

151 2646

# LA TÉLÉVISION HAUTE DÉFINITION

BIBLIOTHEQUE DU CERIST

CHEZ LE MÊME ÉDITEUR

**Du même auteur**

*Techniques numériques en télévision*, par A. Boukelif. 1993, 320 pages.

**Dans la même collection**

*Télécommunication : réalités et virtualités. Un avenir pour le xx<sup>e</sup> siècle*, par M. Feneyrol. 1996, 252 pages.

*Codes correcteurs d'erreurs. Une introduction au codage algébrique*, par G. Cohen, Ph. Godlewski et J.-L. Dornstetter. Préface de J.-C. Bic. 1992, 256 pages.

*Traitement numérique du signal. Théorie et pratique*, par M. Bellanger. Préface de P. Aigrain. 1995, 5<sup>e</sup> édition révisée, 464 pages.

*Ingénierie des systèmes à microprocesseurs. Application au traitement du signal et de l'image*, par É. Martin et J.-L. Philippe. 1996, 320 pages.

*Techniques de compression des signaux*, par N. Moreau. 1995, 288 pages.

*Le RNIS, techniques et applications. Réseau numérique à intégration de services*, par G. Dicenet (collectif). Préface de J.-P. Poitevin. 1995, 3<sup>e</sup> édition revue et augmentée, 316 pages.

**Autres ouvrages**

*Communications numériques. Introduction*, par A. Glavieux et M. Joindot. Préface de E. Biglieri. *Collection pédagogique de télécommunication*. 1996, 336 pages.

*Codage et traitement du signal. L'exemple des systèmes vidéo numériques*, par J. G. Wade. Traduit de l'anglais par J.-L. Maurel et I. Brésit. 1991, 256 pages.

*Transmission et réseaux locaux. Architecture IEEE 802*, par P. Millet. Préface de Ph. Vieil. *Méthodes informatiques et pratique des systèmes*. 1987, 232 pages.

*Modélisation et identification en traitement du signal*, par M. Najim. *Série Automatique*. 1988, 200 pages.

*Propagation des ondes électromagnétiques. Exercices avec solutions, rappels théoriques, applications aux guides et fibres optiques*, par G. Dubost. Préface de P. Grivet. *Collection Enseignement de la Physique*. 1990, 2<sup>e</sup> édition révisée et augmentée, 272 pages.

*La fibre optique. Technologies et applications*, par Ph. Surmely. *Collection Lasers et Optoélectronique*. 1995, 248 pages.

COLLECTION TECHNIQUE ET SCIENTIFIQUE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

# LA TÉLÉVISION HAUTE DÉFINITION

Aoued BOUKELIF

*Université de Sidi Bel Abbès - Algérie*

MASSON 

---

*Paris Milan Barcelone*

BIBLIOTHEQUE DU CERIST



Ce logo a pour objet d'alerter le lecteur sur la menace que représente pour l'avenir de l'écrit, tout particulièrement dans le domaine universitaire, le développement massif du « photocopillage ». Cette pratique qui s'est généralisée, notamment dans les établissements d'enseignement, provoque une baisse brutale des achats de livres, au point que la possibilité même pour les auteurs de créer des œuvres nouvelles et de les faire éditer correctement est aujourd'hui menacée.

Nous rappelons donc que la reproduction et la vente sans autorisation, ainsi que le recel, sont passibles de poursuites. Les demandes d'autorisation de photocopier doivent être adressées à l'éditeur ou au Centre français d'exploitation du droit de copie : 20, rue des Grands-Augustins, 75006 Paris. Tél. : 01 44 07 47 70.

Illustration de couverture réalisée par Daniel Kollen®  
(CNET - Issy les Moulineaux)

Tous droits de traduction, d'adaptation et de reproduction par tous procédés, réservés pour tous pays.

Toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit des pages publiées dans le présent ouvrage, faite sans l'autorisation de l'éditeur, est illicite et constitue une contrefaçon. Seules sont autorisées, d'une part, les reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective, et d'autre part, les courtes citations justifiées par le caractère scientifique ou d'information de l'œuvre dans laquelle elles sont incorporées (art. L. 122-4, L. 122-5 et L. 335-2 du Code de la propriété intellectuelle).

