

TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRE I LA PROPAGATION

| | | |
|------------|---|-----------|
| I.1 | LE SOLEIL | 13 |
| 1.1.1 | Les taches solaires | 13 |
| I.2 | LA PROPAGATION IONOSPHERIQUE | 16 |
| 1.2.1 | L'ionisation des hautes couches atmosphériques | 16 |
| 1.2.2 | Propriétés réfléchissantes des couches ionisées | 18 |
| 1.2.3 | Angle et fréquence critiques, FMU, « skip » | 21 |
| 1.2.4 | L'absorption ionosphérique, F.O.T. | 25 |
| 1.2.5 | Aurores boréales, traînées de météorites | 26 |
| 1.2.6 | La propagation ionosphérique des bandes allouées aux amateurs | 26 |
| 1.2.7 | Polarisation de l'onde réfléchi | 28 |
| I.3 | LA PROPAGATION TROPOSPHERIQUE | 29 |
| 1.3.1 | L'atmosphère terrestre | 29 |
| 1.3.2 | La réfraction atmosphérique | 30 |
| 1.3.3 | La recherche des inversions de température | 35 |

CHAPITRE II LES LIGNES

| | | |
|-------------|---|-----------|
| II.1 | DÉFINITIONS | 37 |
| II.2 | LA LIGNE EN ONDES PROGRESSIVES | 38 |
| II.2.1 | Impédance caractéristique | 38 |
| II.2.2 | Transport d'énergie | 38 |
| II.2.3 | Vitesse de propagation, coefficient de vélocité | 39 |
| II.2.4 | Les ondes progressives | 40 |
| II.2.5 | La ligne adaptée | 41 |
| II.3 | LA LIGNE EN ONDES STATIONNAIRES | 42 |
| II.3.1 | La ligne ouverte à une extrémité | 42 |
| II.3.2 | La ligne en court-circuit à une extrémité | 46 |
| II.3.3 | La ligne désadaptée, le ROS | 48 |
| II.3.4 | Impédance à l'entrée de la ligne, ligne $\lambda/2$, ligne $\lambda/4$ | 50 |
| II.4 | LA LIGNE RÉELLE | 53 |
| II.4.1 | Causes de pertes, décibels | 53 |
| II.4.2 | Influence du ROS | 54 |
| II.4.3 | Puissance admissible | 56 |
| II.4.4 | Réalisation par l'amateur de lignes de transmission | 57 |

| | | |
|-------------|--------------------------------------|-----------|
| II.5 | LE GUIDE D'ONDES | 60 |
| II.5.1 | Le guide d'ondes rectangulaire | 60 |
| II.5.2 | Le guide d'ondes circulaire | 62 |

CHAPITRE III GÉNÉRALITÉS SUR LES ANTENNES

| | | |
|--------------|--|-----------|
| III.1 | LE GAIN | 63 |
| III.1.1 | La directivité | 63 |
| III.1.2 | Les lobes de rayonnement | 65 |
| III.1.3 | Surface équivalente de réception | 68 |
| III.2 | LES FORMULES DU RAYONNEMENT | 69 |
| III.2.1 | Le champ électromagnétique | 69 |
| III.2.2 | La polarisation circulaire | 71 |
| III.2.3 | L'atténuation de propagation | 72 |
| III.3 | COURANTS ET TENSIONS LE LONG DU FIL D'ANTENNE | 74 |
| III.3.1 | La résonance | 74 |
| III.3.2 | La résistance de rayonnement | 76 |
| III.3.3 | Le rendement | 77 |
| III.3.4 | La sélectivité de l'antenne | 78 |
| III.4 | GROUPEMENTS D'ANTENNES | 79 |
| III.4.1 | Augmentation du gain et de la directivité | 79 |
| III.4.2 | Espace optimum | 81 |
| III.4.3 | L'impédance mutuelle | 83 |
| III.5 | L'ANTENNE EN PRÉSENCE DU SOL | 83 |
| III.5.1 | Le sol réflecteur d'ondes | 83 |
| III.5.2 | Le sol réel | 87 |
| III.5.3 | Influence sur la résistance de rayonnement | 88 |

