

UIT-R

Secteur des Radiocommunications de l'UIT

Recommandation UIT-R BT.1877-2
(12/2019)

**Méthodes de correction d'erreurs, de mise
en trame des données, de modulation et
d'émission pour les systèmes de
radiodiffusion télévisuelle numérique
de Terre de deuxième génération et lignes
directrices pour le choix d'un système**

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 œuvre 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

(Également 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	Émissions 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, 2020

© UIT 2020

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.1877-2

Méthodes de correction d'erreurs, de mise en trame des données, de modulation et d'émission pour les systèmes de radiodiffusion télévisuelle numérique de Terre de deuxième génération et lignes directrices pour le choix d'un système

(Question UIT-R 132-5/6, 133-1/6)

(2010-2012-2019)

Domaine d'application

La présente Recommandation définit les 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 Terre¹ (désignée, en dehors de l'UIT-R, sous le nom de système DVB-T2, ATSC 3.0 ou DTMB-A, respectivement). Certains de ces systèmes ont été conçus de manière à être compatibles avec les dispositions de l'Accord GE06. La présente Recommandation s'applique aux systèmes de radiodiffusion numérique de Terre, lorsqu'une grande souplesse dans la configuration du système et l'interactivité de la radiodiffusion est importante en vue de disposer d'un large éventail de compromis entre un fonctionnement avec des niveaux du rapport *C/N* minimaux et une capacité de transmission maximale².

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a)* que les systèmes de télévision numérique de Terre destinés à une utilisation dans les systèmes de radiodiffusion ont été décrits dans la Recommandation UIT-R BT.1306, systèmes qui sont appelés systèmes actuels;
- b)* que certaines administrations mettent en place la radiodiffusion télévisuelle numérique de Terre (DTTB, *digital terrestrial television broadcasting*) dans les bandes des ondes métriques et décimétriques depuis 1997 et que certaines administrations déploient actuellement des systèmes de deuxième génération;
- c)* qu'il peut être souhaitable d'assurer la transmission simultanée d'une hiérarchie de niveaux de qualité imbriqués (couvrant la télévision à faible définition (TVFD), la télévision à haute définition (TVHD), la télévision à ultra-haute définition (TVUHD), la télévision à définition normale (TVDN)) et de données supplémentaires sur un seul canal;
- d)* qu'il existe dans les bandes des ondes métriques et décimétriques de nombreux types de brouillages, notamment du bruit dans le même canal ou dans un canal adjacent, des parasites

¹ La deuxième génération de systèmes de radiodiffusion télévisuelle numérique de Terre s'entend, dans la présente Recommandation, des systèmes offrant une capacité de débit binaire par Hertz plus élevée et une meilleure efficacité en termes de puissance que les systèmes décrits dans la Recommandation UIT-R BT.1306; en règle générale, il n'est pas nécessaire d'assurer une compatibilité avec la première génération de systèmes.

² Pour la première génération de systèmes, des informations sur les paramètres de planification, les rapports de protection, etc., figurent déjà dans les Recommandations UIT-R pertinentes. Pour la deuxième génération, il est nécessaire de mener des études et de faire figurer ces informations dans les Recommandations UIT-R pertinentes.

d'allumage et diverses distorsions des signaux dues à la propagation par trajets multiples et à d'autres phénomènes;

- e) qu'il est nécessaire que la synchronisation de trame ne soit pas perturbée dans les canaux sujets à des erreurs de transmission;
- f) qu'il est souhaitable que la structure de trame soit adaptée aux canaux ayant différents débits binaires;
- g) que de récentes évolutions dans le domaine du codage des canaux et de la modulation ont donné naissance à de nouvelles techniques dont les performances approchent la limite de Shannon;
- h) que ces nouvelles techniques numériques offriraient une meilleure efficacité d'utilisation du spectre et/ou d'utilisation de la puissance par rapport aux systèmes actuels, tout en conservant la possibilité d'être configurés de façon souple afin de s'adapter aux ressources spécifiques de la radiodiffusion en termes de largeur de bande et de puissance;
- i) que les systèmes recommandés utilisent de telles techniques et offrent donc un large éventail de compromis entre un fonctionnement avec des niveaux du rapport C/N minimaux et une capacité de transmission maximale;
- j) que les systèmes recommandés seraient capables de gérer la diversité des formats audiovisuels modernes actuellement disponibles ou en cours de définition, y compris l'audio en immersion et les transmissions ultra-haute définition;
- k) que le choix d'un type de modulation doit s'appuyer sur des conditions spécifiques comme par exemple la ressource en fréquences, la politique appliquée, les exigences de couverture, la structure des réseaux existants, les conditions de réception, le type de service, le coût pour le consommateur et le radiodiffuseur;
- l) que des progrès sont nécessaires dans le domaine des techniques de transmission télévisuelle numérique pour prendre en charge la fourniture de contenu à des dispositifs mobiles;
- m) que les systèmes de deuxième génération pourront peut-être également prendre en charge le transport de données IMT-2020 pour compléter le délestage de la capacité sur la liaison descendante et fournir une souplesse et des gains d'efficacité pour les plates-formes de télécommunication,

recommande

aux administrations souhaitant mettre en place des systèmes DTTB de deuxième génération d'envisager l'une des familles de méthodes de correction d'erreurs, de mise en trame des données, de modulation et d'émission présentées dans les Annexes 1, 2 et 3, avec les lignes directrices pour le choix d'un système figurant dans l'Annexe 4, compte tenu du *recommande en outre* ci-dessous,

recommande en outre

qu'une évaluation des systèmes recommandés pour faciliter le choix du système soit intégrée dans une future révision de la présente Recommandation, qui devrait reposer sur des critères pertinents pour la radiodiffusion numérique de Terre, et comprenne les informations suivantes:

- a) une liste des exigences et de leurs pertinences pour les paramètres de système et les caractéristiques techniques;
- b) une liste des paramètres de système des systèmes recommandés; et
- c) une liste des caractéristiques techniques des systèmes recommandés qui concernent des aspects pertinents pour la mise en œuvre et le déploiement.

Annexe 1

Système DVB-T2

À l'heure actuelle, deux variantes sont envisagées pour le système (désigné à l'extérieur de l'UIT-R sous le nom «système DVB-T2»), d'une part pour la réception fixe et mobile des services de TVDN et de TVHD (désignée sous le nom «profil de base T2» ou simplement «DVB-T2») et, d'autre part, pour la réception au moyen d'applications à très faible capacité telle que la diffusion mobile (désignée sous le nom «profil T2-Lite»). Les signaux T2-Lite peuvent également être reçus au moyen de récepteurs DVB-T2 fixes conventionnels.

Le Tableau 1 contient des données générales concernant la deuxième génération des systèmes multiplexes multi-PLP (*physical layer pipes*, entités logiques du canal de données de la liaison physique) s'appliquant aux deux profils. Les notes 9 à 13 relatives au Tableau 1 contiennent des informations sur les restrictions concernant le profil de base T2 et le profil T2-Lite. Les spécifications et les lignes directrices de mise en œuvre pour les deux profils de ce système se trouvent dans la Pièce jointe 1 à l'Annexe 1.

TABLEAU 1

Paramètres des systèmes de transmission DVB-T2 DTTB
Deuxième génération des systèmes multiporteuses multi-PLP⁽¹⁾

N°	Paramètres	1,7 MHz multiporteuses (MROF) ⁽²⁾	5 MHz multiporteuses (MROF) ⁽²⁾	6 MHz multiporteuses (MROF)	7 MHz multiporteuses (MROF)	8 MHz multiporteuses (MROF)	10 MHz multiporteuses (MROF)
1	Largeur de bande utilisée	1,54 MHz en mode normal	4,76 MHz en mode normal 4,82 MHz en mode étendu (mode 8k) 4,86 MHz en mode étendu (modes 16k et 32k)	5,71 MHz en mode normal 5,79 MHz en mode étendu (mode 8k) 5,83 MHz en mode étendu (modes 16k et 32k)	6,66 MHz en mode normal 6,75 MHz en mode étendu (mode 8k) 6,80 MHz en mode étendu (modes 16k et 32k)	7,61 MHz en mode normal 7,72 MHz en mode étendu (mode 8k) 7,77 MHz en mode étendu (modes 16k et 32k)	9,51 MHz en mode normal 9,65 MHz en mode étendu (mode 8k) 9,71 MHz en mode étendu (modes 16k et 32k)
2	Nombre de porteuses émises						
	mode 1k ⁽¹⁰⁾	853	853	853	853	853	853
	mode 2k	1 705	1 705	1 705	1 705	1 705	1 705
	mode 4k	3 409	3 409	3 409	3 409	3 409	3 409
	mode 8k	6 817 (mode 8k)	6 817 (mode 8k) 6 913 (mode étendu 8k)	6 817 (mode normal) 6 913 (mode étendu)	6 817 (mode normal) 6 913 (mode étendu)	6 817 (mode normal) 6 913 (mode étendu)	6 817 (mode 8k) 6 913 (mode étendu 8k)
	mode 16k		13 633 (mode 16k) 13 921 (mode étendu 16k)	13 633 (mode normal) 13 921 (mode étendu)	13 633 (mode normal) 13 921 (mode étendu)	13 633 (mode normal) 13 921 (mode étendu)	13 633 (mode 16k) 13 921 (mode étendu 16k)
	mode 32k ⁽¹⁰⁾		27 265 (mode 32k) 27 841 (mode étendu 32k)	27 265 (mode normal) 27 841 (mode étendu)	27 265 (mode normal) 27 841 (mode étendu)	27 265 (mode normal) 27 841 (mode étendu)	27 265 (mode 32k) 27 841 (mode étendu 32k)
3	Modes de modulation	Codage et modulation constants (CCM, <i>constant coding and modulation</i>)/Codage et modulation variables (VCM, <i>variable coding and modulation</i>)					

