RECOMMANDATION UIT-R BO.1294*

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

(Question UIT-R 217/11)

(1997)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

a) que l'établissement de services de télévision numérique multiprogramme par satellite présente un intérêt croissant dans le monde entier en raison de ses avantages sur le plan de la qualité de l'image et du son, de sa souplesse d'utilisation, de son efficacité d'utilisation du spectre et de sa robustesse d'émission;

b) que la Recommandation UIT-R BO.1211 recommande d'envisager le recours à un système de télévision numérique multiprogramme, ainsi qu'à d'autres systèmes numériques existants, pour l'élaboration par convergence d'une norme universelle;

c) que trois systèmes de télévision numérique multiprogramme, y compris celui décrit dans la Recommandation UIT-R BO.1211, ont été développés et sont largement utilisés à l'appui des services de télévision par satellite dans la bande 11/12 GHz;

d) que ces trois systèmes assurent les mêmes fonctions à l'aide d'architectures très semblables;

e) qu'il peut être avantageux d'encourager la recherche du plus grand nombre possible d'éléments communs pour l'implantation de ces systèmes, afin de permettre des économies d'échelle maximales pour les circuits intégrés;

f) que l'UIT-R, en collaboration avec l'industrie, a analysé les points communs entre les systèmes existants, défini les fonctions d'un modèle de référence générique et déterminé les éléments universels des divers sous-systèmes;

g) la proposition de l'Union mondiale de radiodiffusion visant à accroître l'utilité des Recommandations UIT-R et le fait qu'une analyse de faisabilité détaillée et que des données concernant le coût et la complexité soient fournies dans le Rapport UIT-R BO.2008,

recommande

1 qu'un des systèmes de transmission décrits à l'Annexe 1 soit sélectionné au moment de mettre en œuvre des services de télévision numérique multiprogramme par satellite;

2 que les éléments universels des caractéristiques fonctionnelles communes d'un récepteur-décodeur intégré (IRD – integrated receiver-decoder), décrites 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 dans l'avenir,

recommande en outre

1 que d'autres études aient lieu en ce qui a trait aux avantages d'inclure d'autres fonctions essentielles d'IRD de satellite non spécifiées dans la présente Recommandation.

---

* Cette Recommandation doit être portée à l'attention de la Commission électrotechnique internationale/Organisation internationale de normalisation (ISO/CEI).

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

Page

1 Introduction 3

2 Modèle de référence générique visant les caractéristiques fonctionnelles communes d'un IRD de satellite . 3

3 Éléments universels d'un IRD de satellite 5

3.1 Démodulation et décodage 6

3.1.1 Démodulateur MDP-4 7

3.1.2 Filtre adapté 7

3.1.3 Décodage convolutif 7

3.1.4 Décodeur d'octet de synchronisation 8

3.1.5 Désentrelaceur convolutif 8

3.1.6 Décodeur Reed-Solomon 8

3.1.7 Suppression de dispersion d'énergie 8

3.2 Transport et démultiplexage 9

3.3 Décodage des sources vidéo, audio et données 9

3.3.1 Vidéo 9

3.3.2 Audio 9

3.3.3 Données 10

4 Résumé des caractéristiques des systèmes de télévision numérique multiprogramme par satellite 10

5 Caractéristiques spécifiques 14

5.1 Spectre des signaux des différents systèmes à la sortie du modulateur 14

5.1.1 Spectre des signaux pour le Système A 14

5.1.2 Spectre des signaux pour le Système B 16

5.1.3 Spectre des signaux pour le Système C 17

5.2 Codage convolutif 22

5.2.1 Caractéristiques de codage convolutif pour le Système A 22

5.2.2 Caractéristiques de codage convolutif pour le Système B 22

5.2.3 Caractéristiques de codage convolutif pour le Système C 23

5.3 Caractéristiques de synchronisation 23

5.3.1 Caractéristiques de synchronisation pour le Système A 23

5.3.2 Caractéristiques de synchronisation pour le Système B 24

5.3.3 Caractéristiques de synchronisation pour le Système C 24

5.4 Entrelaceur convolutif 26

5.4.1 Entrelaceur convolutif pour le Système A 26

5.4.2 Entrelaceur convolutif pour le Système B 27

5.4.3 Entrelaceur convolutif pour le Système C 28

5.5 Codeur Reed-Solomon 28

5.5.1 Caractéristiques du codeur Reed-Solomon pour le Système A 29

5.5.2 Caractéristiques du codeur Reed-Solomon pour le Système B 29

5.5.3 Caractéristiques du codeur Reed-Solomon pour le Système C 29

5.6 Dispersion d'énergie 29

5.6.1 Dispersion d'énergie pour le Système A 29

5.6.2 Dispersion d'énergie pour le Système B 30

5.6.3 Dispersion d'énergie pour le Système C 30

Page

5.7 Caractéristiques de mise en trame et du flux de transport 31
5.7.1 Caractéristiques de mise en trame et du flux de transport pour le Système A 31
5.7.2 Caractéristiques de mise en trame et du flux de transport pour le Système B 31
5.7.3 Caractéristiques de mise en trame et du flux de transport pour le Système C 31

6 Références normatives 31

7 Références informatives 31

8 Liste d'abréviations 32

Appendice 1 de l'Annexe 1 – Caractéristiques du flux de transport du Système B 33

1 Introduction

Les systèmes de télévision numérique par satellite ont démontré leurs avantages sur la télévision analogique, du fait qu'ils permettent une utilisation plus efficace du spectre disponible des fréquences des satellites, ainsi que l'établissement d'un scénario plus robuste pour ce qui est de la protection contre le brouillage.

Afin de favoriser l'élaboration par convergence d'une norme universelle sur les systèmes numériques de réception multiprogramme par satellite pour les services de télévision, son et données, une description est donnée des caractéristiques fonctionnelles communes pour la réception d'émissions de télévision numérique multiprogramme par satellite. Ces caractéristiques fonctionnelles communes configurent les éléments universels du récepteur-décodeur intégré (IRD) de satellite. Bien que la présente Annexe porte sur les satellites exploités dans la gamme de fréquences 11/12 GHz, les autres gammes ne sont pas exclues.

Les éléments universels de l'IRD de satellite sont capables de recevoir des émissions en provenance du système A, du système B et du système C.

On a analysé les éléments communs et spécifiques de chaque système pour en arriver à la conclusion qu'il est possible de mettre en œuvre les éléments universels d'un IRD de satellite. La présente Annexe analyse les éléments communs des systèmes existants, définit et décrit les fonctions d'un modèle de système générique et indique les processus ainsi que l'ensemble minimal des paramètres des divers sous-systèmes représentant les éléments universels d'un IRD de satellite.

La faisabilité de la mise en œuvre des éléments communs d'un IRD de satellite a été démontrée en consultation avec l'industrie.

2 Modèle de référence générique visant les caractéristiques fonctionnelles communes d'un IRD de satellite

On a produit un modèle de référence générique visant les caractéristiques fonctionnelles communes d'un IRD de satellite afin d'analyser la faisabilité des éléments universels d'un IRD de satellite en déterminant dans quelle mesure le modèle de référence générique s'applique aux trois systèmes actuellement utilisés.

Ce modèle générique se rapporte à un IRD de type domestique et ne vise pas à spécifier les fonctions exigées des IRD de type professionnel.

Le modèle de référence générique repose sur les fonctions requises pour toutes les couches d'un protocole d'IRD typique. À titre de référence, la Fig. 1 présente un protocole d'IRD typique, constitué des couches suivantes:

– les couches *physique et liaison* visent les fonctions d'entrée typiques: syntonisation, démodulation MDP-4, décodage convolutif, désentrelacement, décodage Reed-Solomon et suppression de dispersion d'énergie;

– la *couche transport* est chargée de démultiplexer les différents programmes et éléments ainsi que de défaire les paquets d'information (vidéo, audio et données);

– les fonctions d'*accès conditionnel* qui régissent le fonctionnement des décodeurs externes (interface commune d'accès conditionnel en option);

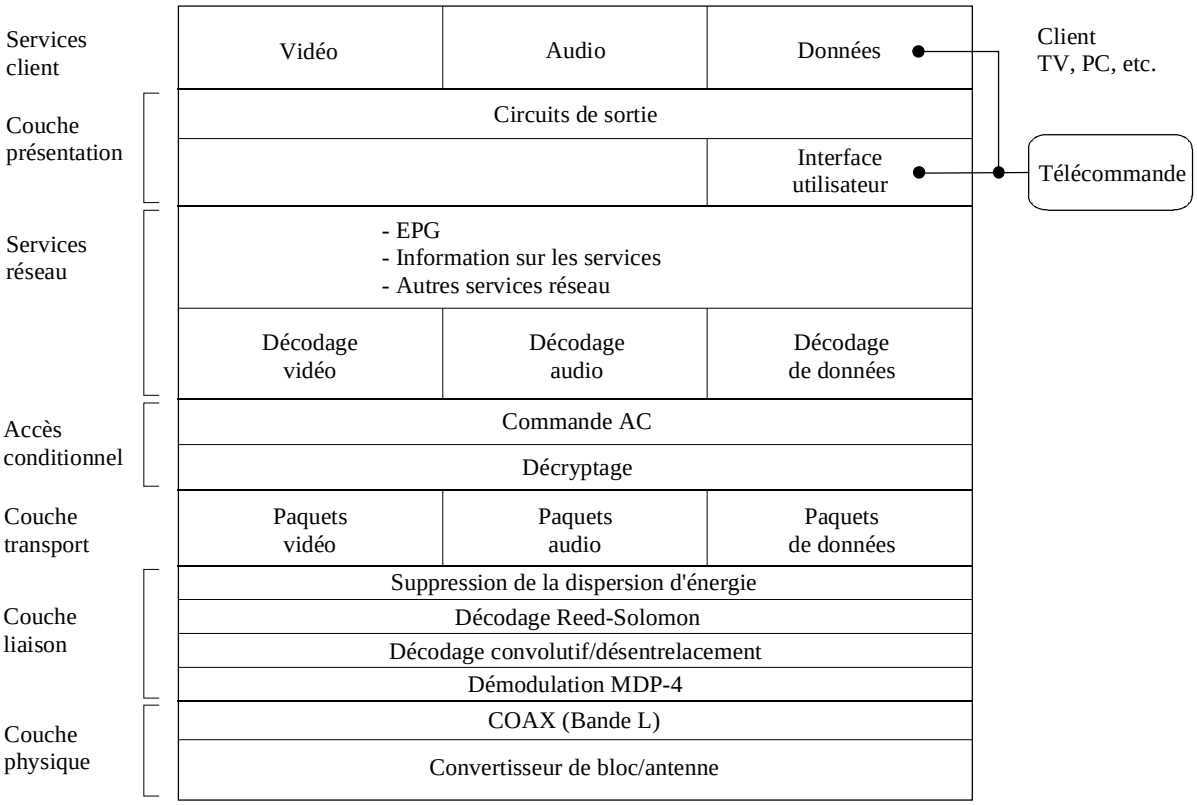
– les fonctions des *services réseau* assurent le décodage vidéo et audio ainsi que la gestion des fonctions de guide électronique sur les programmes (EPG – electronic program guide), de l'information sur les services et, en option, du décodage des données;

– la couche *présentation* est notamment responsable de l'interface utilisateur, du fonctionnement de la télécommande, etc;

– les *services client* portent sur les différentes applications vidéo, audio et données.

FIGURE 1

Couches de protocole d'IRD typique



Le modèle de référence générique visant l'IRD de satellite (voir la Fig. 2) se fonde sur les couches de protocole.

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

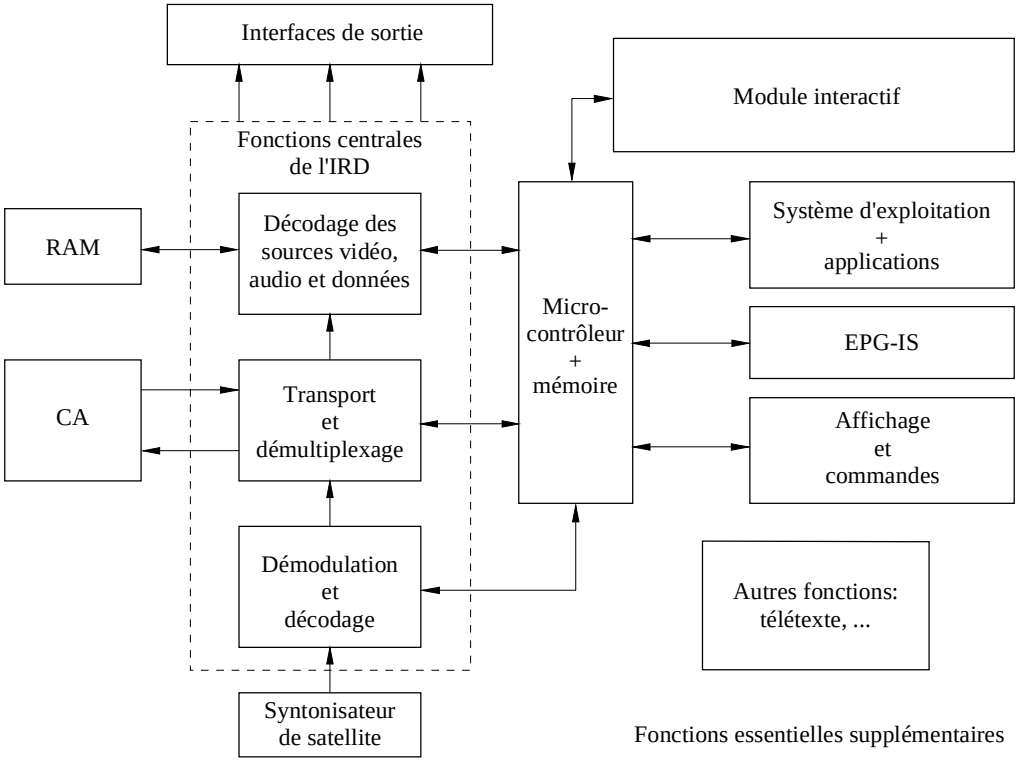
– *Les fonctions centrales de l'IRD* regroupent les fonctions clés de l'IRD qui définissent le système de télévision numérique. Les fonctions centrales de l'IRD comprennent:
  – la démodulation et le décodage,
  – le transport et le démultiplexage,
  – le décodage des sources vidéo, audio et données.

