

RECOMMANDATION UIT-R BT.1306

**MÉTHODES DE CORRECTION D'ERREUR, DE MISE EN TRAME DES
DONNÉES, DE MODULATION ET DE DIFFUSION POUR LA
RADIODIFFUSION TÉLÉVISUELLE NUMÉRIQUE
PAR VOIE HERTZIENNE DE TERRE**

(Question UIT-R 121/11)

(1997)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) que certaines administrations mettront en œuvre la radiodiffusion télévisuelle numérique par voie hertzienne de Terre dans les bandes des ondes métriques et décimétriques dès 1997;
- b) que la radiodiffusion télévisuelle numérique par voie hertzienne de Terre doit pouvoir s'insérer dans les canaux existants prévus pour la diffusion de la télévision analogique;
- c) qu'il peut être souhaitable d'assurer la transmission simultanée d'une hiérarchie de niveaux de qualité imbriqués (couvrant la télévision à haute définition (TVHD), la télévision à définition améliorée (TVDA) et la télévision à définition normale (TVDN)) sur un seul canal;
- d) qu'il peut être nécessaire pour les systèmes de radiodiffusion télévisuelle numérique par voie hertzienne de Terre de coexister avec les systèmes de télévision analogique existantes pendant une période temporaire;
- e) qu'il existe dans les bandes des ondes métriques et décimétriques de nombreux types de brouillage, dans le même canal, dans le canal adjacent, le bruit d'allumage, les distorsions des signaux dues à la propagation par trajets multiples et à d'autres phénomènes;
- f) qu'une similitude avec les autres supports tels le câble et le satellite pourrait être intéressante au niveau d'un schéma de codage externe;
- g) qu'il est nécessaire que la synchronisation de trame ne soit pas perturbée dans les canaux sujets à des erreurs de transmission;
- h) qu'il est souhaitable que la structure de trame soit adaptée aux canaux ayant différents débits binaires;
- j) que les méthodes de modulation monoporteuse ou multiporteuses peuvent être introduites;
- k) qu'il est souhaitable d'avoir une similitude maximale de caractéristiques entre les systèmes;
- l) qu'il est souhaitable d'avoir une similitude maximale entre les émissions de télévision numérique par voie hertzienne de Terre qui devront coexister avec les émissions de télévision analogiques existantes et celles qui ne le devront pas,

recommande

1 aux administrations souhaitant mettre en place une radiodiffusion télévisuelle numérique par voie hertzienne de Terre d'utiliser l'une des familles de techniques de correction d'erreur, de mise en trame, de modulation et de diffusion décrites dans l'Annexe 1.

NOTE 1 – L'Annexe 2 donne des informations préliminaires sur les systèmes en cours de développement et qui peuvent intéresser les administrations ayant des projets à long terme d'introduction de services de télévision numérique par voie hertzienne de Terre. Lorsque le développement de ces systèmes sera achevé, on pourra étudier leur inclusion dans l'Annexe 1.

ANNEXE 1

Le Tableau 1 contient des informations sur les systèmes dont la mise au point était achevée en novembre 1996.

Le Tableau 1a) concerne les systèmes monoporteuse et le Tableau 1b) les systèmes multiporteuses. Les spécifications pour les systèmes A et B se trouvent dans les Appendices 1 et 2.

TABLEAU 1

Caractéristiques des systèmes de transmission de télévision numérique par voie hertzienne de Terre

(Les systèmes qui avaient déjà fait l'objet de démonstrations en novembre 1996 sont indiqués en **gras**.
Les extensions proposées de cette famille de systèmes figurent en maigre.)

