

L. Goussot

Les systèmes de télévision

En ondes métriques et décimétriques

Dunod

Publié sous la direction
du C.N.E.T. et de l'E.N.S.T.

Table des matières

1^{re} partie

Chapitre 1 - Le signal d'image de la télévision en noir et blanc

1.1. L'analyse par balayage	3
1.1.1. Principes généraux	3
1.1.2. Structure du signal d'image	8
1.2. Valeurs caractéristiques du balayage entrelacé	10
1.3. Limites intrinsèques de la qualité	12
1.4. Les signaux de base dans le signal d'image.....	16
1.5. Le signal de luminance	22
1.5.1. Formation du signal	22
1.5.2. Réponse de transfert	24
1.5.3. Bande spectrale utile	27
1.5.4. Normes de production des signaux	28
1.6. Les spectres du signal de luminance.....	31
1.6.1. Spectre fréquentiel unidimensionnel	31
1.6.2. Spectre spatial bidimensionnel d'une image fixe	36
1.6.3. Spectre spatial tridimensionnel d'une image mobile	40
1.6.4. Spectre spatiotemporel du signal d'image	42
1.6.5. Relation entre spectre spatiotemporel et spectre fréquentiel ...	47
1.6.6. Interprétation visuelle des points porteurs	49
1.7. Restitution de l'image en relation avec son spectre spatiotemporel	53
1.7.1. Conditions de la restitution parfaite	53
1.7.2. Défauts dus à la structure de balayage	57
1.7.3. Traitement à la source. Amélioration du facteur de Kell	58
1.7.4. Traitement à la synthèse	61
1.7.4.1. Synthèse à 625 l. - 50 im/s non entrelacées	61
1.7.4.2. Synthèse à 625 l. et 100 tr/s	64
1.7.4.3. Conversion en système 625/100/1:1	66
1.7.4.4. Synthèse à 1 250 l.....	67
1.7.4.5. Avantages d'un traitement à la synthèse	67

Chapitre 2 - Les systèmes de télévision en noir et blanc radiodiffusés

2.1. Bandes de radiodiffusion	69
2.2. Émission de l'image	73
2.2.1. Modulation à bande latérale résiduelle	73
2.2.2. Filtrage et retard de groupe	77
2.2.3. Polarité de l'émission	79
2.2.4. Puissance nominale de l'émetteur	81
2.3. Émission du son	83
2.3.1. Son en modulation d'amplitude	83
2.3.2. Son en modulation de fréquence	85
2.3.3. Rapports entre son et image	85
2.4. Les systèmes du C.C.I.R.	86
2.4.1. Nomenclature du CCIR. Caractéristiques communes	86
2.4.2. Les systèmes exploités temporairement	87
2.4.2.1. Système à 441 lignes.....	87
2.4.2.2. Système A à 405 lignes.....	88
2.4.2.3. Systèmes C et F	89
2.4.2.4. Système E à 819 lignes	90
2.4.3. Les systèmes à 625 lignes	93
2.4.3.1. Système d'échange du CCIR (REC. 472).....	93
2.4.3.2. Systèmes B et G.....	94
2.4.3.3. Systèmes D et K.....	96
2.4.3.4. Système H.....	97
2.4.3.5. Système I	97
2.4.3.6. Système L	98
2.4.3.7. Système K1	99
2.4.3.8. Système N	99
2.4.4. Le système M à 525 lignes	100

Chapitre 3 - Principes généraux du codage de la couleur

3.1. Systèmes colorimétriques de synthèse	105
3.1.1. Synthèse sur tube-image noir et blanc	105
3.1.2. Synthèse en couleur sur tube à masque	106
3.1.3. Couleurs primaires	109

31.4. Systèmes normalisés	110
32. Analyse et signaux primaires	113
32.1. Traduction lumière-signal	113
32.2. Primaires d'analyse	114
32.3. Signaux d'image primaires	114
33. Le groupe des composantes	115
33.1. Les composantes de transmission	115
33.2. La composante de luminance	116
33.3. Les composantes de chrominance	118
33.3.1. Formation des composantes.....	118
33.3.2. Bande des composantes	119
33.4. Le principe de luminance constante	119
34. Systèmes de codage compatible	122
34.1. Principe de la compatibilité	122
34.2. Les systèmes de codage	123

Chapitre 4 - Le système NTSC à 525 lignes

4.1. Modulation de la chrominance	125
4.1.1. Modulation d'amplitude à deux signaux	125
4.1.2. Démodulation synchrone	127
4.2. Composantes de chrominance	129
4.2.1. Composantes U, V, et axes de modulation	129
4.2.2. Axes privilégiés. Composantes <i>I</i> et <i>Q</i>	131
4.2.3. Hexagone des couleurs primaires	132
4.2.4. Sélection des composantes dans le signal	134
4.2.5. Bande spectrale des signaux <i>I</i> et <i>Q</i>	135
4.3. Constitution du signal composite	136
4.3.1. Signal composite. Spectre	136
4.3.2. Fréquences de ligne et de sous-porteuse	137
4.3.3. Salve de référence	137
4.3.4. Périodicité de la structure de chrominance	139
4.3.5. Suppression de la salve	139
4.3.6. Amplitude du signal de chrominance. Exemple de la mire de barre	139
4.3.7. Organisation spectrale du signal rayonné	140
4.4. Aspects du signal composite	142
4.4.1. Spectre de Fourier unidimensionnel	142