CHAPITRE IV LES ANTENNES FILAIRES

| | | |
|-------------|---|-----------|
| IV | INTRODUCTION | 91 |
| IV.1.1 | Classement des antennes | 91 |
| IV.1.2 | Réalisation mécanique des antennes filaires | 91 |
| IV.2 | LES ANTENNES HORIZONTALES | 96 |
| IV.2.1 | Le doublet demi onde | 96 |
| IV.2.2 | L'antenne en V inversé | 100 |
| IV.2.3 | Le doublet demi onde et l'harmonique 3 | 102 |
| IV.2.4 | L'antenne Lévy | 103 |
| IV.2.5 | Le doublet demi onde et la Lévy repliés | 108 |

| | | |
|-------------|---|------------|
| IV.2.6 | L'antenne Zeppelin..... | 110 |
| IV.2.7 | Les antennes « long fil »..... | 113 |
| IV.2.8 | L'antenne Hertz | 118 |
| IV.3 | LES ANTENNES VERTICALES..... | 121 |
| IV.3.1 | Le doublet vertical | 121 |
| IV.3.2 | L'antenne ground plane (GPA)..... | 125 |
| IV.3.3 | La verticale au sol | 134 |
| IV.4 | CADRE ONDE ENTIÈRE (QUAD) ET DELTA LOOP..... | 143 |
| IV.4.1 | Cadre onde entière | 143 |
| IV.4.2 | Delta loop..... | 152 |

**CHAPITRE V
LES ANTENNES À GAIN**

| | | |
|------------|---|------------|
| V.1 | INTRODUCTION..... | 157 |
| V.2 | GAIN ET IMPÉDANCE MUTUELLE | 158 |
| V.3 | GROUPEMENTS COLINÉAIRES | 162 |
| V.4 | RÉSEAUX A RAYONNEMENT TRANSVERSAL (<i>broadside arrays</i>)..... | 169 |
| V.4.1 | Antennes verticales en phase | 176 |
| V.4.2 | L'antenne bobtail curtain | 177 |
| V.5 | RIDEAUX DE DOUBLETES DEMI-ONDE (<i>curtains</i>)..... | 183 |
| V.5.1 | L'antenne « Lazy H »..... | 186 |
| V.5.2 | Antenne X quad et carreaux Chirex..... | 190 |
| V.6 | RÉSEAUX À RAYONNEMENT LONGITUDINAL (<i>end fire arrays</i>)..... | 192 |
| V.6.1 | Principe..... | 192 |
| V.6.2 | L'antenne W8JK..... | 193 |
| V.6.3 | L'antenne Lazy quad | 198 |
| V.6.4 | L'antenne ZL spéciale | 200 |
| V.6.5 | Antennes verticales déphasées | 204 |
| V.7 | L'ANTENNE YAGI..... | 207 |
| V.7.1 | Principe..... | 207 |
| V.7.2 | L'antenne Yagi à deux éléments..... | 210 |
| V.7.3 | L'antenne Yagi à trois éléments | 216 |
| V.8 | L'ANTENNE CUBICAL QUAD | 223 |
| V.8.1 | Principe..... | 223 |
| V.8.2 | L'antenne cubical quad à deux éléments | 224 |
| V.8.3 | L'antenne cubical quad à trois éléments..... | 229 |
| V.8.4 | Réalisations pratiques..... | 230 |

| | | |
|-------|-------------------------|-----|
| V.8.5 | Quad ou Yagi ? | 233 |
| V.8.6 | Antennes dérivées | 235 |