TABLEAU 1 (suite)

N°	Paramètres	1,7 MHz multiporteuses (MROF) ⁽²⁾	5 MHz multiporteuses (MROF) ⁽²⁾	6 MHz multiporteuses (MROF)	7 MHz multiporteuses (MROF)	8 MHz multiporteuses (MROF)	10 MHz multiporteuses (MROF) ⁽²⁾
4	Méthode de modulation	MDP-4, MAQ-16, MAQ-64, MAQ-256 spécifique à chaque PLP					
5	Taux d'occupation des canaux	À définir ⁽²⁾			Voir Rec. UIT-R BT.1206		À définir ⁽²⁾
6	Durée active d'un symbole						
	mode 1k ⁽¹⁰⁾	554,99 µs	179,2 µs	149,33 µs	128 µs	112 µs	89,60 µs
	mode 2k	1 109,98 µs	358,4 µs	298,67 µs	256 µs	224 µs	179,20 µs
	mode 4k	2 219,97 µs	716,8 µs	597,33 µs	512 µs	448 µs	358,40 µs
	mode 8k	4 439,94 µs	1 433,6 µs	1 194,67 µs	1 024 µs	896 µs	716,8 µs
	mode 16k		2 867,2 µs	2 389,33 µs	2 048 µs	1 792 µs	1 433,6 µs
	mode 32k ⁽¹⁰⁾		5 734,40 µs	4 778,67 µs	4 096 µs	3 584 µs	2 867,2 µs
7	Espacement entre porteuses						
	mode 1k ⁽¹⁰⁾	1 801,91 Hz	5 580,63 Hz	6 696,75 Hz	7 812,88 Hz	8 929 Hz	11 161,25 Hz
	mode 2k	900,86 Hz	2 790 Hz	3 348 Hz	3 906 Hz	4 464 Hz	5 580,00 Hz
	mode 4k	450,43 Hz	1 395 Hz	1 674 Hz	1 953 Hz	2 232 Hz	2 790,00 Hz
	mode 8k	225,21 Hz	697,50 Hz	837 Hz	976 Hz	1 116 Hz	1 395,00 Hz
	mode 16k		348,75 Hz	418,5 Hz	488,25 Hz	558 Hz	697,50 Hz
	mode 32k ⁽¹⁰⁾		174,38 Hz	209,25 Hz	244,125 Hz	279 Hz	348,75 Hz

TABLEAU 1 (suite)

N°	Paramètres	1,7 MHz multiporteuses (MROF) ⁽²⁾	5 MHz multiporteuses (MROF) ⁽²⁾	6 MHz multiporteuses (MROF)	7 MHz multiporteuses (MROF)	8 MHz multiporteuses (MROF)	10 MHz multiporteuses (MROF) ⁽²⁾
8	Durée d'un intervalle de garde ⁽³⁾	1/128, 1/32, 1/16, 19/256, 1/8, 19/128, 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	1/128, 1/32, 1/16, 19/256, 1/8, 19/128, 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	1/128, 1/32, 1/16, 19/256, 1/8, 19/128, 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
	mode 1k ⁽¹⁰⁾	34,69; 69,37; 138,75 µs	11,2; 22,4; 44,8 µs	9,3; 18,6; 37,3 µs	8, 16, 32 µs	7, 14, 28 µs	5,6; 11,2; 22,4 µs
	mode 2k	34,69; 69,37; 138,75; 277,50 µs	11,2; 22,4; 44,8; 89,6 µs	9,3; 18,6; 37,3; 74,6 µs	8, 16, 32, 64 µs	7, 14, 28, 56 µs	5,6; 11,2; 22,4; 44,8 µs
	mode 4k	69,37; 138,75; 277,50; 554,99 µs	22,4; 44,8; 89,6; 179,2 µs	18,6; 37,3; 74,6; 149,3 µs	16, 32, 64, 128 µs	14, 28, 56, 112 µs	11,2; 22,4; 44,8; 89,6 µs
	mode 8k	34,69; 138,75; 277,50; 329,53; 554,99; 659,05; 1 109,98 µs	11,2; 44,8; 89,6; 106,4; 179,2; 212,8; 358,4 µs	9,3; 37,3; 74,6; 88,6; 149,3; 177,3; 298,6 µs	8, 32, 64, 75,9, 128, 152, 256 µs	7; 28; 56; 66,5; 112; 133; 224 µs	5,6; 22,4; 44,8; 53,2; 89,6; 106,4; 179,2 µs
	mode 16k		22,4; 89,6; 179,2; 212,8; 358,4; 425,6; 716,8 µs	18,6; 74,6; 149,3; 177,3; 298,6; 354,6; 597,3 µs	16, 64, 128, 152, 256, 304, 512 µs	14, 56, 112, 133, 224, 266, 448 µs	11,2; 44,8; 89,6; 106,4; 179,2; 212,8; 358,4 µs
mode 32k ⁽¹⁰⁾		44,8; 179,2; 358,4; 425,6; 716,8; 851,2 µs	37,33; 149,33; 298,67; 354,67; 597,33; 709,33 µs	32, 128, 256, 304, 512, 608 µs	28, 112, 224, 266, 448, 532 µs	22,4; 89,6; 179,2; 212,8; 358,4; 425,6 µs	
9	Durée totale d'un symbole						
	mode 1k ⁽¹⁰⁾	589,68-4 578,69 µs	190,4; 201,6; 224 µs	158,6; 168; 186,6 µs	136, 144, 160 µs	119, 126, 140 µs	95,20-112,00 µs
	mode 2k	1 144,67-1 387,48 µs	369,6; 381; 403; 448 µs	308, 317, 336, 373,3 µs	264, 272, 288, 320 µs	231, 238, 252, 280 µs	184,80-224,00 µs
	mode 4k	2 289,34-2 774,96 µs	739, 762, 806, 896 µs	616, 635, 672, 746,6 µs	527,9; 544; 576; 640 µs	462, 476, 504, 560 µs	369,60-448,00 µs
mode 8k	4 474,63-5 549,92 µs	1 444,8; 1 478,4; 1 523,2; 1 540; 1 612,8; 1 646,4; 1 792 µs	1 204; 1 232; 1 269,3; 1 283,3; 1 344; 1 372; 1 493,3 µs	1 032, 1 056, 1 088, 1 100, 1 152, 1 176, 1 280 µs	903; 924; 952; 962,5; 1 008; 1 29; 1 120 µs	722,4; 739,2; 761,6; 770; 806,4; 823; 896 µs	

TABLEAU 1 (suite)

N°	Paramètres	1,7 MHz multiporteuses (MROF) ⁽²⁾	5 MHz multiporteuses (MROF) ⁽²⁾	6 MHz multiporteuses (MROF)	7 MHz multiporteuses (MROF)	8 MHz multiporteuses (MROF)	10 MHz multiporteuses (MROF) ⁽²⁾
	mode 16k mode 32k ⁽¹⁰⁾		2 889; 2 956,8; 3 046,4; 3 080; 3 225,6; 3 292,8; 3 584 µs 5 779,20-6 585,60 µs	2 408; 2 464; 2 538,6; 2 566,6; 2 686; 2 744; 2 986,6 µs 4 816-5 488 µs	2 064, 2 112, 2 176, 2 200, 2 304, 2 352, 2 560 µs 4 128-4 704 µs	1 806, 1 848, 1 904, 1 925, 2 016, 2 058, 2 240 µs 3 612, 3 696, 3 808, 3 850, 4 032, 4 116 µs	1 444,8; 1 478,4; 1 523,2; 1 540; 1 612,8; 1 646,4; 1 792 µs 2 889,6; 2 956,8; 3 046,4; 3 080; 3 225,6; 3 292,8 µs
10	Durée d'émission d'une trame ⁽⁶⁾	La trame commence par un préambule et comporte un nombre paramétrable de symboles, avec une durée maximale de 250 ms. Nombre minimal de symboles de données = 3 (mode 32k) ou 7 (autres modes). La longueur de la supertrame est paramétrable, avec un maximum de 256 trames, soit 64 s.					
11	Format du flux en entrée ⁽⁴⁾	Flux de transport (TS, <i>transport streams</i>) ou flux génériques (GS, <i>generic streams</i>)					
12	Format des flux système	format BB ⁽⁵⁾	Format BB				
13	Code d'adaptation de mode	CRC-8					
14	Codage de canal ⁽⁹⁾	Code LDPC/BCH avec une taille de bloc de 64 800 (64 K) ⁽¹⁰⁾ ou 16 200 (16 K) bits et un taux de code de 1/3 ⁽⁹⁾ , 2/5 ⁽⁹⁾ , 4/9, 1/2, 3/5, 2/3, 11/15, 3/4 ⁽¹⁰⁾ , 4/5 ⁽¹⁰⁾ , 37/45 ⁽¹⁰⁾ , 5/6 ⁽¹⁰⁾					
15	Entrelacement	Entrelacement des bits, des cellules et temporel réalisé séparément pour chaque PLP. Entrelacement commun dans le domaine fréquentiel ⁽¹⁾					
16	Rotation des constellations	Aucune, 29 (MDP-4), 16,8 (MAQ-16), 8,6 (MAQ-64) degrés ou atn (1/16) (MAQ-256) ⁽¹⁰⁾					
17	PLP (<i>Physical layer pipes</i> , entités logiques du canal de données de la liaison physique)	Mode A avec une seule PLP et mode B en multi-PLP. Modulation, codage et profondeur d'entrelacement temporel réglables séparément pour chaque PLP ⁽¹⁾⁽⁷⁾					

TABLEAU 1 (suite)