© Masson et CNET-ENST, Paris, 1997

ISBN : 2-225-85246-4

ISSN : 0221-2579

# TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS .....	xi
CHAPITRE 1 – HISTORIQUE ET ENJEUX .....	1
1.1. Évaluations subjectives .....	1
1.2. Enjeux économiques, techniques et culturels en TVHD .....	6
1.3. Marché et production mondiale de l'électronique grand public .....	7
1.4. Stratégie japonaise .....	8
1.5. Stratégie européenne .....	10
1.6. Stratégie américaine .....	11
CHAPITRE 2 – ÉLÉMENTS FONDAMENTAUX D'UN SYSTÈME TVHD .....	13
2.1. Caractéristiques principales d'une norme mondiale unique de production TVHD .....	13
2.1.1. Système à composantes .....	13
2.1.2. Résolutions spatiales doubles .....	14
2.1.3. Format d'image étendu 16/9 .....	14
2.1.4. Qualité du film de 35 mm .....	15
2.1.5. Maintien de la qualité .....	15
2.1.6. Relation avec la norme numérique de la REC. 601 du CCIR .....	15
2.1.7. Choix de la fréquence trame et de l'algorithme d'analyse haute définition .....	15
2.1.8. Reproduction correcte du mouvement .....	16
2.2. Caractéristiques théoriques d'un système de présentation à haute définition parfait (2270/80/1:1) .....	16
2.2.1. Distance d'observation .....	16
2.2.2. Proportions de l'image (format) .....	18
2.2.3. Champ visuel .....	20
2.2.4. Nombre de lignes .....	22
2.2.5. Résolution verticale .....	23
2.2.6. Facteur de Kell .....	24
2.2.7. Résolution horizontale .....	26
2.2.8. Fréquences spatio-temporelles (fx fy, ft) .....	28

2.2.9.	Bande vidéo .....	29
2.2.10	Conclusion .....	34
2.3.	Exigences d'un système de THVD .....	34
2.3.1.	Support de transmission .....	34
2.3.2.	Nombre de canaux utilisés .....	35
2.3.3.	Mode de transmission (analogique ou numérique) .....	35
2.3.4.	Type de modulation .....	36
2.3.5.	Largeur de bande de base .....	36
2.3.6.	Format de synchronisation .....	36
2.3.7.	Choix du système audio .....	36
CHAPITRE 3 – CHOIX DES NORMES DE TVHD À PARTIR DE BASES PSYCHOPHYSIQUES .....		39
3.1.	Physiologie du système visuel .....	39
3.1.1.	Sensibilité spectrale de l'œil .....	39
3.1.2.	Réponse spatio-temporelle de l'œil .....	40
3.1.3.	Acuité visuelle .....	40
3.1.4.	Psychophysique de la vision .....	44
3.1.5.	Mécanisme de la perception visuelle .....	44
3.1.6.	Propriétés de la perception visuelle exploitées en télévision .....	48
3.2.	Caractérisation des images de télévision .....	49
3.2.1.	Caractéristiques spatio-temporelles de la restitution des images .....	50
3.2.2.	Limitations pratiques des systèmes actuels .....	67
3.2.3.	Limites physiques apportées au spectre de l'image analysée tenant aux limitations en capacité des technologies actuellement mises en œuvre .....	67
3.2.4.	Aspects photolorimétriques .....	68
CHAPITRE 4 – NORMES TVHD (MUSE, HDMAC ET ATV) .....		81
4.1.	Principe du MUSE .....	81
4.1.1.	Caractéristiques du système MUSE .....	81
4.1.2.	Comparaison des bandes passantes horizontales du système MUSE avec celles du système défini par la Rec. 601 du CCIR et celles d'une norme TVHD de studio fictive .....	82
4.1.3.	Récapitulation .....	83
4.1.4.	Multiplexage temporel .....	83
4.1.5.	Compression de bande passante .....	84
4.2.	Algorithme d'échantillonnage MUSE .....	85
4.2.1.	Structure d'échantillonnage du système MUSE .....	85