a) Systèmes monoporteuse

	Paramètres	6 MHz	7 MHz	8 MHz
1	Largeur de bande utilisée	5,38 MHz (-3 dB)	6,00 MHz (-3 dB)	7,00 MHz (-3 dB)
2	Nombre de porteuses émises	1	1	1
3	Méthode de modulation	8-BLR	8-BLR	8-BLR
4	Fonction de mise en forme du spectre	Facteur de retombée en racine de cosinus surélevé R = 5,8%	Facteur de retombée en racine de cosinus surélevé R = 8,3%	Facteur de retombée en racine de cosinus surélevé R = 7,1%
5	Taux d'occupation des canaux	Voir la Rec. UIT-R BT.1206	–	–
6	Durée active d'un symbole	92,9 ns	83,3 ns	71,4 ns
7	Durée totale d'un symbole ou d'un segment	77,3 µs (segment)	69,3 µs (segment)	59,4 µs (segment)
8	Durée de transmission d'une trame	48,4 ms	43,4 ms	37,2 ms
9	Egalisation de canal			
10	Entrelacement interne	12 (Flux codés indépendamment entrelacés dans le temps)	24 (Flux codés indépendamment entrelacés dans le temps)	28 (Flux codés indépendamment entrelacés dans le temps)
11	Code Reed-Solomon (RS) de canal externe	RS (207,187, T = 10)	RS (207,187, T = 10)	RS (207,187, T = 10)
12	Entrelacement externe	Séquence convolutive de 52 segments avec entrelacement d'octets	Séquence convolutive de 52 segments avec entrelacement d'octets	Séquence convolutive de 52 segments avec entrelacement d'octets
13	Randomisation/dispersion d'énergie des données	SBPA à 16 bits	SBPA à 16 bits	SBPA à 16 bits
14	Synchronisation temporelle/fréquentielle	Synchronisation des segments, porteuse pilote	Synchronisation des segments, porteuse pilote	Synchronisation des segments, porteuse pilote
15	Synchronisation des trames	Oui	Oui	Oui
16	Egalisation des données	Synchronisation de trame, PN.511 et 3 × PN.63	Synchronisation de trame, PN.511 et 3 × PN.63	Synchronisation de trame, PN.511 et 3 × PN.63
17	Identification du mode de transmission	Symbole du mode dans la synchronisation de trame	Symbole du mode dans la synchronisation de trame	Symbole du mode dans la synchronisation de trame
18	Débit net de données	19,39 Mbit/s	21,62 Mbit/s	27,48 Mbit/s
19	Rapport porteuse/bruit dans un canal à bruit blanc gaussien additif	15,19 dB⁽¹⁾	15,19 dB	15,19 dB

TABLEAU 1 (suite)