N°	Paramètres	1,7 MHz multiporteuses (MROF) ⁽²⁾	5 MHz multiporteuses (MROF) ⁽²⁾	6 MHz multiporteuses (MROF)	7 MHz multiporteuses (MROF)	8 MHz multiporteuses (MROF)	10 MHz multiporteuses (MROF) ⁽²⁾
18	Randomisation des données/ dispersion de l'énergie Balayage initial	PRBS Procédure de balayage rapide avec symbole de préambule spécifique P1					
19	Synchronisation temps/fréquence	Symboles de préambule P1 et P2. Porteuses pilotes réparties avec 8 schémas de pilote différents ⁽¹³⁾ . Pilotes continus					
20	MISO	MISO (entrées multiples – sortie unique) 2 x 1 facultatif avec codage d'Alamouti					
21	Réduction de la consommation électrique du récepteur	Les PLP sont organisées en sous-tranches dans la trame. Si une seule PLP est reçue, seuls le préambule et les sous-tranches pertinentes sont reçus et traités.					
22	Signalisation couche 1	La signalisation de couche 1 (L1) est acheminée dans le préambule par les symboles P2. La présignalisation de couche 1 est modulée en MDP-2 et codée en LDPC 16k 1/4. La post-signalisation de couche 1 a une modulation paramétrable et un codage de type LDPC 16k 1/2. Signalisation dans la bande au sein du PLP en option.					
23	Signalisation couche 1	Soit dans les PLP de données, soit avec une PLP spéciale commune en début de trame.					
24	PAPR (rapport puissance de crête à puissance moyenne)	Extension de constellation active (ACE, <i>active constellation extension</i>) et réservation de sous-porteuses (TR, <i>tone reservation</i>) en option.					
25	Trames d'extension future (FEF, <i>future extension frames</i>)	Une supertrame peut inclure une ou plusieurs parties FEF, qui peuvent servir pour les extensions futures du système.					

TABLEAU 1 (*fin*)

N°	Paramètres	1,7 MHz multiporteuses (MROF) ⁽²⁾	5 MHz multiporteuses (MROF) ⁽²⁾	6 MHz multiporteuses (MROF)	7 MHz multiporteuses (MROF)	8 MHz multiporteuses (MROF)	10 MHz multiporteuses (MROF) ⁽²⁾
26	Débit binaire net	0,22-10,17 Mbit/s, selon la taille de la FFT, la modulation, le taux de code, l'intervalle de garde, le schéma de pilotes, l'option MISO, les FEF, le PAPR	3,01-31,55 Mbit/s, selon la taille de la FFT, la modulation, le taux de code, l'intervalle de garde, le schéma de pilotes, l'option MISO, les FEF, le PAPR	4,01-37,8 Mbit/s, selon la taille de la FFT, la modulation, le taux de code, l'intervalle de garde, le schéma de pilotes, l'option MISO, les FEF, le PAPR	4,68-44,1 Mbit/s, selon la taille de la FFT, la modulation, le taux de code, l'intervalle de garde, le schéma de pilotes, l'option MISO, les FEF, le PAPR	5,35-50,4 Mbit/s, selon la taille de la FFT, la modulation, le taux de code, l'intervalle de garde, le schéma de pilotes, l'option MISO, les FEF, le PAPR	5,93-63,23 Mbit/s, selon la taille de la FFT, la modulation, le taux de code, l'intervalle de garde, le schéma de pilotes, l'option MISO, les FEF, le PAPR
27	Rapport porteuse/bruit dans un canal BBGA	Dépend de la modulation et du code du canal. 1 à 22 dB ⁽⁸⁾					
28	Mémoire à entrelacement temporel	2 ¹⁹ +2 ¹⁵ cellules ⁽¹¹⁾ , 2 ¹⁸ cellules ⁽¹²⁾					

BCH: Code en blocs binaire pour la correction d'erreurs multiples de Bose, Chandhuri et Hocquenghem

LDPC: Code de contrôle de parité à faible densité

MROF: Multiplexage par répartition orthogonale de la fréquence

PRBS: Séquence binaire pseudo-aléatoire...0

MAQ: Modulation d'amplitude en quadrature

MDP-4: Modulation par déplacement de phase quadrivalente

Notes relatives au Tableau 1:

⁽¹⁾ Possibilité d'avoir une ou plusieurs PLP, chacune avec sa modulation, son codage et sa profondeur d'entrelacement temporel, ce qui permet d'adapter la robustesse à chaque service.

⁽²⁾ Les limites de mise en forme du spectre pour les systèmes de radiodiffusion télévisuelle numérique de Terre utilisant des canaux à 5 MHz, 6 MHz et 10 MHz doivent être définies. Les variantes de canaux à 1,7, 5 et 10 MHz ne sont en principe pas utilisées à des fins de radiodiffusion télévisuelle dans les bandes d'ondes métriques VHF III et d'ondes décimétriques UHF IV/V. Les variantes du système à 7 et 8 MHz sont compatibles avec l'Accord GE06 au regard de l'utilisation du spectre. La variante à 1,7 MHz est compatible avec la planification des fréquences de la radiodiffusion T-DAB.

- (3) Les fractions ne sont pas toutes disponibles pour tous les modes FFT.
- (4) Comme cela est défini dans le Document EN 302 755 (norme DVB-T2), le système prend en charge les formats de flux d'entrée suivants: GSE (*Generic Stream Encapsulated format*, format encapsulé de flux générique), GFPS (*Generic Fixed-length Packetized Stream format*, format de flux en mode paquet générique de longueur fixe), GCS (*Generic Continuous Stream format*, format de flux continu générique) et MPEG-2 TS.
- (5) Format en bande de base utilisé dans ce système de radiodiffusion de deuxième génération.
- (6) Les valeurs correspondent à la longueur de trame maximale exprimée en symboles MROF, sans compter les symboles P1. Pour le mode 1k, la longueur maximale est définie pour une durée d'intervalle de garde de 1/16, 1/8 et 1/4. Pour les modes 4k et 32k, la longueur maximale est définie pour 1/32, 1/16, 1/8 et 1/4. Dans le cas du mode 32k, seul l'intervalle de garde 1/4 est non applicable. Pour de plus amples informations, voir le Document EN 302 755 (norme DVB-T2). Le nombre de symboles MROF pour 1,7 MHz, 5 MHz, 6 MHz, 7 MHz et 10 MHz est à définir.
- (7) Le système propose, en option pour le futur, d'étaler les sous-tranches PLP sur plusieurs canaux RF à l'intérieur d'une trame. Un entrelacement temporel est appliqué sur l'ensemble de ces sous-tranches. Les récepteurs à un seul profil reposant sur la première version de la spécification ne prennent pas en charge cette option.
- (8) Résultat d'une simulation avec des canaux gaussiens et un TEB de 1×10^{-4} avant codage BCH, sans correction de l'amplification des pilotes (laquelle dépend du schéma de pilote). Il conviendrait également d'ajouter à ce chiffre les pertes prévisibles de mise en œuvre dues à l'estimation reposant sur des canaux réels. Les valeurs seront sensiblement inférieures à celles correspondant à la première génération des systèmes multiporteuses du fait d'une meilleure optimisation de l'amplification et des densités de schémas de la deuxième génération de ces systèmes.
- (9) Non utilisé dans le profil de base T2.
- (10) Non utilisé dans le profil T2-Lite.
- (11) S'applique au profil de base T2.
- (12) S'applique au profil T2-Lite.
- (13) Le profil T2-Lite a 7 schémas de pilote.

Pièce jointe 1 à l'Annexe 1

Norme système

- 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).
- ETSI TR 102 831. Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation guidelines for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2).

Annexe 2

Système ATSC 3.0

Le système ATSC 3.0 est une suite de normes techniques et de pratiques recommandées dont l'application est volontaire. Il est fondamentalement différent de la norme ATSC antérieure (appelé ATSC 1.0), qu'il remplace sur le plan opérationnel, laquelle était limitée essentiellement à la vidéo et à l'audio.

Par rapport à l'actuelle norme ATSC 1.0, la norme ATSC 3.0 vise à pouvoir apporter des améliorations importantes en termes de qualité de fonctionnement, de fonctionnalités et d'efficacité qui suffiront pour justifier la mise en œuvre d'un système n'offrant aucune rétrocompatibilité. Avec une capacité plus grande lui permettant d'assurer une qualité bien meilleure pour les services vidéo, une réception mobile robuste sur des dispositifs très différents, une efficacité accrue, la prise en charge du transport IP, un système d'alerte en cas d'urgence évolué, des fonctions de personnalisation et une capacité interactive, la suite de normes ATSC 3.0 offre bien plus de fonctionnalités que les précédentes générations de système de radiodiffusion de Terre utilisant la même largeur de bande. Elle offre en outre un moyen d'intégrer des services de radiodiffusion et large bande et peut de ce fait faire partie de l'écosystème de transmission 5G.

Les paramètres des systèmes de transmission ATSC 3.0 sont examinés, de la réception mobile très robuste à la réception fixe à grande capacité des services de TVSD, TVHD et TVUHD. Le Tableau 2 contient des données générales concernant les systèmes ATSC 3.0 avec porteuses multi-PLP couvrant à la fois la réception mobile et la réception fixe. Les spécifications et les lignes directrices de mise en œuvre pour ce système se trouvent dans les Pièces jointes 1 et 2 à l'Annexe 2.

