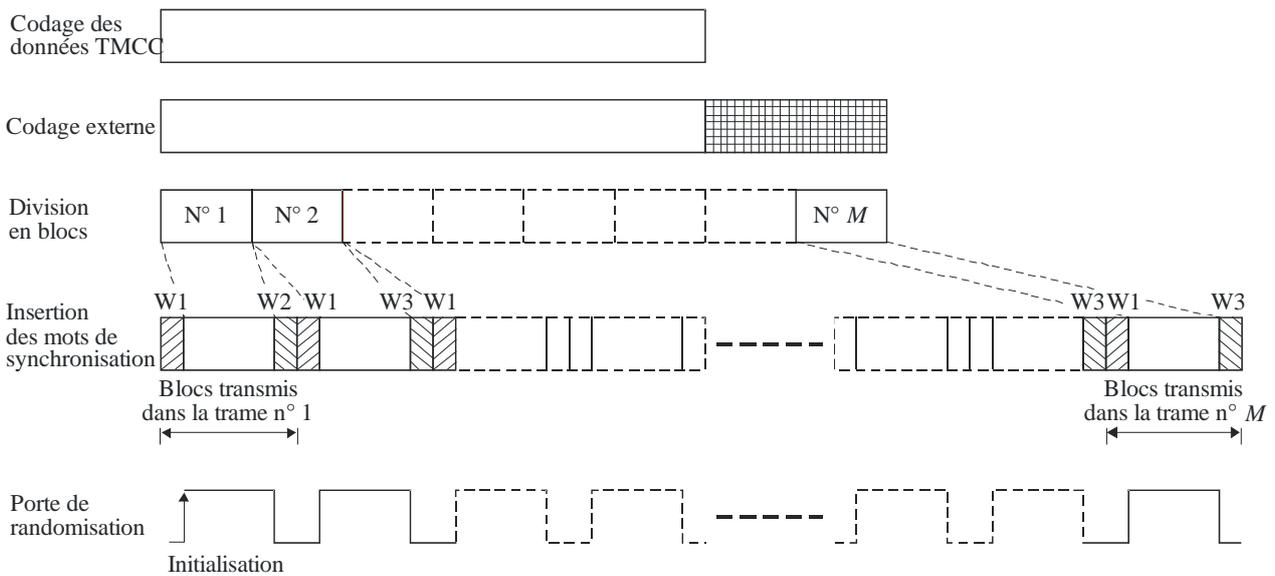
5 Codage des canaux pour le signal TMCC

Le signal TMCC doit être randomisé pour l'obtention de la dispersion d'énergie. Le polynôme affecté au générateur SBPA est le même que celui du signal principal. La séquence pseudo aléatoire est déclenchée à l'instant correspondant au troisième octet (immédiatement après le mot de synchronisation) du premier bloc. Le premier bit de sortie du générateur est appliqué au premier bit (c'est-à-dire le MSB) du troisième octet du premier bloc. La séquence pseudo aléatoire est ajoutée aux données, sauf aux mots de la référence temporelle.

Il n'est pas indispensable d'appliquer l'entrelacement à un signal TMCC composé d'un petit nombre de bits, parce que l'effet de l'entrelacement est limité. Si nécessaire, on spécifiera un processus d'entrelacement approprié.

FIGURE 47

Génération du signal TMCC



BO.1516-47

Appendice 3

à l'Annexe 1

Disponibilité de circuits intégrés pour un récepteur-décodeur intégré commun

SOMMAIRE

- 1 Introduction
- 2 Analyse
- 3 Conclusion

1 Introduction

Le présent Appendice décrit l'état d'avancement de l'élaboration et de la disponibilité des circuits intégrés (IC, *integrated circuits*). Plusieurs fabricants réputés d'IC ont été contactés afin d'examiner leur offre actuelle en matière de produits, leurs projets futurs et l'évaluation de la possibilité d'élaborer un IC pouvant convenir aux quatre systèmes.