4.2.2.	Traitement adaptatif en fonction des mouvements	88
4.2.3.	Interpolation spatio-temporelle	89
4.2.4.	Compensation de mouvement	91
4.2.5.	Reconstruction de l'image	92
4.2.6.	Mémoire de trame	93
4.3.	MUSE amélioré	93
4.3.1.	Défauts de la première version MUSE	93
4.3.2.	MUSE amélioré	94
4.4.	Principe du système de codage HDMAC	104
4.4.1.	Codeur HDMAC	104
4.4.2.	Sous échantillonnage spatio-temporel	106
4.4.3.	Compression de bande passante compatible avec la norme MAC pour la TVHD	106
4.4.4.	Codage HDMAC	107
4.4.5.	Reconstruction de l'image haute définition (décodage)	111
4.5.	Les systèmes de TVHD américains ATV	120
4.5.1.	Introduction	120
4.5.2.	TVHD numérique	121
4.5.3.	Simulcast	123
4.5.4.	Systèmes de TVHD compatibles NTSC	123
4.6.	Comparaison des trois standards TVHD (MUSE, HDMAC et ATV)	126
CHAPITRE 5 – ÉCHANTILLONNAGE SPATIO-TEMPOREL DES IMAGES DE TÉLÉVISION		
5.1.	Théorie de l'échantillonnage	131
5.1.1.	Spectres multidimensionnels	131
5.1.2.	Transformée de Fourier	133
5.1.3.	Représentation tri-dimensionnelle du signal vidéo	134
5.1.4.	Échantillonnage spatio-temporel bidimensionnel idéalisé des images de TV	136
5.1.5.	Théorème d'échantillonnage spatio-temporel (Théorème de Shannon/Whittaker/Kotelnikov)	136
5.1.6.	Reconstitution par filtrage du signal $x_a(x,y,t)$ à partir des échantillons $x(k,l,m)$	141
5.2.	Structures d'échantillonnage	146
5.2.1.	Notion de structure d'échantillonnage	146

5.2.2.	Paramètres de définition d'une structure d'échantillonnage .....	146
5.2.3.	Structures d'échantillonnage fondamentales .....	147
5.2.4.	Y'a-t-il des structures d'échantillonnage optimales ? .....	155
5.2.5.	Relations entre structure et horloge d'échantillonnage ...	157
5.3.	Échantillonnage spatio-temporel des images de TV	160
5.3.1.	Analyse des images de TV .....	160
5.3.2.	Spectre télévisuel .....	161
5.3.3.	Échantillonnage des composantes du signal vidéo composite .....	170
CHAPITRE 6 – DIFFUSION PAR SATELLITE DE LA TVHD .....		181
6.1.	Pourquoi les hyperfréquences ?	181
6.2.	Diffusion par satellite dans la bande des 20 GHz	182
6.3.	Bandes des 42 et 85 GHz	187
6.4.	Compression du signal TVHD	188
6.4.1.	Adaptation d'un signal TVHD aux canaux de la CAMR-RS 77 .....	188
6.4.2.	Redondance des images numériques (nature périodique du signal vidéo) .....	190
6.4.3.	Rapports de compression .....	191
6.4.4.	Compression dans la bande des 22 GHz .....	191
6.4.5.	Techniques de télévision à assistance numérique .....	191
6.4.6.	Techniques de compression de bande .....	192
6.5.	Méthodes de modulation pour la diffusion par satellite de la TVHD	193
6.5.1.	Modulation par déplacement de phase (MDP) : « Phase shift keyed modulation » ou « discrete phase modulation » PSK .....	194
6.5.2.	Modulation d'amplitude en quadrature à 16 états (16 - QAM) : fig. 6.9. ....	197
6.5.3.	Modulation en treillis .....	197
6.5.4.	Modulation OQPRS (Offset Quadrature Partial Response Signaling) .....	197
6.5.5.	Critères de choix d'une modulation .....	199
6.5.6.	Comparaison .....	202
CHAPITRE 7 – ÉQUIPEMENTS DE PRODUCTION ET DE VISUALISATION EXPERIMENTAUX TVHD .....		205
7.1.	Caméras TVHD	205
7.2.	Écrans de visualisation	208
7.2.1.	Dispositifs à présentation sur tube .....	208
7.2.2.	Systèmes à projection .....	209
7.2.3.	Écran plat .....	210

7.3.	Magnétoscopes pour l'enregistrement et la restitution des images	210
7.4.	Télécinéma	211
7.5.	Enregistrement sur film	211
7.6.	Lecteur de disques	211
7.7.	Mélangeur vidéo	211
7.8.	Convertisseurs	212
7.9	Autres équipements de production	212
CHAPITRE 8 – APPLICATIONS DE LA TVHD .....		215
8.1.	Projection sur grand écran	215
8.2.	Cinéma électronique	215
8.3.	Applications professionnelles et industrielles	216
SIGLES .....		219
LEXIQUE ANGLAIS-FRANÇAIS .....		221
BIBLIOGRAPHIE .....		223