

Table des matières

Introduction	1
Choix d'une calculatrice	5
Chapitre 1 Révision mathématique I	7
1.1 Nombres	7
1.1.1 Chiffres significatifs	7
1.1.2 Arrondis	8
1.1.3 Comparaisons de nombres	9
1.2 Opérations de base	9
1.2.1 Additions, soustractions	9
1.2.2 Multiplications, divisions	10
1.2.3 Règle des signes	11
1.3 Fractions	12
1.3.1 Définition	12
1.3.2 Simplifications	12
1.3.3 Comparaisons	13
1.4 Proportions, règle de trois	13
1.5 Puissances et racines	14
1.5.1 Carrés et racines carrées	14
1.5.2 Autres puissances et racines	15
1.6 Ordre des opérations	15
Chapitre 2 Révision mathématique II	17
2.1 Système métrique et notation scientifique	17
2.1.1 Multiples et sous-multiples	17
2.1.2 Vers les puissances de 10	18
2.1.3 Conversion directe en notation scientifique	20
2.1.4 Retour à la notation conventionnelle	20
2.1.5 Notation Ingénieur	21
2.1.6 Conversions partielles	22
2.2 Logarithmes	23
2.2.1 Logarithmes communs	23
2.2.2 Exponentielles de base 10	23
2.3 Formules	24
2.3.1 Transformation de formules	24
2.3.2 Interprétation des formules	26

Chapitre 3	Notions d'électrotechnique	27
3.1	Idéalisation	27
3.2	Structure de la matière	27
3.2.1	Atomes	27
3.2.2	Conducteurs et isolants	28
3.3	Électricité	28
3.3.1	Courant électrique	28
3.3.2	Paramètres du courant électrique	29
3.3.3	Résistance	29
3.3.4	Unités et abréviations	30
3.4	Loi d'Ohm	30
3.4.1	Sources de tension	30
3.4.2	Relation entre U , I et R	31
3.4.3	Formulation de la loi d'Ohm	32
3.5	Circuits simples	32
3.5.1	Circuits simples fermés	32
3.5.2	Chutes de tension	33
3.6	Mesures	35
3.6.1	Instruments de mesure	35
3.6.2	Voltmètres	35
3.6.3	Ampèremètres	36
3.6.4	Ohmmètres	36
Chapitre 4	Courant continu I	39
4.1	Courant continu	39
4.1.1	Sens du courant électrique	39
4.1.2	Effets du courant électrique	40
4.2	Sources de tension continue	40
4.2.1	Caractéristiques communes	40
4.2.2	Piles	42
4.2.3	Accumulateurs	42
4.2.4	Sources de tension idéales et réelles	42
4.2.5	Groupement de sources de tension	43
4.3	Groupement de résistances	44
4.3.1	Technologie des résistances	44
4.3.2	Résistances en série	45
4.3.3	Deux résistances en parallèle	45
4.3.4	Cas général de résistances en parallèle	47
4.4	Appendice. Sources de courant	50
Chapitre 5	Courant continu II	53
5.1	Facteurs affectant la résistance	53
5.1.1	Dimensions physiques	53

5.1.2 Résistivité, conductivité	54
5.1.3 Coefficient de température	55
5.2 Puissance	56
5.2.1 Définition de la puissance	56
5.2.2 Formules de puissance	57
5.2.3 Autres formes des formules de puissance	58
5.2.4 Considérations pratiques	60
5.3 Rendement	62
5.3.1 Notions de rendement, énergie et travail	62
5.3.2 Calcul du rendement	63
5.3.3 Calcul de la puissance totale	64
5.4 Transfert maximal de puissance	65
5.5 Appendice. Interprétation de graphiques	66
Chapitre 6 Circuits électriques	69
6.1 Lois de Kirchhoff	69
6.1.1 Loi des mailles	69
6.1.2 Loi des nœuds	70
6.2 Résolution de problèmes par les lois de Kirchhoff	71
6.2.1 Loi des mailles	71
6.2.2 Loi des nœuds	74
6.3 Diviseurs de tension	76
6.3.1 Diviseur simple	76
6.3.2 Diviseur avec charge	77
6.4 Instruments de mesure élémentaires	80
6.4.1 Voltmètre	80
6.4.2 Voltmètre, utilisation	82
6.4.3 Ampèremètre	83
6.5 Appendice. Théorème de Thévenin	84
Chapitre 7 Bobines, Condensateurs	89
7.1 Notions de magnétisme	89
7.1.1 Aimants et matériaux magnétiques	89
7.1.2 Électroaimants	89
7.2 Électromagnétisme	90
7.2.1 Conducteurs dans un champ magnétique	90
7.2.2 Inductance, self-induction	91
7.3 Inductances en électronique	91
7.3.1 Inductances	91
7.3.2 Combinaisons d'inductances	92
7.3.3 Facteurs affectant l'inductance	93
7.4 Condensateurs en électronique	94
7.4.1 Champ électrique	94