4.4.2. Spectre tridimensionnel spatiotemporel	144
4.5. Codeur et décodeur. Principes	146
4.5.1. Codeur	146
4.5.2. Décodeur	147
4.5.3. Filtrage de séparation de la luminance	150
4.5.4. Filtrage de chrominance	152
4.5.5. Démodulation. Qualité de l'oscillateur	153
4.5.6. Diaphotie $I - Q$	153
4.6. Normes M/NTSC du CCIR.....	154

Chapitre 5 - Le système PAL

5.1. Modulation de la chrominance	159
5.1.1. Composantes de chrominance	159
5.1.2. Modulation de la sous-porteuse	160
5.1.3. Salve de référence.....	161
5.1.4. Sous-porteuse de chrominance	163
5.1.5. Signal composite	165
5.2. Spectres du signal composite	166
5.2.1. Spectre de Fourier unidimensionnel	166
5.2.2. Bandes spectrales	167
5.2.3. Spectre tridimensionnel spatiotemporel	168
5.3. Codeur et Décodeur	172
5.3.1. Principe du codeur	172
5.3.2. Décodeur dit PAL simple	173
5.3.3. La ligne à retard de $64 \mu s$	174
5.3.4. Le décodeur PAL normal	176
5.3.5. Séparation des composantes $U - V$	176
5.3.6. Effet de la distorsion différentielle de phase	177
5.3.7. Séparation des spectres des signaux de luminance et de chrominance	179
5.3.7.1. Filtrage simple	179
5.3.7.2. Filtrage amélioré à deux dimensions	180
5.3.7.3. Filtrage amélioré à trois dimensions	181
5.4. Normes CCIR pour le codage PAL	182
5.4.1. Généralités.....	182
5.4.2. Tableau 2 - Systèmes B, G, H, I/PAL	183
5.4.3. Tableau 2 - Système N/PAL	185
5.4.4. Tableau 2 - Système M/PAL	185

Chapitre 6 - Le système SECAM

6.1. Principes généraux	187
6.2. Les composantes de chrominance	188
6.2.1. Choix des composantes	188
6.2.2. Traitement vidéo	188
6.3. Sous-porteuses de chrominance	191
6.3.1. Valeurs nominales	191
6.3.2. Salves de référence	192
6.4. Modulation de la chrominance	194
6.4.1. Expression du signal modulé	194
6.4.2. Déviations nominales	195
6.4.3. Précorrection haute-fréquence	196
6.4.4. Valeurs de réglage pour la couleur	198
6.5. Signal composite	199
6.5.1. Coïncidence temporelle luminance-chrominance	199
6.5.2. Identification de la séquence SECAM	199
6.5.3. Signal composite. Mire de barres	202
6.6. Spectres du signal composite	202
6.6.1. Spectre de Fourier unidimensionnel	202
6.6.2. Spectre spatiotemporel des sous-porteuses	204
6.7. Codeur et décodeur	207
6.7.1. Codeur	207
6.7.2. Codeur. Filtrage anti-diaphotie	208
6.7.3. Décodeur. Principe	210
6.7.4. Décodeur. Filtrage des composantes	210
6.7.5. Circuit de traitement-mémoire	212
6.7.6. Démodulation de fréquence	214
6.7.7. Particularités du système SECAM	214
6.8. Normes CCIR pour le codage SECAM	216
6.8.1. Généralités	216
6.8.2. Tableau 2. Système SECAM pour les systèmes B, G, H, I, K, K ₁ , L	216
6.8.3. Spécifications du système M/SECAM	219
6.8.4. Spécifications du système N/SECAM	219

Chapitre 7 - Choix nationaux des systèmes de télévision en bandes I, II, III, IV et V (1986)

Liste par pays des systèmes utilisés 222

Table des matières

2^e partie

Introduction	243
--------------------	-----

Chapitre 8 - Photométrie

8.1. Photométrie énergétique	245
8.1.1. Grandeurs associées à l'énergie rayonnée. Flux énergétique	245
8.1.2. Source ponctuelle	246
8.1.3. Source surfacique	247
8.1.4. Rayonnement suivant la loi de Lambert	249
8.1.5. Éclairement	250
8.2. Composition spectrale du rayonnement	251
8.2.1. Spectre du rayonnement	251
8.2.2. Rayonnement du corps noir	253
8.2.3. Sources étalons. Illuminants	254
8.3. Réflexion et transmission	257
8.3.1. Surfaces de discontinuité entre milieux	257
8.3.2. Filtres. Lames filtrantes	259
8.3.3. Filtres dichroïques	260
8.4. Photométrie du récepteur visuel	262
8.4.1. Domaines de sensibilité	262
8.4.2. Efficacité lumineuse photopique $V(\lambda)$	263
8.4.3. Efficacité lumineuse scotopique $V'(\lambda)$	264
8.4.4. Grandeurs et unités photométriques	264
8.4.5. Systèmes d'unités en usage	266
8.5. Rendement lumineux des rayonnements.....	266