– *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)
– CA (accès conditionnel – conditional access)
– affichage, télécommande et différentes commandes,
– ROM, RAM et mémoire FLASH,
– module interactif,
– microcontrôleur,
– autres fonctions comme télétexte, sous-titrage, etc.

FIGURE 2

Modèle de référence générique pour un IRD de satellite



3 Éléments universels d'un IRD de satellite

Une analyse des fonctions centrales et essentielles des trois systèmes, donnée au § 4, a démontré qu'il est possible de définir les éléments universels d'un IRD de satellite.

Les éléments universels d'un IRD de satellite assurent les fonctions suivantes:

– la démodulation et le décodage,
– le transport et le démultiplexage,
– le décodage des sources vidéo, audio et données.

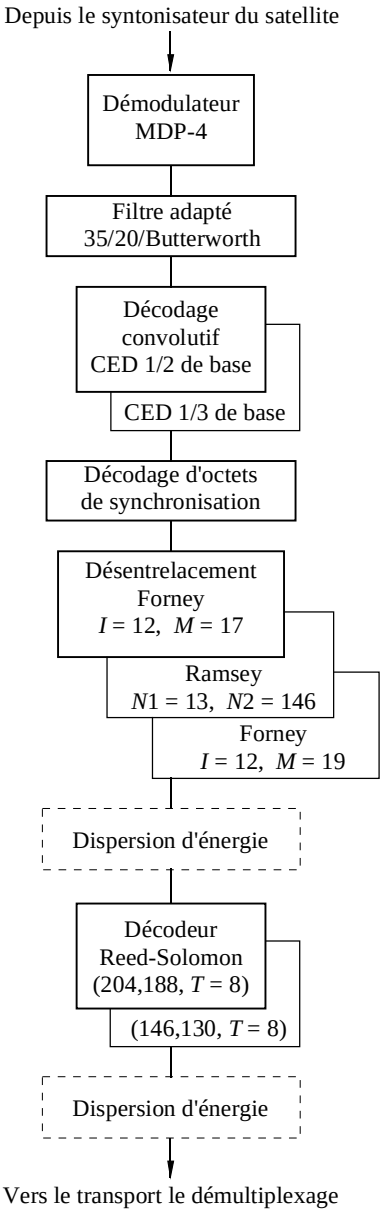
On comprend que la définition des fonctions essentielles supplémentaires déborde le cadre de la présente Recommandation, car ces fonctions sont propres à chaque service et très proches de la mise en œuvre spécifique de chaque fabricant, sous réserve d'un certain nombre de conditions externes et de service. Par conséquent, la diversité possible des fonctions essentielles supplémentaires parmi les IRD de satellite n'a aucune incidence sur les éléments universels.

3.1 Démodulation et décodage

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

FIGURE 3

Schéma fonctionnel de la démodulation et du décodage du canal



CED: correction d'erreur directe

1294-03

3.1.1 Démodulateur MDP-4

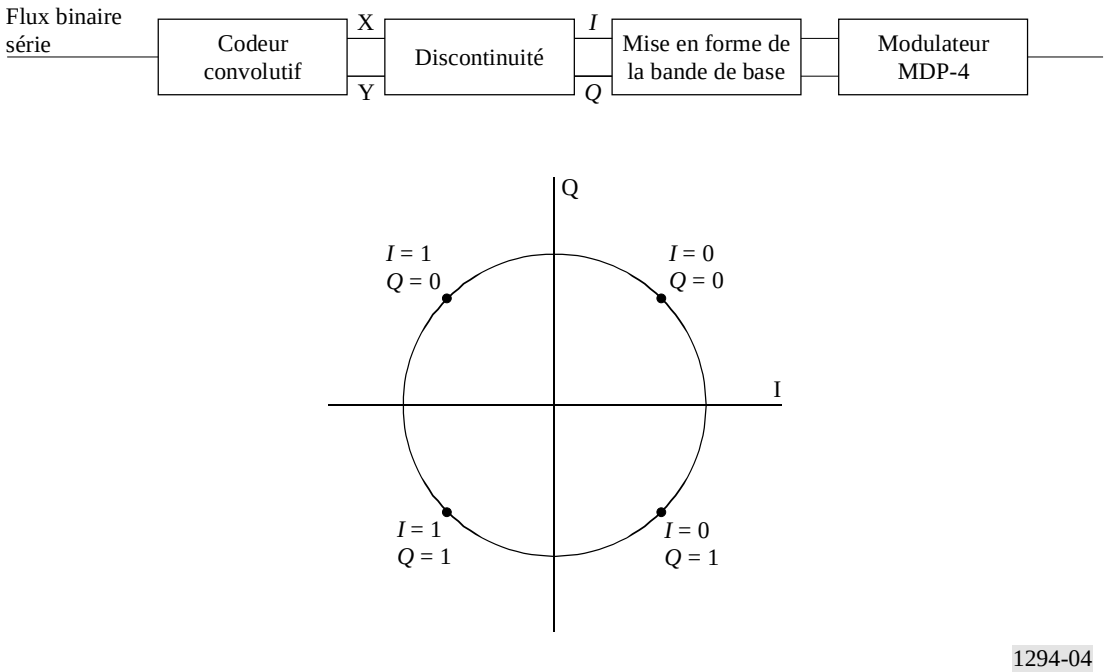
Cet élément universel d'un IRD de satellite assure la fonction de démodulation cohérente en quadrature ainsi que la conversion analogique-numérique, fournissant l'information *I* et *Q* de «décision douce» au décodeur interne.

Cet élément universel d'un IRD de satellite pourra démoduler un signal utilisant la modulation MPD-4 à codage Gray conventionnel avec structuration absolue (pas de codage différentiel).

On utilisera pour le signal une structuration des bits conforme à celle de la Fig. 4.

FIGURE 4

Constellation MDP-4



3.1.2 Filtre adapté

Cet élément universel d'un IRD de satellite 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.

Cet élément universel d'un IRD de satellite pourra 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 procure de l'information au sujet du gabarit du spectre du signal en sortie du modulateur.

3.1.3 Décodage convolutif

Cet élément universel d'un IRD de satellite assure le décodage de protection contre les erreurs de premier niveau. Il doit fonctionner à un taux d'erreur binaire (TEB) «décision nette» équivalent d'entrée compris entre 1×10^{-1} et 1×10^{-2} (selon le débit de codage adopté) et donner 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 débit de codage et des configurations de discontinuité 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 discontinuité,

– longueur de contrainte du code $K = 7$

Cet élément universel d'un IRD de satellite pourra décoder les trois codes convolutifs différents. Le système permettra le décodage convolutif à des débits de code fondés sur un rapport 1/2 ou 1/3:

– avec le débit de base 1/2: CED = 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 6/7 et 7/8;

– avec le débit 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 universel décodera les octets de synchronisation. Ce décodeur fournit des informations de synchronisation pour le désentrelacement. Il peut également récupérer l'ambiguïté π du démodulateur MDP-4 (que ne peut détecter le décodeur de Viterbi).

Le § 5.3 en présente les caractéristiques spécifiques.

3.1.5 Désentrelaceur convolutif

Cet élément universel 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 universel d'un IRD de satellite 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), selon les caractéristiques spécifiques du § 5.4.

3.1.6 Décodeur Reed-Solomon

Cet élément universel 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} à 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 universel d'un IRD de satellite décode les caractéristiques suivantes:

– Générateur Reed-Solomon: (255,239, $T = 8$)

– Polynôme générateur de code Reed-Solomon:

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

ou

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

où:

$$\alpha = 02_h.$$

– Polynôme générateur de champ Reed-Solomon:

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

Le § 5.5 en présente les caractéristiques spécifiques.

3.1.7 Suppression de dispersion d'énergie

Cet élément universel d'un IRD de satellite récupère les données d'utilisateur en extrayant la séquence de randomisation utilisée à des fins de dispersion d'énergie. Elle peut s'effectuer de façon à permettre de dérandomiser les signaux lorsque le processus de dérandomisation a lieu avant ou après le décodeur Reed-Solomon. Cet élément universel 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

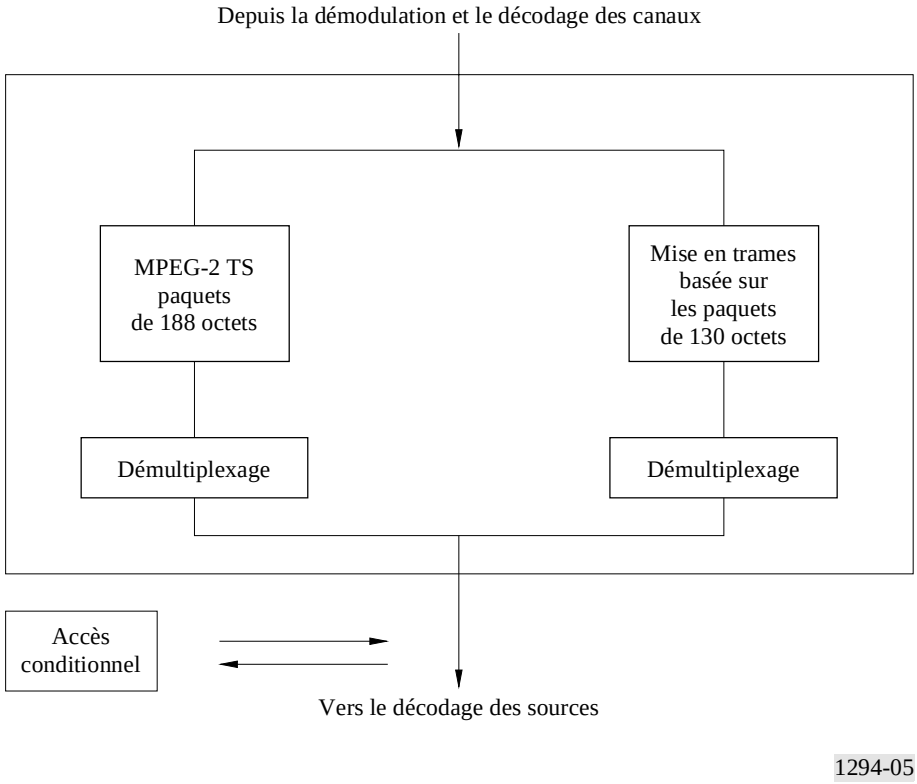
La Fig. 5 présente le schéma fonctionnel des fonctions de transport et de démultiplexage visant l'IRD de satellite.

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.

FIGURE 5

Schéma fonctionnel du transport et du démultiplexage



3.3 Décodage des sources vidéo, audio et données

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

3.3.1 Vidéo

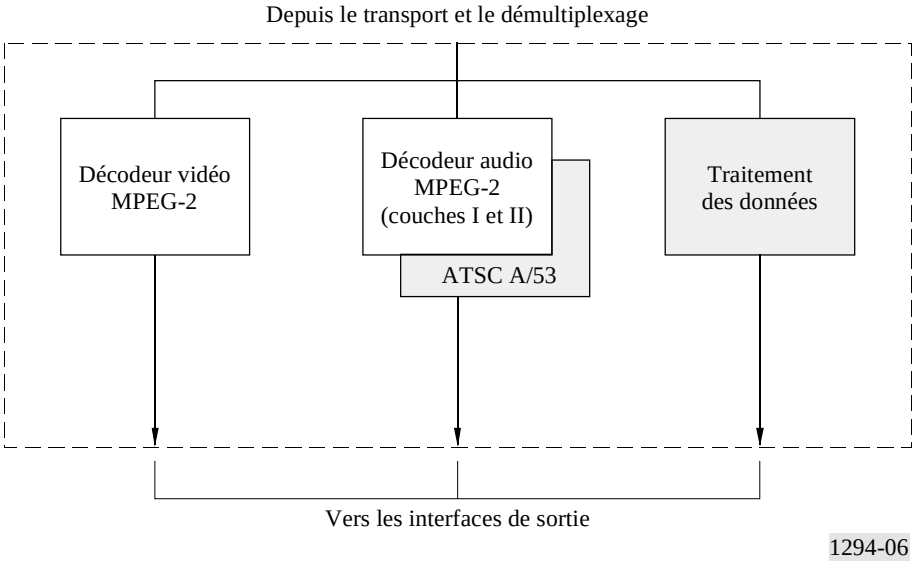
Cet élément universel d'un IRD de satellite exige au moins le décodage des formats vidéo suivant les signaux MPEG-2 à profil principal et niveau principal, qui ont été codés selon les spécifications de la Publication ISO/CEI 13818-2.

3.3.2 Audio

Cet élément universel d'un IRD de satellite exige le décodage des signaux audio suivant les formats des couches MPEG-2 I et II (ISO/CEI 13818-3) et de la norme ATSC-A/53, Annexe B (Recommandation UIT -R BS.1196, Annexe 2).

FIGURE 6

Schéma fonctionnel du décodage des sources



3.3.3 Données

Ce bloc porte sur les fonctions de traitement des données associées au multiplex de transport. Il déborde le cadre de la présente Recommandation.