7.4.2 Condensateur	95
7.4.3 Charge et décharge d'un condensateur	95
7.4.4 Capacité, unité de capacité.	96
7.4.5 Quantité d'électricité, le coulomb	96
7.5 Condensateurs, étude qualitative.	97
7.5.1 Constante de temps	97
7.5.2 Constante diélectrique (ou permittivité diélectrique)	99
7.5.3 Rigidité diélectrique.	99
7.5.4 Facteurs affectant la capacité.	100
7.5.5 Technologie des condensateurs	101
7.6 Groupement de condensateurs.	102
7.6.1 Groupement en parallèle de condensateurs	102
7.6.2 Groupement en série de condensateurs	102
7.7 Appendice. Galvanomètre.	103
7.8 Appendice. Microphones et haut-parleurs.	104
Chapitre 8 Courant alternatif.	107
8.1 Introduction au courant alternatif	107
8.1.1 Tensions sinusoïdales	108
8.1.2 Caractéristiques d'une sinusoïde	110
8.2 Paramètres du courant alternatif	112
8.2.1 Valeur instantanée du courant alternatif	112
8.2.2 Relation entre grandeurs continues et alternatives	112
8.2.3 Angles, phases et temps.	114
8.2.4 Formes complexes, harmoniques.	116
8.3 Éléments simples en courant alternatif	118
8.3.1 Circuits résistifs	118
8.3.2 Circuits capacitifs	119
8.3.3 Circuits inductifs	120
8.4 Représentation vectorielle de valeurs sinusoïdales	121
Chapitre 9 Circuits LC	125
9.1 Réactance.	125
9.1.1 Réactance dans un circuit purement inductif.	125
9.1.2 Réactance dans un circuit purement capacitif	126
9.1.3 Formules, unités et symboles de la réactance	126
9.1.4 Signe d'une réactance capacitive.	127
9.2 Caractéristiques des réactances simples	128
9.2.1 Puissances active, réactive et apparente	128
9.2.2 Calcul de la puissance dans un circuit réactif	129
9.2.3 Applications des selfs et condensateurs.	130
9.3 Circuits comportant plus d'un élément	131
9.3.1 Circuit LC série	131
9.3.2 Circuit LC parallèle	133

Chapitre 10 Circuits RLC. Résonance	139
10.1 Circuits réactifs comportant une résistance	139
10.1.1 Circuit série RC	139
10.1.2 Circuit série RL	140
10.1.3 Circuit parallèle RC ou RL	141
10.1.4 Circuit série RLC	142
10.1.5 Circuit parallèle RLC	143
10.2 Résonance	144
10.2.1 $X_L = -X_C$, $U_L = -U_C$ ou $I_L = -I_C$	144
10.2.2 Circuit série à la résonance	145
10.2.3 Réponse en fréquence d'un circuit série	146
10.2.4 Circuit parallèle à la résonance	147
10.2.5 Réponse en fréquence d'un circuit parallèle	148
10.2.6 Formule pour la résonance	148
10.2.7 Terminologie et emploi des circuits résonnants	150
10.3 Appendice. Puissance dans les circuits réactifs comportant une résistance	153
Chapitre 11 Transformateurs. Décibels	155
11.1 Transformateurs	155
11.1.1 Principe du transformateur	155
11.1.2 Inductance mutuelle, couplage	155
11.1.3 Transformateur à noyau de fer	156
11.1.4 Transformateurs pour fréquences élevées	156
11.1.5 Rapport de transformation	157
11.1.6 Utilisation des transformateurs	158
11.1.7 Rapport de transformation et impédances	158
11.1.8 Formules pour les transformateurs	159
11.1.9 « Puissance » d'un transformateur	160
11.1.10 Réversibilité	161
11.2 Décibels	161
11.2.1 Rapport de puissances	162
11.2.2 Rapport de tensions	162
11.2.3 Valeurs importantes	163
11.2.4 Atténuation	164
11.2.5 Références	165
11.2.6 Comparaison de tensions	166
Chapitre 12 Circuits de filtres	169
12.1 Catégories de filtres	169
12.1.1 Courbe de réponse et bande passante	169
12.1.2 Filtre passe-bas	169
12.1.3 Filtre passe-haut	170
12.1.4 Filtre passe-bande	170