TABLEAU 2

Paramètres des systèmes de transmission DTTB ATSC 3.0
Systèmes multiporteuses multi-PLP⁽¹⁾

N°	Paramètres	1,7 MHz multiporteuses (MROF) ⁽²⁾	5 MHz multiporteuses (MROF) ⁽²⁾	6 MHz multiporteuses (MROF)	7 MHz multiporteuses (MROF)	8 MHz multiporteuses (MROF)	10 MHz multiporteuses (MROF) ⁽²⁾
1	Largeur de bande utilisée Coefficient réduit (Cred_coeff) 0 1 2 3 4	NA	NA	5,832 MHz 5,751 MHz 5,670 MHz 5,589 MHz 5,508 MHz	6,804 MHz 6,710 MHz 6,615 MHz 6,521 MHz 6,426 MHz	7,777 MHz 7,669 MHz 7,561 MHz 7,453 MHz 7,345 MHz	NA
2	Nombre de porteuses émises Mode 8k Mode 16k Mode 32k	NA	NA	6 913 (Cred_coeff=0) 6 817 (Cred_coeff=1) 6 721 (Cred_coeff=2) 6 625 (Cred_coeff=3) 6 529 (Cred_coeff=4) 13 825 (Cred_coeff=0) 13 633 (Cred_coeff=1) 13 441 (Cred_coeff=2) 13 249 (Cred_coeff=3) 13 057 (Cred_coeff=4) 27 649 (Cred_coeff=0) 27 265 (Cred_coeff=1) 26 881 (Cred_coeff=2) 26 497 (Cred_coeff=3) 26 113 (Cred_coeff=4)	6 913 (Cred_coeff=0) 6 817 (Cred_coeff=1) 6 721 (Cred_coeff=2) 6 625 (Cred_coeff=3) 6 529 (Cred_coeff=4) 13 825 (Cred_coeff=0) 13 633 (Cred_coeff=1) 13 441 (Cred_coeff=2) 13 249 (Cred_coeff=3) 13 057 (Cred_coeff=4) 27 649 (Cred_coeff=0) 27 265 (Cred_coeff=1) 26 881 (Cred_coeff=2) 26 497 (Cred_coeff=3) 26 113 (Cred_coeff=4)	6 913 (Cred_coeff=0) 6 817 (Cred_coeff=1) 6 721 (Cred_coeff=2) 6 625 (Cred_coeff=3) 6 529 (Cred_coeff=4) 13 825 (Cred_coeff=0) 13 633 (Cred_coeff=1) 13 441 (Cred_coeff=2) 13 249 (Cred_coeff=3) 13 057 (Cred_coeff=4) 27 649 (Cred_coeff=0) 27 265 (Cred_coeff=1) 26 881 (Cred_coeff=2) 26 497 (Cred_coeff=3) 26 113 (Cred_coeff=4)	NA

TABLEAU 2 (suite)

N°	Paramètres	1,7 MHz multiporteuses (MROF) ⁽²⁾	5 MHz multiporteuses (MROF) ⁽²⁾	6 MHz multiporteuses (MROF)	7 MHz multiporteuses (MROF)	8 MHz multiporteuses (MROF)	10 MHz multiporteuses (MROF) ⁽²⁾
3	Durée d'un intervalle de garde	NA	NA	Durée de l'échantillon 192, 384, 512, 768, 1024, 1536, 2048, 2432, 3072, 3648, 4096, 4864	Durée de l'échantillon 192, 384, 512, 768, 1024, 1536, 2048, 2432, 3072, 3648, 4096, 4864	Durée de l'échantillon 192, 384, 512, 768, 1024, 1536, 2048, 2432, 3072, 3648, 4096, 4864	NA
	Mode 8k			27,778; 55,556; 74,074; 111,111; 148,148; 222,222; 296,296 µs (Durée de l'échantillon 192, 384, 512, 768, 1024, 1536, 2048)	23,810; 47,619; 63,492; 95,238; 126,984; 190,476; 253,968 µs (Durée de l'échantillon 192, 384, 512, 768, 1024, 1536, 2048)	20,833; 41,667; 55,556; 83,333; 111,111; 166,667; 222,222 µs (Durée de l'échantillon 192, 384, 512, 768, 1024, 1536, 2048)	
	16k mode			27,778; 55,556; 74,074; 111,111; 148,148; 222,222; 296,296; 351,852; 444,444; 527,778; 592,593 µs (Durée de l'échantillon 192, 384, 512, 768, 1024, 1536, 2048, 2432, 3072, 3648, 4096)	23,810; 47,619; 63,492; 95,238; 126,984; 190,476; 253,968; 301,587; 380,952; 452,381; 507,937 µs (Durée de l'échantillon 192, 384, 512, 768, 1024, 1536, 2048, 2432, 3072, 3648, 4096)	20,833; 41,667; 55,556; 83,333; 111,111; 166,667; 222,222; 263,889; 333,333; 395,833; 444,444 µs (Durée de l'échantillon 192, 384, 512, 768, 1024, 1536, 2048, 2432, 3072, 3648, 4096)	

TABLEAU 2 (suite)

N°	Paramètres	1,7 MHz multiporteuses (MROF) ⁽²⁾	5 MHz multiporteuses (MROF) ⁽²⁾	6 MHz multiporteuses (MROF)	7 MHz multiporteuses (MROF)	8 MHz multiporteuses (MROF)	10 MHz multiporteuses (MROF) ⁽²⁾
	Mode 32k			27,778; 55,556; 74,074; 111,111; 148,148; 222,222; 296,296; 351,852; 444,444; 527,778; 592,593; 703,704 µs (Durée de l'échantillon 192, 384, 512, 768, 1024, 1536, 2048, 2432, 3072, 3648, 4096, 4864)	23,810; 47,619; 63,492; 95,238; 126,984; 190,476; 253,968; 301,587; 380,952; 452,381; 507,937; 603,175 µs (Durée de l'échantillon 192, 384, 512, 768, 1024, 1536, 2048, 2432, 3072, 3648, 4096, 4864)	20,833; 41,667; 55,556; 83,333; 111,111; 166,667; 222,222; 263,889; 333,333; 395,833; 444,444; 527,778 µs (Durée de l'échantillon 192, 384, 512, 768, 1024, 1536, 2048, 2432, 3072, 3648, 4096, 4864)	
	Mode 32k			27,778; 55,556; 74,074; 111,111; 148,148; 222,222; 296,296; 351,852; 444,444; 527,778; 592,593; 703,704 µs (Durée de l'échantillon 192, 384, 512, 768, 1024, 1536, 2048, 2432, 3072, 3648, 4096, 4864)	23,810; 47,619; 63,492; 95,238; 126,984; 190,476; 253,968; 301,587; 380,952; 452,381; 507,937; 603,175 µs (Durée de l'échantillon 192, 384, 512, 768, 1024, 1536, 2048, 2432, 3072, 3648, 4096, 4864)	20,833; 41,667; 55,556; 83,333; 111,111; 166,667; 222,222; 263,889; 333,333; 395,833; 444,444; 527,778 µs (Durée de l'échantillon 192, 384, 512, 768, 1024, 1536, 2048, 2432, 3072, 3648, 4096, 4864)	
4	Durée active d'un symbole	NA	NA				NA
	Mode 8k			1 185,185 µs	1 015,873 µs	888,889 µs	
	Mode 16k			2 370,370 µs	2 031,746 µs	1 777,778 µs	
	Mode 32k			4 740,740 µs	4 063,492 µs	3 555,556 µs	

TABLEAU 2 (suite)

N°	Paramètres	1,7 MHz multiporteuses (MROF) ⁽²⁾	5 MHz multiporteuses (MROF) ⁽²⁾	6 MHz multiporteuses (MROF)	7 MHz multiporteuses (MROF)	8 MHz multiporteuses (MROF)	10 MHz multiporteuses (MROF) ⁽²⁾
5	Espacement entre porteuses Mode 8k Mode 16k Mode 32k	NA	NA	843,75 Hz 421,875 Hz 210,9375 Hz	984,375 Hz 492,1875 Hz 246,09375 Hz	1 125 Hz 562,5 Hz 281,25 Hz	NA
6	Durée totale d'un symbole Mode 8k Mode 16k Mode 32k	NA	NA	1 212,963; 1 240,741; 1 259,259; 1 296,296; 1 333,333; 1 407,407; 1 481,481 µs 2 398,148; 2 425,926; 2 444,444; 2 481,481; 2 518,518; 2 592,592; 2 666,666; 2 722,222; 2 814,814; 2 898,148; 2 962,963 µs 4 768,518; 4 796,296; 4 814,814; 4 851,851; 4 888,888; 4 962,962; 5 037,036; 5 092,592; 5 185,184; 5 268,518; 5 333,333; 5 444,444 µs	1 039,683; 1 063,492; 1 079,365; 1 111,111; 1 142,857; 1 206,349; 1 269,841 µs 2 055,556; 2 079,365; 2 095,238; 2 126,984; 2 158,730; 2 222,222; 2 285,714; 2 333,333; 2 412,698; 2 484,127; 2,539,683 µs 4 087,302; 4 111,111; 4 126,984; 4 158,730; 4 190,476; 4 253,968; 4 317,460; 4 365,079; 4 444,444; 4 515,873; 4 571,429; 4 666,667 µs	909,722; 930,556; 944,445; 972,222; 1 000,000; 1 055,556; 1 111,111 µs 1 798,611; 1 819,445; 1 833,334; 1 861,111; 1 888,889; 1 944,445; 2 000,000; 2 041,667; 2 111,111; 2 173,611; 2,222,222 µs 3 576,389; 3 597,223; 3 611,112; 3 638,889; 3 666,667; 3 722,223; 3 777,778; 3 819,445; 3 888,889; 3 951,389; 4 000,000; 4 083,334 µs	NA

TABLEAU 2 (suite)