CHAPITRE VI LES ANTENNES THF

| | | |
|-------------|---|------------|
| VI.1 | LE DOUBLET DEMI-ONDE | 237 |
| VI.1.1 | Longueur de résonance du doublet demi onde | 238 |
| VI.1.2 | Impédance au centre du doublet demi onde | 239 |
| VI.1.3 | Le doublet replié (folded dipôle, trombone) | 239 |
| VI.2 | ANTENNES VERTICALES OMNIDIRECTIVES | 243 |
| VI.2.1 | L'antenne ground plane (GPA) | 243 |
| VI.2.2 | L'antenne à jupe | 244 |
| VI.2.3 | La verticale demi onde | 246 |
| VI.2.4 | L'antenne en J | 247 |
| VI.2.5 | L'antenne coaxiale | 250 |
| VI.2.6 | L'antenne 5/8 | 251 |
| VI.2.7 | Antennes colinéaires | 253 |
| VI.3 | ANTENNES HORIZONTALES OMNIDIRECTIVES | 257 |
| VI.3.1 | L'antenne halo | 258 |
| VI.3.2 | L'antenne trèfle | 258 |
| VI.3.3 | L'antenne omni-V | 259 |
| VI.3.4 | L'antenne tourniquet (turnstile) | 260 |
| VI.4 | L'ANTENNE DIEDRE | 261 |
| VI.5 | LES RIDEAUX | 264 |
| VI.6 | L'ANTENNE HB9CV | 266 |
| VI.7 | L'ANTENNE YAGI | 269 |
| VI.7.1 | Yagi trois éléments | 269 |
| VI.7.2 | Gain et longueurs de boom | 269 |
| VI.7.3 | Dimensions des éléments | 271 |
| VI.7.4 | Espacement entre éléments | 273 |
| VI.7.5 | Mise au point | 274 |
| VI.7.6 | Directivité, mise en phase, « stacking » | 275 |
| VI.7.7 | L'antenne squelette (skelton slot) | 277 |
| VI.8 | LA CUBICAL QUAD | 279 |
| VI.8.1 | Cubical quad 2 et 3 éléments | 279 |
| VI.8.2 | Cubical quad multi-éléments | 281 |
| VI.8.3 | Double Quad | 281 |

| | | |
|-------|-------------------|-----|
| V.8.5 | Quad ou Yagi ? | 233 |
| V.8.6 | Antennes dérivées | 235 |

**CHAPITRE VI
LES ANTENNES THF**

| | | |
|-------------|---|------------|
| VI.1 | LE DOUBLET DEMI-ONDE | 237 |
| VI.1.1 | Longueur de résonance du doublet demi onde | 238 |
| VI.1.2 | Impédance au centre du doublet demi onde | 239 |
| VI.1.3 | Le doublet replié (folded dipôle, trombone) | 239 |
| VI.2 | ANTENNES VERTICALES OMNIDIRECTIVES | 243 |
| VI.2.1 | L'antenne ground plane (GPA) | 243 |
| VI.2.2 | L'antenne à jupe | 244 |
| VI.2.3 | La verticale demi onde | 246 |
| VI.2.4 | L'antenne en J | 247 |
| VI.2.5 | L'antenne coaxiale | 250 |
| VI.2.6 | L'antenne 5/8 | 251 |
| VI.2.7 | Antennes colinéaires | 253 |
| VI.3 | ANTENNES HORIZONTALES OMNIDIRECTIVES | 257 |
| VI.3.1 | L'antenne halo | 258 |
| VI.3.2 | L'antenne trèfle | 258 |
| VI.3.3 | L'antenne omni-V | 259 |
| VI.3.4 | L'antenne tourniquet (turnstile) | 260 |
| VI.4 | L'ANTENNE DIEDRE | 261 |
| VI.5 | LES RIDEAUX | 264 |
| VI.6 | L'ANTENNE HB9CV | 266 |
| VI.7 | L'ANTENNE YAGI | 269 |
| VI.7.1 | Yagi trois éléments | 269 |
| VI.7.2 | Gain et longueurs de boom | 269 |
| VI.7.3 | Dimensions des éléments | 271 |
| VI.7.4 | Espacement entre éléments | 273 |
| VI.7.5 | Mise au point | 274 |
| VI.7.6 | Directivité, mise en phase, « stacking » | 275 |
| VI.7.7 | L'antenne squelette (skelton slot) | 277 |
| VI.8 | LA CUBICAL QUAD | 279 |
| VI.8.1 | Cubical quad 2 et 3 éléments | 279 |
| VI.8.2 | Cubical quad multi-éléments | 281 |
| VI.8.3 | Double Quad | 281 |

| | | |
|--------------|---|------------|
| VI.9 | LA QUAGI | 282 |
| VI.10 | LES ANTENNES À POLARISATION CIRCULAIRE | 285 |
| VI.10.1 | Effet des croisements de polarisation | 285 |
| VI.10.2 | Intérêt de la polarisation circulaire | 286 |
| VI.10.3 | Polarisation circulaire par doublets croisés | 287 |
| VI.10.4 | Yagi croisées | 288 |
| VI.10.5 | L'antenne en hélice | 292 |
| VI.11 | LE CORNET PYRAMIDAL | 297 |
| VI.12 | LE RÉFLECTEUR PARABOLIQUE | 301 |
| VI.12.1 | Parabole et paraboloïde de révolution | 301 |
| VI.12.2 | Gain et directivité du réflecteur parabolique | 302 |
| VI.12.3 | Qualité du réflecteur | 305 |
| VI.12.4 | Éclairage du réflecteur | 305 |
| VI.12.5 | Éclairage indirect, Cassegrain | 309 |
| VI.12.6 | Réalisations pratiques | 310 |
| VI.12.7 | Éclairage offset | 311 |
| VI.13 | LES RELAIS PASSIFS | 313 |
| VI.14 | ANTENNES POUR TRAFIC SPATIAL | 315 |
| VI.14.1 | Antennes 21 et 28 MHz | 315 |
| VI.14.2 | Antennes THF | 315 |
| VI.14.3 | Trafic via la lune (E.M.E.) | 316 |