12.1.5 Filtre coupe-bande ou filtre réjecteur.	170
12.1.6 Courbe de réponse idéale.	171
12.2 Filtres apériodiques	171
12.2.1 Configurations de filtres	171
12.2.2 Filtres RC.	172
12.2.3 Filtres RL.	174
12.2.4 Fréquence de coupure d'un filtre RC, RL	174
12.2.5 Autres considérations.	175
12.2.6 Filtres composés	176
12.3 Filtres utilisant la résonance	176
12.3.1 Paramètres de la courbe de réponse.	177
12.3.2 Pertes dans les circuits oscillants, effet pelliculaire.	177
12.3.3 Facteur de qualité.	178
12.3.4 Influence du facteur de qualité.	179
12.3.5 Calcul de la bande passante	180
12.4 Circuits couplés	181
12.4.1 Méthodes de couplage	181
12.4.2 Bande passante de circuits couplés	182
12.4.3 Effets du degré de couplage.	183
12.5 Atténuation et fréquences de coupure	184
Chapitre 13 Semiconducteurs. Diodes	187
13.1 Semiconducteurs	187
13.1.1 Matériaux semiconducteurs	187
13.1.2 Semiconducteurs P et N	187
13.1.3 Jonction PN	188
13.1.4 Diode à semiconducteur.	188
13.1.5 Paramètres des diodes à semiconducteur.	189
13.1.6 Autres types de diodes	191
13.2 Applications des diodes.	192
13.2.1 Redressement simple alternance	192
13.2.2 Considérations pratiques	193
13.2.3 Redresseur double alternance	193
13.2.4 Redresseur en pont (pont de Graetz)	195
13.3 Filtrage et régulation	196
13.3.1 Filtrage par circuit LC	196
13.3.2 Régulateurs	197
13.3.3 Calculs sur les diodes et alimentations	198
Chapitre 14 Transistors	205
14.1 Le transistor.	205
14.1.1 Constitution et symboles du transistor.	205
14.1.2 Paramètres du transistor.	206
14.1.3 Polarisation du transistor	207

14.1.4 Courbes caractéristiques d'un transistor	208
14.1.5 Relation entre les courants du transistor	209
14.2 Montages à transistors	210
14.2.1 Montage en émetteur commun	210
14.2.2 Montage en base commune	214
14.2.3 Montage en collecteur commun	215
14.2.4 Récapitulation	216
14.3 Méthodes de couplage et de découplage	216
14.3.1 Entrée et sortie des signaux	216
14.3.2 Découplage	218
14.4 Gain dans le montage en émetteur commun	220
14.5 Autres méthodes de polarisation	221
14.6 Commutation	222
14.7 Applications des transistors	223
Chapitre 15 FET. Tubes électroniques. Ampli-ops.	227
15.1 FET - Transistors à effet de champ	227
15.1.1 Constitution et symboles du JFET	227
15.1.2 Fonctionnement du JFET	228
15.1.3 Transconductance, G_m	229
15.1.4 Montages à FET	229
15.1.5 Constitution et symboles des MOSFET	230
15.1.6 Conclusion	232
15.2 Tubes électroniques	232
15.2.1 Diode à vide	232
15.2.2 Fonctionnement d'une diode à vide	232
15.2.3 Triode	233
15.2.4 Autres tubes	234
15.2.5 Utilisation des tubes	234
15.3 Amplificateurs opérationnels	236
15.3.1 Réaction, contre-réaction	236
15.3.2 Amplificateur opérationnel, description	236
15.3.3 Montage inverseur	237
15.3.4 Montage non inverseur	239
15.3.5 Étage tampon ou suiveur	240
15.3.6 Montage différentiel	240
Chapitre 16 Technique numérique	243
16.1 Codes logiques	243
16.1.1 Niveaux logiques	243
16.1.2 Code simple à 4 bits	243
16.1.3 Codes principaux	244