Chapitre 9 - Colorimétrie

9.1. Bases de la colorimétrie.....	269
9.1.1. Expériences historiques	269
9.1.2. Interprétation géométrique	273

9.2. Systèmes colorimétriques RGB	273
9.2.1. Constitution du système colorimétrique	273
9.2.2. Composantes trichromatiques	274
9.2.3. Système RGB de la CIE 1931	275
9.2.4. Couleurs réelles et irréelles	276
9.2.5. Fonctions colorimétriques	277
9.2.6. Calcul des composantes trichromatiques	278
9.2.7. Luminance psychovisuelle	278
9.2.8. Plans de luminance constante	279
9.3. Diagrammes de chromaticité	281
9.3.1. Coordonnées trichromatiques	281
9.3.2. Représentation plane des teintes	281
9.3.3. Système de coordonnées trilineaires	283
9.3.4. Changement de système colorimétrique	286
9.4. Système colorimétrique XYZ	288
9.4.1. Propriétés du système XYZ de la CIE 1931	288
9.4.2. Fonctions colorimétriques \bar{x} , \bar{y} , \bar{z}	288
9.4.3. Diagramme de chromaticité x , y	290
9.4.4. Relations dans le système XYZ	291
9.5. Mélange additif des couleurs	293
9.5.1. Mélange additif dans l'espace colorimétrique	293
9.5.2. Mélange additif dans le diagramme de chromaticité	293
9.5.3. Couleurs complémentaires	296
9.5.4. Mélange de trois couleurs	296
9.5.5. Contribution des couleurs à la luminance	297

Chapitre 10 - Propriétés de la vision

10.1. Fonctionnement de la rétine	301
10.1.1. Structure de la rétine	301
10.1.2. Champ de la vision	303
10.1.3. Mouvements d'orientation	304
10.1.4. Éclairement de la rétine	305
10.2. Réponse visuelle à la luminance	306
10.2.1. Éclairement et luminance des objets	306
10.2.2. Optotypes de mesure. Fraction de Weber	307
10.2.3. Réponse de transfert	310
10.2.4. Clarté psychométrique CIE	312
10.3. Acuité visuelle en luminance	314
10.3.1. Définition de l'acuité visuelle	314
10.3.2. Acuité visuelle sur optotype de Landolt	315

10.3.3. Mire de Foucault. Relations géométriques	316
10.3.4. Acuité visuelle sur mire de Foucault	317
10.3.5. Limites de l'optique oculaire	319
10.3.6. Contraste minimal. Réponse d'ouverture	319
10.3.7. Effets de bord	321
10.3.8. Vision latérale	321
10.4. Reconnaissance des teintes	324
10.4.1. Seuil différentiel de chrominance	324
10.4.2. Ellipses de Mac Adam	324
10.4.3. Relations entre teintes et luminance	326
10.5. Acuité visuelle pour les teintes	326
10.5.1. Acuité de teinte sur mire sinusoïdale	326
10.5.2. Teinte des petites plages	329
10.5.3. Acuité visuelle sur les transitions	329
10.6. Acuité visuelle sur mire mobile	330
10.7. Papillotement	331
10.7.1. Papillotement de plage	331
10.7.2. Facteurs influençant le papillotement	332
10.7.3. Papillotement localisé	335
10.7.4. Papillotement de teinte	336

Chapitre 11 - Espaces chromatiques

11.1. Caractérisation des teintes	339
11.1.1. Palette des teintes	339
11.1.2. Couple dominante-pureté	339
11.1.3. Saturation	341
11.1.4. Teinte dominante apparente	342
11.2. Teintes particulières	343
11.2.1. Teintes habituelles	343
11.2.2. Teinte chair	343
11.2.3. Lieu du corps noir	345
11.2.4. Température de couleur	346
11.2.5. Illuminants de référence	347
11.3. Diagrammes chromatiques uniformes	347
11.3.1. Principe	347
11.3.2. Transformation UCS - 1960 en u, v	348
11.3.3. Transformation UCS - 1976 en u', v'	349
11.3.4. Diagramme indice 10, C I E 1964	350
11.3.5. Diagramme uniforme de Mac Adam	351

11.4. Espaces chromatiques	352
11.4.1. Principes	352
11.4.2. Cellules de confusion	353
11.4.3. Espace Y, x, y	353
11.4.4. Espaces approximativement uniformes	354
11.4.5. Particularités des espaces C I E	355
11.4.6. Distance entre deux couleurs	356
11.4.7. Écart de couleur	356
11.4.8. Indice de rendu des couleurs	357
11.5. Classification de Munsell	357
11.5.1. Critères de classification	357
11.5.2. Références de notation	358
11.5.3. Espace chromatique de Munsell	359
Bibliographie	361