**CHAPITRE VII
ANTENNES COURTES**

| | | |
|--------------|--|------------|
| VII.1 | LE FOUET VERTICAL RACCOURCI | 317 |
| VII.1.1 | Résistance de rayonnement et rendement | 317 |
| VII.1.2 | Réactance et sélectivité | 319 |
| VII.2 | FOUET AVEC SELF À LA BASE | 321 |
| VII.2.1 | Compensation de la capacité | 321 |
| VII.2.2 | Adaptation de l'impédance | 323 |
| VII.3 | FOUET AVEC SELF AU CENTRE | 324 |
| VII.4 | FOUET AVEC CAPACITÉ AU SOMMET | 326 |
| VII.4.1 | Principe et résistance de rayonnement | 326 |
| VII.4.2 | Exemples de capacités | 327 |

| | | |
|-------|-------------------------------|-----|
| VII.5 | LE FOUET SPIRALE | 330 |
| VII.6 | LES DOUBLETS RACCOURCIS | 331 |

CHAPITRE VIII ANTENNES À LARGE BANDE ET MULTIBANDES

| | | |
|----------|---------------------------------------|-----|
| VIII.1 | ANTENNES À LARGE BANDE..... | 334 |
| VIII.1.1 | Influence du diamètre du fil..... | 334 |
| VIII.1.2 | Prismes de fils | 335 |
| VIII.1.3 | Doublets en parallèle | 335 |
| VIII.1.4 | Artifices divers | 337 |
| VIII.2 | ANTENNES MULTIBANDES SÉLECTIVES | 339 |
| VIII.2.1 | Le multidoublet | 339 |
| VIII.2.2 | Les antennes à trappes | 340 |
| VIII.2.3 | Les antennes à self | 345 |
| VIII.2.4 | La G4ZU | 347 |
| VIII.2.5 | Les jupes d'arrêt..... | 348 |
| VIII.2.6 | La G5RV..... | 349 |
| VIII.3 | L'ANTENNE DISCÔNE | 350 |
| VIII.4 | L'ANTENNE LOG-PÉRIODIQUE..... | 352 |
| VIII.4.1 | Principes..... | 352 |
| VIII.4.2 | Calcul d'une antenne | 354 |
| VIII.4.3 | Modes d'alimentation..... | 356 |
| VIII.4.4 | Log périodiques monobandes..... | 359 |
| VIII.5 | V ET RHOMBICS | 359 |
| VIII.5.1 | L'antenne en V | 359 |
| VIII.5.2 | L'antenne losange ou rhombic | 363 |

CHAPITRE IX LES ANTENNES DE RÉCEPTION

| | | |
|------|-----------------------------|-----|
| IX.1 | LE BRUIT ATMOSPHÉRIQUE..... | 369 |
| IX.2 | L'ANTENNE BEVERAGE | 369 |
| IX.3 | LE CADRE ACCORDÉ..... | 371 |

CHAPITRE X L'ADAPTATION DES IMPÉDANCES ET LES APPAREILS DE MESURE

| | | |
|-------|---|-----|
| X.1 | LES SYMÉTRISEURS (OU « BALUNS ») | 375 |
| X.1.1 | Le symétriseur 1/1 à bande étroite..... | 376 |