16.1.4 Valeur des bits	245
16.1.5 Numérotation des bits	246
16.1.6 Interprétation des codes binaires	246
16.2 Formats numériques	247
16.2.1 Format parallèle	247
16.2.2 Format série	248
16.3 Fonctions logiques	249
16.3.1 Fonction <i>NOT</i> (NON)	249
16.3.2 Table de vérité	249
16.3.3 Fonction <i>OR</i> (OU)	250
16.3.4 Fonction <i>NOR</i> (NON-OU)	250
16.3.5 Fonction <i>AND</i> (ET)	251
16.3.6 Fonction <i>NAND</i> (NON-ET)	251
16.3.7 Fonctions <i>XOR</i> et <i>XNOR</i>	252
16.4 Combinaisons de fonctions	253
16.4.1 Réalisation de la fonction <i>XOR</i>	253
16.5 Logique séquentielle	254
16.5.1 Élément mémoire, bascule SR	254
16.5.2 Analyse de séquences	255
16.6 Appendice. Notation hexadécimale	256
16.6.1 Compter en hexadécimal	256
16.7 Résumé	257
Chapitre 17 Modulation	259
17.1 Fréquences	259
17.1.1 Basse fréquence	259
17.1.2 Haute fréquence	260
17.2 Modulation	260
17.2.1 Concepts généraux	260
17.2.2 Modulation d'amplitude	260
17.2.3 Modulation de fréquence	261
17.3 Caractéristiques de l'AM	262
17.3.1 Taux de modulation en AM	262
17.3.2 Spectre de modulation en AM	264
17.4 Autres formes de modulation d'amplitude	266
17.4.1 AM avec porteuse supprimée	266
17.4.2 Émission en bande latérale unique	267
17.4.3 Aspect temporel de la BLU	268
17.5 Modulation de fréquence	269
17.5.1 Indice de modulation	269
17.5.2 Spectre de la FM	270
17.5.3 Modulation de phase	271

17.6 Télégraphie	271
17.6.1 Principe de la télégraphie.	271
17.6.2 Spectre d'une émission en télégraphie.	272
17.7 Modulations numériques	272
17.7.1 <i>Amplitude Shift Keying</i> (ASK).	273
17.7.2 <i>Frequency Shift Keying</i> (FSK - AFSK).	274
17.7.3 <i>Phase Shift Keying</i> (PSK)	275
17.8 Multiplexage	276
17.8.1 <i>Time Division Multiplexing</i> (TDM).	276
17.8.2 <i>Frequency Division Multiplexing</i> (FDM - OFDM).	277
17.9 Appendice. <i>Quadrature Amplitude Modulation</i> (QAM).	277
17.10 Résumé des modulations numériques	278
Chapitre 18 Oscillateurs et modulateurs	281
18.1 Schémas blocs	281
18.2 Oscillateurs haute fréquence	282
18.2.1 Production des oscillations	282
18.2.2 Types d'oscillateurs HF	283
18.2.3 Oscillateur Armstrong, oscillateur Hartley	284
18.2.4 Oscillateur Colpitts	284
18.2.5 Oscillateurs ajustables	286
18.2.6 Oscillateurs à quartz.	286
18.2.7 Précision des quartz	289
18.3 Modulateurs.	290
18.3.1 Modulateurs AM	290
18.3.2 Télégraphie	291
18.3.3 Modulateur BLU - SSB	292
18.3.4 Modulateurs FM/PM.	294
18.3.5 Préaccentuation - désaccentuation.	295
18.4 Récapitulation	296
18.5 Appendice. Mélangeurs.	296
18.6 Appendice. Commutation par diodes	298
18.7 Résumé	299
Chapitre 19 Émetteurs	301
19.1 Éléments communs	301
19.1.1 Partie BF	301
19.1.2 Compresseurs et limiteurs	302
19.1.3 Mélangeurs (<i>Mixers</i>)	304
19.1.4 <i>Variable Frequency Oscillator</i> (VFO)	305
19.1.5 Multiplicateurs de fréquence	305
19.2 Émetteurs en AM.	306