b) Systèmes multiporteuses

	Paramètres	Multiporteuses 6 MHz (MROF)	Multiporteuses 7 MHz (MROF)	Multiporteuses 8 MHz (MROF)
1	Largeur de bande utilisée	5,64 MHz	6,66 MHz	7,61 MHz
2	Nombre de porteuses émises	1 705 (mode 2k) ⁽²⁾ 6 817 (mode 8k)	1 705 (mode 2k)⁽²⁾ 6 817 (mode 8k)	1 705 (mode 2k)⁽²⁾ 6 817 (mode 8k)
3	Méthode de modulation	MDP-4, MAQ-16, MAQ-64, MAQ-16-MD, MAQ-64-MD ⁽³⁾	MDP-4, MAQ-16, MAQ-64, MAQ-16-MD, MAQ-64-MD⁽³⁾	MDP-4, MAQ-16, MAQ-64, MAQ-16-MD, MAQ-64-MD⁽³⁾
4	Taux d'occupation des canaux		Voir la Rec. UIT-R BT.1206	Voir la Rec. UIT-R BT.1206
5	Durée active d'un symbole	301,889 µs (mode 2k) 1 207,556 µs (mode 8k)	256 µs (mode 2k) 1 024 µs (mode 8k)	224 µs (mode 2k) 896 µs (mode 8k)
6	Espacement des porteuses	3 312,477 Hz (mode 2k) 828,119 Hz (mode 8k)	3 906 Hz (mode 2k) 976 Hz (mode 8k)	4 464 Hz (mode 2k) 1 116 Hz (mode 8k)
7	Durée d'un intervalle de garde	1/4, 1/8, 1/16, 1/32 de la durée active d'un symbole 9,43; 18,87; 37,74; 75,47 µs (mode 2k) 37,74; 75,47; 150,94; 301,89 µs (mode 8k)	1/4, 1/8, 1/16, 1/32 de la durée active d'un symbole 8, 16, 32, 64 µs (mode 2k) 32, 64, 128, 256 µs (mode 8k)	1/4, 1/8, 1/16, 1/32 de la durée active d'un symbole 7, 14, 28, 56 µs (mode 2k) 28, 56, 112, 224 µs (mode 8k)
8	Durée totale d'un symbole	311,32; 320,76; 339,63; 377,36 µs (mode 2k) 1 245,29; 1 283,03; 1 358,50; 1 509,45 µs (mode 8k)	264; 272; 288; 320 µs (mode 2k) 1 048; 1 088; 1 152; 1 280 µs (mode 8k)	231; 238; 252; 280 µs (mode 2k) 924; 952; 1 008; 1 120 µs (mode 8k)
9	Durée de transmission d'une trame	68 symboles MROF. Une super-trame est constituée de 4 trames	68 symboles MROF. Une super-trame est constituée de 4 trames	68 symboles MROF. Une super-trame est constituée de 4 trames
10	Code de canal interne	Code convolutif, taux initial 1/2 à 64 états. Perforation aux taux 2/3, 3/4, 5/6, 7/8	Code convolutif, taux initial 1/2 à 64 états Perforation aux taux 2/3, 3/4, 5/6, 7/8	Code convolutif, taux initial 1/2 à 64 états. Perforation aux taux 2/3, 3/4, 5/6, 7/8
11	Entrelacement interne	Entrelacement de bits, profondeur 126, associé à un entrelacement de symboles (entrelacement fréquentiel)	Entrelacement de bits, profondeur 126, associé à un entrelacement de symboles (entrelacement fréquentiel)	Entrelacement de bits, profondeur 126, associé à un entrelacement de symboles (entrelacement fréquentiel)
12	Code Reed-Solomon (RS) de canal externe	RS (204,188, T = 8)	RS (204,188, T = 8)	RS (204,188, T = 8)
13	Entrelacement externe	Entrelacement convolutif par pseudo-octets, I = 12	Entrelacement convolutif par pseudo-octets, I = 12	Entrelacement convolutif par pseudo-octets, I = 12
14	Randomisation/dispersion d'énergie des données	SBPA	SBPA	SBPA
15	Synchronisation temporelle/fréquentielle	Porteuses pilotes ⁽⁴⁾	Porteuses pilotes⁽⁴⁾	Porteuses pilotes⁽⁴⁾
16	Signalisation des paramètres de transmission ⁽⁵⁾ (TPS – transmission parameter signalling)	Acheminée par les porteuses pilotes TPS	Acheminée par les porteuses pilotes TPS	Acheminée par les porteuses pilotes TPS

TABLEAU 1 (suite)

b) Systèmes multiporteuses (suite)

	Paramètres	Multiporteuses 6 MHz (MROF)	Multiporteuses 7 MHz (MROF)	Multiporteuses 8 MHz (MROF)
17	Débit net de données	Dépend de la modulation, du débit de codage et de l'intervalle de garde (3,69-23,5 Mbit/s pour les modes non hiérarchiques) ⁽⁶⁾	Dépend de la modulation, du débit de codage et de l'intervalle de garde (4,35-27,71 Mbit/s pour les modes non hiérarchiques)⁽⁶⁾	Dépend de la modulation, du débit de codage et de l'intervalle de garde (4,98-31,67 Mbit/s pour les modes non hiérarchiques)⁽⁶⁾
18	Rapport porteuse/bruit dans un canal à bruit blanc gaussien additif	Dépend de la modulation et du code de canal 3,1-20,1 dB ⁽⁷⁾	Dépend de la modulation et du code de canal 3,1-20,1 dB⁽⁷⁾	Dépend de la modulation et du code de canal 3,1-20,1 dB⁽⁷⁾