Plusieurs fabricants proposent déjà des IC adaptés aux systèmes A, B et C, alors qu'un autre fournisseur met en vente des IC convenant aux Systèmes A et D. De plus, il est probable que, dans un proche futur, plusieurs fournisseurs proposeront des IC s'adaptant aux quatre systèmes.

Le Rapport UIT-R BO.2008, intitulé «Radiodiffusion numérique multiprogramme par satellite» a servi de base pour évaluer la faisabilité des IC convenant aux éléments communs des quatre systèmes et pour estimer les coûts associés.

2 Analyse

Des études récentes ont confirmé les hypothèses identifiées dans le Rapport UIT-R BO.2008. Plusieurs fabricants offrent actuellement des IC compatibles pour des éléments communs identifiés de l'IRD, ce qui permet donc d'élaborer un IRD convenant aux Systèmes A, B et C.

On a évalué les nouvelles fonctions exigées par l'IRD du Système D. On a déterminé que, si tous les éléments communs d'un IRD universel sont nécessaires, la couche liaison, décrite sur la Fig. 1 du Rapport UIT-R BO.2008, nécessite des modifications importantes de mise à jour dans les sections liées au décodeur du module «Syntonisateur/décodeur du satellite», décrit sur les Fig. 7 et 8. En règle générale, on utilise deux IC pour mettre en œuvre le syntonisateur du satellite et ses modules de décodage. Les quatre systèmes peuvent utiliser une puce commune (IC) de syntonisation.

La puce de décodeur du satellite comprend une fonction de démodulation. Dans le cas du Système D, il est nécessaire d'avoir sur les puces une RAM plus importante pour assurer la fonction de désentrelacement par blocs. Les Systèmes A, B et C utilisent quant à eux une fonction de désentrelacement convolutif, ce qui nécessite moins de RAM. Même si d'autres fonctions sont nécessaires sur cette puce pour fournir les signaux de commande, leur impact en terme de place mémoire a été jugé négligeable.

Pour évaluer le prix d'une puce de décodeur, nous avons fait l'hypothèse d'un volume équivalent à celui typiquement utilisé pour l'estimation des coûts d'un IRD. Alors que, d'après la liste de répartition des coûts d'un IRD typique se trouvant dans le Rapport UIT-R BO.2008, on estime le coût d'une fonction de démodulation + décodage à 30 dollars EU, il s'avère que son coût réel est évalué à environ 4 dollars EU pour un volume typique. On estime que la dernière version de la puce démodulateur + décodeur d'un satellite coûte environ 9 dollars EU sur une année.

Il est indiqué dans le Rapport UIT-R BO.2008 que le coût estimé d'un IRD est de 300 dollars EU. Nous sommes convaincus que, au regard de l'accroissement de coût estimé à 5 dollars EU (9 dollars EU – 4 dollars EU) pour une mise en œuvre sur le Système D, de nombreux fabricants préféreront une conception commune d'IRD. Si on estime cette différence de prix à environ 5 dollars EU, on peut s'attendre à une diminution importante de cet écart au cours du temps. Les tendances actuelles de l'industrie, qui s'appuient sur les améliorations des processus de fabrication, permettent de prévoir une réduction des prix de 20% par an.

3 Conclusion

Selon les conclusions du Rapport UIT-R BO.2008, les progrès de fabrication des IC permettent d'envisager une conception d'IRD fondée sur les éléments communs. Plusieurs fabricants fournissent actuellement des puces qui conviennent aux Systèmes A, B et C. Nous appuyant sur les évaluations du Rapport UIT-R BO.2008 et l'état actuel des techniques, nous sommes certains qu'il sera possible, d'ici un an, de fabriquer un IRD fondé sur les éléments communs et adapté aux quatre systèmes, avec des conséquences négligeables en terme d'augmentation du coût total de l'IRD.