19.3 Émetteurs de télégraphie (CW)	306
19.3.1 Émetteur de télégraphie : principe	306
19.3.2 Émetteur de télégraphie : utilisation	307
19.4 Émetteurs en BLU	308
19.4.1 Émetteur en BLU : principe	308
19.4.2 Émetteur en BLU : utilisation	309
19.4.3 Émetteur en BLU : particularités	310
19.5 Émetteurs en FM	310
19.5.1 Émetteur en FM : principe	310
19.5.2 Émetteur en FM : utilisation	311
19.5.3 Émetteur en FM : particularités	311
19.6 Synthétiseurs	311
19.6.1 <i>Phase Locked Loop</i> (PLL)	312
19.6.2 <i>Direct Digital Synthesis</i> (DDS)	314
19.7 Résumé	315
Chapitre 20 Étage final	317
20.1 Classes d'amplification	317
20.1.1 Linéarité	317
20.1.2 Classe A	319
20.1.3 Classe B	320
20.1.4 Classe C	322
20.1.5 Autres classes d'amplification	324
20.1.6 Rendement	324
20.2 Chaîne d'amplification finale	325
20.2.1 <i>Drivers</i> et PA	325
20.2.2 Filtres de sortie	326
20.2.3 Transfert de puissance	327
20.3 Puissance PEP	328
20.4 Appendice. Neutrodynage	329
20.5 Résumé	329
Chapitre 21 Récepteurs I	331
21.1 Réception	331
21.1.1 Principe de la réception	331
21.1.2 Récepteur ultra-simple	332
21.2 Partie HF	333
21.2.1 Sensibilité	333
21.2.2 Syntonisation	333
21.2.3 Sélectivité	333
21.3 Principe du superhétérodyne	334
21.3.1 Changement de fréquence	334
21.3.2 Moyenne fréquence	336

21.4	Démodulateurs	338
21.4.1	Démodulateur AM	338
21.4.2	Démodulateur BLU	339
21.4.3	Démodulateur CW	340
21.4.4	Démodulateur FM	341
21.5	Partie BF	342
21.5.1	Filtres BF	342
21.5.2	Amplificateurs BF	342
21.5.3	Autres sorties BF	342
21.6	Superhétérodyne, schéma bloc	343
21.6.1	Récepteur classique	343
21.7	Récepteur à conversion directe	344
21.8	<i>Software Defined Radio</i> (SDR)	345
21.9	Appendice. Démodulateurs FM modernes	347
21.9.1	Démodulateur FM à PLL	347
21.9.2	Démodulateur FM à quadrature	347
21.10	Résumé	349
Chapitre 22	Récepteurs II	351
22.1	Fréquence image	351
22.1.1	Qu'est-ce que la fréquence image	351
22.1.2	Circuit d'entrée	352
22.1.3	Double changement de fréquence	352
22.2	Étage d'entrée	353
22.2.1	Circuits conventionnels	354
22.2.2	Étage d'entrée performant	354
22.3	Moyenne fréquence	356
22.3.1	Filtres MF	356
22.3.2	<i>IF-shift</i>	357
22.3.3	<i>Passband tuning</i>	357
22.3.4	<i>Twin Passband Tuning</i>	358
22.3.5	Commande automatique de gain	359
22.3.6	Gain HF	360
22.3.7	Moyenne fréquence FM	360
22.4	Fonctions additionnelles	361
22.4.1	<i>Squelch</i>	361
22.4.2	S-mètre	361
22.4.3	RIT - XIT	362
22.4.4	<i>Noise blanker</i>	362
22.5	Bruit	363
22.5.1	Bruit thermique	363
22.5.2	Bruit de réception	364
22.5.3	Bruit de phase	364

22.5.4 Rapport signal/bruit	365
22.5.5 Dynamique	365
22.5.6 Taux de distorsion, SINAD	366
22.6 Modes spéciaux	366
22.6.1 Télévision analogique d'amateur (ATV)	366
22.6.2 Télévision numérique d'amateur (DATV)	367
22.6.3 Télévision à balayage lent (SSTV)	368
22.6.4 RTTY	368
22.6.5 Paquet (<i>packet</i>) AX25	368
22.6.6 PSK31	369
22.6.7 FT8 et FT4	369
22.6.8 Corrections d'erreurs	370
22.7 Appendice. Figure de bruit	371
22.8 Résumé	372
Chapitre 23 Traitement numérique du signal	373
23.1 Traitement numérique du signal	373
23.2 Échantillonnage (<i>sampling</i>)	374
23.2.1 Conversion A/D	374
23.2.2 Vitesse d'échantillonnage	374
23.2.3 Conversion D/A	376
23.2.4 Chaîne de traitement numérique	376
23.2.5 ADC (<i>Analog to Digital Converter</i>)	377
23.2.6 Référence	377
23.2.7 <i>Dithering</i>	378
23.2.8 DAC (<i>Digital to Analog Converter</i>)	379
23.3 Processeurs numériques (DSP et FPGA)	380
23.3.1 Décimation, interpolation	381
23.3.2 Convolution	381
23.3.3 Quelques cas particuliers de convolution	382
23.4 Filtres numériques	383
23.4.1 Filtres FIR	383
23.4.2 Filtres IIR	384
23.5 Transformée de Fourier, DFT, FFT	385
23.5.1 Transformée de Hilbert	386
23.5.2 Filtrage et autres fonctions	386
23.6 Modulation démodulation	386
23.6.1 Quadrature I & Q	387
23.6.2 Modulateur AM (ASK)	387
23.6.3 Modulateur SSB	388
23.6.4 Modulateur FM (PM)	388
23.6.5 Démodulateur AM (ASK)	388
23.6.6 Démodulateur SSB	389

23.6.7 Démodulateur FM (FSK)	390
23.6.8 Démodulateur PM (PSK)	390
23.7 Le <i>transceiver</i> numérique	391
23.8 Résumé	392
Chapitre 24 Lignes de transmission	393
24.1 Lignes de transmission	393
24.1.1 Lignes asymétriques	393
24.1.2 Lignes symétriques	394
24.1.3 Guides d'ondes	395
24.2 Caractéristiques des lignes	395
24.2.1 Impédance caractéristique	395
24.2.2 Réponse en fréquence	396
24.2.3 Atténuation	397
24.2.4 Vitesse	397
24.3 Applications des lignes	398
24.3.1 Terminaison	398
24.3.2 Lignes ouvertes et en court-circuit	399
24.3.3 Lignes imparfaitement terminées	400
24.3.4 ROS-mètres (réflectomètres)	402
24.3.5 Effets du ROS	403
24.3.6 <i>Automatic Level Control</i> (ALC)	403
24.4 Transformation d'impédance	404
24.4.1 Adaptation par circuit LC	404
24.4.2 Boîte d'accord (<i>antenna tuner</i>)	405
24.4.3 Transformateurs à large bande	405
24.4.4 <i>Balun</i>	406
24.4.5 Boîte d'accord, alimentation de l'antenne	407
24.5 Propriétés des segments $\lambda/4$ et $\lambda/2$	408
24.6 Appendice. Calcul de l'impédance de lignes de transmission	411
24.7 Résumé	411
Chapitre 25 Propagation	413
25.1 Ondes électromagnétiques	413
25.1.1 Polarisation	413
25.1.2 Longueur d'onde	414
25.2 Propagation par onde de sol	415
25.2.1 Onde directe ou onde de sol	415
25.2.2 Atténuation (onde directe)	415
25.3 Propagation par réflexions	416
25.3.1 Activité solaire	417
25.3.2 Troposphère	417
25.3.3 Ionosphère	418
25.3.4 Couches de l'ionosphère	418

25.3.5	Propagation par réflexions	419
25.3.6	Propagation par conduit (<i>ducting</i>) et E_s	420
25.3.7	Zone de silence	420
25.3.8	<i>Fading</i>	421
25.4	Effets de la fréquence	421
25.4.1	Ondes kilométriques (de 30 à 300 kHz)	422
25.4.2	Ondes hectométriques (de 300 kHz à 3 MHz).	422
25.4.3	Ondes décamétriques (de 3 à 30 MHz)	422
25.4.4	Ondes métriques et décimétriques (plus de 30 MHz)	423
25.4.5	Fréquence critique	424
25.4.6	<i>Maximum Usable Frequency</i> (MUF)	425
Chapitre 26	Antennes	427
26.1	Dipôle	427
26.1.1	Dimensions	427
26.1.2	Courant et tension dans un dipôle	428
26.1.3	Autres fréquences de résonance.	429
26.1.4	Dipôle replié	429
26.1.5	Dipôle demi-onde	430
26.1.6	Diagramme de rayonnement	431
26.2	Antennes multiéléments	431
26.2.1	Éléments parasites	431
26.2.2	Antenne Yagi	432
26.2.3	Gain	433
26.2.4	Puissance apparente rayonnée	433
26.2.5	Effet de sol	435
26.2.6	Polarisation	436
26.3	Antennes verticales	436
26.3.1	Du dipôle au quart d'onde	436
26.3.2	Antenne <i>ground plane</i> (GP).	437
26.3.3	Antennes raccourcies	438
26.4	Antennes multibandes	439
26.4.1	Largeur de bande	439
26.4.2	Antennes à trappes	439
26.5	Quelques antennes intéressantes	440
26.6	Adaptation d'impédances (<i>matching</i>)	442
26.6.1	Delta <i>match</i>	442
26.6.2	Gamma <i>match</i>	442
26.6.3	Q <i>match</i>	442
26.6.4	<i>Choke balun</i> , mode commun	443
26.7	Groupement d'antennes	444
26.7.1	Réseaux d'antennes	444
26.7.2	Couplage d'antennes	444
26.8	Appendice. Bilan de liaison (<i>link budget</i>).	445

Chapitre 27 Circuits intégrés, mesures et considérations finales ..	449
27.1 Circuits intégrés.	449
27.1.1 Circuits analogiques.	450
27.1.2 Circuits numériques élémentaires	453
27.1.3 Circuits numériques complexes.	453
27.1.4 <i>Personal Computer</i> (PC)	453
27.1.5 <i>MicroController Unit</i> (MCU)	454
27.2 Mesures	455
27.2.1 Multimètre ou VOM	455
27.2.2 <i>Grid-Dip</i> ou Dip-mètre	456
27.2.3 ROS-mètre	457
27.2.4 Générateur de signaux BF, HF	457
27.2.5 Wattmètre HF	457
27.2.6 Fréquencemètre	457
27.2.7 Oscilloscope.	458
27.2.8 Analyseur de spectre	459
27.2.9 Analyseur de réseaux (VNA).	461
27.3 Compatibilité électromagnétique (CEM)	461
27.3.1 Rayonnements non essentiels	461
27.3.2 Rayonnement utile	462
27.3.3 Modes de perturbation	462
27.3.4 Problèmes et solutions	463
27.3.5 Alimentations de puissance	464
27.4 Protection des personnes	464
27.4.1 Câblage électrique	464
27.4.2 Rayonnements non ionisants	465
27.4.3 Foudre	466
27.5 Appendice. Composants réels	466
27.6 Résumé	467
Chapitre 28 Révision. Problèmes d'examen ..	469
28.1 Série 1	469
28.2 Série 2	475
28.3 Série 3	480
28.4 Série 4	485
28.5 Série 5	490
28.6 Série 6	496
28.7 Série 7	502
Formulaire ..	507
Réponses aux exercices et problèmes ..	513