BLR: bande latérale résiduelle

SBPA: séquence binaire pseudo-aléatoire

MROF: multiplexage par répartition orthogonale de la fréquence

- (1) Valeur mesurée. Taux d'erreur après décodage RS: 3×10^{-6} .
- (2) Le mode 2k peut être utilisé dans les cas suivants: émetteur unique, réémetteurs monofréquence et petits réseaux monofréquence. Le mode 8k peut être utilisé avec les mêmes structures de réseau et également avec les grands réseaux monofréquence.
- (3) Le MAQ-16, le MAQ-64, le MAQ-16-MD (MAQ-16 multidébit) et le MAQ-64-MD (MAQ MD: constellations MAQ (modulation d'amplitude en quadrature) non uniformes), peuvent être utilisés dans le cas de schémas de transmission hiérarchiques. Dans ce cas, deux couches de modulation acheminent deux flux de transport MPEG-2 différents. Les deux couches peuvent avoir deux débits de codage différents et être décodées indépendamment.
- (4) Les porteuses pilotes sont des porteuses pilotes continues, acheminées par 45 porteuses (mode 2k) ou 177 porteuses (mode 8k) sur tous les symboles MROF, et les porteuses diffusées, étalées dans le temps et étalées en fréquence.
- (5) La signalisation des paramètres de transmission achemine les informations sur la modulation, le débit de codage et les autres paramètres de transmission.
- (6) Le choix de la modulation, du débit de codage et de l'intervalle de garde dépend des besoins du service et de l'environnement de planification.
- (7) Simulé avec une estimation de canal parfait et des modes non hiérarchiques. Taux d'erreur avant décodage RS: 2×10^{-4} , taux d'erreur après décodage RS: 1×10^{-11} .

APPENDICE 1

DE L'ANNEXE 1

Norme du Système A

BIBLIOGRAPHIE

- ATSC [septembre 1995] Norme A/53. Digital television standard. ATSC – The United States Advanced Television Systems Committee (Comité de systèmes de télévision évolués des Etats-Unis).
- ATSC [décembre 1995] Norme A/52. Digital audio compression standard (AC-3).
- ATSC [janvier 1996] Norme A/55. Program guide for digital television.
- ATSC [janvier 1996] Norme A/56. System information for digital television.
- ATSC [août 1996] Norme A/57. Program/episode/version identification.
- ATSC [septembre 1996] Norme A/58. Recommended practice; Harmonization with DVB SI in the use of the ATSC digital television standard.

APPENDICE 2
DE L'ANNEXE 1
Norme du Système B

BIBLIOGRAPHIE

- ETSI [mai 1995] ETS 300 472. Digital broadcasting systems for television, sound and data services; Specification for conveying ITU-R System B Teletext in Digital Video Broadcasting (DVB) bitstreams. Institut européen des normes de télécommunication (ETSI – European Telecommunications Standards Institute), Sophia Antipolis, F-06291 Valbonne Cedex, France.
- ETSI [octobre 1995] ETR 162. Digital Broadcasting Systems for Television, Sound and Data Services; Allocation of Service Information (SI) Codes for Digital Video Broadcasting (DVB) systems. European Telecommunication Report (ETR) 162.
- ETSI [mai 1996] ETR 154. Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation guidelines for the use of MPEG-2 systems, video and audio in satellite and cable broadcasting applications.
- ETSI [mai 1996] ETR 211. Digital Video Broadcasting (DVB); Guidelines on implementation and usage of DVB service information.
- ETSI [octobre 1996] ETR 289. Digital Video Broadcasting (DVB); Support for use of scrambling and Conditional Access (CA) within digital broadcasting systems.
- ETSI [octobre 1996] ETS 300 468. Edition 2, Digital Video Broadcasting (DVB); Specification for Service Information (SI) in DVB systems.
- ETSI [août 1997] EN 300 744. Edition 1.1.2, DE/JTC-DVB-8 Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television.
- ETSI [septembre 1997] ETS 300 743. Digital Video Broadcasting (DVB); Subtitling systems.

ANNEXE 2

Systèmes en cours de développement

(liste arrêtée en novembre 1996)

Paramètres	COFDM-6(MFOC-6) Canal à 6 MHz	BST-OFDM ⁽¹⁾ 6 MHz	BST-OFDM ⁽²⁾ 7 MHz	BST-OFDM ⁽²⁾ 8 MHz
Largeur de bande utilisée	5,6 MHz	5,6 MHz	6,6 MHz	7,6 MHz
Nombre de segments de fréquences		56 ⁽¹⁾	66 ⁽¹⁾	76 ⁽¹⁾
Nombre de porteuses émises	3 060 (mode 4k) 6 120 (mode 8k)	1 400 (MODE 1) 5 600 (MODE 2) ⁽²⁾	1 650 (MODE 1) 6 600 (MODE 2) ⁽²⁾	1 900 (MODE 1) 7 600 (MODE 2)
Méthode de modulation	MAQ-64	MDP-4D, MAQ-16 et/ou MAQ-64 ⁽³⁾		
Taux d'occupation des canaux	Voir la Rec. UIT-R BT.1206	Voir la Rec. UIT-R BT.1206		
Durée active d'un symbole	555,179 µs (mode 4k) 1 101,607 µs (mode 8k)	250 µs (MODE 1) 1 ms (MODE 2)		
Espacement des porteuses	1 801,2 Hz (mode 4k) 907,8 Hz (mode 8k)	4 kHz (MODE 1) 1 kHz (MODE 2)		
Durée d'un intervalle de garde	25,752 µs (mode 4k) 64,0094 µs (mode 8k)	1/4; 1/8; 1/16; 1/32 de la durée active d'un symbole: 62,5; 31,25; 15,625; 7,8125 µs (MODE 1) 250; 125; 62,5; 31,25 µs (MODE 2)		