N°	Paramètres	1,7 MHz multiporteuses (MROF) ⁽²⁾	5 MHz multiporteuses (MROF) ⁽²⁾	6 MHz multiporteuses (MROF)	7 MHz multiporteuses (MROF)	8 MHz multiporteuses (MROF)	10 MHz multiporteuses (MROF) ⁽²⁾
7	Durée d'émission d'une trame	La trame commence par une amorce et comporte un nombre paramétrable de symboles de préambule et de sous-trames. La durée minimale de la trame est de 50 ms et sa durée maximale est de 5 secondes					
8	Mode de durée de la trame	Alignée sur les symboles, alignée sur le temps (unité 5ms)					
9	Format du flux en entrée	Paquet de protocole de couche liaison (ALP) ATSC					
10	Format des flux système	Format paquet en bande de base (BBP)					
11	Codage de canal	Codage interne: LDPC avec une taille de bloc de 64 800 (64 K) ou 16 200 (16 K) bits et des rendements de codage de 2/15, 3/15, 4/15, 5/15, 6/15, 7/15, 8/15, 9/15, 11/15, 12/15, 13/15 Codage externe: BCH, CRC, aucun					
12	Modulation	MDPQ, 16-NUC, 64-NUC, 256-NUC, 1024-NUC, 4096-NUC propre à chaque conduit de couche physique					
13	Modes de modulation	Codage et modulation constants (CCM)/codage et modulation variables (VCM)					
14	Type d'entrelacement	Entrelaceur des bits: séparément pour chaque conduit de couche physique Entrelaceur temporel: séparément pour chaque conduit de couche physique Entrelaceur fréquentiel: sur la base des symboles MROF					
15	Entrelacement temporel	Entrelaceur temporel convolutif Entrelaceur temporel hybride (HTI): entrelaceur de cellules, entrelaceur de blocs torsadés, ligne à retard convolutif					
16	Mémoire d'entrelacement temporel maximum	2 ¹⁹ cellules en mode normal 2 ²⁰ cellules en mode à entrelacement étendu (uniquement pour la modulation MDPQ)					
17	Entrelacement fréquentiel	Toujours appliqué à tous les symboles du préambule, mais facultatif pour le symbole de données.					
18	Conduit de couche physique (PLP)	PLP unique ou multi-PLP. Modulation, codage et profondeur d'entrelacement temporel réglables séparément pour chaque PLP ^{(1) (7)}					
19	Multiplexage PLP	MRT, MRF, MRC et combinaison de ces modes (par ex. MRTF, MRTC, MRFC)					

TABLEAU 2 (suite)

N°	Paramètres	1,7 MHz multiporteuses (MROF) ⁽²⁾	5 MHz multiporteuses (MROF) ⁽²⁾	6 MHz multiporteuses (MROF)	7 MHz multiporteuses (MROF)	8 MHz multiporteuses (MROF)	10 MHz multiporteuses (MROF) ⁽²⁾
20	Randomisation des données/ dispersion de l'énergie Balayage initial	PRBS Procédure de balayage rapide avec amorçage					
21	Synchronisation temps/fréquence	Amorçage et symbole de préambule. Pilote réparti. Pilotes continus. Pilotes en limite					
22	MISO	TDCFS (64 ou 256 prises) en option					
23	Réduction de la consommation électrique du récepteur	Les conduits de couche physique sont multiplexés par cellule dans la trame. À la réception d'un PLP, seuls l'amorçage, le préambule et les cellules pertinentes du PLP sont reçus et traités					
24	Signalisation couche 1	Amorçage: paramètres essentiels permettant de lancement d'alerte en cas d'urgence et le décodage de la portion L1-Basic du préambule L1-Basic (200 bits fixes) du préambule: paramètres de signalisation qui permettent le décodage de la portion L1-Detail et le traitement initiale de la première sous-trame L1-Detail (longueur variable) du préambule: paramètres de signalisation qui permettent le décodage des sous-frames restantes et de chaque PLP L1-Basic a cinq modes de protection contre les erreurs et L1-Detail a sept modes différents de protection contre les erreurs					
25	PAPR	Extension de constellation active (ACE) et réservation de sous-porteuses (TR) en option					
26	Regroupement de canaux	Regroupement de deux canaux RF seulement en option					
27	MIMO	MIMO à polarisation croisée uniquement en option					
28	Trames d'extension future (FEF)	L'amorçage peut indiquer une version de trame différente. Une trame qui n'est pas au format ATSC 3.0 peut être utilisée pour les futures extensions du système					

TABLEAU 2 (*fin*)

N°	Paramètres	1,7 MHz multiporteuses (MROF) ⁽²⁾	5 MHz multiporteuses (MROF) ⁽²⁾	6 MHz multiporteuses (MROF)	7 MHz multiporteuses (MROF)	8 MHz multiporteuses (MROF)	10 MHz multiporteuses (MROF) ⁽²⁾
29	Débit binaire net	NA	NA	0,93-57,9 Mbit/s, selon la taille de la FFT, la modulation, le rendement de codage, l'intervalle de garde, le schéma de pilotes, l'option MISO, les FEF, le PAPR	1,08-67,5 Mbit/s, selon la taille de la FFT, la modulation, le rendement de codage, l'intervalle de garde, le schéma de pilotes, l'option MISO, les FEF, le PAPR	1,24-77,2 Mbit/s, selon la taille de la FFT, la modulation, le rendement de codage, l'intervalle de garde, le schéma de pilotes, l'option MISO, les FEF, le PAPR	NA
30	Rapport porteuse/bruit dans un canal BBGA	Dépend de la modulation et du code du canal. De -6 à 33 dB ⁽³⁾					

BBGA: Bruit blanc gaussien additif

BCH: Code en blocs binaire pour la correction d'erreurs multiples de Bose, Chandhuri et Hocquenghem

LDPC: Code de contrôle de parité à faible densité

MAQ: Modulation d'amplitude en quadrature

MDP-4: Modulation par déplacement de phase quadrivalente

MIMO: Entrées multiples et sorties multiples

MISO: Entrées multiples et sortie unique

MRC: Multiplexage à répartition par couche

MRF: Multiplexage par répartition en fréquence

MRFC: Multiplexage par répartition en fréquence par couche

MRFL: Multiplexage par répartition dans le temps par couche

MROF: Multiplexage par répartition orthogonale de la fréquence

MRT: Multiplexage par répartition dans le temps

MRTF: Multiplexage par répartition temps-fréquence

NUC: Constellation non uniforme
PAPR: Rapport puissance de crête à puissance moyenne
PRBS: Séquence binaire pseudo-aléatoire
TDCFS: Ensembles de filtres de codage à diversion d'émission

Notes relatives au Tableau 2:

- ⁽¹⁾ Possibilité d'avoir une ou plusieurs PLP, chacune avec sa modulation, son codage et sa profondeur d'entrelacement temporel, ce qui permet d'adapter la robustesse à chaque service.
- ⁽²⁾ Les limites de mise en forme du spectre pour les systèmes de télévision numérique de Terre utilisant des canaux à 5 MHz, 6 MHz et 10 MHz doivent être définies. Les variantes de canaux à 1,7, 5 et 10 MHz ne sont en principe pas utilisées à des fins de radiodiffusion télévisuelle dans les bandes d'ondes métriques VHF III et d'ondes décimétriques UHF IV/V. Les variantes du système à 7 et 8 MHz sont compatibles avec l'Accord GE06 au regard de l'utilisation du spectre. La spécification ATSC 3.0 prend uniquement en charge des largeurs de bande à 6 MHz, 7 MHz et 8 MHz.
- ⁽³⁾ Résultat d'une simulation avec des canaux gaussiens et un TEB de 1×10^{-4} après contrôle LDPC et codage BCH, sans correction de l'amplification des pilotes (laquelle dépend du schéma de pilote). Il est également nécessaire d'ajouter à ce chiffre les pertes prévisibles de mise en œuvre dues à l'estimation reposant sur des canaux réels.

Pièce jointe 1 à l'Annexe 2

Documents de référence sur la norme de systèmes ATSC

- ATSC «ATSC System Discovery and Signaling», Doc. A/321:2016, Advanced Television System Committee, Washington, D.C., 23 mars 2016.
- ATSC «ATSC Physical Layer Protocol», Doc. A/322:2017, Advanced Television System Committee, Washington, D.C., 6 juin 2017.
- ATSC «Guidelines for the Physical Layer Protocol», Doc. A/327:2018, Advanced Television System Committee, Washington, D.C., 2 octobre 2018.

Pièce jointe 2 à l'Annexe 2

Présentation succincte de la norme de transmission numérique ATSC 3.0

1 Introduction

L'ATSC (Advanced Television Systems Committee) est une organisation à but non lucratif qui élabore des normes d'application volontaire pour la télévision numérique. Il rassemble plus de 130 organisations membres qui représentent les secteurs d'activité suivants: radiodiffusion, équipements de radiodiffusion, images animées, électronique grand public, information, services par câbles, satellites et semi-conducteurs.

Version très importante des normes ATSC applicables à la transmission télévisuelle numérique sur des réseaux de Terre, câblés et à satellite, la norme ATSC 3.0 remplace largement la norme NTSC analogique et, comme cette norme, est utilisée principalement aux États-Unis d'Amérique, au Mexique, au Canada et en Corée. Cette nouvelle norme a été mise au point par l'ATSC (Advanced Television Systems Committee) et comprend 25 éléments – 21 normes approuvées et 4 pratiques recommandées – qui constituent des instructions techniques de mise en œuvre.

À titre de référence dans la présente Recommandation, des résumés des normes clés sont donnés ci-après.

A/300:2017 – Système ATSC 3.0

Cette norme décrit la suite complète du système de télévision numérique ATSC 3.0. Le système ATSC 3.0 est une suite de normes techniques et de pratiques recommandées dont l'application est volontaire. Il est fondamentalement différent des systèmes ATSC antérieurs, avec lesquels il est par conséquent incompatible. Cette divergence par rapport à la conception précédente vise à pouvoir apporter des améliorations importantes en termes de qualité de fonctionnement, de fonctionnalités et d'efficacité, qui suffiront pour justifier la mise en œuvre d'un système n'offrant aucune rétrocompatibilité. Avec une capacité plus grande lui permettant d'assurer une qualité bien meilleure pour les services à ultra-haute définition, une réception mobile robuste sur des dispositifs très différents, une efficacité accrue, la prise en charge du transport IP, un système d'alerte en cas

d'urgence évolué, des fonctions de personnalisation et une capacité interactive, la norme ATSC 3.0 offre bien plus de fonctionnalités que les précédentes générations de système de radiodiffusion de Terre.

À l'automne 2011, l'ATSC a créé le Technology Group 3 (TG-3) pour concevoir un système de radiodiffusion de prochaine génération. Le TG-3 a publié un appel à contribution afin de demander à différents groupes d'intérêt et organisations au niveau international de faire part de leurs besoins concernant le système. Treize scénarios d'utilisation ont ensuite été élaborés, à partir desquels un ensemble complet d'exigences a été défini pour le système. Ces exigences correspondaient aux capacités du système dans son ensemble et ont donc guidé l'élaboration de la suite de normes ATSC 3.0. La norme ATSC 3.0 utilise une architecture en couches. Trois couches sont définies: physique, gestion et protocoles, et application et présentation. Pour faciliter la souplesse et les possibilités d'extension, différents éléments du système sont spécifiés dans des normes distinctes. La liste complète et la structure de ces normes figurent dans la Section 5.

Chaque norme ATSC 3.0 est conçue pour offrir une souplesse de fonctionnement maximum et peut faire l'objet d'extensions pour prendre en charge une adaptation future. En conséquence, il est essentiel que les responsables de la mise en œuvre utilisent la version la plus récente de chaque norme. Grâce à la structure générale de la documentation, chaque composante du système peut être révisée ou étendue sans que les autres composantes soient affectées. Dans certains cas, les radiodiffuseurs ont le choix entre plusieurs options spécifiées parfaitement équivalentes pour certaines opérations, en fonction de la méthode correspondant le mieux à leur fonctionnement ou à leurs préférences. Par exemple, il est possible d'utiliser les protocoles de transport MMT ou ROUTE, ou d'utiliser le système audio AC-4 ou MPEG-H 3D.

On trouvera des informations détaillées sur ces normes à l'adresse:

<https://www.atsc.org/wp-content/uploads/2017/10/A300-2017-ATSC-3-System-Standard-3.pdf>.

A/321:2016 – Découverte et signalisation dans le système

Ce document décrit l'architecture de découverte et de signalisation du système («l'amorçage») pour la couche physique ATSC 3.0. Les radiodiffuseurs anticipent la fourniture de multiples services hertziens, en plus des services de radiodiffusion télévisuelle conventionnels, dans l'avenir. Ces services seront peut-être multiplexés dans le temps à l'intérieur d'un canal radioélectrique unique. L'amorçage fournit un point d'entrée universel dans une forme d'onde radiodiffusée. Il utilise une configuration fixe (par exemple taux d'échantillonnage, largeur de bande du signal, espacement des sous-porteuses, structure temps-domaine) connue de tous les dispositifs de réception et transporte des informations pour permettre le traitement et le décodage du service hertzien associé à un amorçage détecté. Cette fonctionnalité garantit la possibilité d'adapter le spectre utilisé pour la radiodiffusion afin d'acheminer de nouveaux services et/ou de nouvelles formes d'onde afin de continuer à servir l'intérêt général dans l'avenir.

Les radiodiffuseurs anticipent la fourniture de multiples services hertziens, en plus de la radiodiffusion télévisuelle, dans l'avenir. Ces services seront peut-être multiplexés dans le temps à l'intérieur d'un canal radioélectrique unique. Par conséquent, il est nécessaire d'indiquer, avec un niveau bas, le type ou la forme du signal qui est transmis pendant une période donnée, afin qu'un récepteur puisse découvrir et identifier le signal, ce qui permet alors de savoir comment recevoir les services disponibles via ce signal. Pour permettre cette découverte, il est possible d'utiliser un signal d'amorçage. Ce signal plus court précède, dans le temps, un signal émis plus longtemps transportant une certaine forme de données. De nouveaux types de signaux, au moins ceux qui n'ont pas encore été mis au point, pourraient également être fournis par un radiodiffuseur et identifiés à l'intérieur d'une forme d'onde émise grâce à l'utilisation d'un signal d'amorçage associé à chaque signal multiplexé dans le temps donné. Il est même possible que de futurs types de signaux indiqués par un signal amorçage particulier ne fassent pas partie des signaux définis pour la norme ATSC. L'amorçage

fournit un point d'entrée universel dans une forme d'onde radiodiffusée. Il utilise une configuration fixe (par exemple taux d'échantillonnage, largeur de bande du signal, espacement des sous-porteuses, structure temps-domaine) connue de tous les dispositifs de réception et transporte des informations pour permettre le traitement et le décodage du signal associé à un amorçage détecté. Cette fonctionnalité garantit la possibilité d'adapter le spectre utilisé pour la radiodiffusion afin d'acheminer de nouveaux types de signaux qui sont précédés du point d'entrée universel qu'offre l'amorçage et de continuer ainsi à servir l'intérêt général dans l'avenir. L'amorçage a été conçu de manière à être très robuste et détectable même à des niveaux très bas. Du fait de ce codage robuste, les différents bits de signalisation à l'intérieur de l'amorçage sont comparativement chers en termes de ressources physiques qu'ils occupent pour la transmission. Par conséquent, l'amorçage vise à signaler uniquement le volume minimum d'informations nécessaires pour la découverte du système (c'est-à-dire, l'identification du signal associé) et pour le décodage initial du signal suivant.

On trouvera des informations détaillées sur ces normes à l'adresse:

<https://www.atsc.org/wp-content/uploads/2016/03/A321-2016-System-Discovery-and-Signaling-3.pdf>.

A/322:2017 – Protocole de couche physique

Cette norme décrit la transmission radioélectrique d'une forme d'onde dans la couche physique. Cette forme d'onde permet de configurer de manière souple les ressources dans la couche physique afin de cibler différents modes de fonctionnement. L'objectif est de signaler les technologies appliquées et de prévoir l'adaptation à de futures technologies.

Le protocole de couche physique ATSC vise à offrir une souplesse, une robustesse et une efficacité de fonctionnement bien plus grandes que la norme ATSC A/53 et n'est de ce fait pas compatible avec elle. Cette couche physique permet aux radiodiffuseurs de choisir entre de très nombreux paramètres de couche physique différents, afin d'offrir des qualités de fonctionnement personnalisées qui peuvent répondre aux besoins de nombreux radiodiffuseurs différents. Elle assure la fonctionnalité permettant d'avoir des modes capacité élevée/robustesse basse et capacité basse/robustesse élevée dans la même émission. Des technologies peuvent être choisies pour des cas d'utilisation spéciaux comme les réseaux monofréquence, l'exploitation d'un canal MIMO ou encore le regroupement de canaux, allant bien au-delà d'un simple pylône de transmission. Il existe un grand choix possible concernant la robustesse, avec notamment un large éventail de longueurs d'intervalle de garde, de longueurs de code de correction d'erreur directe et de rendements de codage. Cette souplesse importante s'explique par une structure de signalisation qui permet à la couche physique de changer de technologies et d'évoluer dans le temps, tout en continuant de prendre en charge les autres systèmes ATSC. Le point de départ de ce changement est une couche physique qui assure une utilisation du spectre très efficace dans son fonctionnement associée à une grande robustesse de ses nombreux modes de fonctionnement différents.

On trouvera des informations détaillées sur ces normes à l'adresse:

<https://www.atsc.org/wp-content/uploads/2016/10/A322-2017a-Physical-Layer-Protocol-1.pdf>.

A/327:2018 – Lignes directrices relatives au protocole de couche physique

Ce document fournit des pratiques recommandées pour les normes de protocole de couche physique ATSC 3.0 spécifiées dans les normes A/321 et A/322. L'objectif est de formuler des recommandations concernant les modes de fonctionnement de la couche physique, afin que les lecteurs puissent choisir des configurations de couche physique en connaissance de cause. Par ailleurs, ce document donne des lignes directrices relatives à la mise en œuvre, afin de fournir une aide en ce qui concerne la configuration souple des ressources de conception de la couche physique des émetteurs et des récepteurs proposés par les équipementiers.

Le protocole de couche physique ATSC 3.0 est conçu de manière à offrir une boîte à outils de technologies qui permet des modes de fonctionnement souples pour différentes conditions radioélectriques délicates (par exemple, en intérieur ou mobiles), tout en maintenant une utilisation efficace des ressources spectrales. Ce document donne des recommandations relatives au choix des paramètres et des technologies dans les normes A/321 et A/322, afin que les radiodiffuseurs puissent fournir de manière optimale le ou les services souhaités. Il contient en outre des lignes directrices détaillées pour les mises en œuvre de conception des émetteurs et des récepteurs fondées sur des études techniques portant sur les technologies les plus récentes utilisées dans la couche physique ATSC 3.0. Des lignes directrices relatives aux services mobiles fournis par des radiodiffuseurs sont données pour des modes de fonctionnement et des choix de paramètres tirés de la norme A/322 sur les plans de la robustesse et de la consommation d'énergie. Les exemples concernant la qualité de fonctionnement du système ATSC 3.0 et les services recommandés concernent des aspects expérimentés sur le terrain et ont vocation à servir d'orientations pratiques à tous les lecteurs.

On trouvera des informations détaillées sur ces normes à l'adresse:

<https://www.atsc.org/wp-content/uploads/2018/10/A327-2018-Physical-Layer-RP.pdf>.

Annexe 3

Système DTMB-A

Le système évolué de radiodiffusion télévisuelle numérique multimédia de Terre (DTMB-A) est la version évoluée du système de radiodiffusion télévisuelle numérique de Terre (DTTB) (c'est-à-dire DTMB), qui peut prendre en charge des débits de données plus élevés que les systèmes DTMB avec des qualités de fonctionnement plus robustes. Le système DTMB-A prend en charge la télévision à ultra-haute définition, à haute définition et à définition normale, ainsi que les services de radiodiffusion de données dans des conditions de réception en intérieur/extérieur et fixes/mobiles, et peut être utilisé dans des réseaux multifréquences ou monofréquence pour couvrir des zones étendues. Ce système adopte des méthode de modulation multiporteuses et un schéma de codage et de modulation évolué avec une synchronisation du système rapide, une sensibilité de réception élevée, une qualité de fonctionnement meilleure en cas d'effets de la propagation par trajets multiples, une grande efficacité spectrale et la souplesse nécessaire pour la prise en charge de futures extensions.

Le Tableau 3 donne les paramètres de système pour la norme DTMB-A.

TABLEAU 3

Paramètres du système évolué de radiodiffusion télévisuelle numérique multimédia de Terre

N°	Paramètres		Multiporteuses 6 MHz (OFDM)	Multiporteuses 7 MHz (OFDM)	Multiporteuses 8 MHz (OFDM)
1	Largeur de bande utilisée		5,67 MHz avec un facteur de décroissance de 0,05; 5,83 MHz avec un facteur de décroissance de 0,025	6,62 MHz avec un facteur de décroissance de 0,05; 6,81 MHz avec un facteur de décroissance de 0,025	7,56 MHz avec un facteur de décroissance de 0,05; 7,78 MHz avec un facteur de décroissance de 0,025
2	Nombre de porteuses émises	mode 4k	4 096	4 096	4 096
		mode 8k	8 192	8 192	8 192
		mode 32k	32 768	32 768	32 768
3	Modes de modulation		Codage et modulation constants (CCM)/ Codage et modulation variables (VCM)		
4	Méthode de modulation		MDP-4, MDAP-16, MDAP-64, MDAP-256 propre à chaque canal de service		
5	Taux d'occupation des canaux ⁽¹⁷⁾		Voir la Recommandation UIT-R BT.1206		
6	Durée active d'un symbole	mode 4k	722,40 µs avec un facteur de décroissance de 0,05; 702,17 µs avec un facteur de décroissance de 0,025	619,20 µs avec un facteur de décroissance de 0,05; 601,86 µs avec un facteur de décroissance de 0,025	541,80 µs avec un facteur de décroissance de 0,05; 526,63 µs avec un facteur de décroissance de 0,025
		mode 8k	1 444,80 µs avec un facteur de décroissance de 0,05; 1 404,34 µs avec un facteur de décroissance de 0,025	1 238,40 µs avec un facteur de décroissance de 0,05; 1 203,72 µs avec un facteur de décroissance de 0,025	1 083,60 µs avec un facteur de décroissance de 0,05; 1 053,26 µs avec un facteur de décroissance de 0,025
		mode 32k	5 779,19 µs avec un facteur de décroissance de 0,05; 5 617,37 µs avec un facteur de décroissance de 0,025	4 953,60 µs avec un facteur de décroissance de 0,05; 4 814,89 µs avec un facteur de décroissance de 0,025	4 334,40 µs avec un facteur de décroissance de 0,05; 4 213,03 µs avec un facteur de décroissance de 0,025

TABLEAU 3 (suite)

N°	Paramètres		Multiporteuses 6 MHz (OFDM)	Multiporteuses 7 MHz (OFDM)	Multiporteuses 8 MHz (OFDM)
7	Espacement des porteuses	mode 4k	1 384 Hz avec un facteur de décroissance de 0,05; 1 424 Hz avec un facteur de décroissance de 0,025	1 615 Hz avec un facteur de décroissance de 0,05; 1 662 Hz avec un facteur de décroissance de 0,025	1 846 Hz avec un facteur de décroissance de 0,05; 1 899 Hz avec un facteur de décroissance de 0,025
		mode 8k	692 Hz avec un facteur de décroissance de 0,05; 712 Hz avec un facteur de décroissance de 0,025	807 Hz avec un facteur de décroissance de 0,05; 831 Hz avec un facteur de décroissance de 0,025	923 Hz avec un facteur de décroissance de 0,05; 949 Hz avec un facteur de décroissance de 0,025
		mode 32k	173 Hz avec un facteur de décroissance de 0,05; 178 Hz avec un facteur de décroissance de 0,025	202 Hz avec un facteur de décroissance de 0,05; 208 Hz avec un facteur de décroissance de 0,025	231 Hz avec un facteur de décroissance de 0,05; 237 Hz avec un facteur de décroissance de 0,025
8	Durée d'un intervalle de garde	mode 4k (1/8, 1/4, 1/2)	90,3; 181; 361 µs avec un facteur de décroissance de 0,05; 87,8; 176; 351 µs avec un facteur de décroissance de 0,025	77,4; 155; 310 µs avec un facteur de décroissance de 0,05; 75,2; 150; 301 µs avec un facteur de décroissance de 0,025	67,7; 135; 271 µs avec un facteur de décroissance de 0,05; 65,8; 132; 263 µs avec un facteur de décroissance de 0,025
		mode 8k (1/16, 1/8, 1/4)	90,3; 181; 361 µs avec un facteur de décroissance de 0,05; 87,8; 176; 351 µs avec un facteur de décroissance de 0,025	77,4; 155; 310 µs avec un facteur de décroissance de 0,05; 75,2; 150; 301 µs avec un facteur de décroissance de 0,025	67,7; 135; 271 µs avec un facteur de décroissance de 0,05; 65,8; 132; 263 µs avec un facteur de décroissance de 0,025
		mode 32k (1/64, 1/32, 1/16)	90,3; 181; 361 µs avec un facteur de décroissance de 0,05; 87,8; 176; 351 µs avec un facteur de décroissance de 0,025	77,4; 155; 310 µs avec un facteur de décroissance de 0,05; 75,2; 150; 301 µs avec un facteur de décroissance de 0,025	67,7; 135; 271 µs avec un facteur de décroissance de 0,05; 65,8; 132; 263 µs avec un facteur de décroissance de 0,025

TABLEAU 3 (suite)

N°	Paramètres		Multiporteuses 6 MHz (OFDM)	Multiporteuses 7 MHz (OFDM)	Multiporteuses 8 MHz (OFDM)
9	Durée totale d'un symbole	mode 4k	813; 903; 1 084 μ s avec un facteur de décroissance de 0,05; 790; 878; 1 053 μ s avec un facteur de décroissance de 0,025	679; 774; 929 μ s avec un facteur de décroissance de 0,05; 677; 752; 903 μ s avec un facteur de décroissance de 0,025	610; 677; 813 μ s avec un facteur de décroissance de 0,05; 592; 658; 790 μ s avec un facteur de décroissance de 0,025
		mode 8k	1 535; 1 625; 1 806 μ s avec un facteur de décroissance de 0,05; 1 492; 1 580; 1 755 μ s avec un facteur de décroissance de 0,025	1 316; 1 393; 1 548 μ s avec un facteur de décroissance de 0,05; 1 279; 1 354; 1 505 μ s avec un facteur de décroissance de 0,025	1 151; 1 219; 1 354 μ s avec un facteur de décroissance de 0,05; 1 119; 1 185; 1 317 μ s avec un facteur de décroissance de 0,025
		mode 32k	5 869; 5 960; 6 140 μ s avec un facteur de décroissance de 0,05; 5 705; 5 793; 5 968 μ s avec un facteur de décroissance de 0,025	5 031; 5 108; 5 263 μ s avec un facteur de décroissance de 0,05; 4 890; 4 965; 5 116 μ s avec un facteur de décroissance de 0,025	4 402; 4 470; 4 605 μ s avec un facteur de décroissance de 0,05; 4 279; 4 345; 4 467 μ s avec un facteur de décroissance de 0,025
10	Durée d'une supertrame		Une supertrame commence par un canal de synchronisation de supertrame et un canal de commande pour la signalisation des canaux de service. Chaque supertrame comporte un nombre paramétrable de trames de signal de données, d'une durée maximale de 250 μ s		
11	Format du flux en entrée		Flux de transport (TS, <i>transport stream</i>)		
12	Codage de canal		Code LDPC/BCH avec une taille de bloc de 61 440 ou 15 360 bits et un rendement de codage de 1/2, 2/3, 5/6		
13	Entrelacement		Entrelacement des bits, permutation binaire et entrelacement temporel pour chaque canal de service pris séparément		
14	Canal de service		Prise en charge de canaux de service multiples. La modulation, le codage et la profondeur de l'entrelacement temporel peuvent être réglés indépendamment pour chaque canal de service		
15	Randomisation des données/dispersion d'énergie				
	Balayage initial		Procédure de balayage rapide avec un canal spécial pour la synchronisation de supertrame		
16	Synchronisation temporelle/fréquentielle		Canal de synchronisation de supertrame et double symbole PN-MC pour chaque trame de signal		
17	Entrées multiples, sortie unique (MISO, <i>multiple input single output</i>)		Configuration MISO (entrées multiples – sortie unique) 2 x 1 facultative avec codage d'Alamouti dans le domaine spatio-fréquentiel		
18	Réduction de la consommation d'énergie du récepteur		Les canaux de service sont organisés à la fois dans le domaine temporel et dans le domaine fréquentiel. Lors de la réception d'un seul canal de service, seules la signalisation du canal de service et les tranches utiles sont reçues et traitées		

TABLEAU 3 (*fin*)

N°	Paramètres	Multiporteuses 6 MHz (OFDM)	Multiporteuses 7 MHz (OFDM)	Multiporteuses 8 MHz (OFDM)
19	Signalisation des canaux de service	La signalisation des canaux de service est acheminée par le canal de commande de la supertrame. La longueur de trame du signal pour le canal de commande est de 4 096. Le symbole PN-MC a une longueur de 1 024, il est modulé avec la méthode MDP-4 et codé sur 15 360 bits à l'aide d'un code LDPC poinçonné de rendement 2/3 pour un signal OFDM		
20	Rapport puissance de crête à puissance moyenne (PAPR)	Extension de constellation active (ACE, <i>active constellation extension</i>) spéciale facultative pour la constellation MDAP		
21	Trame d'extension	Une supertrame peut inclure une trame d'extension. Celle-ci peut être utilisée comme signal vide ou pour des services de liaison montante.		
22	Charge utile	3,75-37 Mbit/s avec un facteur de décroissance de 0,05; 3,86-38 Mbit/s avec un facteur de décroissance de 0,025; selon la taille de la TFR, la modulation, le rendement de codage, l'intervalle de garde	4,38-43,1 Mbit/s avec un facteur de décroissance de 0,05; 4,5-44,4 Mbit/s avec un facteur de décroissance de 0,025; selon la taille de la TFR, la modulation, le rendement de codage, l'intervalle de garde	5,0-49,31 Mbit/s avec un facteur de décroissance de 0,05; 5,14-50,73 Mbit/s avec un facteur de décroissance de 0,025; selon la taille de la TFR, la modulation, le rendement de codage, l'intervalle de garde
23	Rapport porteuse/bruit dans un canal BBGA	Dépend de la modulation et du code du canal. 0,62-21,08 dB pour BER=10 ⁻⁵ , dans le cas d'un système de largeur de bande de 7,56 MHz.		

MDAP: Modulation par déplacement d'amplitude et de phase

BCH: Code en blocs binaire pour la correction d'erreurs multiples de Bose, Chandhuri et Hocquenghem

LDPC: Code de contrôle de parité à faible densité

MROF: Multiplexage par répartition orthogonale de la fréquence

PN-MC: Multi-carrier PN-sequence

PRBS: Séquence binaire pseudo-aléatoire

MDP-4: Modulation par déplacement de phase quadrivalente

Pièce jointe 1 à l'Annexe 3

Norme du Système

DTMB-A Norme chinoise GD/J 068-2015. Frame Structure, Channel Coding and Modulation for Digital Television/Terrestrial Multimedia Broadcasting-Advanced (DTMB-A).

Annexe 4

Directives pour le choix d'un système

Le choix d'un système approprié peut s'opérer au moyen d'un processus itératif à trois phases, à savoir:

- Phase I: évaluation initiale du système susceptible de répondre le mieux aux principales exigences du radiodiffuseur en tenant compte de l'environnement technique et réglementaire local.
- Phase II: évaluation plus détaillée des différences «pondérées» de qualité de fonctionnement.
- Phase III: évaluation globale des facteurs commerciaux et des facteurs d'exploitation qui influent sur le choix d'un système.

On trouvera ci-après une description complète de ces trois phases.

Phase I: Évaluation initiale

Au départ, on peut utiliser le Tableau 4 pour recenser les systèmes qui répondent le mieux à une exigence de radiodiffusion donnée.

TABLEAU 4

Directives pour le choix initial

Exigence		Tableau de référence A – ATSC 3.0 B – DVB-T2 C – DTMB-A
Débit de données maximal dans un canal gaussien pour un seuil du rapport C/N donné	Exigé	A, B ou C
	Non exigé	A, B ou C
Résistance maximale aux brouillages par trajets multiples ⁽¹⁾	Exigé	A, B ou C
	Non exigé	A, B ou C
Réseaux monofréquence	Exigé	A, B ou C
	Non exigé	A, B ou C
Réception mobile ⁽¹⁾	Exigé	A, B ou C
	Non exigé	A, B ou C
Transmission simultanée avec plusieurs niveaux de qualité (transmission hiérarchique)	Exigé	A, B ou C
	Non exigé	A, B ou C
Décodage des sous-blocs de données indépendant (pour faciliter par exemple la radiodiffusion sonore)	Exigé	A, B ou C
	Non exigé	A, B ou C
Couverture maximale depuis un émetteur central pour une puissance donnée dans un environnement gaussien ⁽²⁾	Exigé	A, B ou C
	Non exigé	A, B ou C
Résistance maximale aux brouillages impulsifs	Exigé	A, B ou C
	Non exigé	A, B ou C

⁽¹⁾ Possibilité de compromis avec l'efficacité en largeur de bande et autres caractéristiques du système.

⁽²⁾ Pour tous les systèmes en situation, il sera nécessaire d'assurer la couverture des zones non desservies au moyen de réémetteurs de complément.

Phase II: Évaluation des différences pondérées de qualité de fonctionnement

Après avoir effectué l'évaluation initiale sur la base du Tableau 4, il est nécessaire de procéder à une sélection plus complète en recourant à une évaluation comparative de la qualité de fonctionnement des systèmes considérés. Cette évaluation est nécessaire car la sélection en elle-même n'est pas un processus «oui-non». Dans toute situation, un critère donné aura une importance plus ou moins grande dans l'environnement de radiodiffusion considéré en ce sens qu'il doit permettre d'établir un équilibre entre les petites différences de qualité de fonctionnement et les paramètres de sélection plus ou moins importants. En d'autres termes, il est clair qu'une faible différence entre systèmes concernant un paramètre essentiel aura un poids plus fort sur le choix qu'une forte différence sur des critères de sélection relativement moins importants.

Il est recommandé d'utiliser la méthode suivante pour cette phase d'évaluation des systèmes:

Dans l'*Étape 1* on identifie les paramètres de qualité de fonctionnement spécifiques de l'administration ou du radiodiffuseur qui souhaite choisir un système de DTTB. Parmi ces paramètres, il peut y avoir les capacités intrinsèques de qualité de fonctionnement du système, sa compatibilité avec les services de DTTB de première génération et analogiques existants et l'interopérabilité avec les autres services de communication ou radiodiffusion d'images.

Dans l'*Étape 2* on assigne des pondérations aux paramètres par ordre d'importance ou de criticité relativement à l'environnement dans lequel le service de TV numérique doit être assuré. Cette pondération peut se ramener à de simples multiplicateurs comme par exemple, 1 pour normal et 2 pour important.

Dans l'*Étape 3*, on accumule les données issues de tests en laboratoire ou sur le terrain (de préférence les deux). Ces données peuvent être recueillies directement par les parties concernées dans les tests ou provenir de tests effectués par ceux qui ont procédé aux essais ou aux évaluations. La Commission d'études de radiocommunications 6 (anciennement Commission d'études 11) devrait dans un avenir proche élaborer un rapport contenant des informations techniques probantes sur les différents systèmes de DTTB, qui pourront être utilisées dans les cas où l'on ne dispose pas de données de test en provenance de sources fiables.

Dans l'*Étape 4*, on associe les données de test aux paramètres de qualité de fonctionnement et on associe une appréciation à chaque paramètre. L'appréciation globale est utilisée pour retenir le système qui répond le mieux aux exigences. Une structure tabulaire utilisant une simple appréciation numérique et une échelle de pondération ont été jugées utiles par certaines administrations. On suppose au départ que tous les systèmes en lice peuvent assurer un service de DTTB viable. En conséquence, les différences entre systèmes seront relativement petites. Il faut éviter d'exagérer inutilement les différences mais, en même temps, il faut s'assurer que le processus de sélection est adapté aux besoins du service envisagé. Une simple échelle numérique compacte d'appréciation peut satisfaire à ces exigences du choix.

On trouvera ci-après quelques exemples utiles:

Résultat	Note
Satisfaisant	1
Supérieur	2
Meilleur	3

Dans cette échelle, la note 0 est attribuée à un système dont la caractéristique du paramètre considéré n'est pas satisfaisante ou pour lequel on n'a pas pu procéder à une évaluation.

Importance	Pondération
Normale	1
Grande	2
Critique	3

Voici un exemple de tableau que l'on peut utiliser pour l'évaluation comparative de divers systèmes.

N°	Critère	Performance du système			Pondération	Note pour le système		
		A	B	C		A	B	C
1	Caractéristique du signal émis							
2	Immunité du signal							
3	Immunité aux brouillages électriques							
4	Efficacité du signal émis							
5	Couverture réelle							
6	Réception avec antenne intérieure							
7	Caractéristique par rapport au canal adjacent							
8	Caractéristique cocanal							
9	Résistance aux distorsions							
10	Résistance aux distorsions dues aux trajets multiples							
11	Réception mobile							
12	Réception portable							

Phase III: Évaluation des aspects commerciaux et opérationnels

La dernière phase consiste en une évaluation des aspects commerciaux et opérationnels destinée à déterminer le système qui offre la meilleure solution. Dans cette phase on tiendra compte du calendrier de mise en œuvre du service, du coût et de la disponibilité des équipements, de l'interopérabilité dans un environnement de radiodiffusion, etc.

Récepteur compatible

Il sera nécessaire de disposer de récepteurs compatibles pour pouvoir recevoir différentes modulations. Il ne faut pas que le coût de ces récepteurs, compte tenu des progrès en matière de technologies numériques, soit très supérieur à celui des récepteurs à modulation unique, bien que les avantages de ces récepteurs compatibles soient nombreux. Avec de tels récepteurs, on peut entrevoir de nouvelles possibilités intéressantes et de nouveaux services attractifs pour le consommateur et pour le radiodiffuseur comme indiqué dans le Tableau 4. Des études sont en cours sur le sujet.