

Union internationale des télécommunications

UIT-R

Secteur des Radiocommunications de l'UIT

Recommandation UIT-R BO.2098-0
(12/2016)

**Système de transmission pour la
radiodiffusion télévisuelle à ultra-haute
définition par satellite**

Série BO
Diffusion par satellite



Union
internationale des
télécommunications

Avant-propos

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

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

Politique en matière de droits de propriété intellectuelle (IPR)

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

Séries des Recommandations UIT-R

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

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

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

Publication électronique
Genève, 2017

© UIT 2017

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

RECOMMANDATION UIT-R BO.2098-0

**Système de transmission pour la radiodiffusion télévisuelle
à ultra-haute définition par satellite**

(Question ITU-R 292/4)

(2016)

Domaine d'application

On a besoin pour la radiodiffusion télévisuelle à ultra-haute définition (TVUHD) d'une capacité de transmission supérieure à celle nécessaire pour un système de radiodiffusion télévisuelle à haute définition (TVHD) classique. La présente Recommandation définit un système de transmission pour la radiodiffusion TVUHD par satellite.

Mots-clés

TVUHD, radiodiffusion par satellite, capacité de transmission, ISDB-S3

Abréviations/Glossaire

APSK	modulation par déplacement d'amplitude et de phase (<i>amplitude phase shift keying</i>)
AWGN	bruit blanc gaussien additif (<i>additive white gaussian noise</i>)
BPSK	modulation par déplacement de phase bivalente (<i>binary phase shift keying</i>)
code BCH	code Bose-Chaudhuri-Hocquenghem
C/N	Rapport porteuse/bruit
EWS	système d'alerte en cas d'urgence (<i>emergency warning system</i>)
FEC	correction d'erreur directe (<i>forward error correction</i>)
GF	champ de Galois (<i>Galois field</i>)
bouclage IF	bouclage interféquences (<i>inter frequency-loopback</i>)
IP	protocole Internet (<i>Internet protocol</i>)
IPv4	version 4 du protocole Internet (<i>Internet protocol version 4</i>)
IPv6	version 6 du protocole Internet (<i>Internet protocol version 6</i>)
ISDB-S	radiodiffusion numérique à intégration de services pour satellite (<i>integrated services digital broadcasting for satellite</i>)
ISDB-S3	radiodiffusion numérique à intégration de services pour satellite de troisième génération (<i>integrated services digital broadcasting for satellite, 3rd generation</i>)
code LDPC	code de contrôle de parité à faible densité (<i>low density parity check code</i>)
LSB	bit de plus faible poids (<i>least significant bit</i>)
MPEG	Groupe d'experts pour les images animées (<i>moving picture experts group</i>)
MMT	transport de médias MPEG (<i>MPEG media transport</i>)
MSB	bit de poids le plus fort (<i>most significant bit</i>)
OBO	recul de puissance à la sortie (<i>output back-off</i>)
PSK	modulation par déplacement de phase (<i>phase shift keying</i>)

PRBS	séquence binaire pseudo-aléatoire (<i>pseudo-random binary sequence</i>)
QPSK	modulation par déplacement de phase quadrivalente (<i>quadrature phase shift keying</i>)
TDM	multiplexage par répartition dans le temps (<i>time division multiplexing</i>)
TLV	type, longueur, valeur (<i>type, length, value</i>)
TMCC	commande de configuration de transmission et de multiplexage (<i>transmission and multiplexing configuration control</i>)
TS	flux de transport (<i>transport stream</i>)
TS_ID	identificateur de flux de transport (<i>transport stream identifier</i>)
TWTA	amplificateur à tube à ondes progressives (<i>travelling wave tube amplifier</i>)
UHDTV	télévision à ultra-haute définition (<i>ultra high definition television</i>)

Recommandations et Rapports UIT-R connexes

Recommandation UIT-R BO.1408-1	Système de transmission pour services multimédias de haute technologie fournis par la radiodiffusion numérique à intégration de services dans un canal de radiodiffusion par satellite
Recommandation UIT-R BO.1516-1	Systèmes de télévision numérique multiprogramme utilisés par des satellites dans la gamme de fréquences 11/12 GHz
Recommandation UIT-R BO/BT.1774-2	Utilisation des infrastructures de radiodiffusion par satellite ou de Terre pour l'alerte du public, l'atténuation des effets des catastrophes et les secours en cas de catastrophe
Recommandation UIT-R BO.1784-0	Système numérique de radiodiffusion par satellite avec configuration souple (télévision, son et données)
Recommandation UIT-R BT.2020-2	Valeurs de paramètres des systèmes de télévision à ultra haute définition pour la production et l'échange international de programmes
Recommandation UIT-R BT.2073-0	Utilisation de la norme de codage vidéo à grande efficacité pour la radiodiffusion télévisuelle ultra-haute définition et la radiodiffusion télévisuelle haute définition
Recommandation UIT-R BT.2100-0	Valeurs des paramètres de l'image pour la télévision à grande plage dynamique à utiliser pour la production et l'échange international de programmes
Rapport UIT-R BO.2397-0	Transmissions par satellite pour la radiodiffusion télévisuelle à ultra haute définition par satellite

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

a) que la radiodiffusion de télévision à ultra haute définition (TVUHD)¹ devrait devenir un service média de premier plan dans un proche avenir;

¹ La TVUHD est définie dans la Recommandation UIT-R BT.2020.

- b) qu'il est nécessaire d'augmenter la capacité de transmission afin d'assurer la radiodiffusion TVUHD par satellite au moyen d'un seul répéteur de satellite;
- c) que, grâce aux progrès récents de la technologie numérique, il est possible d'avoir un facteur de décroissance très petit, une correction d'erreur directe (FEC) très économique en largeur de bande et des types de modulation tels que le code de contrôle de parité à faible densité (LDPC) et la modulation par déplacement d'amplitude et de phase (APSK);
- d) que l'affaiblissement dû à la pluie, qui varie en fonction des zones climatiques, doit être pris en compte dans les systèmes de radiodiffusion par satellite;
- e) qu'un système doit être capable de supporter la non-linéarité d'un répéteur de satellite;
- f) qu'il est préférable qu'un système puisse prendre en charge à la fois des paquets de flux de transport MPEG (Groupe d'experts pour les images animées) et des paquets IP;
- g) qu'il est en outre souhaitable qu'un système permette des configurations de transmission et de multiplexage souples;
- h) qu'il est souhaitable qu'un système de radiodiffusion prenne en charge un système d'alerte en cas d'urgence (EWS), en particulier dans les régions à forte activité sismique,

reconnaisant

- a) que les systèmes de télévision numérique multiprogramme utilisés par des satellites sont décrits dans les Recommandations UIT-R BO.1408 et UIT-R BO.1516;
- b) que le système numérique de radiodiffusion par satellite avec configuration souple (télévision, son et données) est décrit dans la Recommandation UIT-R BO.1784;
- c) les débits binaires pour les émissions de radiodiffusion TVUHD et TVHD utilisant la norme de codage vidéo à grande efficacité (HEVC) sont décrits dans la Recommandation UIT-R BT.2073;
- d) que l'utilisation des infrastructures de radiodiffusion par satellite ou de Terre pour l'alerte du public, l'atténuation des effets des catastrophes et les secours en cas de catastrophe est décrite dans la Recommandation UIT-R BO/BT.1774,

recommande

que le système ISDB-S3 spécifié dans la norme ARIB STD-B44² soit utilisé pour la radiodiffusion TVUHD par satellite (voir la Note 1 et la Note 2).

NOTE 1 – On trouvera une description résumée du système recommandé (Système F) dans l'Annexe 1, et un tableau comparatif des systèmes de transmission pour la radiodiffusion TVUHD par satellite dans l'Annexe 2.

NOTE 2 – Le débit de symboles spécifié dans la norme ARIB STD-B44 est un exemple. Le débit de symboles des systèmes ISDB-S3 peut être défini de manière souple en fonction des différents types de largeur de bande du répéteur de satellite.

² ARIB STD-B44 (http://www.arib.or.jp/english/html/overview/doc/6-STD-B44v2_0-E1.pdf).

Annexe 1

Caractéristiques techniques du système ISDB-S3 pour la radiodiffusion TVUHD par satellite (Système F)

Table des matières

	<i>Page</i>
Annexe 1 – Caractéristiques techniques du système ISDB-S3 pour la radiodiffusion TVUHD par satellite (Système F)	4
1 Description résumée du système ISDB-S3 pour la radiodiffusion TVUHD par satellite.....	4
2 Spécifications techniques des systèmes ISDB-S3 pour la radiodiffusion TVUHD par satellite.....	6
2.1 Définition des blocs	6
2.2 Mise en trame	7
2.3 Configuration de la trame du signal modulé.....	8
2.4 Correction d'erreur directe	10
2.5 Méthode de correction d'erreur pour le signal TMCC.....	11
2.6 Dispersion de l'énergie.....	11
2.7 Entrelaceur des bits.....	11
2.8 Types de modulation.....	11
2.9 Signal pilote	13
2.10 Facteur de décroissance	14
2.11 Signal TMCC.....	14
Annexe 2 – Tableau de comparaison des systèmes de transmission pour la radiodiffusion TVUHD par satellite.....	20

1 Description résumée du système ISDB-S3 pour la radiodiffusion TVUHD par satellite

Le système ISDB-S3 a été développé au Japon pour la radiodiffusion TVUHD par satellite. Ses caractéristiques techniques sont les suivantes:

- réception de la TVUHD à domicile: étant donné que des paraboles de 45 cm sont couramment utilisées au Japon, ce système offre un débit d'environ 100 Mbit/s grâce à un répéteur de satellite à 34,5 MHz utilisant la modulation 16-APSK avec un rendement de codage interne de 7/9 et permet une disponibilité de service de 99,5%;
- grande capacité de transmission: l'utilisation d'un facteur de décroissance de 0,03, d'un code LDPC et de la modulation APSK permet d'augmenter la capacité de transmission;

- résistance aux évanouissements dus à la pluie: la transmission hiérarchique, avec laquelle de multiples signaux ayant des types de modulation et des rendements de codage interne différents sont transmis en utilisant le multiplexage TDM, permet la réception de signaux dans des conditions de forts évanouissements dus à la pluie;
- stabilité de la réception même en cas de rapport C/N faible: la transmission périodique d'un signal impulsionnel de référence de phase à modulation BPSK (modulation par déplacement de phase bivalente) à décalage de $\pi/2$ assure la robustesse de la récupération de la phase de la porteuse au-dessous de 0,0 dB du rapport C/N. De plus, l'utilisation du signal impulsionnel de référence de phase comme charge utile d'un signal TMCC contribue à améliorer la capacité de transmission;
- résistance à la non-linéarité du répéteur de satellite: l'utilisation d'un signal pilote permet un décodage LDPC optimal, même en présence d'effets non linéaires;
- transmission de paquets d'une longueur variable: l'utilisation du format type-longueur-valeur (TLV) pour le signal d'entrée permet d'envoyer les paquets IP de type IPv4 ou IPv6 via les canaux du satellite;
- commande de transmission fonctionnelle: l'utilisation d'une attribution de commande de configuration de transmission et de multiplexage (TMCC) de 9 422 bits assure une commande de transmission adaptable. La commande de configuration de transmission et de multiplexage peut envoyer différents signaux de commande de transmission, y compris ceux permettant de commander le type de modulation, le rendement de codage et le format du signal à l'entrée (MPEG-2 TS ou TLV), ainsi que les signaux utilisés pour identifier et gérer de multiples signaux d'entrée, lancer le système d'alerte en cas d'urgence (EWS) et informer les points de fonctionnement du répéteur de satellite.

Les spécifications techniques du système ISDB-S3 sont données dans le Tableau 1. Ce système utilise le code LDPC comme code interne, car il présente une excellente correction d'erreurs. Les modulations BPSK, QPSK et 8PSK à décalage de $\pi/2$ sont principalement utilisées pour l'amplificateur à tube à ondes progressives (TWTA) saturé dans le répéteur de satellite. Les modulations 16-APSK et 32-APSK sont prises en charge à titre de solutions pour accroître la capacité des canaux. En outre, un signal pilote a été ajouté afin de permettre un décodage LDPC optimal, même en présence d'effets non linéaires, et ce d'autant plus qu'une détérioration peut facilement se produire avec la modulation APSK en raison des caractéristiques non linéaires de l'amplificateur TWTA. En outre, on utilise un facteur de décroissance de 0,03 pour obtenir des caractéristiques de filtres à perte brute, qui permet l'utilisation d'un débit de symboles encore plus élevé. Ce système prend en charge de multiples combinaisons de modulations et de rendements de codage internes à multiplexage par répartition dans le temps (TDM) et peut offrir un large éventail de capacités de transmission et de disponibilités de service. Par ailleurs, la commande TMCC peut acheminer des signaux permettant d'identifier les limites des paquets TLV, qui peuvent être utilisés pour envoyer des paquets IP de longueur variable.

TABLEAU 1

Spécifications techniques des systèmes ISDB-S3

Elément		Description
Format du signal d'entrée		MPEG-2 TS, TLV
Type de modulation		BPSK à décalage de $\pi/2$, QPSK, 8-PSK, 16-APSK et 32-APSK
Commande de transmission		TMCC
Correction d'erreur directe	Code interne	code LDPC (longueur du code: 44880)
	Rendement de codage	1/3 (41/120), 2/5 (49/120), 1/2 (61/120), 3/5 (73/120), 2/3 (81/120), 3/4 (89/120), 7/9 (93/120), 4/5 (97/120), 5/6 (101/120), 7/8 (105/120), 9/10 (109/120) (valeur nominale (valeur réelle))
	Code externe	Code raccourci BCH (65535, 65343, $T = 12$)
TMCC	Type de modulation	BPSK à décalage de $\pi/2$
	Code interne	Code raccourci LDPC (31680,9614) LDPC (44880, 22184)
	Code externe	Code raccourci BCH (9614,9422), BCH (65535,65343)
	Unité de commande	Commande de transmission en unités d'intervalles
Structure de la trame TDM		120 intervalles par trame
Débit de symboles		Non spécifié. Le débit de symboles d'un système ISDB-S3 peut être fixé de manière souple en fonction des différents types de largeur de bande du répéteur de satellite.
Facteur de décroissance		0,03
Signal de compensation non linéaire		Signal pilote, qui peut transmettre une séquence de mots unique en utilisant le même type de modulation que pour le signal d'entrée. Un signal pilote moyen a été utilisé du côté du récepteur comme point de référence pour le décodage LDPC.

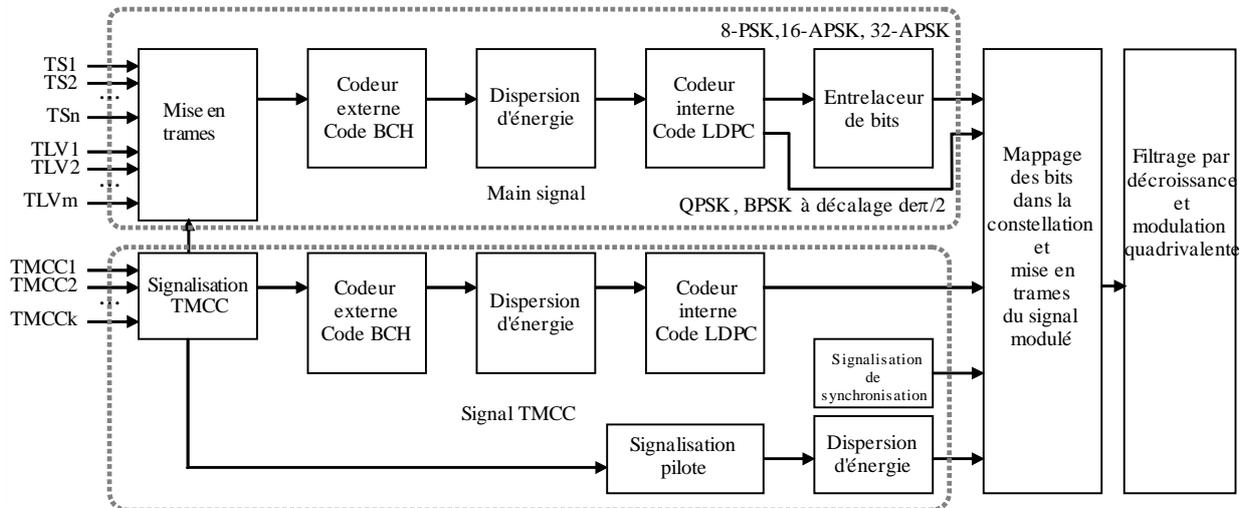
2 Spécifications techniques des systèmes ISDB-S3 pour la radiodiffusion TVUHD par satellite

2.1 Définition des blocs

La configuration générale des systèmes ISDB-S3 est présentée dans la Fig. 1. Le système gère le flux de transport (TS) MPEG-2 et les flux type-longueur-valeur (TLV) (TS1, TS2, ..., TS_n, TLV1, TLV2, ..., TLV_m) comme des signaux principaux (partie supérieure de la Fig. 1), ainsi que les paramètres de transmission pour la transmission de chaque flux (TMCC1, TMCC2, ..., TMCC_k), et génère un signal TMCC sur la base de ces paramètres de transmission (partie inférieure de la Fig. 1). Les trames sont configurées à partir du signal TMCC, et le signal principal et le signal TMCC sont traités dans des unités de trame. Chaque trame comprend 120 intervalles et chaque intervalle est de même longueur que le code LDPC. Une fois la trame configurée, le signal principal est traité en plusieurs étapes qui comprennent le codage pour le code externe, la dispersion d'énergie et le codage pour le code interne, et, dans le cas où la modulation de type 8-PSK, 16-APSK ou 32-APSK est utilisée, l'entrelacement des bits. Le signal TMCC est lui aussi traité de la même manière, sans l'étape d'entrelacement des bits. En plus de ces signaux, un signal de synchronisation (pour la synchronisation des trames et la synchronisation des intervalles) et un signal pilote à dispersion d'énergie, dont le type de modulation est identique à celui du signal principal, sont générés. Tous ces

signaux sont ensuite mappés dans la constellation désignée et la mise en trames de la modulation est traitée en utilisant un multiplexage TDM.

FIGURE 1
Configuration générale des systèmes ISDB-S3



BO.2098-01

2.2 Mise en trame

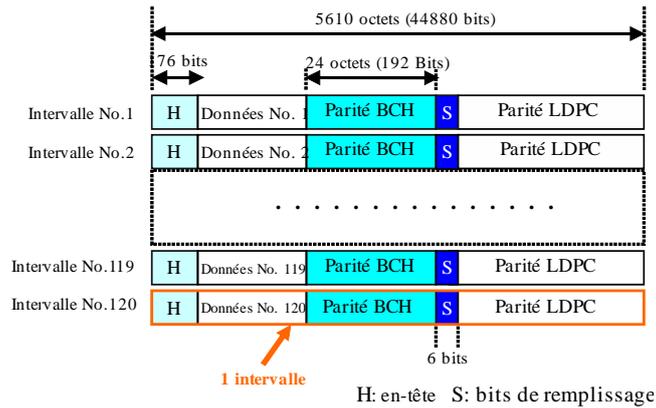
2.2.1 Configuration de la trame du signal principal

La configuration de la trame du signal principal est présentée dans la Fig. 2. Cette trame multiplexée est composée de 120 intervalles, comprenant chacun un en-tête, des données, des bits de parité BCH, des bits de remplissage et des bits de parité LDPC.

En l'espèce, les paquets TS MPEG-2 ou TLV sont disposés dans la zone de données et, dans le cas des paquets TS MPEG-2, des paquets de 187 octets, ne comprenant pas l'octet de synchronisation (0x47) à l'avant de chaque paquet, sont disposés de manière séquentielle dans la zone de données de chaque intervalle.

Les bits de parité BCH sont calculés pour l'en-tête et les données et positionnés après la zone de données. La zone parité BCH est suivie de six bits de remplissage (0x3F) et une fois la dispersion d'énergie effectuée pour l'en-tête, les données, les bits de parité BCH et les bits de remplissage, les bits de parité LDPC sont calculés et placés après les bits de remplissage.

FIGURE 2
Configuration de la trame du signal principal

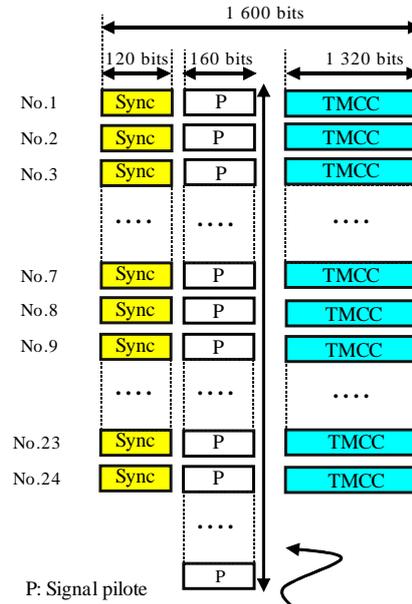


BO.2098-02

2.2.2 Configuration de la trame des signaux de commande

La configuration de la trame des signaux de commande est présentée dans la Fig. 3. Cette trame multiplexée est composée de 2 880 bits correspondants aux signaux de synchronisation, de 3 840 à 19 200 bits correspondant aux signaux pilotes et de 31 680 bits correspondant aux signaux TMCC.

FIGURE 3
Configuration de la trame des signaux de commande



Le nombre maximum d'intervalles pour P varie de 24 à 120 en fonction du type de modulation.

BO.2098-0

2.3 Configuration de la trame du signal modulé

La Fig. 4 présente un schéma fonctionnel montrant comment créer un signal modulé à partir des signaux multiplexés organisés en trames présentés ci-dessus, tandis que la Fig. 5 montre la configuration de la trame du signal modulé.

FIGURE 4
Création d'un signal modulé

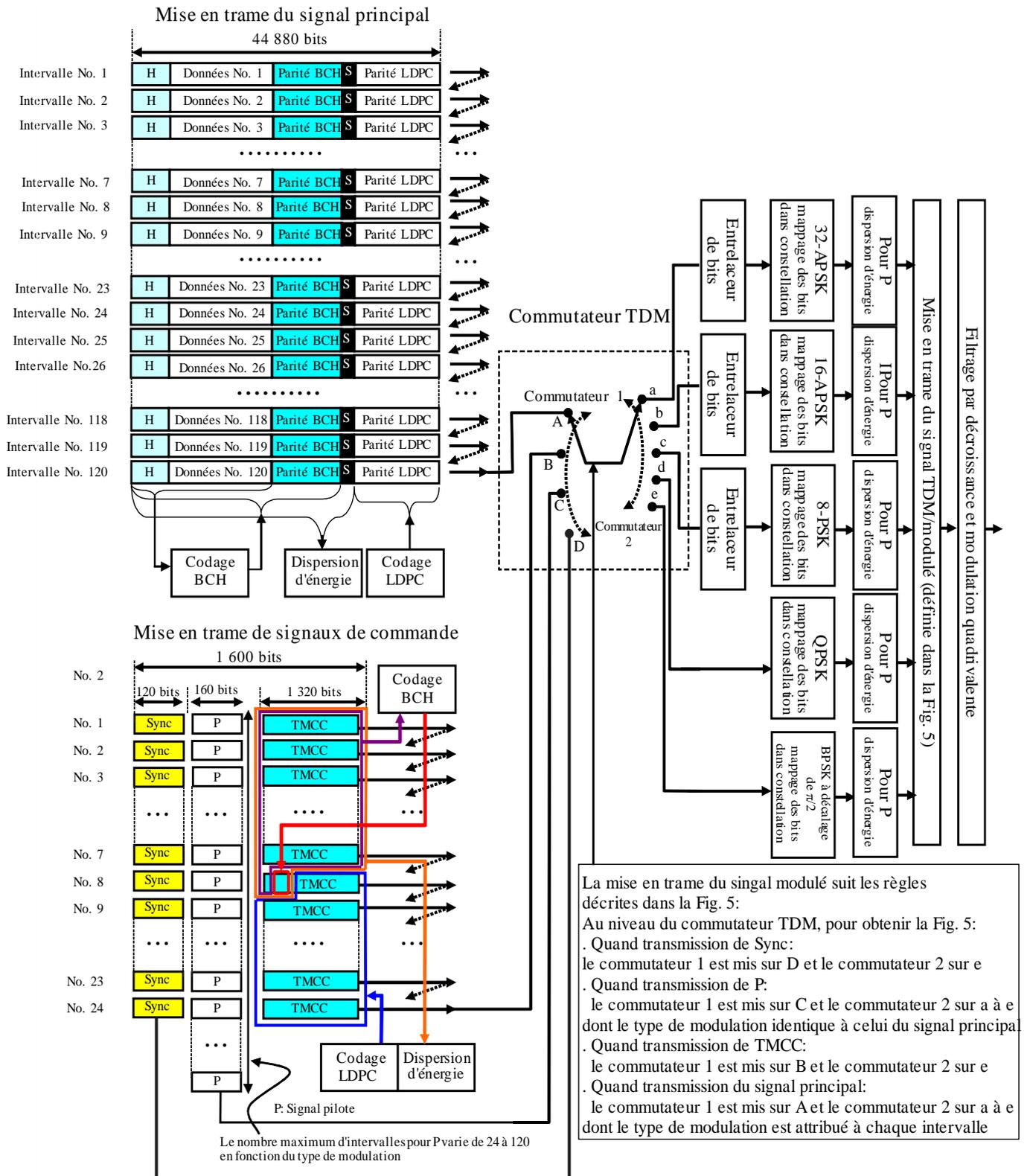
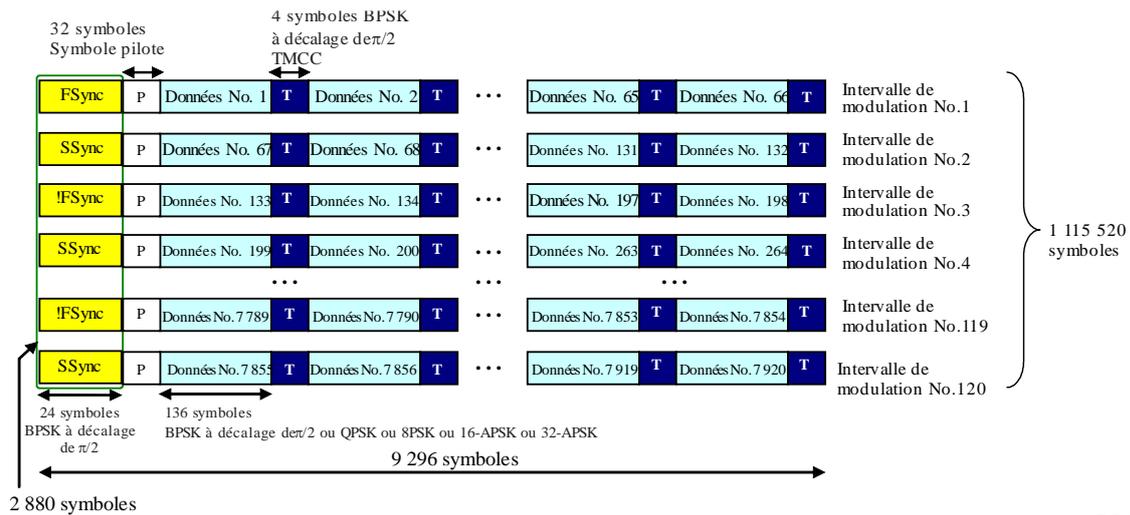


FIGURE 5

Configuration de la trame d'un signal modulé



BO.2098-0:

2.4 Correction d'erreur directe

2.4.1 Méthode de codage pour le code externe

La méthode de codage externe est un code raccourci BCH (65535, 65343) avec une capacité de correction $T = 12$.

2.4.2 Méthode de codage pour le code interne

La méthode de codage interne est un code LDPC avec une longueur de 44 880 bits et 11 rendements comme indiqué dans le Tableau 2.

TABLEAU 2

Rendements de codage interne

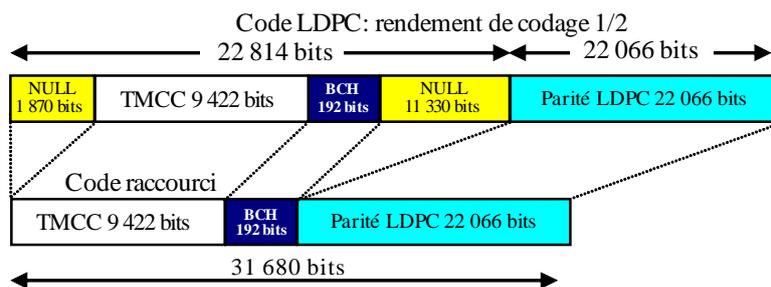
Rendement de codage interne (valeur nominale)	Valeur réelle
1/3	41/120
2/5	49/120
1/2	61/120
3/5	73/120
2/3	81/120
3/4	89/120
7/9	93/120
4/5	97/120
5/6	101/120
7/8	105/120
9/10	109/120

En l'espèce, la «valeur réelle» dans le tableau ci-dessus est le rendement de codage effectif et la «valeur nominale» donne une approximation de la valeur réelle sous la forme d'une fraction simple.

2.5 Méthode de correction d'erreur pour le signal TMCC

La méthode de codage externe utilisée pour le signal principal est également utilisée pour le code externe. Une version raccourcie du codage LDPC (rendement 1/2) du signal principal est utilisée pour le code interne (voir la Fig. 6). Les données du code LDPC sont composées des données NULL (1870 bits, tous à zéro), des données TMCC (9422 bits), de la parité de code Bose-Chaudhuri-Hocquenghem (BCH) (192 bits), d'une autre séquence de données NULL (11330 bits, tous à zéros) et de la parité LDPC (22066 bits). Après le codage LDPC et la suppression des données NULL, les données TMCC, la parité BCH et la parité LDPC sont transmises en tant que symboles TMCC. Au niveau du récepteur, les symboles idéaux pour les données NULL correspondant à zéro sont insérés dans la section des données NULL, et le décodage LDPC est effectué avec un rendement de codage 1/2.

FIGURE 6
Codage TMCC



BO.2098-06

2.6 Dispersion de l'énergie

La dispersion de l'énergie est effectuée pour l'en-tête, les données, les données BCH et les bits de remplissage.

La dispersion de l'énergie est également effectuée pour le signal TMCC et le signal pilote.

2.7 Entrelaceur des bits

Dans le cas des modulations 8-PSK, 16-APSK et 32-APSK, le résultat de la section de codage LDPC est à entrelacement de bits.

2.8 Types de modulation

On trouvera dans le Tableau 3 les types de modulation applicables, tandis que les diagrammes de constellation pour chaque type de modulations sont décrits dans la Fig. 7. La modulation BPSK à décalage de $\pi/2$ utilise la constellation ci-après. Pour les symboles impairs y compris le premier symbole à l'avant de la trame, le symbole 0 et le symbole 1 deviennent les points de signal dans le premier et le troisième quadrants, respectivement, et pour le deuxième symbole et les symboles pairs suivants, les points susmentionnés font une rotation de 90° dans le sens inverse des aiguilles d'une montre. Le rapport entre les rayons γ ($=R_2/R_1$) pour la modulation 16-APSK et les rapports γ_1 ($=R_2/R_1$) et γ_2 ($=R_3/R_1$) pour la modulation 32-APSK sont donnés dans le Tableau 4 et le Tableau 5 en fonction du rendement de codage interne. En outre, alors qu'on prend un rayon de 1 et que la puissance est normalisée à 1 pour les types de modulation (a) à (c), nous utilisons respectivement $4R_1^2+12R_2^2=16$ et $4R_1^2+12R_2^2+16R_3^2=32$ pour les types de modulation (d) et (e), avec une puissance normalisée à 1.

TABLEAU 3

Types de modulation

Type de modulation	Application
BPSK à décalage de $\pi/2$	Synchronisation des trames Synchronisation des intervalles Signal TMCC Signal principal (y compris signal pilote)
QPSK	Signal principal (y compris signal pilote)
8-PSK	Signal principal (y compris signal pilote)
16-APSK	Signal principal (y compris signal pilote)
32-APSK	Signal principal (y compris signal pilote)

FIGURE 7

Diagrammes de constellation pour chaque type de modulation

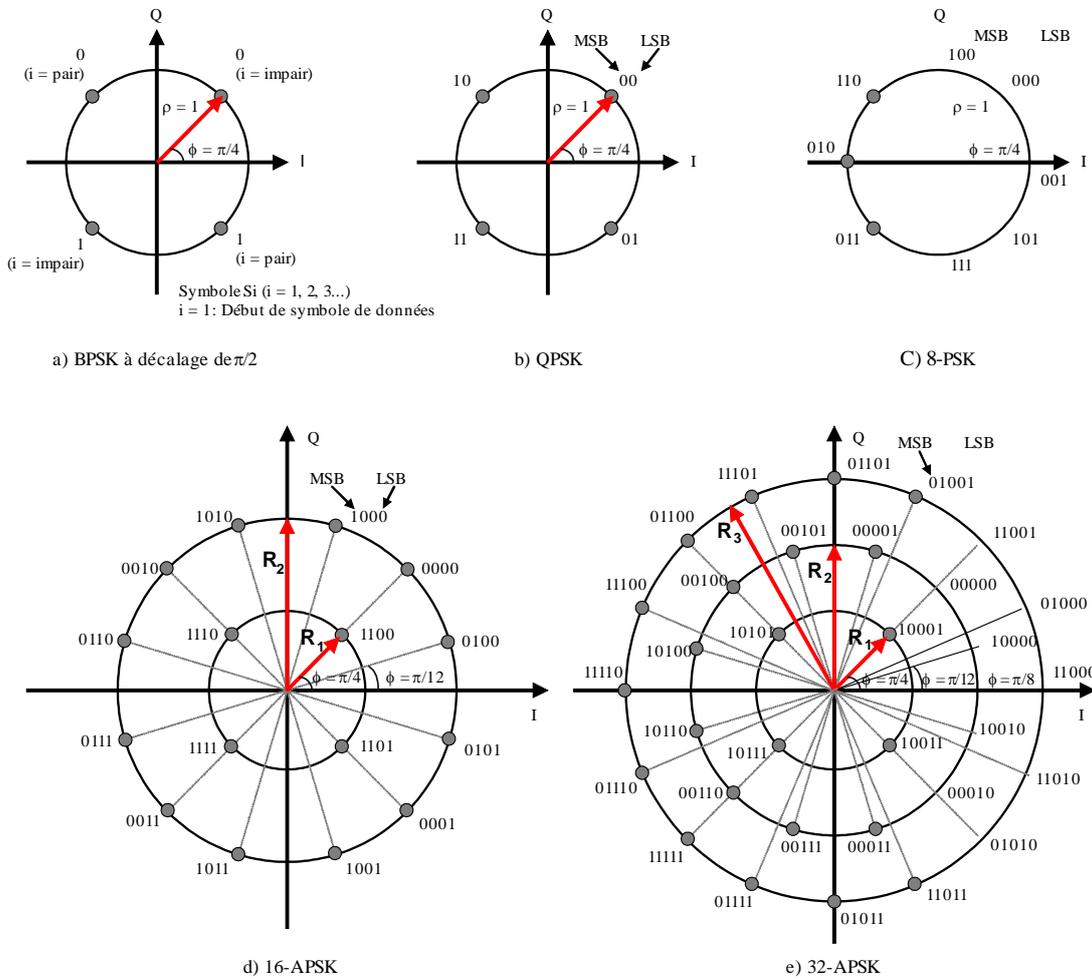


TABLEAU 4

Rapport entre les rayons pour la modulation 16-APSK

Rendement de codage interne	Rapport entre les rayons γ
1/3	3,09
2/5	2,97
1/2	3,93
3/5	2,87
2/3	2,92
3/4	2,97
7/9	2,87
4/5	2,73
5/6	2,67
7/8	2,76
9/10	2,69

TABLEAU 5

Rapport entre les rayons pour la modulation 32-APSK

Rendement de codage interne	Rapport entre les rayons γ_1	Rapport entre les rayons γ_2
1/3	3,09	6,53
2/5	2,97	7,17
1/2	3,93	8,03
3/5	2,87	5,61
2/3	2,92	5,68
3/4	2,97	5,57
7/9	2,87	5,33
4/5	2,73	5,05
5/6	2,67	4,80
7/8	2,76	4,82
9/10	2,69	4,66

2.9 Signal pilote

Le signal pilote transmet de manière séquentielle les points de signal pour le type de modulation spécifié pour cet intervalle par la commande TMCC. Par exemple, le signal pilote transmettra les points de signal 00000, 00001, 00010, 00011, ...11111 dans cet ordre pour la modulation 32-APSK, les points de signal 0000, 0001, 0010, 0011, ...1111 dans cet ordre deux fois pour la modulation 16-APSK, les points de signal 000, 001, 010, 011, ...111 dans cet ordre quatre fois pour la modulation 8PSK et les points de signal 00, 01, 10, et 11 dans cet ordre huit fois pour la modulation QPSK et les points de signal 0 et 1 dans cet ordre seize fois pour la modulation BPSK à décalage de $\pi/2$.

2.10 Facteur de décroissance

Les caractéristiques de filtre pour limiter la bande de l'onde porteuse sont mises en cosinus surélevé, comme définies par la fonction de transfert de la fréquence suivante:

où:

$$\begin{cases} 1 & |F| \leq F_n \times (1 - \alpha) \\ \sqrt{\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \sin \frac{\pi}{2F_n} \left[\frac{F_n - |F|}{\alpha} \right]} & F_n(1 - \alpha) \leq |F| \leq F_n(1 + \alpha) \\ 0 & |F| \geq F_n(1 + \alpha) \end{cases}$$

F_n : fréquence de Nyquist

α : facteur de décroissance = 0,03

2.11 Signal TMCC

Le signal TMCC transmet des informations de commande relatives à la transmission concernant l'attribution du flux de transmission, la relation entre les flux et les types de modulation, etc., pour chaque intervalle. La taille de la zone qui peut être utilisée pour transmettre les signaux TMCC est de 9 244 bits par trame. Lorsque le type de modulation change, etc., le signal TMCC transmet l'information concernant ce changement deux trames avant qu'il ait effectivement lieu. L'intervalle de mise à jour minimum du signal TMCC est d'une trame. Le récepteur doit surveiller en permanence les informations transmises via le signal TMCC pour s'assurer qu'il reçoit bien ces informations de commande. La configuration des bits de l'information de commande dans le signal TMCC est présentée dans la Fig. 8.

FIGURE 8

Configuration des bits du signal TMCC

Ordre de changement	Information modes de transmission/intervalles	Information type de flux/numéro relatif	Information type de flux/numéro relatif	Information format des paquets/numéro de flux relatif	Information nombres de flux relatifs/intervalles	Table de correspondance entre ID flux relatif et ID flux de transmission	Information commande transmission/réception	Information Extension
8 bits	192 bits	128 bits	896 bits	3 840 bits	480 bits	256 bits	8 bits	3 614 bits

BO.2098-08

2.11.1 Ordre de changement

L'ordre de changement est un nombre de 8 bits qui est incrémenté de un à chaque fois qu'une information est modifiée dans le signal TMCC. Sa valeur est remise à «00000000» après «11111111».

2.11.2 Information mode de transmission/intervalles

Cette information indique le type de modulation utilisé pour le signal principal (4 bits), le rendement de codage interne (4 bits), le nombre d'intervalles attribués (8 bits) et la valeur de recul de puissance à la sortie du satellite (OBO) (8 bits), dont les paramètres sont définis comme étant le mode de transmission. Il y a au maximum 8 modes de transmission. La configuration des bits pour cette information est présentée dans la Fig. 9 et la correspondance entre les valeurs de champ et les paramètres de transmission est donnée dans les Tableaux 6 à 8.

Les modes de transmission 1 à 8 sont attribués dans l'ordre des types de modulation et des rendements de codage interne apparaissant dans la trame de transmission, en commençant par l'intervalle 1 (les types de modulation ayant le plus de points de constellation apparaissent en premier, et dans le cas de types de modulation identiques, ceux ayant le rendement de codage le plus élevé apparaissent en premier).

Si le nombre de types de modulation à utiliser est inférieur à 8, alors pour tout mode de transmission non utilisé, la valeur pour le type de modulation et le rendement de codage est mise à «1111» et la valeur pour le nombre d'intervalles attribués et le recul de puissance est mise à «00000000».

Le nombre d'intervalles attribués indique le nombre d'intervalles, intervalles vides compris, attribués à la combinaison type de modulation/rendement de codage interne indiquées dans les champs situés immédiatement avant. Le nombre d'intervalles attribués à chaque mode de transmission doit être un multiple de 5 et le nombre total d'intervalles attribués aux modes de transmission doit être égal à 120, qui correspond au nombre d'intervalles contenus dans une trame de transmission.

FIGURE 9

Configuration des bits de l'information modes de transmission/intervalles



BO.2098-06

TABLEAU 6

Types de modulation par mode de transmission

Valeur	Type de modulation
0000	Réservé
0001	BPSK à décalage de $\pi/2$
0010	QPSK
0011	8-PSK
0100	16-APSK
0101	32-APSK
0110 – 1110	Réservé
1111	Pas de type attribué

TABLEAU 7

Rendements de codage internet par mode transmission

Valeur	Rendement de codage interne
0000	Réservé
0001	1/3
0010	2/5
0011	1/2
0100	3/5
0101	2/3
0110	3/4
0111	7/9
1000	4/5
1001	5/6
1010	7/8
1011	9/10
1100 – 1110	Réservé
1111	Pas de type attribué

TABLEAU 8

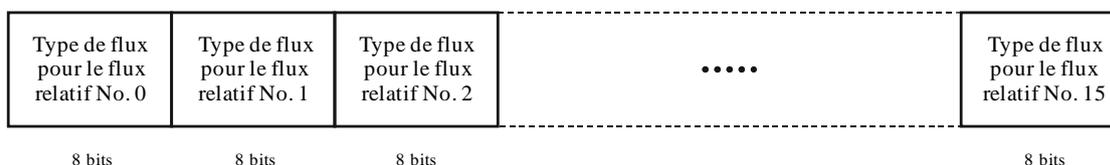
Recul OBO du satellite par mode de transmission

Valeur	Recul OBO du satellite
00000000	0,0 dB
00000001	0,1 dB
00000010	0,2 dB
00000011	0,3 dB
00000100	0,4 dB
00000101	0,5 dB
00000110	0,6 dB
00000111	0,7 dB
....
11111010	25,0 dB
11111011	25,1 dB
11111100	25,2 dB
11111101	25,3 dB
11111110	25,4 dB
11111111	25,5 dB

2.11.3 Information type de flux/numéro de flux relatif

L'information type de flux/numéro de flux relatif (8 bits) indique le type de flux de paquets pour chacun des numéros de flux relatif, de 0 à 15, attribués aux intervalles de la manière décrite au § 2.11.6 ci-après. La configuration de l'information type de flux/numéro de flux relatif est présentée dans la Fig. 10 et la correspondance entre les valeurs et le type de flux est donnée dans le Tableau 9.

FIGURE 10
Configuration des bits de l'information type de flux/numéro de flux relatif



BO.2098-10

TABLEAU 9

Types de flux

Valeur	Type de flux
00000000	Réservé
00000001	TS MPEG-2
00000010	TLV
00000011 – 11111110	Réservé
11111111	Pas de type attribué

2.11.4 Information format des paquets/numéro de flux relatif

L'information format des paquets/numéro de flux relatif indique le format des paquets pour chacun des numéros de flux relatif, de 0 à 15, attribués aux intervalles de la manière décrite au § 2.11.6 ci-après. La configuration de l'information format des paquets/numéro de flux relatif est présentée dans la Fig. 11.

Le champ «longueur des paquets» (16 bits) renvoie à la longueur de chaque paquet en octets; il est indiqué pour chacun des flux relatifs 0 à 15.

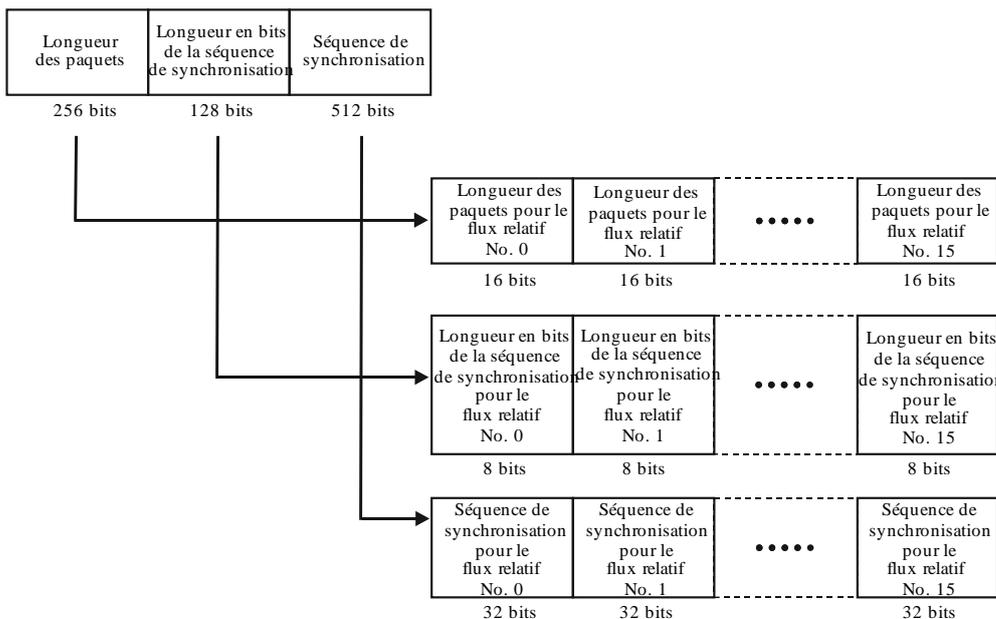
Le champ «longueur en bits de la séquence de synchronisation» (8 bits) renvoie à la longueur, exprimée en bits, de la séquence de synchronisation placée en apposition à l'avant du paquet; il est indiqué pour chacun des flux relatifs 0 à 15.

Le champ «séquence de synchronisation» (32 bits) renvoie à la séquence mise en apposition à l'avant du paquet; il est indiqué pour chacun des flux relatifs 0 à 15.

Si la longueur en bits de la séquence de synchronisation est inférieure à 32 bits, il faut écrire la séquence de synchronisation pour ce paquet de transmission en partant de l'avant de ce champ et remplir les bits restants avec des zéros.

FIGURE 11

Configuration des bits de l'information format des paquets/numéro de flux relatif



BO.2098-11

2.11.5 Information pointeurs/intervalle

L'information pointeurs/intervalle indique le tout début (pointeur supérieur) du premier paquet et l'extrémité (dernier pointeur) du dernier paquet de chaque intervalle, de 1 à 120. La configuration de l'information pointeurs/intervalle est présentée dans la Fig. 12.

Le pointeur supérieur (16 bits) indique la position du premier octet du premier paquet de l'intervalle, exprimé en nombre d'octets à partir du début de l'intervalle sans l'en-tête. En l'espèce, la valeur 0xFFFF indique qu'il n'y a pas de premier octet.

Le dernier pointeur (16 bits) indique la position de l'octet final du dernier paquet plus 1 dans l'intervalle, exprimé en nombre d'octets à partir du début de l'intervalle sans l'en-tête. En l'espèce, la valeur 0xFFFF indique qu'il n'y a pas d'octet final.

FIGURE 12

Configuration des bits de l'information pointeur/intervalle



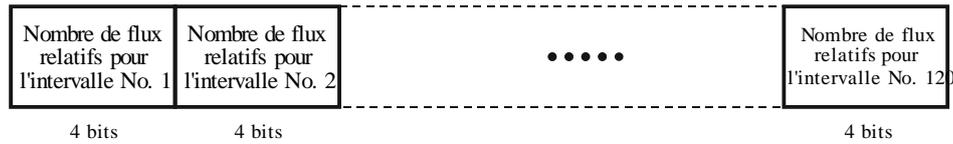
BO.2098-12

2.11.6 Information nombre de flux relatifs/intervalle

L'information nombre de flux relatifs/intervalle (4 bits) indique le nombre de flux relatifs à transmettre dans chaque intervalle dans l'ordre en commençant pas l'intervalle #1. Seize flux au maximum peuvent être transmis dans une trame, ce qui signifie que le nombre de flux relatifs peut être indiqué avec 4 bits. Le même nombre peut en outre être attribué aux intervalles vides. La configuration de l'information nombre de flux relatifs/intervalle est présentée dans la Fig. 13.

FIGURE 13

Configuration des bits de l'information nombre de flux relatifs/intervalle



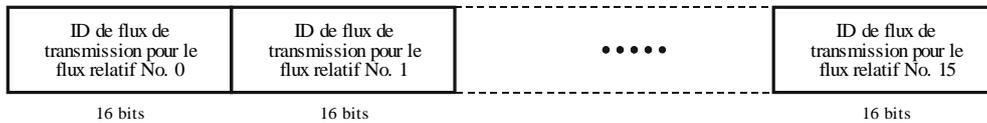
BO.2098-13

2.11.7 Table de correspondance entre le numéro de flux relatif et l'identificateur de flux de transmission

La Figure 14 indique la correspondance entre les numéros de flux relatifs et l'identificateur de flux de transmission (16 bits), qui est l'identificateur de flux de transport (TS_ID) dans le cas d'un flux TS MPEG-2 et l'identificateur de flux TLV dans le cas d'un flux TLV.

FIGURE 14

Configuration des bits de la table de correspondance entre le numéro de flux relatif et l'identificateur de flux de transmission



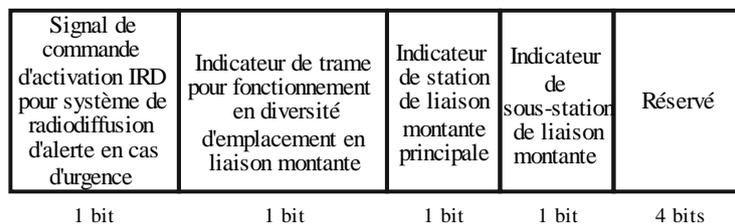
BO.2098-14

2.11.8 Information de commande transmission/réception

L'information de commande transmission/réception transmet divers signaux de commande, par exemple pour démarrer le récepteur du système de radiodiffusion d'alerte en cas d'urgence (EWS) ou pour changer de station de liaison montante en cas d'évanouissement du signal sur la liaison montante dû à la pluie. La configuration de l'information de commande transmission/réception est présentée dans la Fig. 15.

FIGURE 15

Configuration des bits de l'information de commande transmission/réception

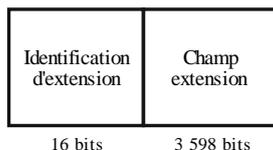


BO.2098-15

2.11.9 Information d'extension

L'information d'extension (3 614 bits) est un champ réservé pour les futures extensions du signal TMCC. La configuration de l'information d'extension est présentée dans la Fig. 16. En cas d'extension du signal TMCC, l'identification d'extension (16 bits) prend une valeur autre que la valeur «0000000000000000» prescrite au départ et cette valeur indique que le champ extension (3 598 bits) est valide à compter de ce moment.

FIGURE 16

Configuration des bits de l'information d'extension

BO.2098-16

Annexe 2**Tableau de comparaison des systèmes de transmission pour la radiodiffusion
TVUHD par satellite**

Les Tableaux 10 et 11 permettent de comparer les systèmes de transmission pour la radiodiffusion TVUHD par satellite. Le système DVB-S2X (la partie radiodiffusion est appelé Système E2) décrit dans la Recommandation [UIT-R BO.1784] a été choisi comme système pouvant servir de référence dans la Recommandation UIT-R. Ces tableaux permettent de comparer le Système E2 et le système de radiodiffusion numérique avec intégration des services pour satellite de troisième génération (ISDB-S3) décrit dans l'Annexe 1, ici appelé Système F.

TABLEAU 10

Comparaison des paramètres techniques des systèmes de transmission pour le Système E2 décrit dans la Recommandation UIT-R BO.1784 et pour le système décrit dans l'Annexe 1 de la présente Recommandation (Système F)

a) Fonction

	Système E2	Système F
Services fournis	TVDN, TVHD et TVUHD, son, données et applications de données interactives ⁽¹⁾	TVDN, TVHD et TVUHD, son, données et applications de données interactives
Format des signaux d'entrée	MPEG-TS/flux générique (e.g. IP)	MPEG-TS, TLV
Capacité de plusieurs signaux d'entrée	Oui: 255 maximum	Oui: 16 maximum
Résistance aux évanouissements dus à la pluie	Pour la radiodiffusion: le codage et la modulation adaptatifs sont disponibles en plus de la puissance d'émission et du rendement de codage interne.	La transmission hiérarchique est disponible en plus de la puissance d'émission et du rendement de codage interne. Le signal TMCC fournit un indicateur de station de liaison montante pour le fonctionnement en diversité d'emplacement.
Regroupement des canaux	Jusqu'à trois canaux	Oui Le signal MMT/TLV permet un regroupement des données transmises dans jusqu'à 256 canaux.
Réception mobile	Modes VL-SNR adaptés pour les applications mobiles et autres services dans les zones où le rapport signal/bruit peut descendre jusqu'à -10 dB	Non disponible et pour examen ultérieur
Attribution souple du débit binaire aux services	Disponible	Disponible
Conception du récepteur commun à d'autres systèmes de récepteurs	Les systèmes A, B, C, D, E1 et E2 sont possibles.	Les systèmes A, B, C, D, E1, E2 et F sont possibles.
Points communs avec les autres supports (système de Terre, câble, etc.)	Base MPEG-TS Base GSE, GSE-Lite	Base MPEG-TS et IP
Equipements de la station de radiodiffusion	Disponibles sur le marché	Disponibles sur le marché
Système EWS	–	Oui

TABLEAU 10 (suite)

b) Performance

	Système E2	Système F
Exemple de débit de données net (débit transmissible sans la parité)	Le débit de symboles n'est pas spécifié. Les débits de données nets ci-après découlent d'un exemple de débit de symboles de 27,776 MBd, avec une longueur de trame FEC normale et sans pilote: QPSK 1/2: 27,467 Mbit/s QPSK 3/4: 41,316 Mbit/s 8-PSK 2/3: 55,014 Mbit/s 16-APSK 3/4: 82,404 Mbit/s. ⁽⁶⁾ ⁽⁷⁾ 8-PSK 25/36: 57,278 32-APSK 2/3 L: 91,437 64-APSK 5/6: 137,120 ⁽⁷⁾	Le débit de symboles n'est pas spécifié. Les débits de données nets ci-après découlent d'un exemple de débit de symboles de 33,7561 MBd. MPEG-TS TLV BPSK 1/2 à décalage de $\pi/2$: 16,3842 Mbit/s 16,2971 Mbit/s QPSK 1/2: 32,7684 Mbit/s 32,5941 Mbit/s 8-PSK 3/4: 72,0905 Mbit/s 71,7070 Mbit/s 16-APSK 7/9: 100,4898 Mbit/s 99,9552 Mbit/s 32-APSK 4/5: 131,0736 Mbit/s 130,3764 Mbit/s
Capacité d'extension vers le haut	Oui	Oui
Capacité de TVHD	Oui	Oui
Capacité de TVUHD	Oui	Oui
Sélection de l'accès conditionnel possible	Oui	Oui

c) Caractéristiques techniques (transmission)

	Système E2	Système F
Types de modulation pour la radiodiffusion	QPSK/8-PSK/8-APSK-L/16-APSK/16-APSK-L/32-APSK/32-APSK-L/64-APSK/64-APSK-L/ ⁽⁷⁾	BPSK à décalage de $\pi/2$ /QPSK/8-PSK/16-APSK/32-APSK
Débit de symboles	Non spécifié	Non spécifié
Largeur de bande nécessaire (-3 dB)	Non spécifiée	Non spécifiée
Facteur de décroissance	0,35; 0,25; 0,2; 0,15; 0,10; 0,05 (cosinus surélevé)	0,03
Code externe	BCH (N, K, T) avec des paramètres différents suivant la configuration de codage interne et de longueur de trame	Code raccourci BCH (65535, 65343, $T = 12$) T signifie bits pouvant être corrigés dans chaque mot de code.
Générateur du code externe	BCH (N, K, T) avec des paramètres différents suivant la configuration de codage interne et de longueur de trame	Code raccourci BCH (65535, 65343, $T = 12$) T signifie bits pouvant être corrigés dans chaque mot de code.

TABLEAU 10 (suite)

c) Caractéristiques techniques (transmission) (suite)

	Système E2	Système F
Polynôme générateur de code externe	Différent suivant la configuration de codage interne et de longueur de trame	<p>Les polynômes du code BCH sont les suivants:</p> $g_1(x)=1+x+x^3+x^{12}+x^{16}$ $g_2(x)=1+x^2+x^3+x^4+x^8+x^9+x^{11}+x^{12}+x^{16}$ $g_3(x)=1+x^2+x^3+x^7+x^9+x^{10}+x^{11}+x^{13}+x^{16}$ $g_4(x)=1+x+x^3+x^6+x^7+x^{11}+x^{12}+x^{13}+x^{16}$ $g_5(x)=1+x+x^2+x^3+x^5+x^7+x^8+x^9+x^{11}+x^{13}+x^{16}$ $g_6(x)=1+x+x^6+x^7+x^9+x^{10}+x^{12}+x^{13}+x^{16}$ $g_7(x)=1+x+x^2+x^6+x^9+x^{10}+x^{11}+x^{15}+x^{16}$ $g_8(x)=1+x+x^3+x^6+x^8+x^9+x^{12}+x^{15}+x^{16}$ $g_9(x)=1+x+x^4+x^6+x^8+x^{10}+x^{11}+x^{12}+x^{13}+x^{15}+x^{16}$ $g_{10}(x)=1+x+x^2+x^4+x^6+x^8+x^9+x^{10}+x^{11}+x^{15}+x^{16}$ $g_{11}(x)=1+x^6+x^8+x^9+x^{10}+x^{13}+x^{14}+x^{15}+x^{16}$ $g_{12}(x)=1+x+x^2+x^3+x^5+x^6+x^7+x^{10}+x^{11}+x^{15}+x^{16}$
Polynôme générateur de champ	Différent suivant la configuration de codage interne et de longueur de trame	$1+x+x^3+x^{12}+x^{16}$
Randomisation pour la dispersion d'énergie	<p>n séquences PRBS Gold obtenues en combinant deux séquences construites en utilisant les polynômes primitifs (sur GF(2)) $1+x^7+x^{18}$ et $1+y^5+y^7+y^{10}+y^{18}$ $n \in [0, 262\ 141]$ La nième séquence de code Gold z_n $n = 0, 1, 2, \dots, 218-2$, est ensuite définie comme: $- z_n(i) = [x((i+n) \text{ modulo } (218-1)) + y(i)] \text{ modulo } 2$, $i = 0, \dots, 218 - 2$.</p>	<p>PRBS pour les données d'intervalle: $1+x^{22}+x^{25}$ PRBS pour le signal TMCC: $1+x^{14}+x^{15}$ PRBS pour le signal pilote: $1+x^{14}+x^{15}$</p>

TABLEAU 10 (suite)

c) Caractéristiques techniques (transmission) (suite)

	Système E2	Système F
Séquence de chargement dans le registre de séquences binaires pseudo-aléatoires (SBPA)	$n = i \times 10\,949$, avec $i \in [0,6]$ pour les services de radiodiffusion, afin d'atténuer les brouillages	Données d'intervalles: 1010000000000000000011010S Signal TMCC: 100000000001110 Signal pilote: 100000000101100
Point de randomisation	Avant la modulation/après le mappage des bits dans la trame de couche physique et insertion facultative de pilotes	Après le codeur BCH
Entrelacement entre le code interne et le code externe	⁽²⁾	⁽³⁾
Codage interne	Code LDPC	Code LDPC
Longueur de bloc du code interne	Trame FEC normale = 64 800 bits Trame FEC abrégée = 16 200 bits Trame FEC moyenne = 32 400 bits	44 880 bits
Rendement de codage interne	QPSK: 1/4, 1/3, 2/5, 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6, 8/9, 9/10, 13/45, 9/20, 11/20, 11/45, 4/15, 14/45, 7/15, 8/15, 32/45 8-PSK: 3/5, 2/3, 3/4, 5/6, 8/9, 9/10, 23/36, 25/36, 13/18, 7/15, 8/15, 26/45, 32/45 8-APSK-L: 5/9, 26/45 16-APSK: 2/3, 3/4, 4/5, 5/6, 8/9, 9/10, 26/45, 3/5, 28/45, 23/36, 25/36, 13/18, 7/9, 77/90, 7/15, 8/15, 26/45, 3/5, 32/45 16-APSK-L: 5/9, 8/15, 1/2, 3/5, 2/3 32-APSK: 3/4, 4/5, 5/6, 8/9, 9/10, 2/3, 32/45 64-APSK: 11/15, 7/9, 4/5, 5/6 64-APSK-L: 32/45	1/3, 2/5, 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 7/9, 4/5, 5/6, 7/8, 9/10

TABLEAU 10 (suite)

c) Caractéristiques techniques (transmission) (fin)

	Système E2	Système F
Commande de transmission	Structure de verrouillage de trame en bande de base et dans la couche physique; pilotes facultatifs	TMCC
Structure des trames	Trame FEC normale = 64 800 bits Trame FEC abrégée = 16 200 bits Trame FEC moyenne = 32 400 bits	120 slots/frame
Structure de verrouillage de super trames	Oui	Non
Taille des paquets (octets)	188 pour MPEG-TS Non spécifiée pour GS	188 pour MPEG-TS Non spécifiée pour TLV
Couche transport	Non spécifiée	Non spécifiée
Gamme de fréquences en liaison descendante de satellite (GHz)	Conçu pour les gammes de fréquences 11/12 et 17/21, sans exclure d'autres gammes de fréquences	Conçu pour les gammes de fréquences 11/12 et 17/21, sans exclure d'autres gammes de fréquences

TABLEAU 10 (suite)

d) Caractéristiques techniques (codage de la source)

		Système E2	Système F	
Codage de la source vidéo	Syntaxe	MPEG-4 AVC MPEG-2 générique HEVC (5) Sans restriction	HEVC(5)	
	Niveaux	Niveaux 3 et 4 Sans restriction, applicable à tous les niveaux	Niveaux 4.1, 5.1, 5.2, 6.1 et 6.2	
	Profils	Profil principal Sans restriction, tous les profils peuvent être utilisés	Profil principal pour le niveau 4.1, 10 principaux profils pour tous les niveaux	
Rapports largeur/hauteur		4:3 16:9 (2.12:1 facultatif) Sans restriction	16:9	
Formats d'image pris en charge		Recommandé pour MPEG-2: 720 × 576 704 × 576 544 × 576 480 × 576 352 × 576 352 × 288 Recommandé pour MPEG-4 AVC: 720 × 480 640 × 480 544 × 480 480 × 480 352 × 480 352 × 240 1 920 × 1 080 1 440 × 1 080 1 280 × 1 080 960 × 1 080 1 280 × 720 960 × 720 640 × 720 Recommandé pour HEVC (5) Sans restriction	Niveau 6.2: 7 680 × 4 320/120/P 7 680 × 4 320/100/P Niveau 6.1: 7 680 × 4 320/60/P 7 680 × 4 320/50/P Niveau 5.2: 3 840 × 2 160/120/P 3 840 × 2 160/100/P Niveau 5.1: 3 840 × 2 160/60/P 3 840 × 2 160/50/P Niveau 4.1: 1 920 × 1 080/60/P 1 920 × 1 080/50/P 1 920 × 1 080/60/I 1 920 × 1 080/50/I	

TABLEAU 10 (*fin*)

d) Caractéristiques techniques (codage de la source)

	Système E2	Système F
Débit de trames au niveau du moniteur (par s)	25, 50 ou 100, 24, 30, 60 ou 120	30 (avec entrelacement), 60, 120 et ceux divisibles par 1,001 25 (avec entrelacement), 50, 100
Décodage de la source audio	Audio rétrocompatible couche I MPEG-1, couche II MPEG-1 ou couche II MPEG-2 MPEG-4 AAC, MPEG-4 ALS	MEPG-4 AAC, MPEG-4 ALS
Informations sur les services	Pris en charge	Pris en charge
EPG	Pris en charge	Pris en charge
Télétexte	Pris en charge	Pris en charge
Sous-titrage	Pris en charge	Pris en charge
Sous-titrage codé	Non spécifié	Non spécifié

- (1) Egaleme nt applicable au reportage d'actualités, aux services interactifs et à d'autres applications par satellite.
- (2) Même si le Système E2 n'utilise pas d'entrelaceur entre le code interne et le code externe, il y a un entrelaceur de bits avant le mappeur de symboles (sauf pour la modulation QPSK).
- (3) Même si le Système F n'utilise pas d'entrelaceur entre le code interne et le code externe, il y a un entrelaceur de bits avant le mappeur de symboles (sauf pour la modulation BPSK à décalage de $\pi/2$ et la modulation QPSK).
- (4) Les rendements de codage interne ne sont pas tous applicables à toutes les tailles de trame FEC.
- (5) Recommandation UIT-T H.265 (2013) | ISO/CEI 23008-2:2013: Codage vidéo à haute efficacité.
- (6) Les modulations QPSK et 8-PSK sont normatives, les modulations 16-APSK et 32-APSK sont facultatives pour les applications de radiodiffusion dans les systèmes DVB-S2.
- (7) Les modulations QPSK, 8-PSK, 8-APSK-L, 16-APSK, 16-APSK-L, 32-APSK et 32-APSK-L sont normatives pour la radiodiffusion, les modulations 64-APSK et 64-APSK-L sont facultatives pour la radiodiffusion dans les systèmes DVB-S2X. De plus, les modulations 128-APSK, 256-APSK et 256-APSK-L sont disponibles dans les systèmes DVB-S2X, qui ne sont pas applicables pour la radiodiffusion. L indique les modes optimisés pour les canaux quasi-linéaires.

TABLEAU 11

Tableau de comparaison des caractéristiques

Modulation et codage		Système E2 ⁽⁵⁾		Système F	
Types de modulation possibles de façon individuelle et sur la même porteuse		QPSK, 8-PSK, 16-APSK, 32-APSK ⁽⁶⁾ ⁽⁷⁾ , 8-APSK-L, 16-APSK-L, 32-APSK-L 64-APSK, 64-APSK-L ⁽⁷⁾		BPSK à décalage de $\pi/2$, QPSK, 8-PSK, 16-APSK, 32-APSK	
Performances (définies par le rapport C/N requis dans des conditions quasiment sans erreur (QEF, <i>quasi-error-free</i>) (bit/s/Hz))		Efficacité d'utilisation spectrale ⁽¹⁾	C/N pour QEF ⁽²⁾	Efficacité d'utilisation spectrale ⁽³⁾	C/N pour QEF ⁽⁴⁾
Modes	Code interne				
BPSK à décalage de $\pi/2$	1/3	Inutilisé		0,32	-4,0
	2/5	Inutilisé		0,39	-3,0
	1/2	Inutilisé		0,48	-1,8
	3/5	Inutilisé		0,58	-0,5
	2/3	Inutilisé		0,64	0,3
	3/4	Inutilisé		0,71	1,0
	7/9	Inutilisé		0,74	1,5
	4/5	Inutilisé		0,77	2,0
	5/6	Inutilisé		0,80	2,5
	7/8	Inutilisé		0,84	2,9
9/10	Inutilisé		0,86	3,8	

TABLEAU 11 (suite)

Modulation et codage		Système E2		Système F	
QPSK	1/4	0,49	-2,3	Inutilisé	
	13/45	0,57	-2,03	Inutilisé	
	1/3	0,66	-1,2	0,64	-1,0
	2/5	0,79	-0,3	0,77	0,0
	9/20	0,89	0,22	Inutilisé	
	1/2	0,99	1,0	0,97	1,2
	11/20	1,09	1,45	Inutilisé	
	3/5	1,19	2,2	1,16	2,5
	2/3	1,32	3,1	1,29	3,3
	3/4	1,49	4,0	1,42	4,0
	7/9	Inutilisé		1,48	4,5
	4/5	1,59	4,7	1,54	5,0
	5/6	1,65	5,2	1,61	5,5
	7/8	Inutilisé		1,67	5,9
	8/9	1,77	6,2	Inutilisé	
	9/10	1,79	6,4	1,73	6,8
	8-APSK-L	5/9	1,65	4,73	Inutilisé
26/45		1,71	5,13	Inutilisé	
8-PSK	1/3	Inutilisé		0,97	2,2
	2/5	Inutilisé		1,16	3,1
	1/2	Inutilisé		1,45	4,4
	3/5	1,78	5,5	1,74	5,7
	23/36	1,90	6,12	Inutilisé	
	2/3	1,98	6,6	1,93	6,7
	25/36	2,06	7,02	Inutilisé	

TABLEAU 11 (suite)

Modulation et codage		Système E2		Système F	
8-PSK	13/18	2,15	7,49	Inutilisé	
	3/4	2,23	7,9	2,12	7,9
	7/9	Inutilisé		2,22	8,6
	4/5	Inutilisé		2,32	9,1
	5/6	2,48	9,3	2,41	9,7
	7/8	Inutilisé		2,51	10,4
	8/9	2,65	10,7	Inutilisé	
	9/10	2,68	11,0	2,59	11,4
16-APSK-L	1/2	1,97	5,97	Inutilisé	
	8/15	2,10	6,55	Inutilisé	
	5/9	2,19	6,84	Inutilisé	
	3/5	2,37	7,41	Inutilisé	
	2/3	2,64	8,43	Inutilisé	
16-APSK	1/3	Inutilisé		1,29	4,1
	2/5	Inutilisé		1,54	5,1
	1/2	Inutilisé		1,93	6,6
	26/45	2,28	7,51	Inutilisé	
	3/5	2,37	7,80	2,32	8,0
	28/45	2,46	8,10	Inutilisé	
	23/36	2,52	8,38	Inutilisé	
	2/3	2,64	9,0	2,57	9,1
	25/36	2,75	9,27	Inutilisé	

TABLEAU 11 (suite)

Modulation et codage		Système E2		Système F	
16-APSK	13/18	2,86	9,71	Inutilisé	
	3/4	2,97	10,2	2,83	10,2
	7/9	3,08	10,65	2,96	10,8
	4/5	3,17	11,0	3,09	11,3
	5/6	3,30	11,6	3,22	11,9
	77/90	3,39	11,99	Inutilisé	
	7/8	Inutilisé		3,35	12,5
	8/9	3,52	12,9	Inutilisé	
	9/10	3,57	13,1	3,46	13,5
32-APSK-L	2/3	3,29	11,10	Inutilisé	
32-APSK	1/3	Inutilisé		1,61	6,4
	2/5	Inutilisé		1,93	7,2
	1/2	Inutilisé		2,41	9,2
	3/5	Inutilisé		2,90	10,6
	2/3	Inutilisé		3,22	11,7
	32/45	3,51	11,75	Inutilisé	
	11/15	3,62	12,17	Inutilisé	
	3/4	3,70	12,7	3,54	12,8
	7/9	3,84	13,05	3,70	13,4
	4/5	3,95	13,6	3,86	14,0
	5/6	4,12	14,3	4,02	14,5
	7/8	Inutilisé		4,18	15,3
	8/9	4,40	15,7	Inutilisé	
9/10	4,46	16,0	4,32	16,3	

TABLEAU 11 (suite)

Modulation et codage		Système E2		Système F
64-APSK-L	32/45	4,21	13,98	Inutilisé
64-APSK	11/15	4,34	14,81	Inutilisé
	7/9	4,60	15,47	Inutilisé
	4/5	4,74	15,87	Inutilisé
	5/6	4,93	16,55	Inutilisé
Capacité de commande de modulation hiérarchique?		Oui		Oui
Caractéristiques du débit de symboles		Variable en permanence		Variable en permanence

TABLEAU 11 (*fin*)

Transport et multiplexage	Système E2	Système F
Longueur des paquets (octets)	188 pour TS, peut être définie par l'utilisateur jusqu'à 64K pour GS. Des flux de paquets de longueur variable, des flux non organisés en paquets ou des longueurs de paquets supérieures à 64K sont possibles et sont traités comme des flux continus.	188 pour TS, peut être définie par l'utilisateur jusqu'à 64 K pour TLV. Des paquets de longueur variables comme les paquets IPv4 ou IPv6 sont encapsulés dans des paquets TLV. L'information de signalisation est elle aussi encapsulée dans des paquets TLV.
Flux de transport possibles	MPEG-2 et flux générique (GS), All-IP	MPEG-2 et TLV
Correspondance entre le flux de transport et les canaux de satellite	1 à 255 flux/canal	1 à 16 flux/canal
Prise en charge du multiplexage statistique des flux vidéo	Pas de limitation dans un flux de transport Pas de limitation pour les flux génériques	Pas de limitation dans un flux de transport Pas de limitation pour les flux TLV

- (1) Définie comme étant le débit binaire utile par unité de débit de symboles sans pilotes.
- (2) Ces valeurs ont été établies à partir de simulations informatiques, avec 50 itérations LDPC, avec une récupération parfaite de la porteuse et de la synchronisation, sans bruit de phase, sur un canal AWGN. La longueur de la trame FEC est de 64 800 bits. Ces valeurs s'appliquent à $FER = 10^{-5}$, où FER est le rapport après correction d'erreur directe (FEC) au niveau du récepteur, entre le nombre de trames FEC normales reçues affectées par une erreur et le nombre de trames reçues dans leur totalité. La marge de mise en œuvre des équipements ou la marge de pertes du répéteur de satellite ne sont pas prises en compte.
- (3) Définie comme étant le débit binaire utile à l'entrée TLV pour un débit de symboles 33,7561 MBd.
- (4) Ces valeurs ont été établies à partir de simulations informatiques, avec 50 itérations de décodage à virgule fixe LDPC, avec une récupération parfaite de la porteuse et de la synchronisation, sans bruit de phase, sur un canal AWGN. La longueur de la trame FEC est de 44 880 bits. Ces valeurs s'appliquent à $BER = 10^{-11}$, où BER est le rapport après correction d'erreur directe (FEC) au niveau du récepteur, entre la séquence PRBS de $1 + x^{22} + x^{25}$ transmise et le flux décodé FEC. La marge de mise en œuvre des équipements ou la marge de pertes du répéteur de satellite ne sont pas prises en compte.
- (5) Les configurations données pour la modulation et le codage renvoient à la trame FEC normale.
- (6) Les modulations QPSK et 8-PSK sont normatives, les modulations 16-APSK et 32-APSK sont facultatives pour les applications de radiodiffusion dans les systèmes DVB-S2.
- (7) Les modulations QPSK, 8-PSK, 8-APSK-L, 16-APSK, 16-APSK-L, 32-APSK et 32-APSK-L sont normatives pour la radiodiffusion, les modulations 16-64-APSK et 64-APSK-L sont facultatives pour la radiodiffusion dans les systèmes DVB-S2X. De plus, les modulations 128-APSK, 256-APSK et 256-APSK-L sont disponibles dans les systèmes DVB-S2X, qui ne sont pas applicables aux applications de radiodiffusion. L indique les modes optimisés pour les canaux quasi-linéaires.