| | | |
|------------|---|------------|
| X.1.2 | Le symétriseur 4/1 à bande étroite | 378 |
| X.1.3 | Le symétriseur 1/1 à large bande | 378 |
| X.1.4 | Le symétriseur 4/1 à large bande | 381 |
| X.2 | CIRCUITS ADAPTATEURS D'IMPÉDANCES..... | 382 |
| X.2.1 | Le circuit en pi | 382 |
| X.2.2 | Les circuits en L..... | 383 |
| X.2.3 | Boîtes d'accord asymétrique-symétrique..... | 385 |
| X.2.4 | Boîtes d'accord asymétrique-asymétrique..... | 389 |
| X.2.5 | Ligne quart d'onde..... | 391 |
| X.3 | ADAPTATION DES IMPÉDANCES AU NIVEAU DE L'ANTENNE | 392 |
| X.3.1 | Inducto et capacimatch épingle à cheveux..... | 393 |
| X.3.2 | Le delta match | 395 |
| X.3.3 | Le T match | 397 |
| X.3.4 | Le gamma match | 398 |
| X.3.5 | L'oméga match..... | 399 |
| X.3.6 | Stubs d'accord $\lambda/4$ | 401 |
| X.4 | MESURES ET APPAREILS DE MESURE..... | 402 |
| X.4.1 | Mesure de champ et de gain..... | 402 |
| X.4.2 | Recherche des résonances au grid-dip..... | 407 |
| X.4.3 | Le ROS..... | 408 |
| X.4.4 | Impédance Mètre | 413 |

**CHAPITRE XI
CONSTRUCTION ET SÉCURITÉ**

| | | |
|-------------|--|------------|
| XI.1 | LA POUSSÉE DU VENT..... | 417 |
| XI.2 | RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX..... | 419 |
| XI.2.1 | Limites d'élasticité et de rupture | 419 |
| XI.2.2 | Moment d'une force..... | 420 |
| XI.2.3 | Moment fléchissant maximum..... | 421 |
| XI.2.4 | Point d'application des forces | 422 |
| XI.3 | PYLÔNES ET HAUBANS..... | 423 |
| XI.3.1 | Répartitions des forces le long d'un pylône..... | 423 |
| XI.3.2 | Transmissions des forces aux haubans..... | 424 |
| XI.3.3 | Transmission des forces au pylône..... | 427 |
| XI.3.4 | Ancrage des haubans | 427 |
| XI.3.5 | L'escalade d'un pylône..... | 429 |
| XI.3.6 | Cage à rotor et cage prolongée..... | 431 |

| | |
|---|-----|
| XI.4 LA Foudre | 433 |
| XI.4.1 L'éclair..... | 433 |
| XI.4.2 Limiter les risques de coup direct..... | 433 |
| XI.4.3 Limitation des dégâts en cas de coup direct..... | 435 |
| XI.4.4 Coup indirect..... | 437 |
| XI.5 THF ET BRÛLURES INTERNES | 437 |

COMPLÉMENT

| | |
|--|-----|
| VI.15 LES ANTENNES WI-FI | 439 |
| VI.15.1 Antenne Ground Plane (GPA)..... | 439 |
| VI.15.2 Antenne en J..... | 440 |
| VI.15.3 Antennes « Cantenna »..... | 440 |
| VI.15.4 La double quad..... | 442 |
| VI.15.5 Quadruples et sextuples quads..... | 443 |
| VI.15.6 La loop Yagi..... | 444 |
| VI.15.7 Le cornet pyramidal..... | 448 |
| VI.15.8 La parabole « prime focus »..... | 448 |
| VI.15.9 La parabole offset..... | 448 |
| XI.6 EFFETS NON THERMIQUES | 451 |
| XI.6.1 Conseils pour les téléphones portables..... | 452 |
| XI.6.2 Le DAS..... | 453 |

ANNEXES

| | |
|--|-----|
| I LE DROIT À L'ANTENNE POUR LES STATIONS DU SERVICE AMATEUR | 454 |
| A.I.1 Le droit à l'antenne..... | 454 |
| A.I.2 Code de l'urbanisme..... | 456 |
| A.I.3 Installations radioélectriques..... | 458 |
| II CADRE JURIDIQUE DES ANTENNES RELAIS DE TÉLÉPHONIE MOBILE | 459 |
| A.II.1 Code de l'urbanisme et de l'environnement..... | 459 |
| A.II.2 Textes publiés au journal officiel..... | 460 |
| A.II.3 Guide des relations entre opérateurs et communes..... | 465 |
| III LE DROIT À L'ANTENNE DE TÉLÉVISION | 466 |
| A.III.1 Le droit à l'antenne..... | 466 |
| A.III.2 Conditions d'application..... | 466 |
| A.III.3 Code de l'urbanisme..... | 468 |