Paramètres	COFDM-6(MFOC-6) Canal à 6 MHz	BST-OFDM ⁽¹⁾ 6 MHz	BST-OFDM ⁽²⁾ 7 MHz	BST-OFDM ⁽²⁾ 8 MHz
Durée totale d'un symbole ou d'un segment	580,254 μ s (mode 4k) 1 165,6164 μ s (mode 8k)	312,5; 281,25; 265,625; 257,8125 μ s (MODE 1) 1250; 1125; 1062,5; 1031,25 μ s (MODE 2)		
Durée d'une trame de transmission	102 symboles de données + 3 symboles de référence	280 symboles		
Code de canal interne		Code convolutif, taux initial 1/2 à 64 états; perforation aux taux de 3/4, 7/8 ⁽³⁾		
Entrelacement interne	Entrelacement fréquentiel	Entrelacement fréquentiel et temporel: selon le nombre de porteuses et la méthode de modulation		
Code Reed-Solomon (RS) de canal externe	RS (255,239, $T = 8$)	RS (204,188, $T = 8$)		
Entrelacement externe		Entrelacement convolutif par pseudo-octets, $I = 12$		
Randomisation/dispersion d'énergie des données	SBPA	SBPA		
Synchronisation temporelle/fréquentielle		Symboles pilotes et porteuses pilotes (TMCC) ⁽⁴⁾		
Synchronisation des trames		Symboles pilotes		
Egalisation des données		Symboles pilotes et porteuses pilotes (TMCC) ⁽⁴⁾		
Signalisation des paramètres de transmission/identification du mode de transmission		Acheminé par les porteuses pilotes (TMCC) ⁽⁴⁾		
Débit net de données	≈ 19 Mbit/s	Dépend de la modulation, du débit de codage et de l'intervalle de garde (3,85-24,50 Mbit/s)	Dépend de la modulation, du débit de codage et de l'intervalle de garde (4,54-28,87 Mbit/s)	Dépend de la modulation, du débit de codage et de l'intervalle de garde (5,22-33,25 Mbit/s)
Rapport porteuse/bruit dans un canal à bruit blanc gaussien moyen	15,7 dB	Dépend de la modulation et du débit de codage, 6,0 dB (MDP-4D, 1/2) –20 dB (MAQ-64, 7/8) ⁽⁵⁾		

MFOC: multiplexage fréquentiel orthogonal codé (COFDM – coded orthogonal frequency division multiplex)

BST-OFDM: transmission de bande segmentée par multiplexage fréquentiel orthogonal

- (1) La largeur de bande d'un segment de fréquences est de 100 kHz, elle accepte 25 porteuses en MODE 1 ou 100 porteuses en MODE 2.
- (2) Le MODE 1 permet la réception en poste fixe ou mobile dans des réseaux monofréquence de petite taille ou régionaux. Le MODE 2 peut être utilisé pour les grands réseaux monofréquence.
- (3) Le schéma de modulation et le débit de codage pour le code de correction d'erreur peuvent être fixés indépendamment pour chaque segment de largeur de bande.
- (4) Les signaux TMCC (transmission and multiplexing configuration control: commande de configuration de transmission et de multiplexage) sont transmis par les porteuses centrales de chaque largeur de bande d'un segment de fréquences.
- (5) Taux d'erreur avant décodage RS: 2×10^{-4} , après décodage RS: 1×10^{-11} , dans le cas d'un canal parfait avec le MAQ-64.

NOTE 1 – Le BST-OFDM offre une certaine souplesse de largeur de bande en réception mobile.