

# Table des matières

<b>Introduction</b> .....	1
<b>Choix d'une calculatrice</b> .....	5

## Première Partie ÉLECTROTECHNIQUE

<b>Chapitre 1 Révision mathématique I</b> .....	9
1.1 Nombres .....	9
1.1.1 Chiffres significatifs .....	9
1.1.2 Arrondis .....	10
1.1.3 Comparaisons de nombres .....	11
1.2 Opérations de base .....	11
1.2.1 Additions, soustractions .....	11
1.2.2 Multiplications, divisions .....	12
1.2.3 Règle des signes .....	13
1.3 Fractions .....	14
1.3.1 Définition .....	14
1.3.2 Simplifications .....	14
1.3.3 Comparaisons .....	15
1.4 Proportions, règle de trois .....	15
1.5 Puissances et racines .....	16
1.5.1 Carrés et racines carrées .....	16
1.5.2 Autres puissances et racines .....	16
1.6 Ordre des opérations .....	17
<b>Chapitre 2 Révision mathématique II</b> .....	19
2.1 Système métrique et notation scientifique .....	19
2.1.1 Multiples et sous-multiples .....	19
2.1.2 Vers les puissances de 10 .....	20
2.1.3 Conversion directe en notation scientifique .....	22
2.1.4 Retour à la notation conventionnelle .....	22
2.1.5 Conversions partielles .....	24
2.1.6 Autres puissances de 10 .....	24
2.2 Logarithmes .....	25
2.2.1 Logarithmes communs .....	25
2.2.2 Antilogarithmes .....	26
2.3 Formules .....	26
2.3.1 Transformation de formules .....	27
2.3.2 Interprétation des formules .....	28

<b>Chapitre 3</b>	<b>Notions d'électrotechnique</b>	31
3.1	Idéalisation	31
3.2	Structure de la matière	31
3.2.1	Atomes	31
3.2.2	Conducteurs et isolants	32
3.3	Électricité	32
3.3.1	Courant électrique	32
3.3.2	Paramètres du courant électrique	33
3.3.3	Résistance	33
3.3.4	Unités et abréviations	34
3.4	Loi d'Ohm	34
3.4.1	Sources de tension	34
3.4.2	Relation entre $U$ , $I$ et $R$	35
3.4.3	Formulation de la loi d'Ohm	36
3.5	Circuits simples	36
3.5.1	Circuits simples fermés	36
3.5.2	Chutes de tension	37
<b>Chapitre 4</b>	<b>Courant continu I</b>	41
4.1	Mesures	41
4.1.1	Instruments de mesure	41
4.1.2	Voltmètres	42
4.1.3	Ampèremètres	42
4.1.4	Ohmmètres	42
4.2	Courant continu	43
4.2.1	Sens du courant électrique	43
4.2.2	Effets du courant électrique	43
4.3	Sources de tensions continues	44
4.3.1	Caractéristiques communes	44
4.3.2	Piles	45
4.3.3	Accumulateurs	45
4.3.4	Sources de tension idéales et réelles	46
4.3.5	Groupement de sources de tension	47
4.4	Groupement de résistances	47
4.4.1	Technologie des résistances	48
4.4.2	Résistances en série	48
4.4.3	Deux résistances en parallèle	49
4.4.4	Cas général de résistances en parallèle	50
4.5	Appendice. Sources de courant	54
<b>Chapitre 5</b>	<b>Courant continu II</b>	57
5.1	Facteurs affectant la résistance	57
5.1.1	Dimensions physiques	57
5.1.2	Résistivité	58
5.1.3	Coefficient de température	59

5.2 Puissance . . . . .	60
5.2.1 Définition de la puissance . . . . .	60
5.2.2 Formules de puissance . . . . .	60
5.2.3 Autres formes des formules de puissance . . . . .	62
5.2.4 Considérations pratiques . . . . .	63
5.3 Rendement . . . . .	65
5.3.1 Notions de rendement, travail et énergie . . . . .	65
5.3.2 Calcul du rendement . . . . .	66
5.3.3 Calcul de la puissance totale . . . . .	67
5.4 Transfert maximal de puissance . . . . .	68
<b>Chapitre 6 Circuits électriques . . . . .</b>	<b>71</b>
6.1 Lois de Kirchhoff . . . . .	71
6.1.1 Loi des mailles . . . . .	71
6.1.2 Loi des nœuds . . . . .	72
6.2 Résolution de problèmes par les lois de Kirchhoff . . . . .	73
6.2.1 Loi des mailles . . . . .	73
6.2.2 Loi des nœuds . . . . .	78
6.3 Diviseurs de tension . . . . .	79
6.3.1 Diviseur simple . . . . .	80
6.3.2 Diviseur avec charge . . . . .	80
6.4 Instruments de mesure élémentaires . . . . .	82
6.4.1 Voltmètre, fonctionnement . . . . .	82
6.4.2 Ampèremètre, fonctionnement . . . . .	85
6.5 Appendice. Théorème de Thévenin . . . . .	86
<b>Chapitre 7 Bobines, Condensateurs . . . . .</b>	<b>91</b>
7.1 Notions de magnétisme . . . . .	91
7.1.1 Aimants et matériaux magnétiques . . . . .	91
7.1.2 Électroaimants . . . . .	91
7.2 Électromagnétisme . . . . .	92
7.2.1 Conducteurs dans un champ magnétique . . . . .	92
7.2.2 Inductance, self-induction . . . . .	93
7.3 Inductances en électronique . . . . .	93
7.3.1 Inductances . . . . .	93
7.3.2 Combinaisons d'inductances . . . . .	94
7.3.3 Facteurs affectant l'inductance . . . . .	94
7.4 Condensateurs en électronique . . . . .	95
7.4.1 Champ électrique . . . . .	95
7.4.2 Condensateur . . . . .	96
7.4.3 Charge et décharge d'un condensateur . . . . .	96
7.4.4 Capacité, unité de capacité . . . . .	97
7.4.5 Quantité d'électricité, le coulomb . . . . .	98
7.5 Condensateurs, étude qualitative . . . . .	98
7.5.1 Constante de temps . . . . .	98

7.5.2	Constante diélectrique . . . . .	100
7.5.3	Rigidité diélectrique. . . . .	101
7.5.4	Facteurs affectant la capacité . . . . .	101
7.5.5	Technologie des condensateurs . . . . .	102
7.6	Groupement de condensateurs. . . . .	103
7.6.1	Groupement en parallèle de condensateurs . . . . .	103
7.6.2	Groupement en série de condensateurs . . . . .	104
7.7	Appendice. Galvanomètre. . . . .	104
7.8	Appendice. Microphones et haut-parleurs. . . . .	105
<b>Chapitre 8</b>	<b>Courant alternatif.</b> . . . . .	<b>109</b>
8.1	Introduction au courant alternatif . . . . .	109
8.1.1	Du courant continu au courant alternatif . . . . .	109
8.1.2	Tensions sinusoïdales . . . . .	110
8.1.3	Caractéristiques d'une sinusoïde . . . . .	112
8.2	Paramètres du courant alternatif . . . . .	114
8.2.1	Valeur instantanée du courant alternatif . . . . .	114
8.2.2	Relation entre grandeurs continues et alternatives . . . . .	114
8.2.3	Angles, phases et temps. . . . .	116
8.2.4	Formes complexes, harmoniques. . . . .	118
8.2.5	Valeur efficace de formes non sinusoïdales . . . . .	120
8.3	Éléments simples en courant alternatif . . . . .	120
8.3.1	Circuits résistifs . . . . .	120
8.3.2	Circuits capacitifs . . . . .	121
8.3.3	Circuits inductifs . . . . .	122
8.4	Appendice. Représentation vectorielle de valeurs sinusoïdales . . .	123
<b>Chapitre 9</b>	<b>Circuits LC</b> . . . . .	<b>127</b>
9.1	Impédance simple . . . . .	127
9.1.1	Circuit purement réactif. . . . .	127
9.1.2	Impédance dans un circuit purement inductif . . . . .	127
9.1.3	Impédance dans un circuit purement capacitif . . . . .	128
9.1.4	Formules, unités et symboles de l'impédance . . . . .	128
9.1.5	Signe d'une impédance capacitive. . . . .	129
9.2	Caractéristiques des réactances simples . . . . .	130
9.2.1	Puissances réactive, apparente et réelle . . . . .	130
9.2.2	Calcul de la puissance dans un circuit réactif . . . . .	131
9.2.3	Applications des selfs et condensateurs. . . . .	132
9.3	Circuits comportant plus d'un élément . . . . .	133
9.3.1	Circuit LC série . . . . .	133
9.3.2	Circuit LC parallèle . . . . .	135
<b>Chapitre 10</b>	<b>Circuits RLC. Résonance</b> . . . . .	<b>141</b>
10.1	Circuits réactifs comportant une résistance. . . . .	141
10.1.1	Circuit série RC . . . . .	141

10.1.2	Circuit série RL	142
10.1.3	Circuit parallèle RC ou RL	143
10.1.4	Circuit série RLC	144
10.1.5	Circuit parallèle RLC	145
10.2	Résonance	146
10.2.1	$x_L = -x_C$ , $U_L = -U_C$ ou $I_L = -I_C$	146
10.2.2	Circuit série à la résonance	147
10.2.3	Réponse en fréquence d'un circuit série	148
10.2.4	Circuit parallèle à la résonance	149
10.2.5	Réponse en fréquence d'un circuit parallèle	150
10.2.6	Formule pour la résonance	150
10.2.7	Terminologie et emploi des circuits résonnants	152
10.3	Appendice. Puissance dans les circuits réactifs comportant une résistance	156
<b>Chapitre 11</b>	<b>Transformateurs. Décibels</b>	<b>159</b>
11.1	Transformateurs	159
11.1.1	Principe du transformateur	159
11.1.2	Inductance mutuelle, couplage	159
11.1.3	Transformateur à noyau de fer	160
11.1.4	Transformateurs pour fréquences élevées	160
11.1.5	Rapport de transformation	161
11.1.6	Utilisation des transformateurs	162
11.1.7	Rapport de transformation et impédances	162
11.1.8	Formules pour les transformateurs	163
11.1.9	« Puissance » d'un transformateur	164
11.2	Décibels	165
11.2.1	Rapport de puissances	165
11.2.2	Rapport de tensions ou de courants	165
11.2.3	Valeurs importantes	166
11.2.4	Atténuation	167
11.2.5	Références	167
<b>Chapitre 12</b>	<b>Circuits de filtres</b>	<b>171</b>
12.1	Catégories de filtres	171
12.1.1	Courbe de réponse et bande passante	171
12.1.2	Filtre passe-bas	172
12.1.3	Filtre passe-haut	172
12.1.4	Filtre passe-bande	172
12.1.5	Filtre coupe-bande ou filtre réjecteur	173
12.1.6	Courbe de réponse idéale	173
12.2	Filtres apériodiques	174
12.2.1	Configurations de filtres	174
12.2.2	Filtres RC	174
12.2.3	Filtres RL	176

12.2.4	Fréquence de coupure d'un filtre RC, RL . . . . .	177
12.2.5	Autres considérations. . . . .	177
12.3	Filtres utilisant la résonance . . . . .	178
12.3.1	Paramètres de la courbe de réponse. . . . .	178
12.3.2	Pertes dans les circuits oscillants, effet pelliculaire. . . . .	179
12.3.3	Facteur de qualité. . . . .	180
12.3.4	Influence du facteur de qualité. . . . .	180
12.3.5	Calcul de la bande passante . . . . .	181
12.4	Circuits couplés . . . . .	182
12.4.1	Méthodes de couplage . . . . .	182
12.4.2	Bande passante de circuits couplés . . . . .	183
12.4.3	Effets du degré de couplage. . . . .	184
12.5	Appendice. Composants réels . . . . .	185
<b>Chapitre 13</b>	<b>Révision. Problèmes d'examen. . . . .</b>	<b>187</b>
13.1	Série 1 . . . . .	187
13.2	Série 2 . . . . .	190
13.3	Série 3 . . . . .	192
13.4	Série 4 . . . . .	194

Deuxième Partie  
RADIOTECHNIQUE

<b>Chapitre 14</b>	<b>Semiconducteurs. Diodes . . . . .</b>	<b>199</b>
14.1	Semiconducteurs . . . . .	199
14.1.1	Matériaux semiconducteurs . . . . .	199
14.1.2	Matériaux semiconducteurs P ou N. . . . .	199
14.1.3	Jonction PN . . . . .	200
14.1.4	Diode à semiconducteur. . . . .	200
14.1.5	Paramètres des diodes à semiconducteur. . . . .	201
14.1.6	Autres types de diodes . . . . .	203
14.2	Applications des diodes. . . . .	203
14.2.1	Redressement mono-alternance . . . . .	204
14.2.2	Considérations pratiques . . . . .	205
14.2.3	Redresseur double alternance . . . . .	205
14.2.4	Redresseur en pont (pont de Graetz) . . . . .	206
14.3	Filtrage et régulation . . . . .	209
14.3.1	Filtrage par circuit LC . . . . .	209
14.3.2	Régulateurs . . . . .	209
14.3.3	Calculs sur les diodes et alimentations . . . . .	210
<b>Chapitre 15</b>	<b>Transistors . . . . .</b>	<b>217</b>
15.1	Le transistor. . . . .	217
15.1.1	Qu'est-ce qu'un transistor . . . . .	217

15.1.2 Paramètres du transistor . . . . .	218
15.1.3 Polarisation du transistor . . . . .	219
15.1.4 Courbes caractéristiques d'un transistor . . . . .	220
15.1.5 Relation entre les courants du transistor . . . . .	221
15.2 Montages à transistors . . . . .	222
15.2.1 Montage en émetteur commun . . . . .	222
15.2.2 Montage en base commune . . . . .	226
15.2.3 Montage en collecteur commun . . . . .	227
15.2.4 Récapitulation . . . . .	228
15.3 Méthodes de couplage et de découplage . . . . .	228
15.3.1 Entrée et sortie des signaux . . . . .	229
15.3.2 Découplage . . . . .	230
15.4 Complément sur les transistors . . . . .	233
15.4.1 Autres méthodes de polarisation . . . . .	233
15.4.2 Commutation . . . . .	234
<b>Chapitre 16 FETs. Tubes électroniques. Ampli-ops . . . . .</b>	<b>239</b>
16.1 FETs - Transistors à effet de champ . . . . .	239
16.1.1 JFETs . . . . .	239
16.1.2 Fonctionnement du JFET . . . . .	240
16.1.3 Transconductance, $G_m$ . . . . .	241
16.1.4 Montages à FETs . . . . .	241
16.1.5 MOSFETs . . . . .	242
16.1.6 Autres types de FETs . . . . .	243
16.1.7 Conclusion . . . . .	244
16.2 Tubes électroniques . . . . .	244
16.2.1 Diode à vide . . . . .	244
16.2.2 Fonctionnement d'une diode à vide . . . . .	245
16.2.3 Triode . . . . .	245
16.2.4 Autres tubes . . . . .	246
16.2.5 Utilisation des tubes . . . . .	247
16.3 Amplificateurs opérationnels . . . . .	248
16.3.1 Montage inverseur . . . . .	249
16.3.2 Montage non inverseur . . . . .	251
16.3.3 Étage tampon ou suiveur . . . . .	252
16.3.4 Montage différentiel . . . . .	252
<b>Chapitre 17 Technique numérique . . . . .</b>	<b>257</b>
17.1 Codes logiques . . . . .	257
17.1.1 Niveaux logiques . . . . .	257
17.1.2 Code simple à 4 bits . . . . .	257
17.1.3 Codes évolués . . . . .	258
17.1.4 Valeur des bits . . . . .	259
17.1.5 Numérotation des bits . . . . .	259

17.2	Formats numériques	260
17.2.1	Format parallèle	261
17.2.2	Format série	261
17.3	Fonctions logiques	262
17.3.1	Fonction <i>NOT</i> (NON)	262
17.3.2	Table de vérité	262
17.3.3	Fonction <i>OR</i> (OU)	263
17.3.4	Fonction <i>NOR</i> (NON-OU)	264
17.3.5	Fonction <i>AND</i> (ET)	264
17.3.6	Fonction <i>NAND</i> (NON-ET)	265
17.3.7	Fonctions <i>XOR</i> et <i>XNOR</i>	265
17.4	Combinaisons de fonctions	266
17.4.1	Réalisation de la fonction <i>XOR</i>	266
17.4.2	Réalisation d'un décodeur 2 à 4 lignes	267
17.5	Logique séquentielle	268
17.5.1	Élément mémoire, bascule SR	269
17.5.2	Horloge	270
17.5.3	Microprocesseurs	270
17.6	Traitement numérique du signal	270
17.6.1	Échantillonnage ( <i>sampling</i> )	271
17.6.2	Conversion A/D	271
17.6.3	Vitesse d'échantillonnage	271
17.6.4	Conversion D/A	272
17.6.5	Processeur numérique de signaux (DSP)	273
17.6.6	Chaîne de traitement numérique	273
17.6.7	Algorithmes de traitement du signal	274
17.7	Conclusion	275
<b>Chapitre 18</b>	<b>Modulation</b>	<b>277</b>
18.1	Basse et haute fréquences	277
18.1.1	Basse fréquence	277
18.1.2	Haute fréquence	277
18.2	Modulation	278
18.2.1	Concepts généraux	278
18.2.2	Modulation d'amplitude	278
18.2.3	Modulation de fréquence	279
18.3	Caractéristiques de l'AM	280
18.3.1	Taux de modulation en AM	280
18.3.2	Spectre de modulation en AM	281
18.4	Autres formes de modulation d'amplitude	283
18.4.1	AM avec porteuse supprimée	283
18.4.2	Émission en bande latérale unique	284
18.4.3	Aspect temporel de la BLU	286

18.5	Modulation de fréquence . . . . .	286
18.5.1	Indice de modulation . . . . .	287
18.5.2	Spectre de la FM . . . . .	287
18.5.3	Modulation de phase . . . . .	288
18.6	Télégraphie . . . . .	288
18.6.1	Principe de la télégraphie . . . . .	288
18.6.2	Spectre d'une émission en télégraphie . . . . .	289
18.7	Télévision analogique . . . . .	290
18.8	Modulations numériques . . . . .	290
18.8.1	<i>Amplitude Shift Keying</i> (ASK) . . . . .	291
18.8.2	<i>Frequency Shift Keying</i> (FSK) . . . . .	291
18.8.3	<i>Phase Shift Keying</i> (PSK) . . . . .	293
18.9	<i>Multiplexing</i> . . . . .	293
18.9.1	<i>Time Division Multiplexing</i> (TDM) . . . . .	293
18.9.2	<i>Frequency Division Multiplexing</i> (FDM) . . . . .	293
18.10	Codes de classification des émissions . . . . .	293
18.11	Appendice. <i>Quadrature Amplitude Modulation</i> (QAM) . . . . .	294
18.12	Récapitulation . . . . .	296
<b>Chapitre 19</b>	<b>Oscillateurs et modulateurs . . . . .</b>	<b>299</b>
19.1	Schémas blocs . . . . .	299
19.2	Oscillateurs haute fréquence . . . . .	300
19.2.1	Production des oscillations . . . . .	300
19.2.2	Types d'oscillateurs HF . . . . .	301
19.2.3	Oscillateur Armstrong, Oscillateur Hartley . . . . .	302
19.2.4	Oscillateur Colpitts . . . . .	303
19.2.5	Oscillateurs ajustables . . . . .	304
19.2.6	Oscillateurs à quartz . . . . .	305
19.2.7	Précision des quartz . . . . .	307
19.3	Modulateurs . . . . .	308
19.3.1	AM . . . . .	308
19.3.2	Télégraphie . . . . .	310
19.3.3	BLU - SSB . . . . .	311
19.3.4	FM . . . . .	312
19.4	Appendice. Mélangeurs . . . . .	313
19.5	Résumé . . . . .	315
<b>Chapitre 20</b>	<b>Émetteurs . . . . .</b>	<b>317</b>
20.1	Éléments communs . . . . .	317
20.1.1	Partie BF . . . . .	317
20.1.2	Compresseurs et limiteurs . . . . .	318
20.1.3	Mélangeurs (Mixers) . . . . .	320
20.1.4	VFO . . . . .	320
20.1.5	Multiplicateurs de fréquence . . . . .	321
20.2	Émetteurs en AM . . . . .	322

20.3 Émetteurs de télégraphie (CW) . . . . .	322
20.3.1 Émetteur de télégraphie : principe . . . . .	322
20.3.2 Émetteur de télégraphie : utilisation . . . . .	323
20.4 Émetteurs en BLU . . . . .	323
20.4.1 Émetteur en BLU : principe . . . . .	323
20.4.2 Émetteur en BLU : utilisation . . . . .	325
20.4.3 Émetteur en BLU : particularités . . . . .	325
20.5 Émetteurs en FM . . . . .	326
20.5.1 Émetteur en FM : principe . . . . .	326
20.5.2 Émetteur en FM : utilisation . . . . .	326
20.5.3 Émetteur en FM : particularités . . . . .	327
20.6 Appendice. