

UIT-R

Secteur des Radiocommunications de l'UIT

Recommandation UIT-R BT.2016-2 (12/2020)

Méthodes de correction d'erreur, de mise en trame des données, de modulation et d'émission pour la radiodiffusion multimédia de Terre, pour la réception mobile au moyen de récepteurs portatifs dans les bandes d'ondes métriques/décimétriques

Série BT
Service de radiodiffusion télévisuelle



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 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, 2021

© UIT 2021

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 BT.2016-2

Méthodes de correction d'erreur, de mise en trame des données, de modulation et d'émission pour la radiodiffusion multimédia de Terre, pour la réception mobile au moyen de récepteurs portatifs dans les bandes d'ondes métriques/décimétriques

(2012-2013-2020)

Domaine d'application

La présente Recommandation définit des méthodes de correction d'erreur, de mise en trame des données, de modulation et d'émission pour la radiodiffusion multimédia de Terre, pour la réception mobile au moyen de récepteurs portatifs dans les bandes d'ondes métriques/décimétriques.

Mots clés

Correction d'erreur, mise en trame des données, caractéristiques de modulation, méthodes d'émission, radiodiffusion multimédia de Terre, réception mobile, portatif

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) que des systèmes de radiodiffusion multimédia numérique utilisant les fonctionnalités intrinsèques des systèmes de radiodiffusion numérique ont été mis en œuvre dans de nombreux pays ou devraient l'être;
- b) qu'en ce qui concerne les systèmes d'émission de Terre pour la réception mobile au moyen de récepteurs portatifs, des caractéristiques techniques spécifiques sont nécessaires en raison des caractéristiques de propagation particulières;
- c) que l'interopérabilité entre les systèmes de radiodiffusion multimédia et de radiodiffusion télévisuelle et sonore numérique pourrait permettre de réutiliser l'infrastructure de radiodiffusion existante pour les services multimédias;
- d) que les Recommandations UIT-R BT.1306 et UIT-R BT.1877 spécifient des méthodes de correction d'erreur, de mise en trame des données, de modulation et d'émission pour la radiodiffusion télévisuelle numérique de Terre;
- e) que la Recommandation UIT-R BS.1114 spécifie des méthodes de correction d'erreur, de mise en trame des données, de modulation et d'émission ainsi que les caractéristiques des couches supérieures pour des systèmes de radiodiffusion sonore numérique de Terre;
- f) que la Recommandation UIT-R BT.1833 et le Rapport UIT-R BT.2049 décrivent les besoins des utilisateurs finals et les caractéristiques des couches supérieures concernant des systèmes de radiodiffusion multimédia pour la réception mobile au moyen de récepteurs portatifs,

recommande

1 que les administrations souhaitant mettre en œuvre la radiodiffusion multimédia de Terre pour la réception mobile au moyen de récepteurs portatifs dans les bandes d'ondes métriques/décimétriques utilisent l'un ou plusieurs (en fonction du marché de la radiodiffusion multimédia) des systèmes employant des méthodes de correction d'erreur, de mise en trame, de modulation et d'émission décrits à l'Annexe 1.

NOTE – Les Tableaux 1 et 2 de l'Annexe 1 peuvent être utilisés pour comparer les caractéristiques des systèmes en vue du choix d'un système particulier.

Annexe 1

Le Tableau 1 contient des données sur les systèmes d'émission pour la radiodiffusion multimédia de Terre, pour la réception mobile au moyen de récepteurs portatifs dans les bandes d'ondes métriques/décimétriques. On trouvera d'autres informations sur les systèmes dans les Pièces jointes 1, 2 et 3.

Le Tableau 2 donne, pour chaque système décrit dans le Tableau 1, les caractéristiques techniques concernant plusieurs aspects liés à la mise en œuvre et au déploiement.

TABLEAU 1

Paramètres des systèmes d'émission

	Paramètres	Système multimédia A	Système multimédia F	Système multimédia I	Système multimédia H	Système multimédia T2	Système multimédia R
1	Largeurs de bande de canal	1,712 MHz	1/14 × n de a) 6 MHz b) 7 MHz c) 8 MHz n ≥ 1 ^(*2-1)	a) 1,7 MHz b) 5 MHz c) 6 MHz d) 7 MHz e) 8 MHz	a) 5 MHz b) 6 MHz c) 7 MHz d) 8 MHz	a) 1,7 MHz b) 5 MHz c) 6 MHz d) 7 MHz e) 8 MHz	a) 100 kHz b) 200 kHz c) 250 kHz
2	Largeur de bande utilisée	1,536 MHz	«Espacement des sous-porteuses» (voir le point 5) + 1/14 × n × a) 6 MHz b) 7 MHz c) 8 MHz n ≥ 1 ^(*2-1)	a) 1,52 MHz b) 4,75 MHz c) 5,71 MHz d) 6,66 MHz e) 7,61 MHz	a) 4,75 MHz b) 5,71 MHz c) 6,66 MHz d) 7,61 MHz	a) 1,52 MHz b) 4,75 MHz c) 5,71 MHz d) 6,66 MHz e) 7,61 MHz	a) 96,0 kHz b) 185,6 kHz c) 246,2 kHz
3	Nombre de segments	1	n ≥ 1 ^(*2-1)		Nombre configurable d'intervalles de temps par largeur de bande	Configurable	1
4	Nombre de sous-porteuses par segment	192 384 768 1 536	108 (mode 1) 216 (mode 2) 432 (mode 3)	853 (mode 1k) 1 705 (mode 2k) 3 409 (mode 4k) 6 817 (mode 8k)	1 705 (mode 2k) 3 409 (mode 4k) 6 817 (mode 8k)	1 705 (mode 2k) 3 409 (mode 4k) 6 817 (mode 8k) 13 633 (mode 16k)	215 (100 kHz) 439 (200 kHz) 553 (250 kHz)

TABLEAU 1 (suite)

	Paramètres	Système multimédia A	Système multimédia F	Système multimédia I	Système multimédia H	Système multimédia T2	Système multimédia R
5	Espacement des sous-porteuses	a) 8 kHz b) 4 kHz c) 2 kHz d) 1 kHz	a) 3,968 kHz (mode 1) ^(#2-2) , 1,984 kHz (mode 2), 0,992 kHz (mode 3) b) 4,629 kHz (mode 1), 2,314 kHz (mode 2), 1,157 kHz (mode 3) c) 5,291 kHz (mode 1), 2,645 kHz (mode 2), 1,322 kHz (mode 3)	a) 1 786 kHz (1k) b) 5 580,322 Hz (1k) 2 790,179 Hz (2k) 1 395,089 Hz (4k) 697,545 Hz (8k) c) 6 696,42 Hz (1k), 3 348,21 Hz (2k), 1 674,11 Hz (4k), 837,05 Hz (8k) d) 7 812 Hz (1k), 3 906 Hz (2k), 1 953 Hz (4k), 976 Hz (8k) e) 8 929 Hz (1k), 4 464 Hz (2k), 2 232 Hz (4k), 1 116 Hz (8k)	a) 2 790,179 Hz (2k), 1 395,089 Hz (4k), 697,545 Hz (8k) b) 3 348,21 Hz (2k), 1 674,11 Hz (4k), 837,05 Hz (8k) c) 3 906 Hz (2k), 1 953 Hz (4k), 976 Hz (8k) d) 4 464 Hz (2k), 2 232 Hz (4k), 1 116 Hz (8k)	a) 901 Hz (mode 2k) 450 Hz (mode 4k) 225 Hz (mode 8k) 113 Hz (mode 16k) b) 2 790 Hz (mode 2k), 1 395 Hz (mode 4k) 698 Hz (mode 8k) 349 Hz (mode 16k) c) 3 348 Hz (mode 2k), 1 674 Hz (mode 4k) 837 Hz (mode 8k) 419 Hz (mode 16k) d) 3 906 Hz (mode 2k), 1 953 Hz (mode 4k) 977 Hz (mode 8k) 488 Hz (mode 16k) e) 4 464 Hz (mode 2k) 2 232 Hz (mode 4k) 1 116 Hz (mode 8k) 558 Hz (mode 16k)	4 000/9 Hz

TABLEAU 1 (suite)

	Paramètres	Système multimédia A	Système multimédia F	Système multimédia I	Système multimédia H	Système multimédia T2	Système multimédia R
6	Durée active d'un symbole	a) 156 µs b) 312 µs c) 623 µs d) 1 246 µs	a) 252 µs (mode 1) ^(*2-2) , 504 µs (mode 2), 1 008 µs (mode 3) b) 216 µs (mode 1), 432 µs (mode 2), 864 µs (mode 3) c) 189 µs (mode 1), 378 µs (mode 2), 756 µs (mode 3)	a) 560 µs (1k) b) 179,2 µs (1k), 358,40 µs (2k), 716,80 µs (4k), 1 433,60 µs (8k) c) 149,33 µs (1k), 298,67 µs (2k), 597,33 µs (4k), 1 194,67 µs (8k) d) 2 128 µs (1k), 256 µs (2k), 512 µs (4k), 1 024 µs (8k) e) 112 µs (1k), 224 µs (2k), 448 µs (4k), 896 µs (8k)	a) 358,40 µs (2k), 716,80 µs (4k), 1 433,60 µs (8k) b) 298,67 µs (2k), 597,33 µs (4k), 1 194,67 µs (8k) c) 256 µs (2k), 512 µs (4k), 1 024 µs (8k) d) 224 µs (2k), 448 µs (4k), 896 µs (8k)	a) 1 109,98 µs (2k) 2 219,97 µs (4k) 4 439,94 µs (8k) b) 358,4 µs (2k) 716,8 µs (4k) 1 433,6 µs (8k) 2 867,2 µs (16k) c) 298,67 µs (2k) 597,33 µs (4k) 1 194,67 µs (8k) 2 389,33 µs (16k) d) 256 µs (2k) 512 µs (4k) 1 024 µs (8k) 2 048 µs (16k) e) 224 µs (2k) 448 µs (4k) 896 µs (8k) 1 792 µs (16k)	2,25 ms
7	Durée de l'intervalle de garde ou taux d'intervalle de garde	a) 31µs b) 62 µs c) 123 µs d) 246 µs	1/32, 1/16, 1/8, 1/4 de la «durée active d'un symbole» (voir le point 6)	1/32, 1/16, 1/8, 1/4 de la durée active d'un symbole	1/32, 1/16, 1/8, 1/4 de la durée active d'un symbole	1/128, 1/32, 1/16, 19/256, 1/8, 19/128, 1/4 de la durée active d'un symbole	1/8 de la durée active d'un symbole

TABLEAU 1 (suite)

	Paramètres	Système multimédia A	Système multimédia F	Système multimédia I	Système multimédia H	Système multimédia T2	Système multimédia R
8	Durée de l'unité de transmission (trame)	96 ms 48 ms 24 ms	204 symboles OFDM (Durée d'un symbole = durée de l'intervalle de garde + durée active du symbole)	68 symboles OFDM Une super-trame comporte 4 trames	68 symboles OFDM Une super-trame comporte 4 trames	Souple avec possibilité de changement à chaque trame. Max 250 ms	41 symboles OFDM (103,78125 ms)
9	Synchronisation temporelle/fréquentielle	Symbole néant et symbole de référence de fréquence centrale et de phase	Porteuses pilotes	Porteuses pilotes	Intervalle de garde/porteuses pilotes	Symbole P1/intervalle de garde/porteuses pilotes	Intervalle de garde/porteuses pilotes
10	Méthodes de modulation	T-DMB: COFDM-DQPSK AT-DMB: COFDM-DQPSK COFDM-BPSK sur DQPSK COFDM-QPSK sur DQPSK	DQPSK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM	QPSK, 16-QAM	QPSK, 16-QAM, 64-QAM, MR-16-QAM, MR-64-QAM	QPSK, 16-QAM, 64-QAM avec ou sans rotation de la constellation propre à chaque conduit de couche physique	QPSK, 16-QAM, 64-QAM (canal de service principal)
11	Codage de canal interne	T-DMB: Code convolutif (1/4 à 3/4) AT-DMB: Code convolutif + turbo code (1/4 à 1/2)	Code convolutif Rendement initial 1/2 à 64 états Poinçonnage pour parvenir aux rendements 2/3, 3/4, 5/6, 7/8	Turbo code du 3GPP2 avec une taille initiale de bloc d'information de 12 282 bits Rendements obtenus par poinçonnage: 1/5, 2/9, 1/4, 2/7, 1/3, 2/5, 1/2, 2/3	Code convolutif Rendement initial 1/2 à 64 états Poinçonnage pour parvenir aux rendements 2/3, 3/4, 5/6, 7/8	Code LDPC de rendements 1/3, 2/5, 1/2, 3/5, 2/3, 3/4	Code LDPC avec des rendements d'environ 1/2, 2/3 et 3/4 (canal de service principal)

TABLEAU 1 (suite)

	Paramètres	Système multimédia A	Système multimédia F	Système multimédia I	Système multimédia H	Système multimédia T2	Système multimédia R
12	Entrelacement interne	Entrelacement temporel et entrelacement fréquentiel	Entrelacement fréquentiel: Entrelacement intra et inter segments Entrelacement temporel: Entrelacement convolutif au niveau des symboles 0, 380, 760, 1 520, 3 040 symboles (mode 1) ^(*2-2) 0, 190, 380, 760, 1 520 symboles (mode 2) 0, 95, 190, 380, 760 symboles (mode 3)	– Entrelacement fréquentiel – Entrelacement temporel: Forney avec 48 branches QPSK: 320/9 600 ms 16-QAM: 160/4 800 ms	Entrelacement binaire, combiné avec un entrelacement des symboles natif ou en profondeur	Entrelacement cellulaire, temporel et fréquentiel	Entrelacement binaire, cellulaire, temporel et fréquentiel
13	Codage de canal externe	Code RS (204, 188, T = 8) pour le service vidéo et le service vidéo modulable	RS (204, 188, T = 8)		Code externe: RS (204, 188, T = 8) Code de canal externe IP: MPE-FEC RS (255,191)	BCH (16 200, x, t), x étant fonction du rendement du code LDPC. Capacité de correction d'erreurs t = 12 erreurs	BCH (n, k, t); n et k étant fonction de la largeur de bande du canal et du rendement du code LDPC. Capacité de correction d'erreurs t = 10 erreurs (canal de service principal)
14	Entrelacement externe	Entrelacement convolutif pour le service vidéo et le service vidéo modulable	Entrelacement convolutif au niveau des octets, I = 12	Entrelacement convolutif au niveau des octets, I = 12		Entrelacement binaire (parité et torsadage de colonne)	

TABLEAU 1 (*fin*)

	Paramètres	Système multimédia A	Système multimédia F	Système multimédia I	Système multimédia H	Système multimédia T2	Système multimédia R
15	Débits nets de données	<ul style="list-style-type: none"> • T-DMB: 0,576 à 1,728 Mbit/s • AT-DMB: 0,864 à 2,304 Mbit/s pour BPSK sur DQPSK • AT-DMB: 1,152 à 2,88 Mbit/s pour QPSK sur DQPSK 	$n \times$ a) 0,281 à 1,787 Mbit/s b) 0,328 à 2,085 Mbit/s c) 0,374 à 2,383 Mbit/s	Au niveau MPEG-TS et pour un rendement de code avec GI compris entre 1/4 et 1/32: a) 0,42 à 3,447 Mbit/s b) 1,332 à 10,772 Mbit/s c) 1,60 à 12,95 Mbit/s d) 1,868 à 15,103 Mbit/s e) 2,135 à 17,257 Mbit/s	Dépend du rendement du code MPE-FEC. Pour un rendement du code MPE-FEC de 3/4: a) 2,33-14,89 Mbit/s b) 2,80-17,87 Mbit/s c) 3,27-20,84 Mbit/s d) 3,74-23,82 Mbit/s	Débit binaire d'entrée maximal disponible dans le cas d'un flux de transport de 4 Mbit/s	Dépend de la modulation et du rendement de codage pour différentes largeurs de bande de canal: a) 75-341 kbit/s (100 kHz) b) 155-703 kbit/s (200 kHz) c) 196-888 kbit/s (250 kHz)
	Référence	Pièce jointe 1	Pièce jointe 2	Pièce jointe 3	Pièce jointe 4	Pièce jointe 5	Pièce jointe 6

(*2-1) Le nombre de segments « n » est déterminé par la largeur de bande disponible.

(*2-2) Les modes 1, 2 et 3 peuvent être choisis en fonction de l'échelle du réseau monofréquence et des types de réception du service (par exemple fixe ou mobile). Le mode 1 peut être utilisé pour une transmission unique, ou pour un réseau monofréquence peu étendu. Ce mode convient pour la réception mobile. Le mode 3 peut être utilisé pour un réseau monofréquence vaste. Ce mode convient pour la réception fixe. Le mode 2 offre un compromis supplémentaire entre la taille de la zone de transmission et les capacités de réception mobile. Pour choisir le mode, il convient de tenir compte de la fréquence radioélectrique utilisée, de l'échelle du réseau monofréquence et du type de réception du service.

TABLEAU 2

Caractéristiques techniques des systèmes

		Système multimédia A	Système multimédia F	Système multimédia I	Système multimédia H	Système multimédia T2	Système multimédia R
1	Brouillage lié à la propagation par trajets multiples	Le choix entre quatre modes de transmission, en modulation OFDM, offre une protection souple et appropriée contre le brouillage lié à la propagation par trajets multiples dans de nombreuses situations	Le choix entre quatre intervalles de garde, le choix entre trois modes, et des pilotes dispersés pour le symbole de référence, en modulation OFDM, offrent une protection souple et appropriée contre le brouillage lié à la propagation par trajets multiples dans de nombreuses situations	Pour atténuer le brouillage lié à la propagation par trajets multiples, il convient de choisir la durée appropriée de l'intervalle de garde (parmi 4) et le mode approprié (1k, 2k, 4k ou 8k)	Pour atténuer le brouillage lié à la propagation par trajets multiples, il convient de choisir la durée appropriée de l'intervalle de garde (parmi 4), le mode approprié (2k ou 4k) et le mode approprié de l'entrelaceur interne (entrelacement en profondeur ou natif)	Le choix possible entre 6 intervalles de garde (1/128, 1/32, 1/16, 19/256, 1/8, 19/128, 1/4), 4 modes OFDM, 7 structures de pilote (PP1-PP7), la disponibilité ou non du symbole P1, les modes SISO/MISO offre une robustesse élevée dans les environnements de propagation par trajets multiples	Pour atténuer le brouillage lié à la propagation par trajets multiples, il convient de choisir le mode de modulation approprié (incidence sur la durée de l'entrelacement binaire et cellulaire) et la durée de l'entrelacement temporel
2	Présence d'évanouissements	Le choix entre quatre modes de transmission, en modulation OFDM, offre une protection souple et appropriée en présence d'évanouissements dans de nombreuses situations	Le choix entre trois modes, le choix d'un entrelacement temporel jusqu'à environ 0,8 s et des pilotes dispersés pour le symbole de référence, en modulation OFDM, offrent une protection souple et appropriée en présence d'évanouissements dans de nombreuses situations	L'association d'un turbo code et d'un entrelaceur souple (jusqu'à 10 s) offre une protection même dans des conditions très difficiles allant jusqu'au blocage d'une durée comparable à la longueur de l'entrelaceur		Le choix possible entre différents modes OFDM, différentes profondeurs d'entrelacement et différents mécanismes d'entrelacement (environ 5 niveaux d'entrelacement et un entrelacement virtuel) permet un fonctionnement robuste en présence d'évanouissements	Le choix possible entre différents modes de modulation et différentes durées d'entrelacement temporel permet un fonctionnement robuste en présence d'évanouissements

TABLEAU 2 (suite)

		Système multimédia A	Système multimédia F	Système multimédia I	Système multimédia H	Système multimédia T2	Système multimédia R
3	Réseaux monofréquence	En général, la taille des cellules de réseau monofréquence (SFN) est d'environ 70 km (DQPSK, 1/2, intervalle de garde de 256 µs) et dépend de la fréquence et de la puissance d'émission	En général, les réseaux SFN sont pris en charge en mode 8k-FFT avec possibilité de sélection du rendement du code FEC et du système de modulation de la porteuse Un signal se propageant par trajets multiples avec de longs retards en raison des réseaux SFN est acceptable sous réserve que l'intervalle de garde soit long (jusqu'à environ 250 µs)	Le rayon des cellules des réseaux SFN dépend essentiellement de la configuration (SH-A ou SH-B) et du choix de la durée de l'intervalle de garde. Il est généralement compris entre 30 et 35 km, et peut aller jusqu'à 100 km			En général, la taille des cellules de réseau monofréquence peut atteindre 70 km et dépend de la fréquence et de la puissance d'émission
4	Transmission simultanée de différents niveaux de qualité (transmission hiérarchique)	T-DMB: Non applicable AT-DMB: Des niveaux de qualité différents peuvent être définis de manière indépendante pour chaque couche De plus, jusqu'à quatre niveaux différents de qualité de transmission sont possibles en modifiant le rapport de la constellation	Des niveaux de qualité différents peuvent être définis de manière indépendante pour chaque structure de base de segments. De plus, jusqu'à trois niveaux différents de qualité de transmission sont possibles pour une structure à 13 segments, et deux niveaux pour une structure à 3 segments	La modulation hiérarchique est entièrement prise en charge. De plus, un service à faible latence peut être imbriqué dans un service normal au moyen de l'entrelaceur		En fonction de la configuration de système choisie, il est possible d'opter pour différentes protections contre les erreurs de service pour un ou plusieurs conduits de couche physique (PLP), chacun ayant ses propres modulation, codage et profondeur d'entrelacement temporel, d'où la possibilité d'une robustesse propre au service	

TABLEAU 2 (suite)

		Système multimédia A	Système multimédia F	Système multimédia I	Système multimédia H	Système multimédia T2	Système multimédia R
5	Efficacité d'utilisation du spectre (bit/s/Hz)	<p>T-DMB: De 0,375 (DQPSK, code convolutif de rendement 1/4) à 1,125 (DQPSK, code convolutif de rendement 3/4) bit/s/Hz</p> <p>AT-DMB: De 0,5625 (BPSK sur DQPSK, code convolutif de rendement 1/4, turbo code de rendement 1/4) à 1,5 (BPSK sur DQPSK, code convolutif de rendement 3/4, turbo code de rendement 1/2) bit/s/Hz</p> <p>AT-DMB: De 0,75 (QPSK sur DQPSK, code convolutif de rendement 1/4, turbo code de rendement 1/4) à 1,875 (QPSK sur DQPSK, code convolutif de rendement 3/4, turbo code de rendement 1/2) bit/s/Hz</p>	<p>De 0,655 bit/s/Hz (QPSK 1/2) à 4,170 bit/s/Hz (64-QAM 7/8)</p> <p>La transmission connectée permet d'améliorer l'efficacité d'utilisation du spectre car on n'a pas besoin de bande de garde</p>	<p>– Pour GI 1/4: De 0,2806 bit/s/Hz pour QPSK 1/5 à 1,8709 bit/s/Hz pour 16-QAM 2/3</p> <p>– Pour GI 1/32: De 0,3402 bit/s/Hz pour QPSK 1/5 à 2,2678 bit/s/Hz pour 16-QAM 2/3</p>	<p>De 0,46 bit/s/Hz (QPSK 1/2 MPE-FEC 3/4) à 1,86 bit/s/Hz (64-QAM 2/3 MPE-FEC 3/4)</p>	<p>De 0,87 bit/s/Hz (QPSK 1/2) à 4,34 bit/s/Hz (64-QAM 3/4)</p> <p>Les valeurs indiquées d'efficacité d'utilisation du spectre ne tiennent pas compte de l'affaiblissement dû à la signalisation/synchronisation et de l'intervalle de garde</p>	<p>De 0,77 bit/s/Hz (QPSK 1/2) à 3,64 bit/s/Hz (64-QAM 3/4)</p>

TABLEAU 2 (*fin*)

		Système multimédia A	Système multimédia F	Système multimédia I	Système multimédia H	Système multimédia T2	Système multimédia R
6	Consommation d'énergie pour les récepteurs portatifs	Faible consommation d'énergie de la radiodiffusion DAB La largeur de bande étroite optimisée permet d'utiliser une fréquence basse pour l'horloge du système et de procéder à un calcul simple par FFT. Prise en charge du décodage du sous-canal pour certains services	La largeur de bande étroite et la réception partielle hors du signal à bande élargie permettent d'utiliser une fréquence basse pour l'horloge du système. La diminution de la fréquence de l'horloge du système dans un récepteur permet de diminuer la consommation d'énergie	Le découpage temporel permet d'économiser ~90% d'énergie par rapport à la réception continue dans la partie récepteur du système DVB-SH	Découpage temporel	Découpage temporel T2 avec conduits PLP	La largeur de bande étroite permet d'utiliser une fréquence basse pour l'horloge du système dans un récepteur, ce qui permet de diminuer la consommation d'énergie

Pièce jointe 1 de l'Annexe 1

Système multimédia A (T-DMB et AT-DMB)

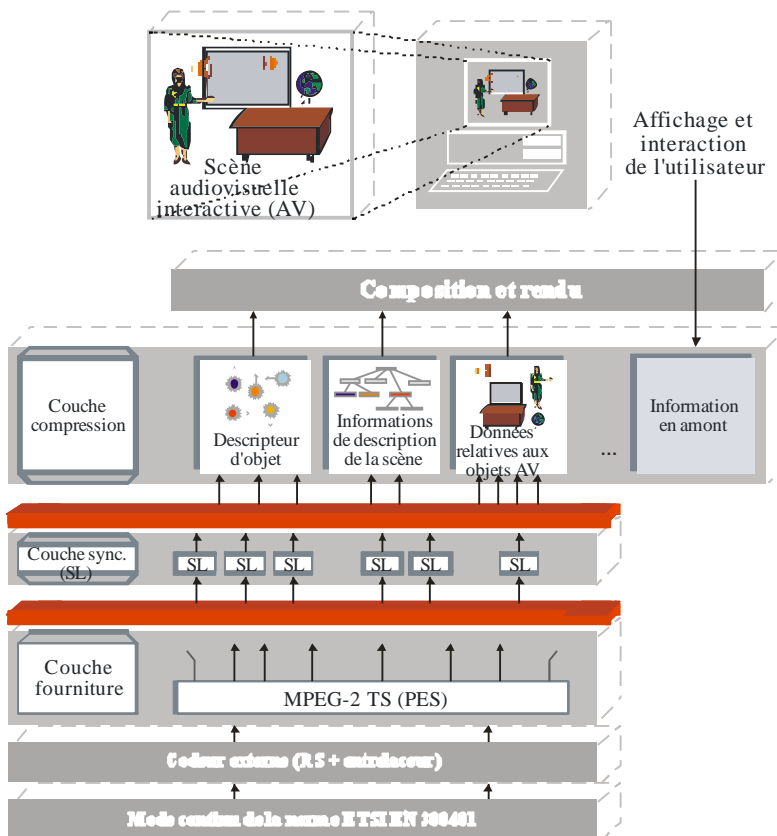
A.1 Aperçu et résumé concernant le système T-DMB

Le système de radiodiffusion multimédia numérique de Terre (T-DMB) est une version améliorée du système numérique A défini dans la Recommandation UIT-R BS.1114, qui permet d'offrir un service multimédia (vidéo, audio et données interactives) à des récepteurs portatifs dans un environnement mobile.

Pour le service audio, le système T-DMB utilise MPEG-4 ER-BSAC ou MPEG-4 HE AAC v2 + ambiophonie MPEG en plus de la couche audio II MPEG-1/MPEG-2 spécifiée pour le système numérique A. Pour le service vidéo, il utilise la norme UIT-T H.264 | MPEG-4 AVC pour les signaux vidéo, MPEG-4 ER-BSAC ou MPEG-4 HE AAC v2 + ambiophonie MPEG pour les signaux audio associés, et MPEG-4 BIFS et MPEG-4 SL pour les données interactives. Le codage de canal externe de Reed-Solomon (RS) est utilisé pour assurer la stabilité de fonctionnement de la réception vidéo.

L'architecture théorique du système T-DMB pour le service vidéo qui transmet un contenu MPEG-4 encapsulé selon la spécification «MPEG-4 sur MPEG-2 TS» est illustrée sur la Fig. A1-1.

FIGURE A1-1
Architecture théorique du système T-DMB pour le service vidéo



BT.2016-A1-01

Le mécanisme détaillé de fourniture du service vidéo dans un environnement mobile est défini dans les normes ETSI TS 102 427 et ETSI TS 102 428.

A.2 Aperçu et résumé concernant le système AT-DMB

La deuxième génération du système T-DMB, appelé système T-DMB évolué ou système AT-DMB, a une capacité des canaux jusqu'à deux fois supérieure à celle du système T-DMB, à savoir le système multimédia A de la Recommandation UIT-R BT.1833, et peut fonctionner dans les réseaux T-DMB, car il est entièrement rétrocompatible avec le système T-DMB. Les paramètres de base du système AT-DMB tels que la largeur de bande de canal, le nombre de porteuses, la durée d'un symbole, la durée de l'intervalle de garde, etc., sont les mêmes que ceux du système T-DMB.

La capacité des canaux est améliorée grâce à l'application d'une modulation hiérarchique; un symbole BPSK ou QPSK est mappé sur un symbole DQPSK. Le Tableau A1-1 donne les valeurs de paramètres des deux systèmes T-DMB et AT-DMB. Le système AT-DMB utilise les parties de la bande III et de la bande L dans lesquelles les réseaux T-DMB fonctionnent. Sa rétrocompatibilité avec le système T-DMB est garantie. Ainsi, grâce à sa plus grande capacité des canaux, le système AT-DMB peut offrir soit une meilleure qualité soit des services supplémentaires par rapport à ceux offerts par le système T-DMB. La spécification détaillée est décrite dans la «TTAK.KO-07.0070/R2» en ce qui concerne le mécanisme de modulation et de protection contre les erreurs.

TABLEAU A1-1

Comparaison de paramètres entre les systèmes AT-DMB et T-DMB

Paramètres	T-DMB	AT-DMB
Norme	Système numérique A de la Recommandation UIT-R BS.1114	Système numérique A de la Recommandation UIT-R BS.1114, TTAK.KO-07.0070/R2
Code de canal (rendement de code)	Code convolutif (1/4, 3/8, 1/2, 3/4)	Code convolutif, (1/4, 3/8, 1/2, 3/4) Turbo code (1/2, 2/5, 1/3, 1/4)
Méthode de modulation (profondeur d'entrelacement temporel)	DQPSK (384 ms)	DQPSK (384 ms), BPSK sur DQPSK (768 ms), QPSK sur DQPSK (384 ms)
Rapport de constellation	Non applicable	1,5, 2,0, 2,5, 3,0, ∞*

* ∞ signifie que la modulation hiérarchique n'est pas appliquée.

Le système AT-DMB permet de fournir un service vidéo modulable ainsi que tous les types de services T-DMB. La rétrocompatibilité du service vidéo modulable avec le service vidéo fourni par le système T-DMB est entièrement garantie. Un service vidéo de qualité VGA peut être offert aux récepteurs AT-DMB et un service vidéo de qualité QVGA peut être offert aux récepteurs T-DMB. S'agissant des signaux audio du service vidéo modulable, le système AT-DMB utilise la norme ISO/CEI 23003-1 pour le codage MPEG-4 ER-BSAC ou MPEG-4 HE AAC v2 + ambiophonie MPEG. S'agissant des signaux vidéo du service vidéo modulable, il utilise le profil de base de la Recommandation UIT-T H.264 | Norme ISO/CEI 14496-10, Amendement 3 pour le codage MPEG-4 SVC.

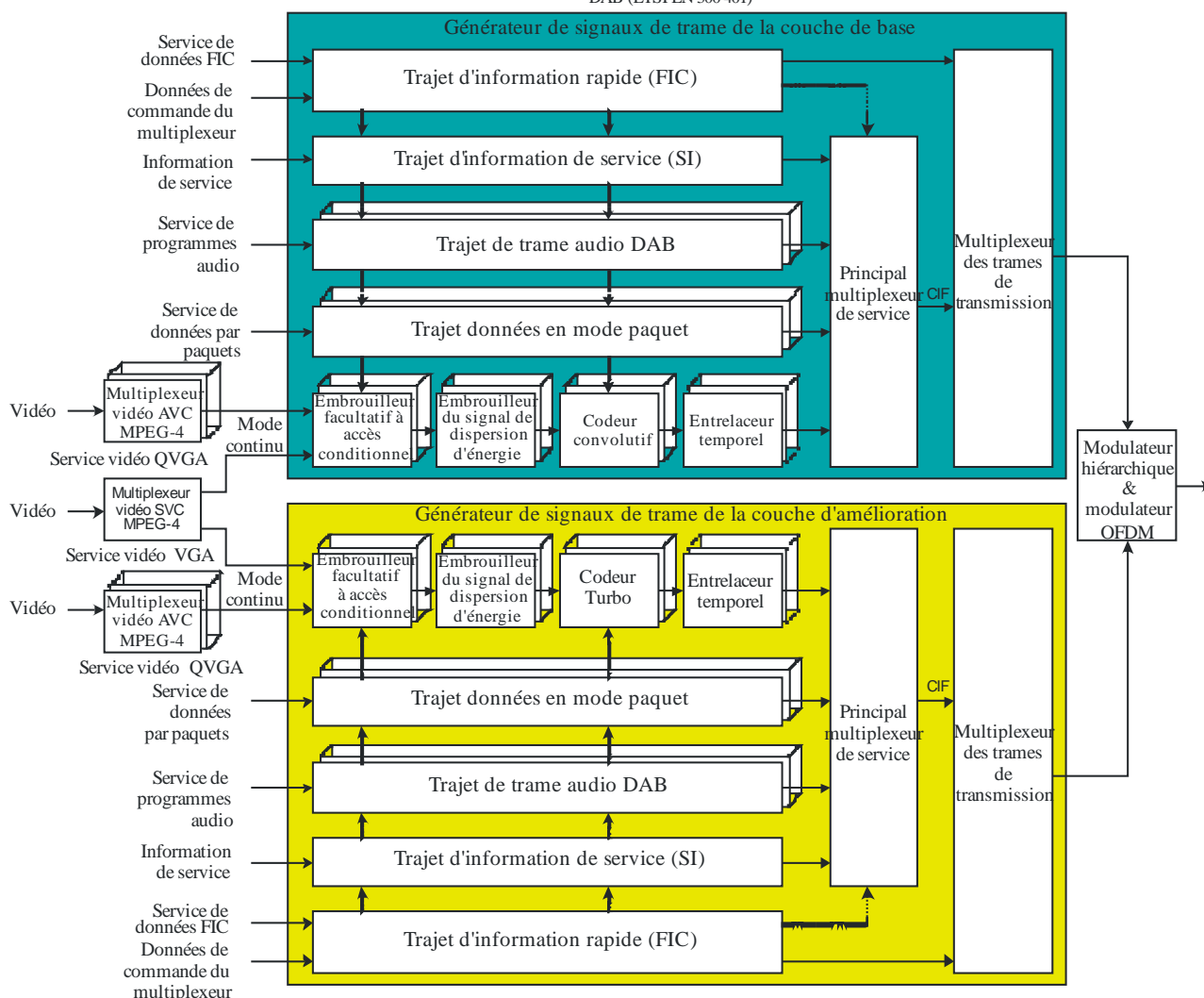
On se reportera à la norme TTAK.KO-07.0070/R2 en ce qui concerne le mécanisme de modulation hiérarchique, le code de correction d'erreur, etc., du système AT-DMB et à la norme TTAK.KO-07.0071 en ce qui concerne le service vidéo modulable du système AT-DMB.

A.3 Architecture du système de transmission

Un système AT-DMB comporte deux couches: une couche de base pour les récepteurs T-DMB et une couche d'amélioration assurant un service supplémentaire pour les récepteurs AT-DMB uniquement. Afin d'améliorer la capacité de correction d'erreur de canal dans la couche d'amélioration, on utilise un turbo code au lieu du code convolutif qui est utilisé pour les récepteurs T-DMB. Cinq rapports de constellation (1,5, 2,0, 2,5, 3,0 et ∞) sont ajoutés afin d'ajuster la qualité de la réception et les zones de couverture des services AT-DMB et T-DMB grâce à un contrôle des capacités de correction d'erreur dans les couches de base et d'amélioration. La Fig. A1-2 illustre l'architecture théorique du système de transmission pour la radiodiffusion AT-DMB.

FIGURE A1-2
Architecture théorique du système de transmission pour la radiodiffusion AT-DMB

DAB (ETSI EN 300 401)



Bibliographie

Références normatives

- [1] Recommandation UIT-R BS.1114 – *Système A – Systèmes de radiodiffusion sonore numérique de Terre à destination de récepteurs fixes, portatifs ou placés à bord de véhicules fonctionnant dans la gamme de fréquences 30-3 000 MHz.*
- [2] ETSI EN 300 401 – *Radio Broadcasting Systems; Digital Audio Broadcasting (DAB) to mobile, portable and fixed receivers.*
- [3] TTA, TTAK.KO-07.0070/R2 – *Specification of the Advanced Terrestrial Digital Multimedia Broadcasting (AT-DMB) to mobile, portable, and fixed receivers, 2011.*

Références informatives

- [4] ETSI TR 101 497 – *Digital Audio Broadcasting (DAB); Rules of Operation for the Multimedia Object Transfer Protocol.*
- [5] ETSI TS 101 759 – *Digital Audio Broadcasting (DAB); Data Broadcasting – Transparent Data Channel (TDC).*
- [6] ETSI ES 201 735 – *Digital Audio Broadcasting (DAB); Internet Protocol (IP) Datagram Tunnelling.*
- [7] ETSI TS 101 499 – *Digital Audio Broadcasting (DAB); MOT Slide Show; User Application Specification.*
- [8] ETSI TS 101 498-1 – *Digital Audio Broadcasting (DAB); Broadcast Website; Part 1: User Application Specification.*
- [9] ETSI TS 101 498-2 – *Digital Audio Broadcasting (DAB); Broadcast Website; Part 2: Basic Profile Specification.*
- [10] ETSI EN 301 234 – *Digital Audio Broadcasting (DAB); Multimedia Object Transfer (MOT) Protocol.*
- [11] ETSI TS 102 371 – *Digital Audio Broadcasting (DAB); Transportation and Binary Encoding Specification for DAB Electronic Programme Guide (EPG).*
- [12] ETSI TS 102 818 – *Digital Audio Broadcasting (DAB); XML Specification for DAB Electronic Programme Guide (EPG).*
- [13] ETSI TS 102 427 – *Digital Audio Broadcasting (DAB); Data Broadcasting – MPEG-2 TS Streaming.*
- [14] ETSI TS 102 428 – *Digital Audio Broadcasting (DAB); DMB video service; User Application Specification.*
- [15] Rapport UIT-R BT.2049-3 – *Diffusion d'applications multimédias et d'applications de données sur récepteurs mobiles.*
- [16] TTA, TTAK.KO-07.0071 – *Advanced Terrestrial Digital Multimedia Broadcasting (AT-DMB) Scalable Video Service.*

Pièce jointe 2 de l'Annexe 1

Système multimédia F (radiodiffusion multimédia ISDB-T pour la réception mobile)

Le système multimédia F est un système de radiodiffusion multimédia ISDB-T/T_{SB} amélioré, appelé «système de radiodiffusion multimédia ISDB-T pour la réception mobile». Il utilise la technologie de transmission du système C (également appelé ISDB-T) décrit dans la Recommandation UIT-R BT.1306 et du système numérique F (également appelé ISDB-T_{SB}) décrit dans la Recommandation UIT-R BS.1114. Le système numérique F peut être considéré comme une variante à bande étroite du système ISDB-T. La Fig. A2-1 illustre les trois structures de base pour la radiodiffusion multimédia ISDB-T.

Tout comme le système C, le système multimédia F est doté de fonctions de transmission hiérarchique, ce qui permet d'attribuer des signaux pour la réception mobile, qui nécessite une robustesse accrue dans le même canal par comparaison avec la réception fixe. A cette fin, l'une des principales techniques consiste à utiliser des «segments OFDM», associés à des porteuses OFDM et correspondant à 1/13 de canal. Un ou plusieurs segments constituent un groupe de segments. Les paramètres de transmission du système de modulation des porteuses OFDM, les rendements de codage du code de correction d'erreur interne ainsi que la longueur de l'entrelacement temporel, peuvent être spécifiés de manière indépendante pour chaque groupe de segments. Un groupe de segments constitue l'unité de base pour la fourniture des services de radiodiffusion, de sorte que les paramètres de transmission des segments sont identiques à l'intérieur du groupe.

Pour la radiodiffusion ISDB-T et ISDB-T_{SB}, le segment central est un segment spécial adapté à l'établissement d'un groupe de segments ne comportant qu'un seul segment. Lorsque seul le segment central forme un groupe de segments, le segment peut être reçu de manière indépendante.

Pour le système multimédia F, le nombre de segments peut être choisi en fonction de l'application et de la largeur de bande disponible. Le spectre est formé par la combinaison de blocs de 1 segment, de 3 segments et/ou de 13 segments sans bande de garde. La Fig. A2-2 illustre des exemples de combinaisons de blocs de segments. Un récepteur peut démoduler partiellement les blocs de 1, 3 ou 13 segments, de sorte que les ressources matérielles et logicielles des récepteurs ISDB-T ou ISDB-T_{SB} peuvent être utilisées pour concevoir des récepteurs de radiodiffusion multimédia ISDB-T pour la réception mobile.

FIGURE A2-1

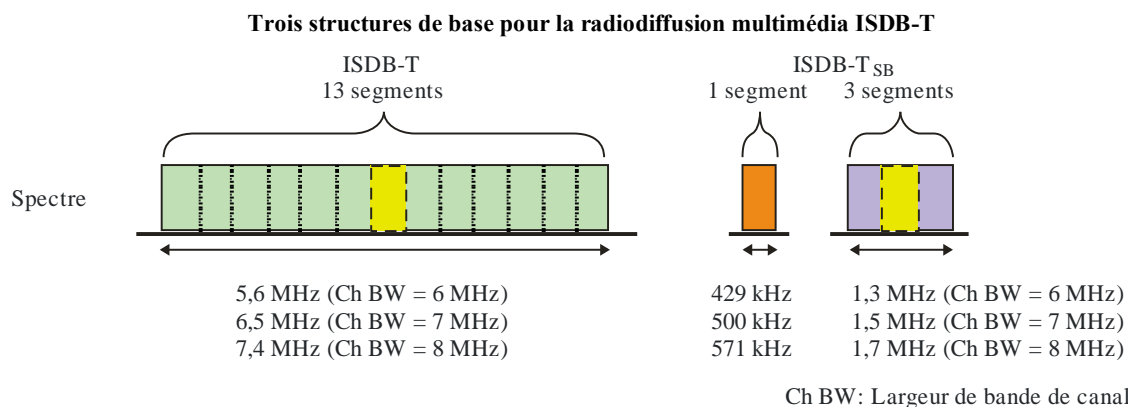
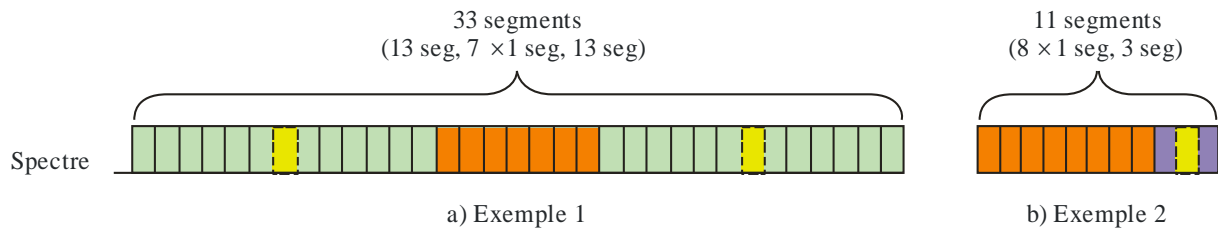


FIGURE A2-2

Exemples de combinaisons de blocs de segments pour la radiodiffusion multimédia ISDB-T



BT.2016-A2-02

Bibliographie

- [1] Recommandation UIT-R BS.1114 – *Systèmes de radiodiffusion sonore numérique de Terre à destination de récepteurs fixes, portatifs ou placés à bord de véhicules fonctionnant dans la gamme de fréquences 30-3 000 MHz.*
- [2] Recommandation UIT-R BT.1306 – *Méthodes de correction d'erreur, de mise en trame des données, de modulation et d'émission pour la radiodiffusion télévisuelle numérique de Terre.*
- [3] ARIB STD-B46 – *Transmission system for terrestrial mobile multimedia broadcasting based on connected segments transmission, Association of Radio Industries and Businesses.*

Pièce jointe 3 de l'Annexe 1

Système multimédia I (DVB-SH)

Le système multimédia «I» est un système de radiodiffusion de bout en bout destiné à fournir n'importe quel type de contenu et de service numérique au moyen de mécanismes IP, qui sont optimisés pour les dispositifs présentant des limitations en ce qui concerne les ressources de calcul et les batteries. Il comprend un trajet de radiodiffusion unidirectionnel qui peut être associé à un trajet d'interactivité (2G/3G/4G) cellulaire mobile bidirectionnel. La composante de Terre du système multimédia «I» (CGC) peut être associée ou intégrée avec une composante satellite (SC), comme illustré sur la Fig. A3-1. Les spécifications du système peuvent être subdivisées comme suit:

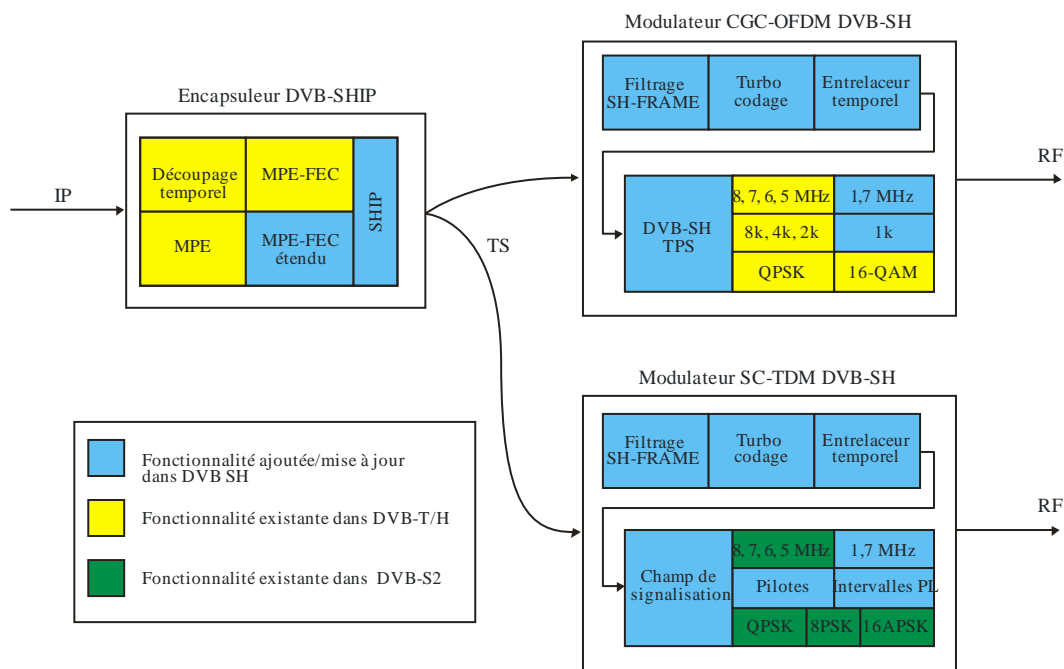
- description générale du système de bout en bout;
- interfaces radioélectriques du système DVB-SH;
- fourniture de services IP sur la couche service du système DVB-SH;
- codecs et formats des contenus pour la fourniture de services IP.

Le système DVB-SH est une version améliorée du système DVB-H, lequel repose sur la norme de radiodiffusion numérique DVB-T largement acceptée pour la réception de radiodiffusion mobile. La spécification générale du système DVB-SH est la norme ETSI TS 102 585.

Le système DVB-SH utilise le turbo code 3GPP2 avec correction d'erreur directe (FEC) sur des blocs à 12 kbit/s. Il utilise en outre un entrelaceur de canaux très souple qui offre une diversité temporelle allant d'environ une centaine de millisecondes à plusieurs secondes, suivant le niveau de service visé

et les capacités correspondantes (essentiellement la taille de mémoire) du type de terminal. Les interfaces radioélectriques du système DVB-SH sont spécifiées dans la norme ETSI EN 302 583.

FIGURE A3-1
Architecture du système DVB SH-B – Côté émetteur



BT.2016-A3-01

Les spécifications de signalisation du système DVB-SH énoncées dans la norme ETSI TS 102 470-2 définissent l'utilisation exacte des informations PSI/SI dans le cas de la fourniture de services IP.

Pour les services vidéo, on utilise le codage H.264/AVC et pour les signaux audio, on emploie les codecs HE AAC v2 et les formats de données utiles RTP. Plusieurs types de données sont pris en charge, par exemple les données binaires, le texte et les images fixes.

Le protocole RTP est le protocole de l'IETF utilisé pour les services de diffusion en continu. La fourniture de tout type de fichier dans un système de fourniture de services IP est prise en charge par le protocole FLUTE de l'IETF.

Un guide électronique des services a été défini pour permettre la découverte rapide et la sélection de services destinés à l'utilisateur final.

Des mécanismes polyvalents de protection et d'achat de services ont été définis pour des récepteurs portatifs destinés à la radiodiffusion seulement et avec une capacité d'interaction.

Des mécanismes ont été définis pour la mobilité sur les réseaux DVB-SH et entre des réseaux DVB-H et DVB-SH.

La norme ETSI TS 102 584 contient des lignes directrices relatives à la mise en œuvre du système DVB-SH ainsi que de nombreux résultats d'expériences menées en laboratoire ou sur le terrain.

Bibliographie

Description générale du système de bout en bout

- ETSI TS 102 585 – *Digital video broadcasting (DVB); System specifications for satellite services to handheld devices (SH) below 3 GHz.*

Interface radioélectrique

- ETSI EN 302 583 – *Digital video broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for satellite services to handheld devices (SH) below 3 GHz.*

Couche liaison

- ETSI EN 301 192 – *Digital video broadcasting (DVB); DVB specification for data broadcasting.*
- ETSI TS 102 772 – *Digital video broadcasting (DVB); Specification of multi-protocol encapsulation – inter-burst forward error correction (MPE-IFEC).*

Signalisation au niveau du système

- ETSI TS 102 470-2 – *Digital video broadcasting (DVB); IP Datacast over DVB-SH: Programme specific information (PSI)/(Service Information (SI).*

Couche service de diffusion de données IP

Le guide électronique des services est spécifié dans les documents suivants:

- ETSI TS 102 471 – *Digital video broadcasting (DVB); IP Datacast over DVB-H: Electronic service Guide (ESG).*
- ETSI TS 102 592-2 – *IP Datacast over DVB-SH: Electronic service Guide (ESG) implementation Guidelines.*

Les protocoles de fourniture de contenus sont spécifiés dans les documents suivants:

- ETSI TS 102 472 – *Digital video broadcasting (DVB); IP Datacast over DVB-H: Content delivery protocols.*
- ETSI TS 102 591-2 – *Digital video broadcasting (DVB); IP Datacast: Content delivery protocols implementation Guidelines; Part 2: IP Datacast over DVB-SH.*

Les mécanismes de protection et d'achat de services sont spécifiés dans le document suivant:

- ETSI TS 102 474 – *Digital video broadcasting (DVB); IP Datacast over DVB-H: Service purchase and protection.*

Les mécanismes de mobilité sont spécifiés dans le document suivant:

- ETSI TS 102 611-2 – *IP Datacast over DVB-SH: Implementation Guidelines for mobility.*

Codecs et formats de diffusion de données IP

- ETSI TS 102 005 – *Digital video broadcasting (DVB); Specification for the use of video and audio coding in DVB services delivered directly over IP.*

Lignes directrices pour le déploiement du système DVB-SH

- ETSI TS 102 584 – *Digital video broadcasting (DVB); DVB-SH Implementation Guidelines.*

Spécifications BCAST 1.1 de l'OMA

BCAST de l'OMA est un ensemble de spécifications de couche service, applicables à divers supports de radiodiffusion, y compris les supports de radiodiffusion DVB-SH.

- «BCAST Distribution system adaptation – IPDC over DVB-SH», open mobile alliance, Version 1.1.

Pièce jointe 4 de l'Annexe 1

Systeme multimedia H (DVB-H)

Le système DVB-H est un système de transmission utilisé pour la radiodiffusion multimedia au moyen de datagrammes, IP ou autres. Ces datagrammes peuvent contenir des données relatives aux services multimedias, aux services de téléchargement de fichier ou à d'autres services non mentionnés ici.

L'objectif du système DVB-H est de permettre d'acheminer efficacement des données multimedias sur des reseaux de radiodiffusion numerique de Terre à destination de terminaux portatifs. L'efficacité est considérée comme étant liée principalement aux contraintes en termes d'alimentation électrique et aux conditions de transmission variables afférentes à la mobilité.

Les spécifications de base du système DVB-H (Recommandations UIT-R BT.1306 et UIT-R BT.1833, Rapport UIT-R BT.2049 et norme ETSI EN 302 304) portent sur:

- la couche physique;
- la couche liaison;
- les informations de service.

Des recommandations relatives à la synchronisation des reseaux monofréquence dans le cadre du système DVB-H sont également fournies.

Des informations et recommandations complémentaires concernant la manière d'utiliser et de choisir les paramètres appropriés du système DVB-H sont fournies dans les documents énumérés dans la bibliographie.

Le système DVB-H utilise les éléments techniques suivants pour la couche liaison et la couche physique:

- Couche liaison:
 - i) découpage temporel visant à réduire la consommation moyenne d'énergie du terminal et à permettre un transfert progressif et transparent;
 - ii) correction d'erreur directe pour les données à encapsulation multiprotocole (MPE-FEC) en vue d'améliorer le rapport C/N et l'efficacité Doppler dans les canaux mobiles, et de renforcer ainsi la tolérance au brouillage impulsif.
- Couche physique:

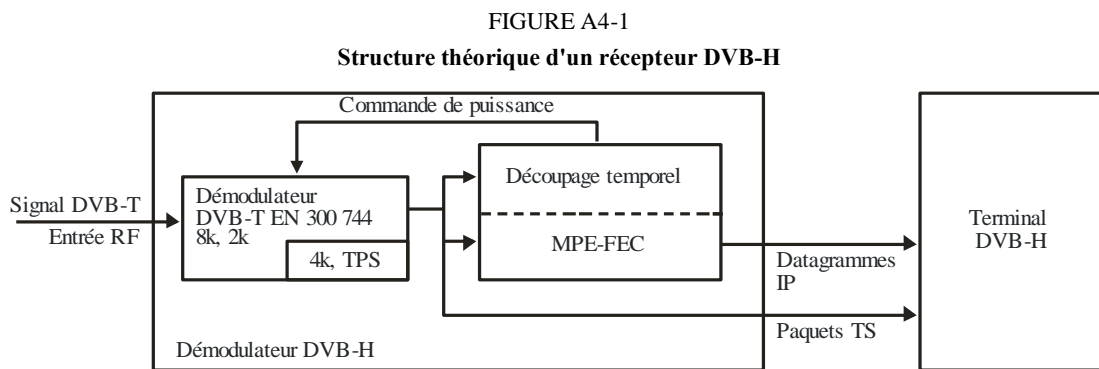
DVB-T (voir la norme EN 300 744) avec les éléments techniques suivants destinés spécifiquement au système DVB-H:

 - i) signalisation DVB-H dans les bits TPS afin d'améliorer et d'accélérer la découverte de service. L'identificateur de cellule est également acheminé dans les bits TPS afin d'accélérer le balayage du signal et le transfert sur les récepteurs mobiles;
 - ii) mode 4k visant à offrir un compromis entre la mobilité et la taille des cellules des reseaux SFN, permettant une réception à très haut débit sur une seule antenne dans des reseaux SFN de taille moyenne, et offrant ainsi une plus grande souplesse dans la conception des reseaux;
 - iii) entrelaceur de symboles en profondeur pour les modes 2k et 4k afin d'améliorer leur robustesse dans un environnement mobile et en présence de bruit impulsif.

Il convient de mentionner que les éléments techniques de découpage temporel et MPE-FEC étant mis en œuvre dans la couche liaison, ils n'ont, ni l'un ni l'autre, d'incidence sur la couche physique DVB-T. Il est également important de noter que les données utiles du système DVB-H sont des datagrammes IP ou d'autres datagrammes de couche réseau encapsulés dans des sections MPE.

La structure théorique d'un récepteur DVB-H est illustrée dans la Fig. A4-1. Elle comporte un démodulateur DVB-H et un terminal DVB-H. Le démodulateur DVB-H comporte un démodulateur DVB-T, un module de découpage temporel et un module MPE-FEC.

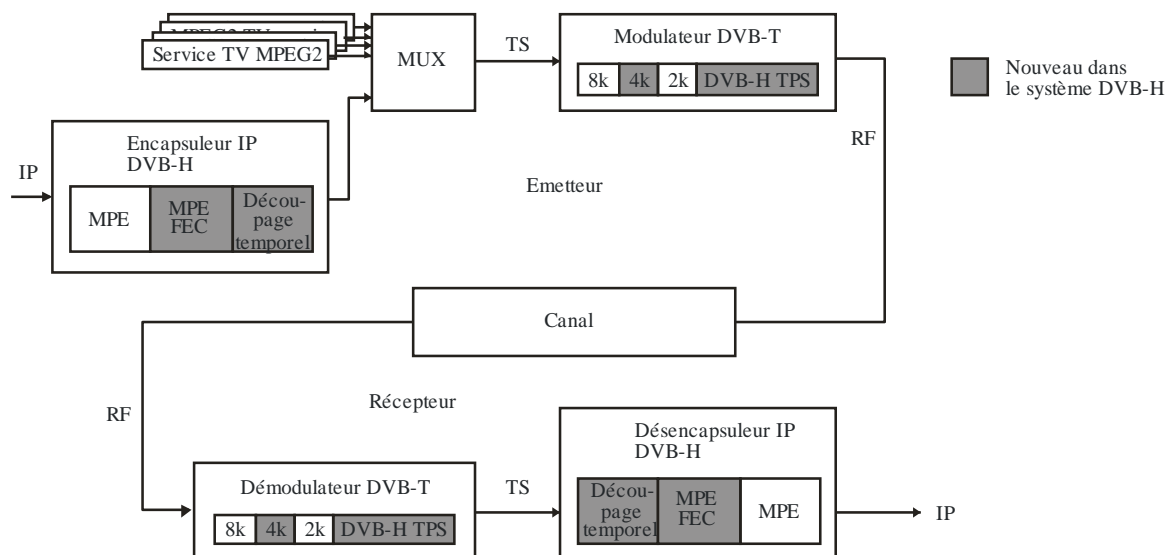
- Le démodulateur DVB-T récupère les paquets de flux de transport MPEG-2 à partir du signal RF DVB-T reçu (voir la norme EN 300 744). Il offre trois modes de transmission, 8K, 4K et 2K, avec la signalisation des paramètres d'émetteur (TPS) correspondante. Il est à noter que le mode 4K, les entrelaceurs en profondeur et la signalisation DVB-H ont été définis lors de l'élaboration de la norme DVB-H.
- Le module de découpage temporel, défini par la norme DVB-H, vise à réduire la consommation d'énergie du récepteur tout en permettant un transfert progressif et transparent.
- Le module MPE-FEC, défini par la norme DVB-H, offre, lors de la transmission dans la couche physique, une correction d'erreur directe complémentaire permettant au récepteur de faire face aux situations de réception particulièrement difficiles.



BT.2016-A4-01

Un exemple d'utilisation du système DVB-H pour la transmission de services IP est donné dans la Fig. A4-2. Dans cet exemple, des services MPEG-2 classiques et des «services DVB-H» découpés dans le temps sont acheminés ensemble sur le même multiplex. Le terminal portable décode/utilise uniquement les services IP.

FIGURE A4-2

Description schématique de l'utilisation d'un système DVB-H
(partage d'un MUX avec des services MPEG2)

BT.2016-A4-02

Découpage temporel

L'objectif du découpage temporel est de réduire la consommation moyenne d'énergie du terminal et de permettre un transfert progressif et transparent. Le découpage temporel consiste à envoyer des données par salves en utilisant un débit binaire instantané nettement plus élevé que le débit binaire qui est nécessaire lorsque les données sont transmises à l'aide des mécanismes classiques de transmission en continu.

Pour indiquer au récepteur quand la salve suivante doit arriver, l'intervalle de temps (Δt) jusqu'au début de la salve suivante est indiqué à l'intérieur de la salve. Entre deux salves, aucune donnée du flux élémentaire n'est transmise, ce qui permet à d'autres flux élémentaires d'utiliser la largeur de bande attribuée. Le découpage temporel permet à un récepteur de ne rester actif que pendant une fraction du temps, lorsqu'il reçoit les salves d'un service demandé. Il est à noter que l'émetteur est constamment en marche (autrement dit le flux de transport est transmis sans interruption).

Le découpage temporel permet également d'utiliser le récepteur pour surveiller les cellules voisines pendant les périodes d'arrêt (entre deux salves). La commutation de réception du flux de transport pendant une période d'arrêt permet de prendre une décision de transfert quasi optimale et d'assurer un transfert transparent.

MPE-FEC

L'objectif du module MPE-FEC est d'améliorer le rapport C/N et l'efficacité Doppler dans les canaux mobiles et de renforcer la tolérance au brouillage impulsif.

Pour cela, un niveau supplémentaire de correction d'erreur est ajouté dans la couche MPE. L'ajout d'informations de parité calculées à partir des datagrammes et l'envoi de ces données de parité dans des sections MPE-FEC distinctes permettent d'obtenir des datagrammes exempts d'erreur après le décodage MPE-FEC malgré des conditions de réception très mauvaises. L'utilisation de la correction MPE-FEC est facultative.

Avec la correction MPE-FEC, une partie adaptable de la capacité de transmission est attribuée aux données de parité. Pour un ensemble donné de paramètres de transmission avec 25% de données de parité, la correction MPE-FEC pourra nécessiter à peu près le même rapport C/N qu'un récepteur avec diversité d'antenne.

Pour compenser entièrement les données utilisées pour la correction MPE-FEC, on choisit un rendement de code de transmission légèrement plus faible, la performance restant nettement meilleure qu'avec le système DVB-T (sans MPE-FEC) pour le même débit. Cette correction MPE-FEC devrait permettre une réception DVB-T à haut débit sur une seule antenne de signaux 8K/16-QAM voire 8K/64-QAM. De plus, la correction MPE-FEC offre une bonne immunité au brouillage impulsif.

Telle qu'elle est normalisée, la correction MPE-FEC fonctionne de manière telle que les récepteurs ignorant la correction MPE-FEC (mais ayant la capacité MPE) pourront recevoir le flux de données de manière entièrement rétrocompatible, à condition qu'ils ne rejettent pas le type de flux utilisé.

Mode 4K et entrelaceurs en profondeur

L'objectif du mode 4K est d'améliorer la souplesse de planification du réseau grâce à un compromis entre mobilité et taille de réseau SFN. Pour améliorer davantage la robustesse des modes DVB-T 2K et 4K dans un environnement mobile et en présence de bruit impulsif à la réception, un entrelaceur de symboles en profondeur est également normalisé.

Le mode de transmission 4K supplémentaire s'intercale entre les modes de transmission 2K et 8K. Il vise à offrir un compromis supplémentaire entre la taille de cellule de réseau monofréquence (SFN) et les capacités de réception mobile, en offrant un degré supplémentaire de souplesse pour la planification du réseau.

Les conditions du compromis peuvent s'exprimer comme suit:

- Le mode DVB-T 8K peut être utilisé pour le fonctionnement d'un seul émetteur et pour des réseaux SFN de petite, moyenne ou grande taille. Il est caractérisé par une tolérance Doppler permettant une réception haut débit.
- Le mode DVB-T 4K peut être utilisé pour le fonctionnement d'un seul émetteur et pour des réseaux SFN de petite ou moyenne taille. Il est caractérisé par une tolérance Doppler permettant une réception très haut débit.
- Le mode DVB-T 2K peut être utilisé pour le fonctionnement d'un seul émetteur et pour des réseaux SFN de petite taille avec des distances à l'émetteur limitées. Il est caractérisé par une tolérance Doppler permettant une réception ultra haut débit.

Pour les modes 2K et 4K, les entrelaceurs en profondeur augmentent l'adaptabilité de l'entrelacement des symboles, en découplant le choix de l'entrelaceur interne et le choix du mode de transmission utilisé. Cette adaptabilité permet à un signal 2K ou 4K de tirer parti de la mémoire de l'entrelaceur de symboles 8K pour quadrupler (pour 2K) ou doubler (pour 4K) la profondeur de l'entrelaceur de symboles afin d'améliorer la réception en présence d'évanouissements. Elle offre également un niveau supplémentaire de protection contre les brèves impulsions de bruit dues, par exemple, au brouillage causé par l'allumage des moteurs et au brouillage causé par divers appareils électriques

Les entrelaceurs 4K et en profondeur ont une incidence sur la couche physique, mais leur mise en œuvre ne nécessite pas beaucoup plus d'équipements (à savoir portes logiques et mémoire) que la version 1.4.1 de la norme DVB-T, que ce soit pour les émetteurs ou pour les récepteurs. Un démodulateur mobile type incorpore déjà la mémoire RAM et les éléments logiques nécessaires pour la gestion de signaux 8K, qui vont au-delà de ce qui est nécessaire pour le fonctionnement 4K.

Le spectre d'émission pour le mode 4K est analogue à ceux pour les modes 2K et 8K, de sorte qu'aucune modification des filtres de l'émetteur n'est envisagée.

Signalisation DVB-H

L'objectif de la signalisation DVB-H est d'offrir une signalisation robuste et facile d'accès aux récepteurs DVB-H, permettant ainsi d'améliorer et d'accélérer la découverte de service.

La signalisation TPS constitue un canal de signalisation très robuste permettant un verrouillage TPS dans un démodulateur avec de très faibles valeurs du rapport C/N. Elle permet également d'accéder plus rapidement à la signalisation que ne le permettent la démodulation et le décodage de l'information de service (SI) ou de l'en-tête de section MPE.

Le système DVB-H utilise deux bits TPS pour indiquer la présence du découpage temporel et de la correction MPE-FEC facultative. En outre, la signalisation du mode 4K et l'utilisation d'entrelaceurs de symboles en profondeur sont également normalisées.

Bibliographie

- [1] ETSI EN 300 744 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television. (DVB-T).*
- [2] ETSI EN 300 468 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Specification for Service Information (SI) in DVB systems. (DVB-SI).*
- [3] ETSI EN 301 192 – *Digital Video Broadcasting (DVB); DVB specification for data broadcasting. (DVB-DATA).*
- [4] ETSI TS 101 191 – *Digital Video Broadcasting (DVB); DVB mega-frame for Single Frequency Network (SFN) synchronization.*
- [5] ETSI TS 102 468 – *Digital Video Broadcasting (DVB); IP Datacast over DVB-H: Set of Specifications for Phase 1.*
- [6] ETSI TR 102 473 – *Digital Video Broadcasting (DVB); IP Datacast over DVB-H: Use Cases and Services.*
- [7] ETSI TR 102 469 – *Digital Video Broadcasting (DVB); IP Datacast over DVB-H: Architecture.*
- [8] ETSI TS 102 470-1 – *Digital Video Broadcasting (DVB); IP Datacast over DVB-H: Programme Specific Information (PSI)/(Service Information (SI)).*
- [9] ETSI TS 102 471-1 – *Digital Video Broadcasting (DVB); IP Datacast over DVB-H: Electronic Service Guide (ESG).*
- [10] ETSI TS 102 472 – *Digital Video Broadcasting (DVB); IP Datacast over DVB-H: Content Delivery Protocols.*
- [11] ETSI TS 102 474 – *Digital Video Broadcasting (DVB); IP Datacast over DVB-H: Service Purchase and Protection.*
- [12] ETSI TS 102 005 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Specification for the use of video and audio coding in DVB services delivered directly over IP.*
- [13] ETSI TR 102 377 – *Digital Video Broadcasting (DVB); DVB-H Implementation guidelines.*
- [14] ETSI TR 102 401 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Transmission to handheld terminals (DVB-H); Validation task force report.*

Pièce jointe 5 de l'Annexe 1

Système multimédia T2 (profil T2-Lite du système DVB-T2)

La référence [3] définit les paramètres du profil T2-Lite (du système DVB-T2) utilisé pour la réception sur terminaux portatifs de signaux de radiodiffusion multimédias. Ce profil est conçu pour pouvoir réaliser des récepteurs plus simples pour des applications à très faible capacité telles que la radiodiffusion sur mobile, même si la réception peut aussi se faire sur des récepteurs fixes classiques. Le profil T2-Lite utilise un sous-ensemble limité des modes de la spécification T2 et, en évitant les modes exigeant le plus de complexité et de mémoire, permet d'utiliser des récepteurs beaucoup plus performants. Les limitations imposées pour le profil T2-Lite sont décrites dans la référence [3]. Un signal T2-Lite est identifié au moyen d'une signalisation appropriée.

Le signal T2-Lite peut être multiplexé avec un signal T2 de base (et/ou avec d'autres signaux), chaque signal étant transmis dans les parties FEF (trame d'extension future) de l'autre. Ainsi, un signal RF complet peut par exemple être constitué d'un signal T2 de base FFT 32K à modulation 256-QAM acheminant des services de TVHD pour des récepteurs fixes, et d'un signal T2-Lite FFT 8K à modulation QPSK destiné à des récepteurs mobiles situés dans le même réseau.

Bibliographie

- [1] Recommandation UIT-R BT.1877 – *Méthodes de correction d'erreurs, de mise en trame des données, de modulation et d'émission pour la deuxième génération de systèmes de radiodiffusion télévisuelle numérique de Terre.*
- [2] Rapport UIT-R BT.2254 – *Frequency and network planning aspects of DVB-T2.*
- [3] ETSI EN 302 755 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Frame structure channel coding and modulation for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2).*
- [4] ETSI TR 102 831 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation guidelines for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2).*

Pièce jointe 6 de l'Annexe 1

Système multimédia R (RAVIS)

Le système de radiodiffusion multimédia et sonore numérique de Terre RAVIS (système d'informations audiovisuelles en temps réel) est conçu pour la radiodiffusion de Terre dans les bandes d'ondes métriques I et II. La gamme de fréquences utilisée par le système RAVIS permet de déployer la radiodiffusion au niveau local. Dans le même temps, l'émetteur a un rayon de couverture suffisamment grand pour assurer la réception dans les zones reculées.

Le système RAVIS est conçu pour fournir des services de radiodiffusion de multiples programmes sonores de haute qualité, de signaux vidéo avec plusieurs canaux son d'accompagnement et d'autres données (qui peuvent être associées ou non aux programmes sonores et vidéo). Ces services devraient

être fournis dans diverses conditions, y compris pour la conduite dans les zones urbaines denses et dans les zones boisées, montagneuses et maritimes. Autrement dit, une réception fiable doit être assurée pour les récepteurs en mouvement qui ne sont pas en visibilité directe des antennes d'émission et en l'absence de propagation de signaux par trajets multiples.

Le système RAVIS permet d'utiliser plusieurs niveaux de modulation QAM et plusieurs rendements de codage de canal dans le canal de service principal, afin de parvenir à un équilibre optimal entre le débit binaire et la fiabilité (protection contre les brouillages).

Le système dispose de trois canaux logiques de transmission de données. Le canal de service principal (MSC) est conçu pour la transmission de données vidéo et audio. Le débit binaire maximal dans ce canal logique est d'environ 900 kbit/s. Le canal à faible débit binaire (LBC) est conçu pour la transmission d'informations avec une meilleure fiabilité. Le débit binaire est d'environ 12 kbit/s. Le canal de données fiable (RDC) est conçu pour les données auxiliaires avec une fiabilité élevée. Le débit binaire est d'environ 5 kbit/s. Les canaux LBC et RDC offrent une meilleure protection contre les brouillages, et donc une couverture plus large et une meilleure stabilité pour la réception que le canal MSC. Ces canaux fiables peuvent être utilisés, par exemple, pour l'alerte en cas d'urgence, etc.

Bibliographie

- [1] Recommandation UIT-R BS.1114 – *Systèmes de radiodiffusion sonore numérique de Terre à destination de récepteurs fixes, portatifs ou placés à bord de véhicules fonctionnant dans la gamme de fréquences 30-3 000 MHz.*
 - [2] Rapport UIT-R BT.2049 – *Diffusion d'applications multimédias et d'applications de données sur récepteurs mobiles.*
 - [3] Rapport UIT-R BS.2214 – *Paramètres de planification pour les systèmes de radiodiffusion sonore numérique de Terre dans les bandes d'ondes métriques.*
 - [4] Manuel de l'UIT-R – *Manuel sur la mise en œuvre des réseaux et systèmes de radiodiffusion télévisuelle numérique de Terre (2016).*
 - [5] GOST R 54309–2011 – *Système d'informations audiovisuelles en temps réel (RAVIS). Processus de formation de la structure de trame, du codage et de la modulation des canaux pour le système de radiodiffusion numérique de Terre à bande étroite dans la bande des ondes métriques. Spécifications techniques (en russe).*
-