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

Le Tableau 1 fournit de l'information sur les paramètres pertinents qui caractérisent les systèmes en utilisation dans le monde. Il indique les fonctions centrales ainsi que des fonctions essentielles supplémentaires.

TABLEAU 1

Résumé des caractéristiques des systèmes de télévision numérique multiprogramme par satellite

Démodulation et décodage canal			
Fonction	Système A	Système B	Système C
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
Randomisation synchrone	Oui	Sans objet	Oui
Séquence de chargement dans le registre SBPA	100101010000000	Sans objet	0001_h
Lieu de l'application de dérandomisation dans l'IRD	Après le décodeur Reed-Solomon	Sans objet	Avant le décodeur Reed-Solomon
Code externe Reed-Solomon	(204,188, $T = 8$)	(146,130, $T = 8$)	(204,188, $T = 8$)
Générateur Reed-Solomon	(255,239, $T = 8$)		
Polynôme générateur de code Reed-Solomon	$(x + \alpha^0)(x + \alpha^1).....(x + \alpha^{15})$ où $\alpha = 02_h$		$(x + \alpha^1)(x + \alpha^2).....(x + \alpha^{16})$ où $\alpha = 02_h$
Polynôme générateur de champ Reed-Solomon	$x^8 + x^4 + x^3 + x^2 + 1$		
Entrelacement	Convolutif $I = 12$, $M = 17$ (Forney)	Convolutif $N1 = 13$, $N2 = 146$ (Ramsey II)	Convolutif $I = 12$, $M = 19$ (Forney)
Codage interne	Convolutif		
Longueur de contrainte du code	$K = 7$		
Code de base	1/2		1/3
Polynôme générateur	171, 133 (octal)		117, 135, 161 (octal)
CED	1/2, 2/3, 3/4, 5/6 et 7/8	1/2, 2/3 et 6/7	1/2, 2/3, 3/4, 3/5, 4/5, 5/6, 5/11 et 7/8
Modulation du signal	MDP-4		
Débit de symboles	Variable	Fixe	Variable
Gamme de débits de symboles	Non spécifiée	20 MBd	19,5 et 29,3 MBd
Largeur de bande occupée (–3 dB)	Variable	20 MHz	y MHz où y est le débit de symboles
Largeur de bande attribuée (–25 dB)	Variable	25,1 MHz	1,33 y (en option, 1,55 y) (MHz) pour y (débit de symboles) = 19,5 et 29,3 MBd
Décroissance de mise en forme de la bande de base	0,35 (cosinus carré surélevé)	0,20 (cosinus carré surélevé)	Butterworth de 4^e ordre à largeur de bande limitée, modes à spectre normal et à spectre tronqué, à peu près équivalents à $\alpha = 0,55$ et $\alpha = 0,33$, respectivement

SBPA: séquence binaire pseudo-aléatoire

TABLEAU 1 *(suite)*

Transport et démultiplexage				
Fonction		Système A	Système B	Système C
Couche transport		MPEG-2	Système B	MPEG-2
Taille des paquets (octet)		188	130	188
Identification (ID) (bit)		13 (PID)	12 (SCID)	13 (PID)
Compteur de continuité (bit)		4 CC		
Fanion d'adaptation (bit)		2 (AD)	4 (aux)	2 (AD)
Fanion d'embrouillage (bit)		2 (S)		
Priorité (bit)		1 (P)	Aucune	1 (P)
Limite de groupe (bit)		1 (PE)		
Indicateur d'erreur (bit)		1 (E)	Champ d'erreur de support de 4 octets(1)	1 (E)
Information utile (octet)		184	127	184
Octet de mot de synchronisation		47_h	Aucun	47_h
Inversion d'octet de synchronisation		De 47_h à $B8_h$	Aucune	De 47_h à $B8_h$
Multiplexage statistique		Non restreint	Possible	Possible
Horloge de référence maîtresse		27 MHz		
Méthode de synchronisation vidéo et audio		Horodateur		
Décodage des sources				
Décodage des sources vidéo	Syntaxe	MPEG-2		
	Niveaux	Au moins le niveau principal		
	Profils	Au moins le profil principal		
Décodage des sources audio		Couches I et II MPEG-2	Couche II MPEG-1 (incluse dans MPEG-2)	ATSC A/53 ou couches I et II MPEG-2
Source des données				

TABLEAU 1 *(suite)*

Autres caractéristiques			
Fonction	Système A	Système B	Système C
Largeur de bande typique du transpondeur (MHz)	Non spécifiée	24/27 MHz	24/27/36 MHz
Gamme de fréquences sur la liaison descendante du satellite	Conception originale pour 11/12 GHz, sans exclure d'autres gammes de fréquences pour le satellite		Conception originale pour les gammes de fréquences de satellite 11/12 GHz et 4 GHz
Compatibilité avec SMATV	Oui	Un certain traitement est nécessaire à la station tête de réseau pour la transmodulation à la modulation d'amplitude en quadrature	Oui
Compatibilité avec les hiérarchies de télécommunications existantes	Le flux de transport pourrait être défini de façon à s'intégrer aux hiérarchies existantes.		
Sélection possible d'accès conditionnel	Oui		
Information sur les services	ETS 300 468 ([3] voir le § 7)	Système B	ATSC A/56 + SCTE DVS/011
EPG	ETS 300 707 ([4] voir le § 7)	Système B	Sélection possible par l'utilisateur
Télétexte	Utilisable	Non spécifié	
Sous-titrage	Utilisable		
Sous-titrage codé	Non spécifié	Oui	
Normes de télévision utilisées	Non spécifiées	NTSC et PAL M	NTSC et PAL
Rapports largeur/hauteur	4:3 16:9 (2,12:1 en option)	4:3 16:9	4:3 16:9
Formats de résolution vidéo	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 (704) × 576 720 (704) × 480 528 × 480 528 × 576 352 × 480 352 × 576 352 × 288 352 × 240
Débits de trames	Non spécifiés	29,97	25 (PAL) 29,97 (NTSC)
Compatibilité avec d'autres systèmes de diffusion MPEG-2	ISO/CEI 13818	Un certain traitement est nécessaire	ISO/CEI 13818

(1) Transmission avec en-tête d'image redondant pour indiquer une erreur impossible à corriger dans une image. Utilisation du code d'erreur de séquence défini par l'ISO pour MPEG.

5 Caractéristiques spécifiques

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

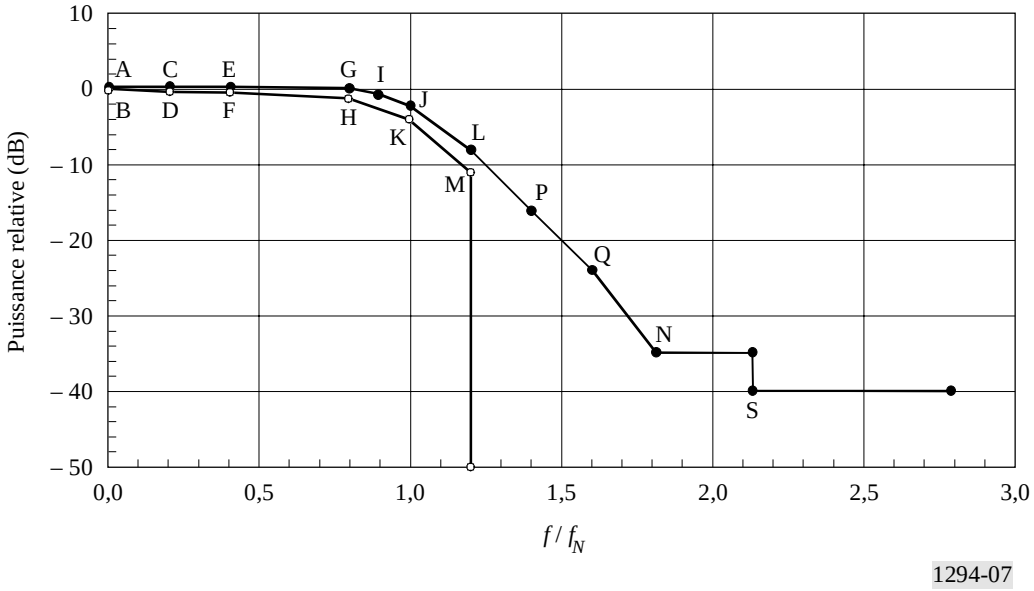
5.1.1 Spectre des signaux pour le Système A

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

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

FIGURE 7

Gabarit du masque du spectre de signaux à la sortie de modulateur, représenté dans le domaine des fréquences de la bande de base



La Fig. 7 représente aussi un masque possible pour la matérialisation du filtre de modulateur de Nyquist. Le Tableau 2 définit les points A à S indiqués sur les Fig. 7 et 8. Le masque 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 masque 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

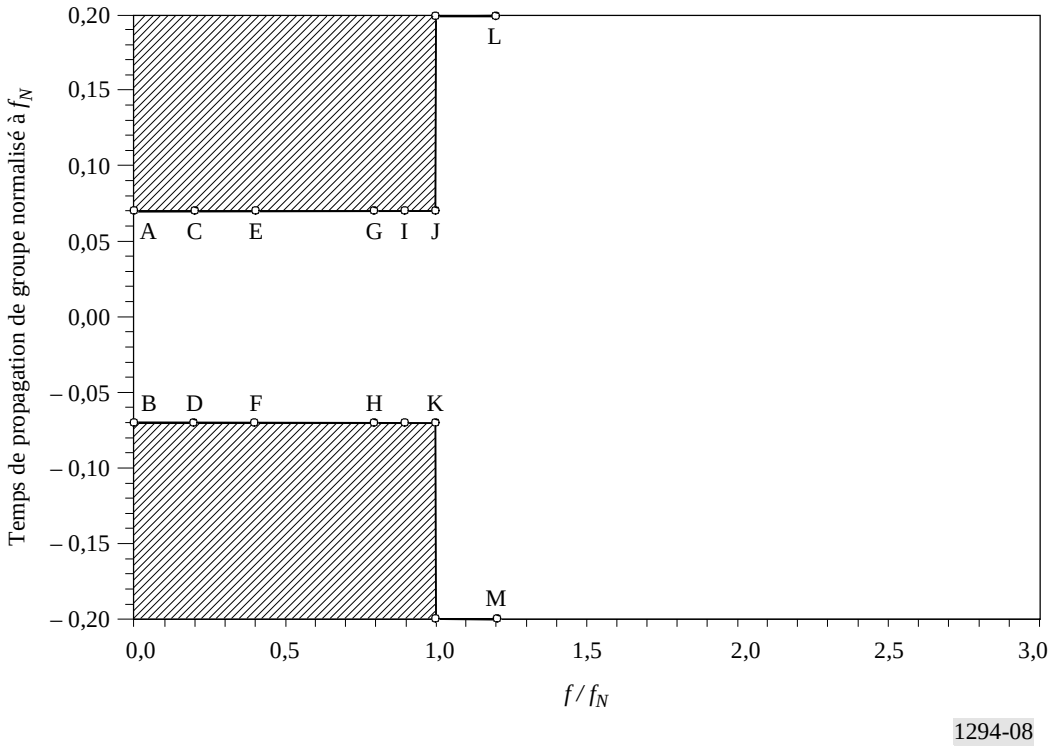


TABLEAU 2

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.

FIGURE 9

Spectre des signaux pour le Système B

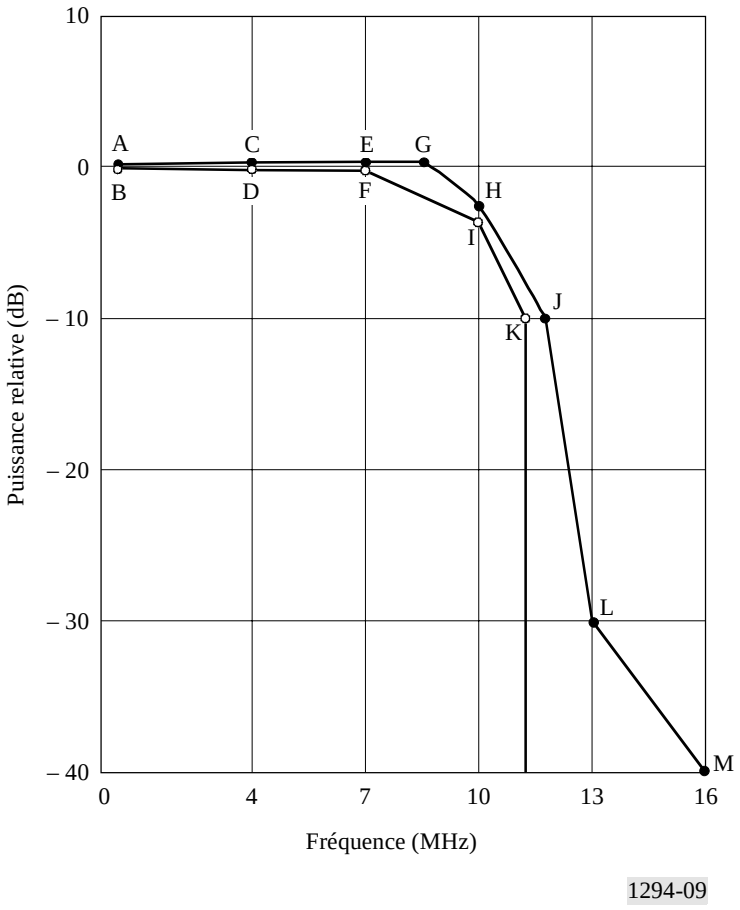


TABLEAU 3

Coordonnées des points indiqués sur la Fig. 9

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
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 4^{e} 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 4a et 4b précisent les valeurs seuils correspondantes, respectivement pour les modes à spectre normal et à spectre tronqué.

FIGURE 10a

Masque de densité spectrale pour le mode à spectre normal

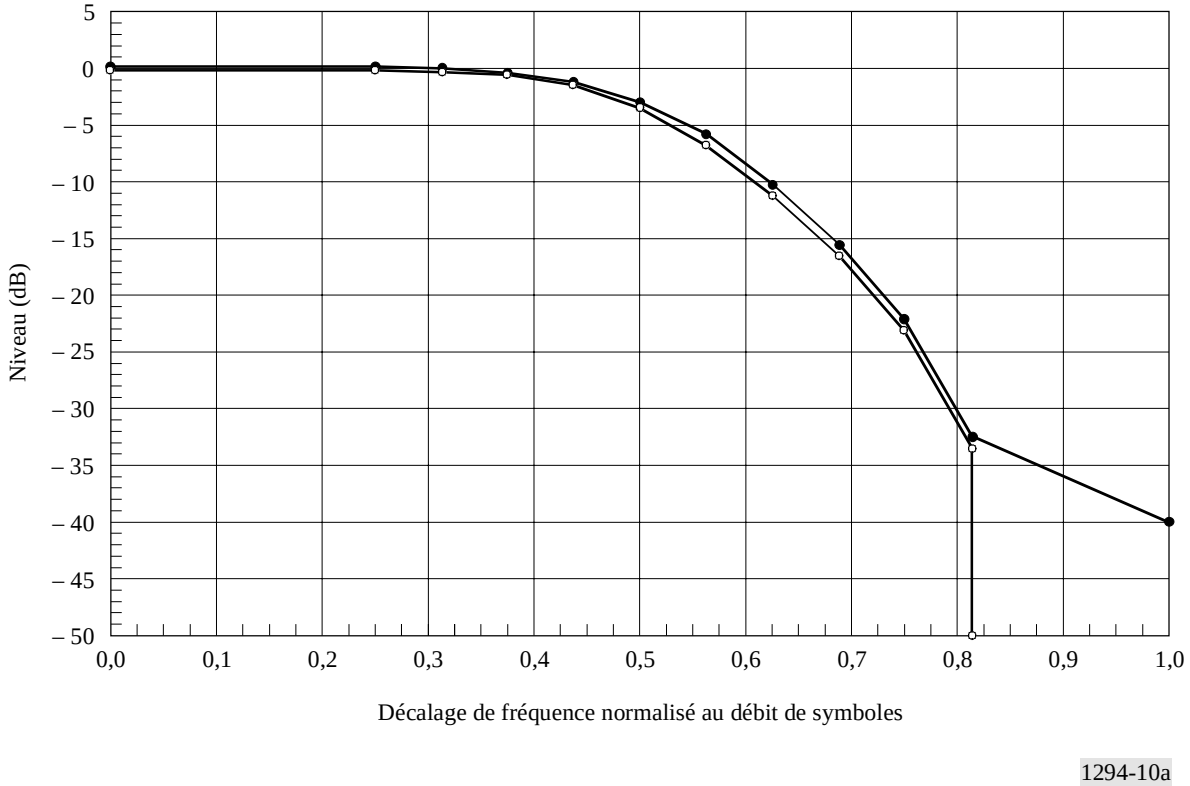


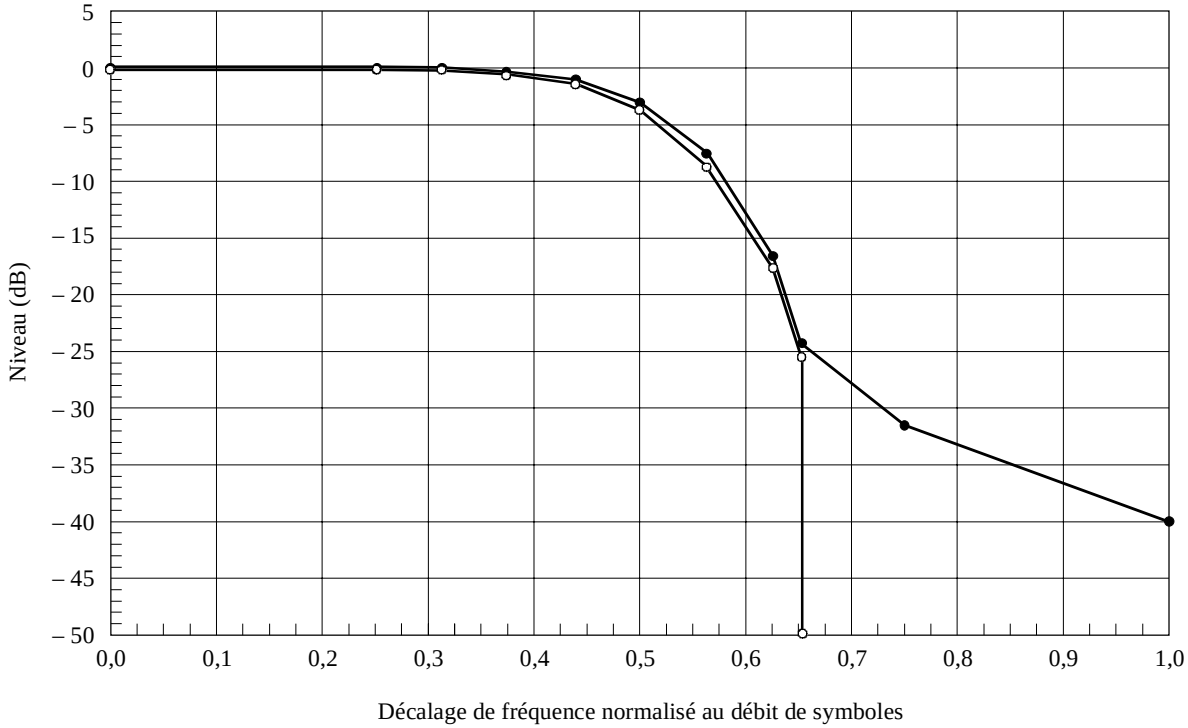
TABLEAU 4a

Valeurs seuils de masque à densité spectrale pour le mode normal

Décalage de fréquence normalisé au débit des symboles de transmission	Valeurs seuils supérieures du masque (dB)	Valeurs seuils inférieures du masque (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

Masque de densité spectrale pour le mode à spectre tronqué



1294-10b

TABLEAU 4b

Valeurs seuils de masque à densité spectrale pour le mode à spectre tronqué

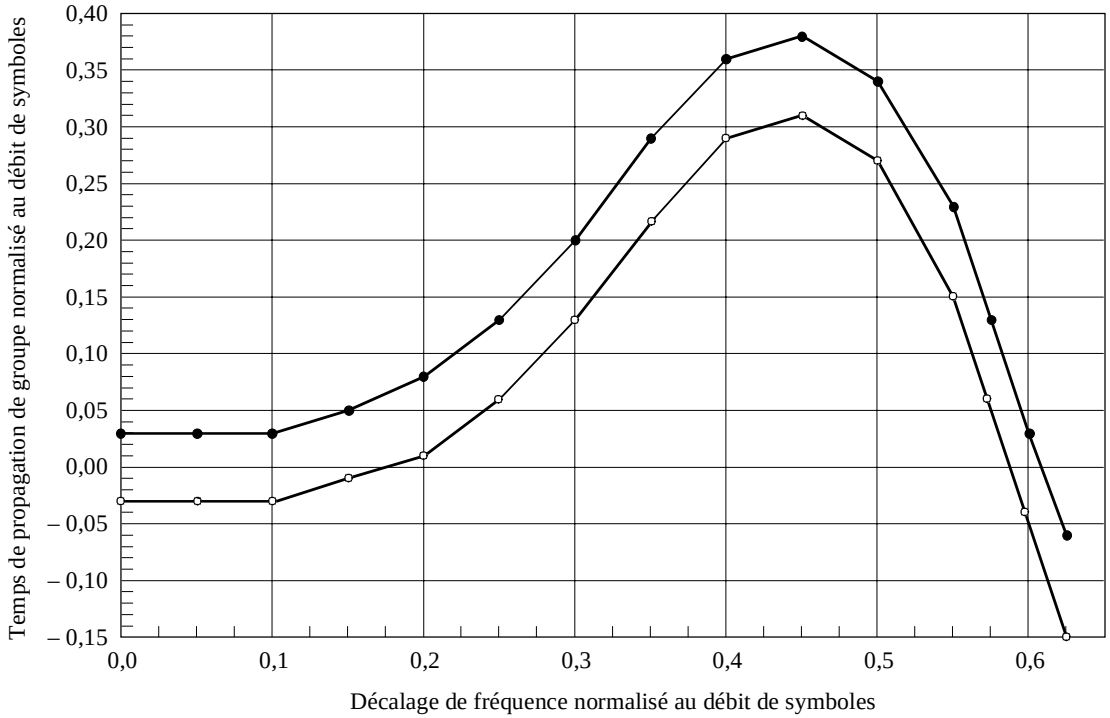
Décalage de fréquence normalisé au débit des symboles de transmission	Valeurs seuils supérieures du masque (dB)	Valeurs seuils inférieures du masque (dB)
0,00	0,1	–0,1
0,25	0,1	–0,1
0,3125	–0,15	–0,35
0,375	–0,35	–0,55
0,4375	–1,0	–1,2
0,50	–2,9	–3,4
0,5625	–7,4	–8,4
0,625	–16,6	–17,6
0,654	–24,5	–25,5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

5.1.3.1.2 Réponse au 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 5a et 5b 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 en Hz; par exemple, pour une exploitation à 29,27 Msymbol/s, le point supérieur du masque dans le mode normal au décalage de fréquence de $0,3 \times 29,27$ MHz = 8,78 MHz est déterminé comme suit à partir du Tableau 5a: $(0,20/29,27 \times 10^6$ Hz) = $6,8 \times 10^{-9}$ s = 6,8 ns.

FIGURE 11a

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



1294-11a

TABLEAU 5a

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

Décalage de fréquence normalisé au débit des symboles (f_{sym})	Temps de propagation de groupe du point supérieur du masque, normalisé au débit des symboles (Temps × (f_{sym} (Hz)))	Temps de propagation de groupe du point inférieur du masque, normalisé au débit des symboles (Temps × (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

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

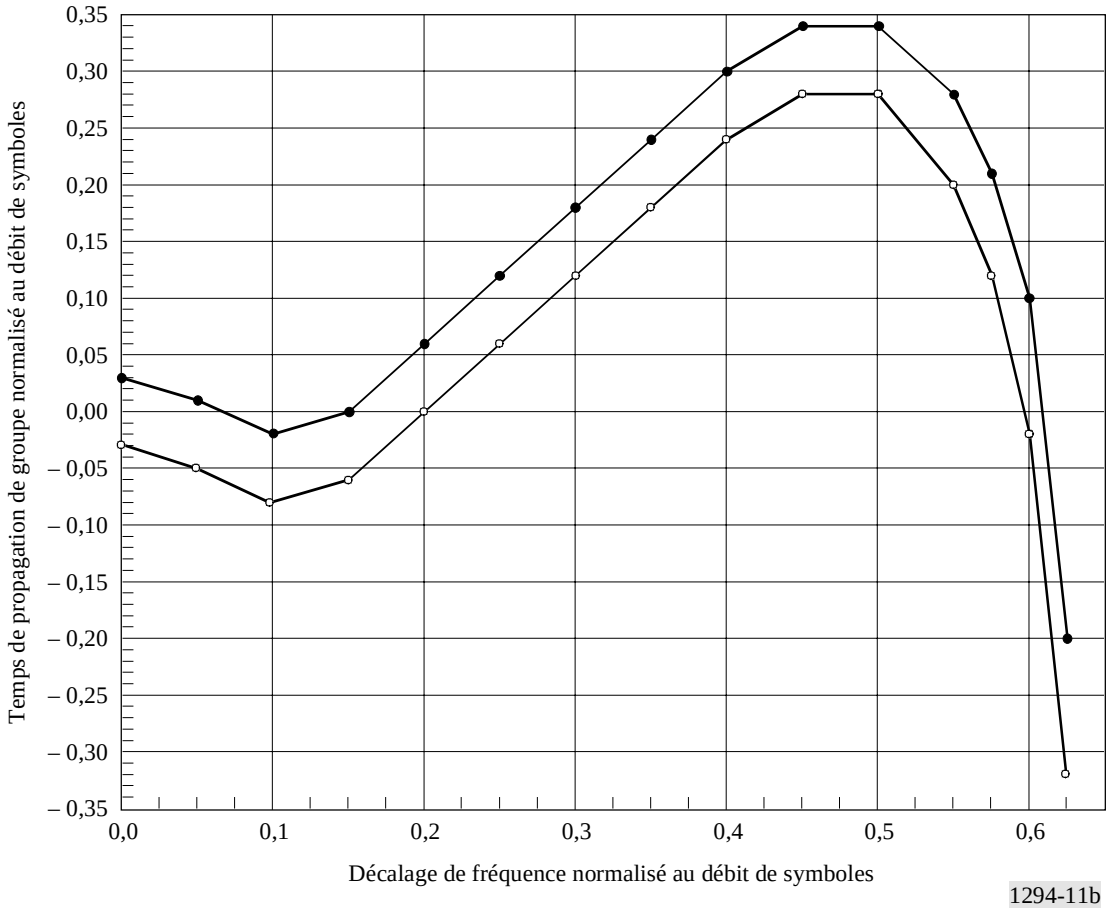


TABLEAU 5b

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

Décalage de fréquence normalisé au débit des symboles (f_{sym})	Temps de propagation de groupe du point supérieur du masque, normalisé au débit des symboles (Temps × (f_{sym} (Hz)))	Temps de propagation de groupe du point inférieur du masque, normalisé au débit des symboles (Temps × (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 5c.

FIGURE 11c

Masque spectral du Système C

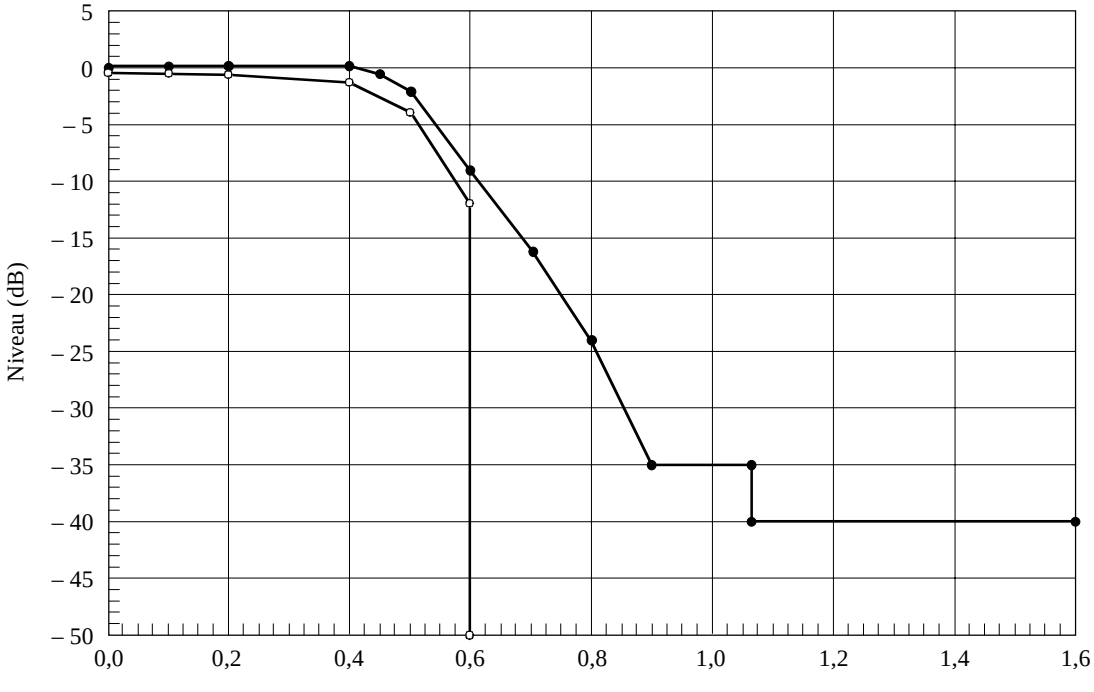


TABLEAU 5c

Masque spectral du Système C

Décalage de fréquence normalisé au débit des symboles de transmission	Valeurs seuils supérieures du masque (dB)	Valeurs seuils inférieures du masque (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	

5.2 Codage convolutif

5.2.1 Caractéristiques de codage convolutif pour le Système A

Le Tableau 6a donne la définition du code discontinu pour le Système A, à partir du code de base 1/2:

TABLEAU 6a

Caractéristiques de codage convolutif pour le Système A

Code originel			Débits 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 en octal	133 en 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: discontinuité.

5.2.2 Caractéristiques de codage convolutif pour le Système B

Le Tableau 6b donne la définition du code discontinu pour le Système B.

TABLEAU 6b

Caractéristiques de codage convolutif pour le système B

Code originel			Débits de code					
			1/2		2/3		6/7	
K	$G_1(X)$	$G_2(Y)$	P	d_{libre}	P	d_{libre}	P	d_{libre}
7	171 en octal	133 en 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: discontinuité.

5.2.3 Caractéristiques de codage convolutif pour le Système C

La définition du code discontinu 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 discontinuités de code convolutif.

– Le code convolutif est discontinu selon une longueur de contrainte 7, avec code à débit 1/3. Les générateurs de code à débit 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 discontinuité sont les suivantes:

  – La matrice de discontinuité à débit 3/4 est constituée de p2 = [100], p1 = [001], p0 = [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 discontinuité à débit 1/2 est constituée de [0], [1], [1] (en binaire).

  – La matrice de discontinuité à débit 5/11 est constituée de [00111], [11010], [11111] (en binaire).

  – La matrice de discontinuité à débit 2/3 est constituée de [11], [00], [01] (en binaire).

  – La matrice de discontinuité à débit 4/5 est constituée de [0111], [0010], [1000] (en binaire).

  – La matrice de discontinuité à débit 7/8 est constituée de [0000000], [0000001], [1111111] (en binaire).

  – La matrice de discontinuité à débit 3/5 est constituée de [001], [010], [111] (en binaire).

  – La matrice de discontinuité à débit 5/6 est constituée de [00111], [00000], [11001] (en binaire).

– Les sorties du codeur convolutif se présentent dans l'ordre suivant: sortie G_2 discontinue, puis sortie G_1 discontinue, puis sortie G_0 discontinue.

– Le premier bit de la séquence de discontinuité 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), i0, k1, i3, k4, ... sont appliqués au canal *I* tandis que k0, j2, k3, j5, ... sont appliqués au canal *Q*.

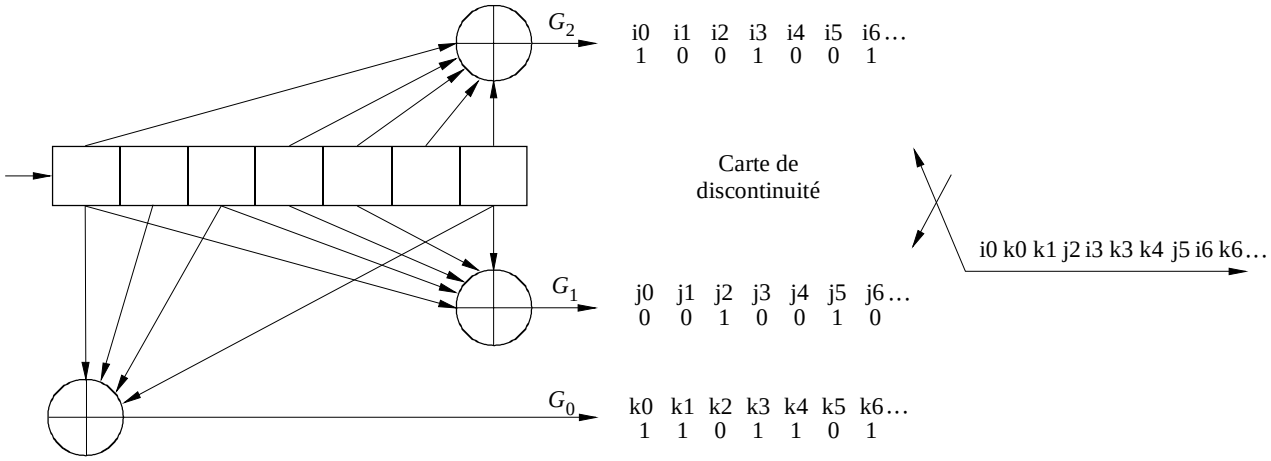
5.3 Caractéristiques de synchronisation

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 (soit 0) de l'octet du mot de synchronisation (soit 01000111).

FIGURE 12

Codeur convolutif (exemple de débit 3/4)



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. 13 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 Reed-Solomon.

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

– L'entrée de réorganisation des 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 de plus fort poids (MSB) au bit de plus faible poids (LSB) 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. 14 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.

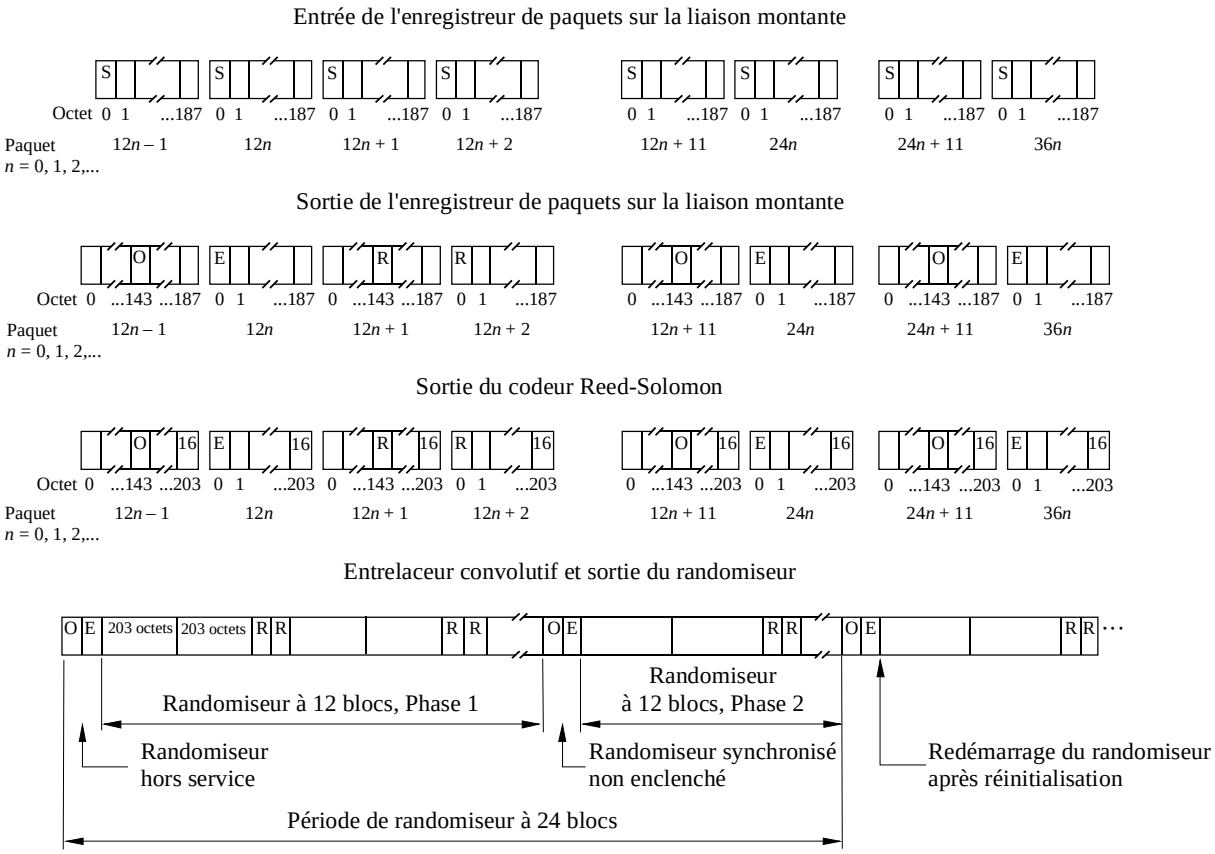
– Pour les paquets de transport à numéro impair non égal à 11 modulo-12, l'octet de synchronisation MPEG-2 numéro 0 est éliminé, les octets numéro 1 à 143 sont décalés, l'octet réservé est inséré après l'octet MPEG-2 143 et les octets MPEG 144 à 187 sont annexés pour compléter la structure des paquets.

– 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 Reed-Solomon.

– 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 13

Traitement de liaison montante



S: octet de synchronisation MPEG = 01000111
O: octet de synchronisation de trame impaire = 01011010 (canal *I* en MUX segmenté) = 01111110 (canal *Q* en MUX segmenté)
E: octet de synchronisation de trame paire = 00110110 (canal *I* en MUX segmenté) = 10100100 (canal *Q* en MUX segmenté)
R: octet réservé.
(Tous les octets transmis, MSB en premier, synchronisation de trame du canal *I* utilisée en MUX combiné.)

1294-13

Ce traitement sur liaison montante produit un mot de synchronisation de 16 bits à la sortie de l'entrelaceur, tous les 12 intervalles de blocs Reed-Solomon. Le mot de synchronisation (sync) correspondant pour les modes de fonctionnement à MUX de canal I ou combiné est le suivant:

Sync avec MUX de canal *I* ou combiné:	0101, 1010, 0011, 0110 MSB LSB

le MSB étant transmis en premier dans le canal.

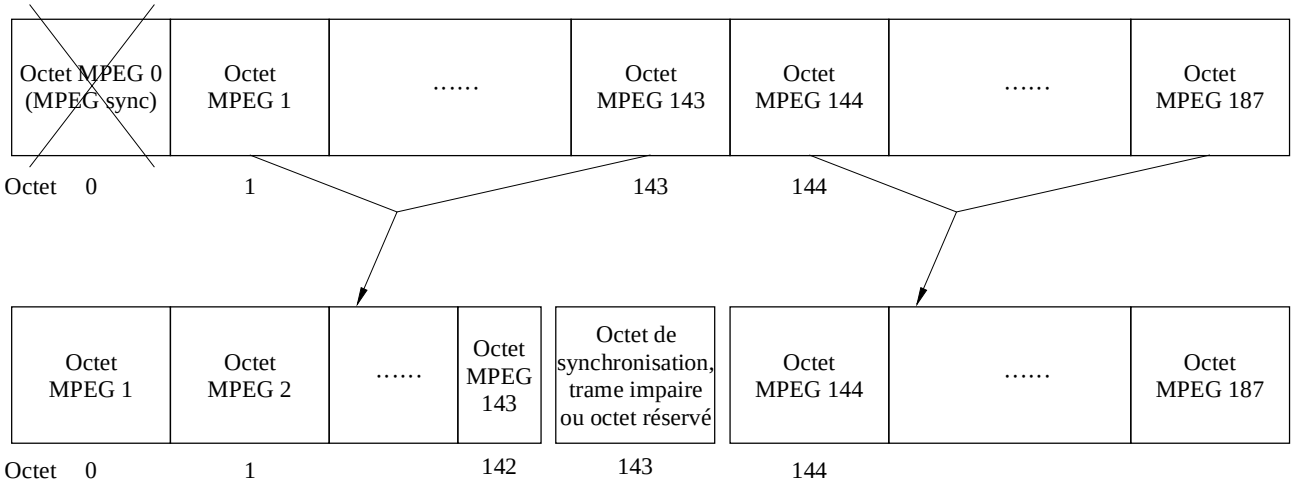
Le mot de synchronisation correspondant du MUX de canal *Q* pour les modes de fonctionnement à multiplexage divisé est le suivant:

Sync avec MUX de canal *Q* et multiplexage divisé:	0111, 1110, 1010, 0100 MSB LSB

Une paire d'octets réservés couverte par la séquence de synchronisation du randomiseur apparaît tous les 2 intervalles de blocs Reed-Solomon, ce qui donne 10 mots réservés par période de randomiseur tronquée.

FIGURE 14

Réorganisation des paquets à numéro impair sur liaison montante



1294-14

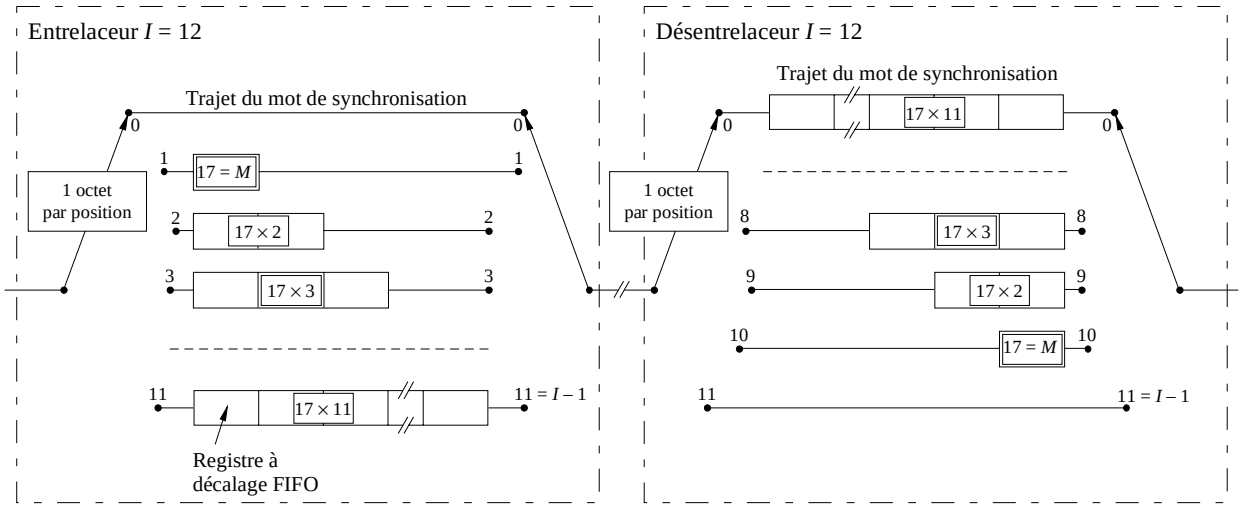
5.4 Entrelaceur convolutif

5.4.1 Entrelaceur convolutif pour le Système A

Selon le schéma conceptuel de la Fig. 15a, un entrelacement convolutif de niveau $I = 12$ est appliqué aux paquets protégés contre les erreurs (voir la Fig. 20c), ce qui donne une trame entrelacée.

FIGURE 15a

Schéma conceptuel de l'entrelaceur et du désentrelaceur convolutifs



1294-15a

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 (FIFO), à cellules de niveau ($M\,j$) (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 contiennent un octet, et les commutateurs d'entrée et de sortie sont synchronisés.

À 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. 15b. Il s'agit d'un entrelaceur Ramsey de type II, caractérisé par les paramètres suivants (voir la Note 1):

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

$I = 146$ longueur des blocs de l'entrelaceur et

$D = 13$ niveau d'entrelacement.

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:

Retard lecture/écriture (octets) $(D - 1)\,k$ avec $k = 0, \ldots, I - 1$.

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),

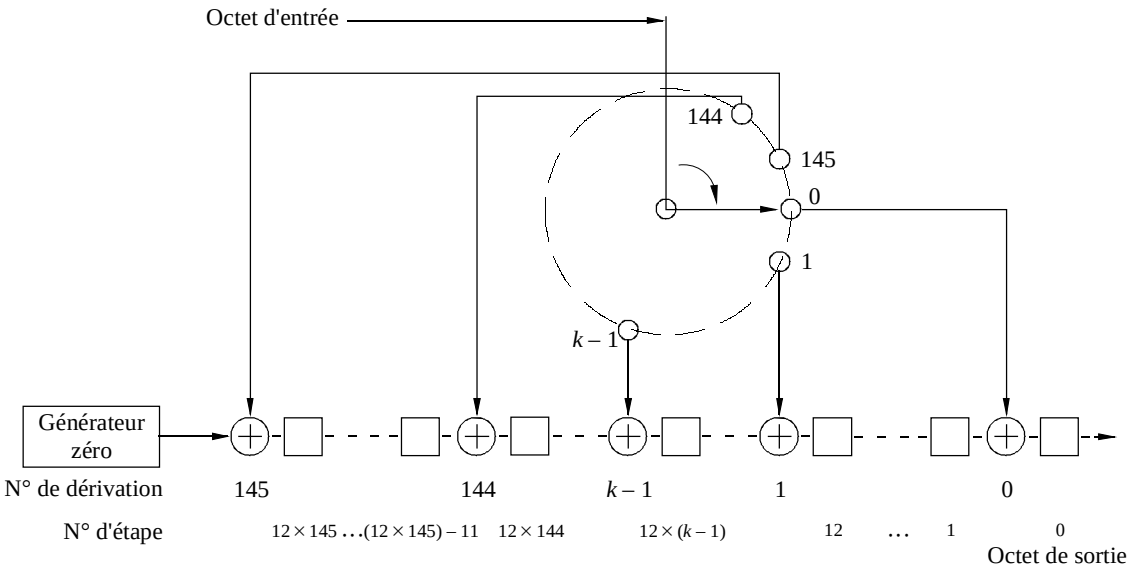
Etape 2: il déplace le contenu du registre à décalage d'un octet vers la droite,

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.

FIGURE 15b

Schéma fonctionnel de l'entrelaceur convolutif du Système B



1294-15b

5.4.3 Entrelaceur convolutif pour le Système C

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

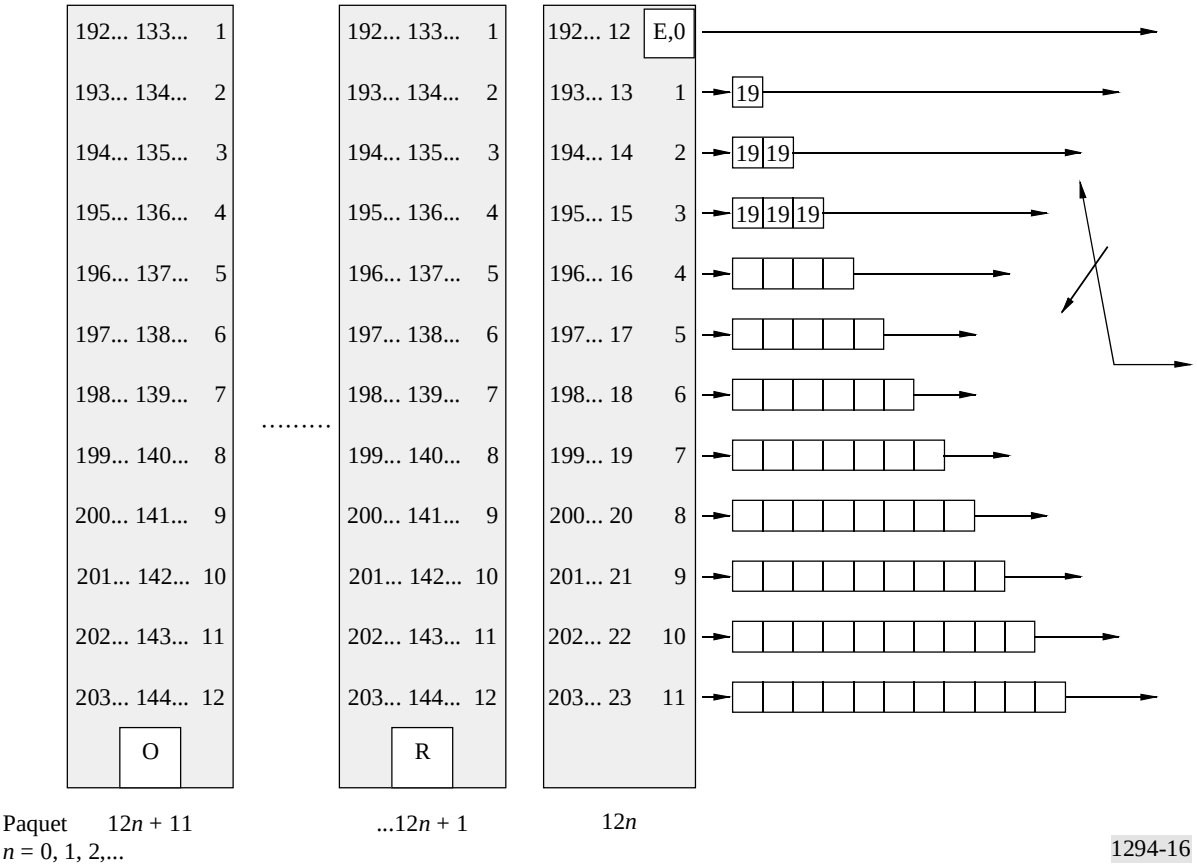
– L'entrelaceur à niveau $I = 12$, $J = 19$ est constitué d'une mémoire de symboles Reed-Solomon $I(I – 1)J/2 = 1254$. La structure de l'entrelaceur sera compatible avec le type de commutateur, comme l'illustre la Fig. 16.

– Le premier octet d'un bloc de sortie codé Reed-Solomon est présent à l'entrée et à la sortie du bras de commutateur de l'entrelaceur à retard nul.

– Le k^e bras de commutateur inclut $k \cdot J$ retards d'octets pour $k = 0,1, \ldots, 11$ et $J = 19$. Un octet de sortie est lu du k^e FIFO ou tampon circulaire, un octet d'entrée est écrit ou décalé dans le k^e 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.

FIGURE 16

Entrelaceur convolutif



5.5 Codeur Reed-Solomon

Le décodeur Reed-Solomon pourra fonctionner avec les paramètres abrégés suivants:

– (204,188, $T = 8$)

– (146,130, $T = 8$).

Les codes Reed-Solomon 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 Reed-Solomon, ces octets nuls doivent être éliminés.

5.5.1 Caractéristiques du codeur Reed-Solomon pour le Système A

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

5.5.2 Caractéristiques du codeur Reed-Solomon pour le Système B

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

5.5.3 Caractéristiques du codeur Reed-Solomon pour le Système C

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

Le code Reed-Solomon 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 $x = a^i$, $i = 1, 2, ..., 2t$, $g(x) = \prod_{i=1}^{i=2t} (x + a^i)$.

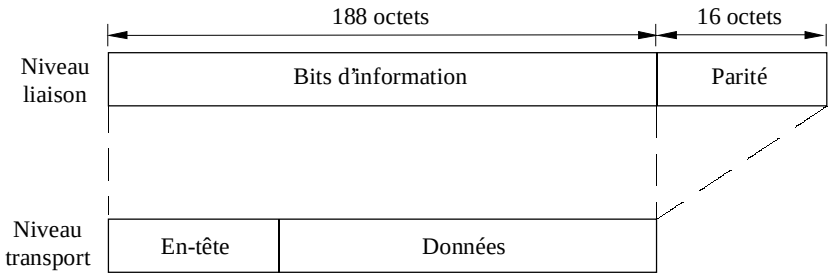
Pour $t = 8$, le polynôme générateur est $g(x) = x^{16} + a^{121}x^{15} + a^{106}x^{14} + a^{110}x^{13} + a^{113}x^{12} + a^{107}x^{11} + a^{167}x^{10} + a^{83}x^9 + a^{11}x^8 + a^{100}x^7 + a^{201}x^6 + a^{158}x^5 + a^{181}x^4 + a^{195}x^3 + a^{208}x^2 + a^{240}x + a^{136}$.

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 $d_{N-2t-1}, d_{N-2t-2}, \ldots, d_0$ entrée dans le codeur représente le polynôme $d(x) = d_{N-2t-1}\ x^{N-2t-1} + d_{N-2t-2}\ x^{N-2t-2} + \ldots + d_1\ x + d_0$. 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 Reed-Solomon est appliqué aux paquets, comme l'illustre la Fig. 17.

FIGURE 17

Code Reed-Solomon appliqué à un paquet



1294-17

5.6 Dispersion d'énergie

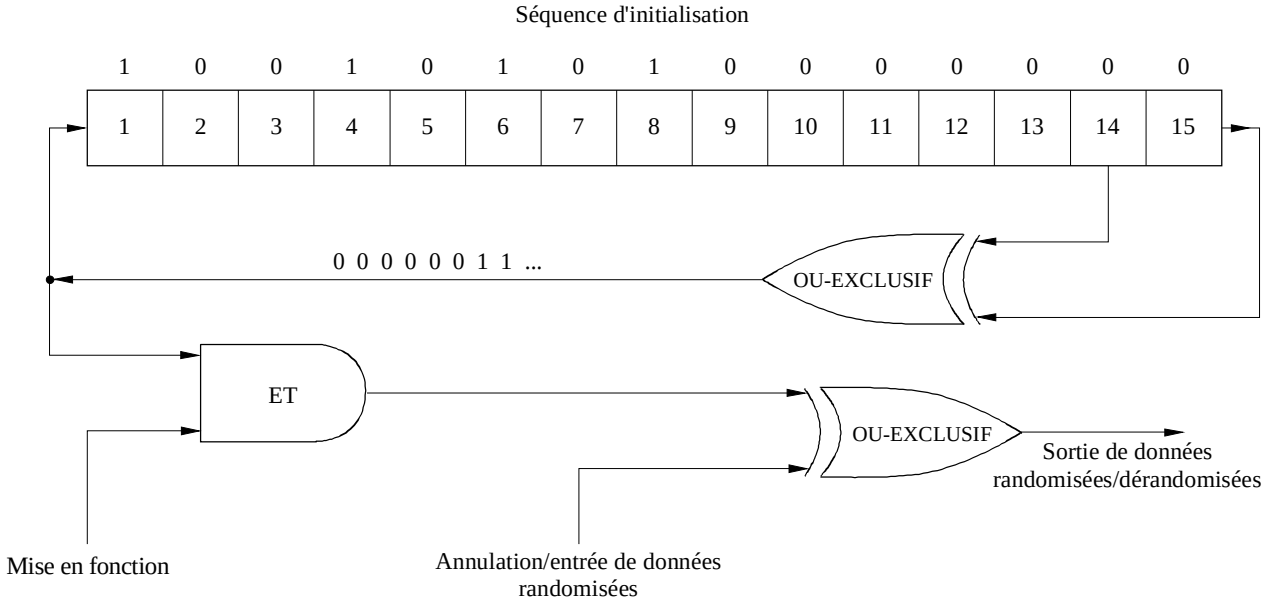
5.6.1 Dispersion d'énergie pour le Système A

Le Système A élimine la séquence de randomisation après le décodage de Reed-Solomon. 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 de l'UIT 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. 18.

FIGURE 18

Schéma de randomisation/dérandomisation



Entrées de données
(bit le plus significatif en premier): 1 0 1 1 1 0 0 0 x x x | x x x x x ...|
SBPA: 0 0 0 | 0 0 0 1 1 ...|

1294-18

Le polynôme générateur SBPA est de forme:

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

Le chargement de la séquence «100101010000000» dans les registres de SBPA (voir la Fig. 18) 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 Reed-Solomon, comme l'indique la Fig. 19.

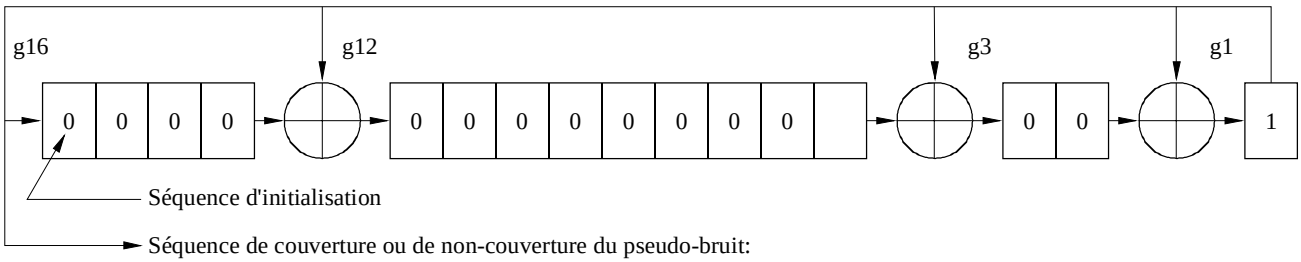
– Les séquences de synchronisation de 16 bits à CED, qui se produisent tous les 12 intervalles de blocs Reed-Solomon, ne sont pas randomisées. Le randomiseur reçoit des impulsions d'horloge durant les 16 temps de bit où sont insérées des séquences de synchronisation à CED, mais la sortie du randomiseur 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. 19). 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 19

Schéma fonctionnel d'un randomiseur



1294-19

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. 20a)).

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).

6 Références normatives

[1] ISO/CEI 13818 [novembre 1994]. 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.

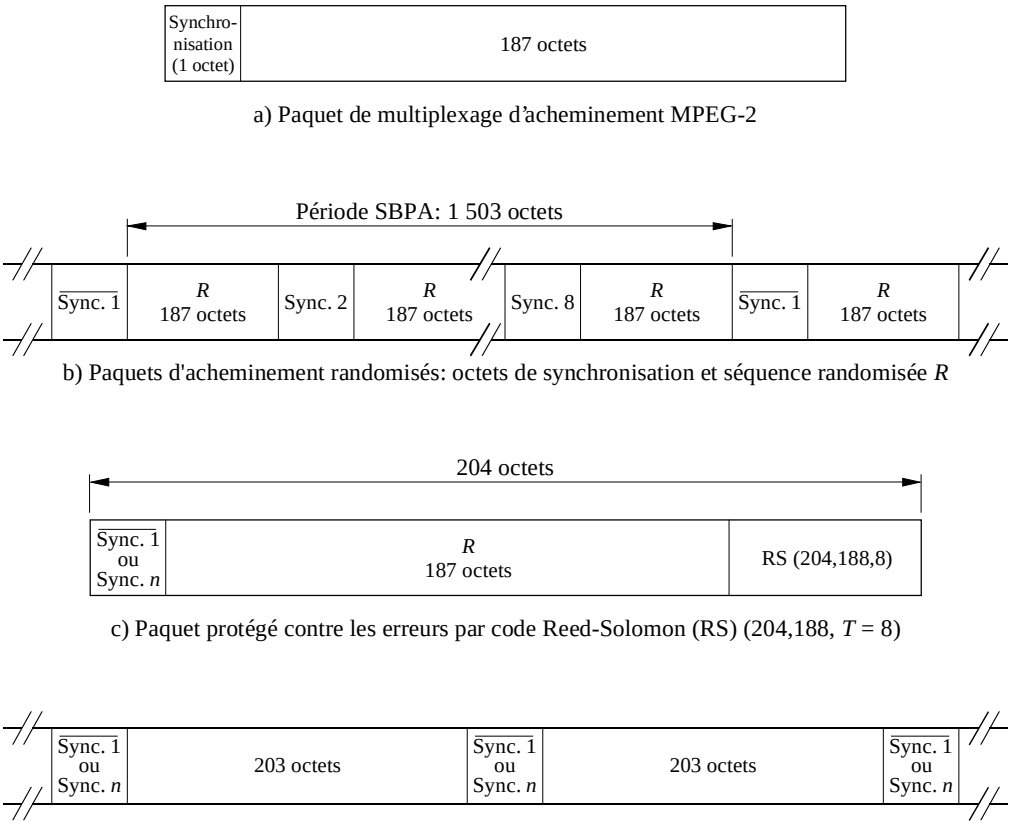
7 Références informatives

[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.

FIGURE 20

Structure de mise en trame



Sync. 1: octet de synchronisation sans randomisation de complément
Sync. *n*: octet de synchronisation non randomisé, *n* = 2, 3, ..., 8

1294-20

8 Liste d'abréviations

AD: données auxiliaires

ATM: mode de transfert asynchrone

ATSC: Advanced television systems committee

CA: accès conditionnel

CED: correction d'erreur directe

ETS: Norme européenne de télécommunication

IRD: récepteur-décodeur intégré

MAQ: modulation d'amplitude en quadrature

MDP-4: modulation par déplacement de phase quadrivalente

MPEG: Motion Pictures Experts Group

MPEG-2 TS: flux de transport MPEG-2

PID: identification de programme

QEF: quasiment sans erreur

RAM: mémoire vive

ROM: mémoire morte

RS: Reed-Solomon

SBPA: séquence binaire pseudo-aléatoire

SCID: identification de canal de service

SCTE: Society of Cable and Telecommunication Engineers

APPENDICE 1

DE L'ANNEXE 1

Caractéristiques du flux de transport du Système B*

TABLE DES MATIÈRES

Page

1 Introduction 34

2 Préfixe 34

3 Paquets nuls et de gamme 35

4 Paquets d'application vidéo 36
- 4.1 Paquets de données auxiliaires 37
- 4.2 Paquets du service vidéo de base 40
- 4.3 Paquets de données redondants 41
- 4.4 Paquets de données vidéo autres que MPEG 42

5 Paquets d'application audio 43
- 5.1 Paquets de données auxiliaires 43
- 5.2 Paquets de service audio de base 43
- 5.3 Paquets de données audio autres que MPEG 44

6 Paquets de guide sur les programmes 45

7 Contraintes du multiplex de transport 46
- 7.1 Définition de contrainte de multiplex de flux élémentaire 46

* 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.

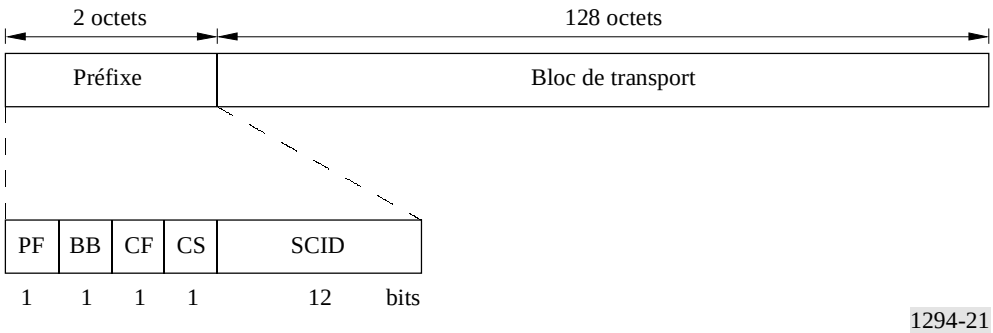
A noter que les présentes spécifications font usage du terme générique «embrouillage», qui désigne le chiffrement lorsqu'il s'applique aux systèmes numériques.

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. 21 illustre la structure logique d'une cellule de transport, en indiquant le préfixe et sa relation avec le bloc de transport.

FIGURE 21

Structure d'un paquet de transport du Système B



Le Tableau 7 présente la définition sémantique des champs du préfixe.

TABLEAU 7

Champs du préfixe

PF	Mise en trame de paquets	Ce bit bascule entre 0 et 1 pour chaque paquet.
BB	Limite de groupe	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	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. Dans les paquets auxiliaires, si l'information utile des paquets auxiliaires contient un paquet de mot de commande (CWP), 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	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 = 0xFFF – 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 8. (Afin de maintenir le verrouillage de l'accord, le contenu est conçu pour demeurer neutre du point de vue du spectre.)

TABLEAU 8

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
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 CC/HD des autres paquets, soit CC = 0 HD = 0100_b

4 Paquets d'application vidéo

La Fig. 22 illustre la structure générale des paquets de transport vidéo. À 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).

Afin d'indiquer différents types de cellules et de compteurs associés, le format de la couche de transport vidéo comporte 4 bits pour un compteur de continuité (CC) et 4 bits pour un désignateur d'en-tête (HD), comme l'indique la Fig. 22. Le Tableau 9 donne une description détaillée de ces champs. À 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.

FIGURE 22

Structure d'un paquet d'application vidéo générale

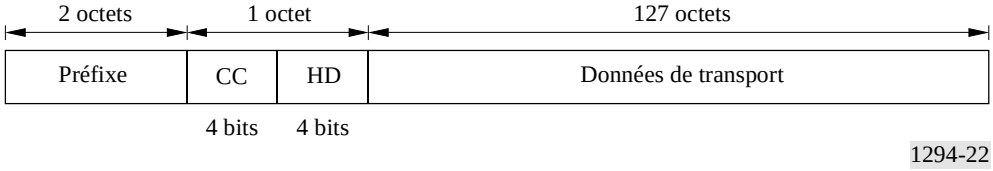


TABLEAU 9

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 «0x 00» (paquets auxiliaires). À 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) et sont identifiés par HD = 0000_b.

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

L'ADG peut contenir:

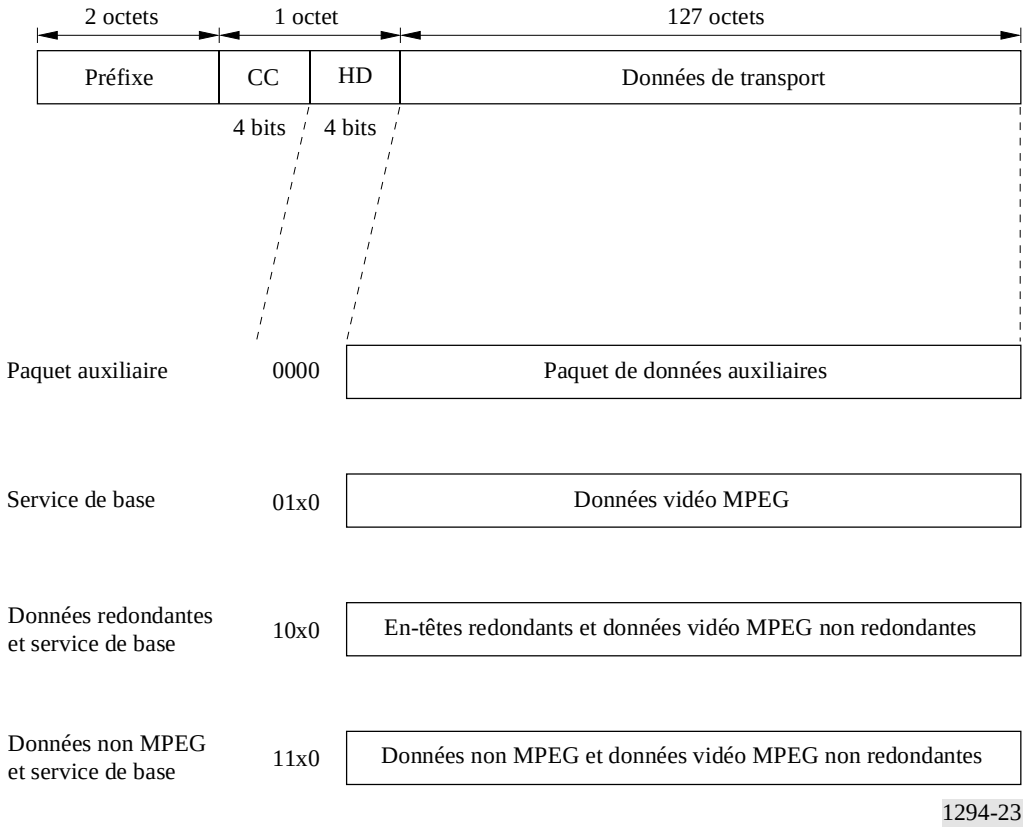
– des codes de référence temporelle et des horodateurs,

– des paquets de mots de commande de chiffrement (CWP).

Un ADG comprend 2 parties: un préfixe de données auxiliaires (ADP), constitué de 2 octets, et un bloc de données auxiliaires (ADB), 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 CFF 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'AFID, l'AFS 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.

FIGURE 23

Structure de paquets d'application vidéo



La Fig. 24 illustre un exemple de structure de paquets de données auxiliaires à deux champs ADG. Le Tableau 10 donne la définition sémantique des champs (pertinents) d'un paquet de données auxiliaires.

FIGURE 24

Structure d'un paquet de données auxiliaires

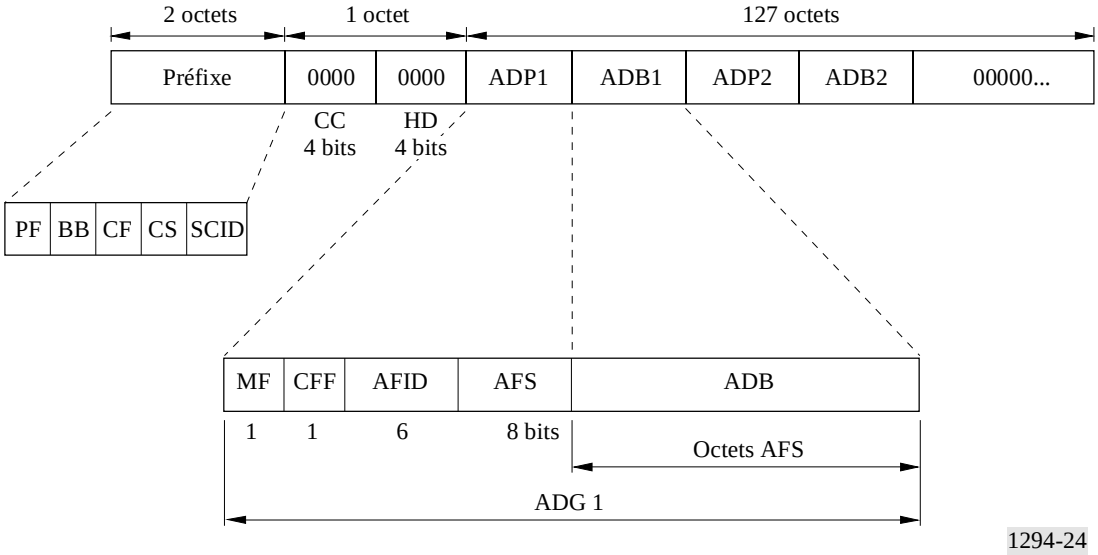


TABLEAU 10

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

BB	Limite de groupe (Bundle boundary)	BB = 0 pour paquets auxiliaires.
CF	Fanion de commande (Control flag)	CF = 1 pour paquets auxiliaires (non embrouillés).
CS	Sync de commande (Control sync)	Si l'information utile de paquet auxiliaire contient un paquet de mot de commande (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 (Continuity counter)	CC = 0000_b pour paquets auxiliaires.
HD	Désignateur d'en-tête (Header designator)	HD = 0000_b pour paquets auxiliaires.
MF	Fanion modifiable (Modifiable flag)	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.
CFF	Fanion de champ courant (Current field flag)	CFF = 1: ce champ contient un ADG valide. CFF = 0: ce champ ne contient pas un ADG valide.
AFID	Identification de champ auxiliaire (Auxiliary field identification)	Ce champ de 6 bits indique l'information de données auxiliaires véhiculée dans ce groupe de données auxiliaires (ADG). Trois groupes de données auxiliaires 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 (Auxiliary field size)	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 (Auxiliary data block)	Information de données auxiliaires des octets AFS de taille.

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'incrémentation de 1 aux horodateurs de référence correspond à un cycle de l'horloge à 27 MHz. L'incrémentation de 1 des horodateurs de référence MPEG correspond à 300 cycles de l'horloge à 27 MHz ou à un incrément 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. 25 illustre la structure d'un paquet du service vidéo de base. Le Tableau 11 donne la définition sémantique des champs (pertinents) à l'intérieur de la structure de paquets du service vidéo de base.

FIGURE 25

Structure d'un paquet du service vidéo de base

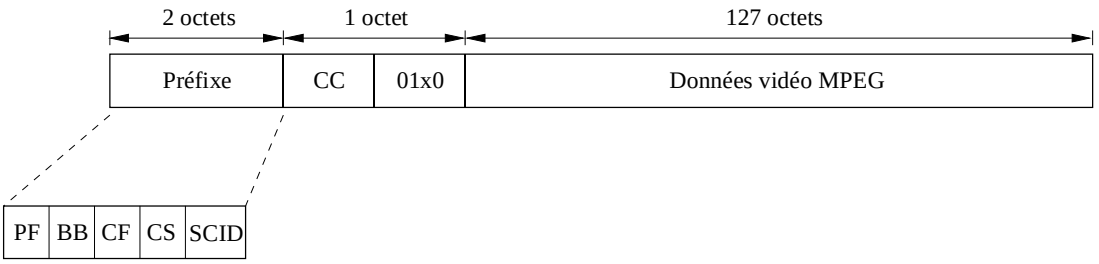


TABLEAU 11

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. 26 illustre la structure du paquet de données redondant. Le Tableau 12 donne la définition sémantique des champs (pertinents) d'un paquet de données redondant.

FIGURE 26

Structure d'un paquet de données redondant

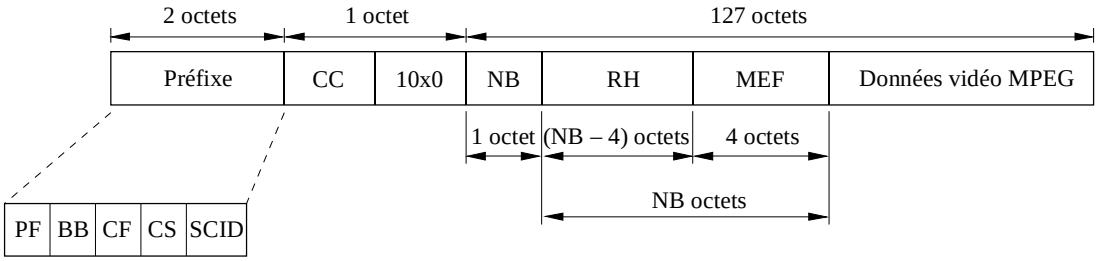


TABLEAU 12

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 (Number of bytes)	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 (Redundant headers)	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 (Media error field)	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. 27 illustre la structure d'un paquet de données autres que MPEG. Le Tableau 13 donne la définition sémantique des champs (pertinents) d'un paquet de données vidéo autres que MPEG.

FIGURE 27

Structure d'un paquet de données vidéo autres que MPEG

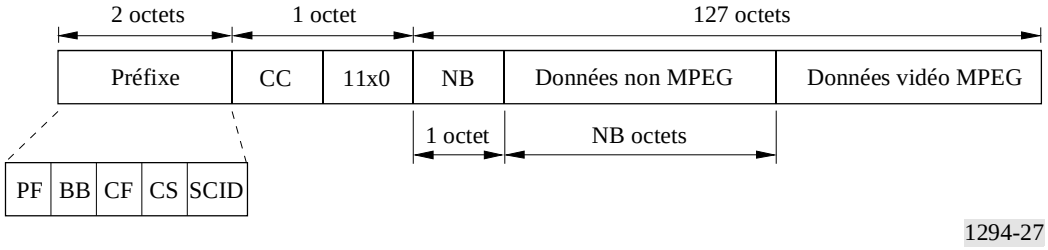


TABLEAU 13

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 d'octet NB 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. 28 illustre la structure générale des paquets de transport audio. A l'intérieur des paquets d'application audio, on retrouve 3 types de cellules de transport, caractérisées par le genre de données de service audio qu'elles véhiculent:

– paquets de données auxiliaires (horodateurs, paquets de mot de commande 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 14. 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 28

Structure d'un paquet d'application audio générale

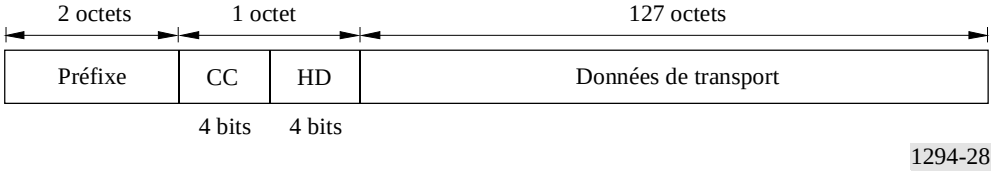


TABLEAU 14

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 «0x 00» (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. 29 illustre la structure d'un paquet du service audio de base, et le Tableau 15 donne la définition sémantique des champs (pertinents).

FIGURE 29

Structure d'un paquet du service audio de base

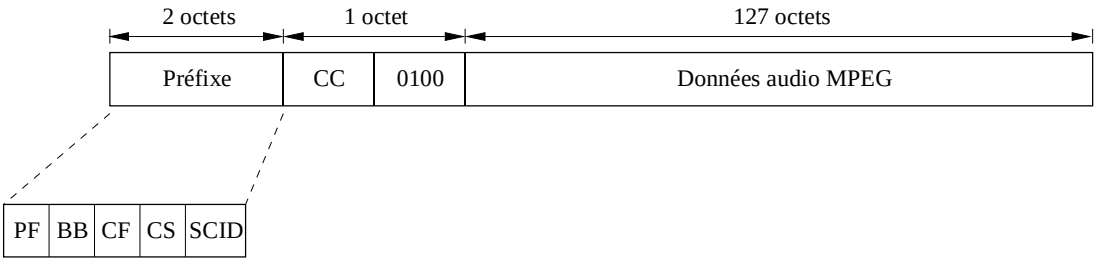


TABLEAU 15

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. 30 illustre la structure d'un paquet de données audio autres que MPEG, et le Tableau 16 donne la définition sémantique des champs (pertinents).

FIGURE 30

Structure d'un paquet de données audio autres que MPEG

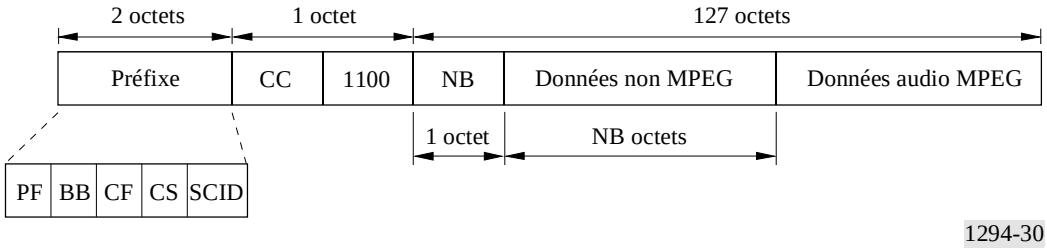


TABLEAU 16

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), de guide spécial sur les programmes (SPG), de parcelle d'information d'achat (PIP) et de parcelle d'information de description (DIP). Ces flux sont acheminés en paquets qui ont la même structure que sur la Fig. 31. 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 31

Structure d'un paquet de guide sur les programmes

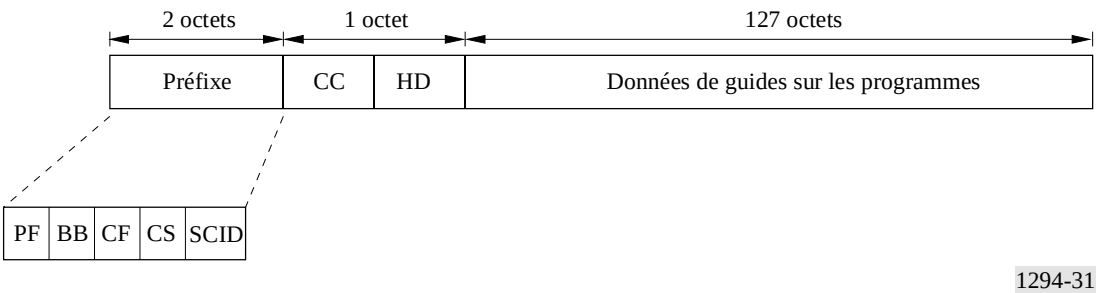


TABLEAU 17

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 (CA), guide principal sur les programmes (MPG), guides spéciaux (SPG), parcelles d'information de description (DIP), parcelles d'information d'achat (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.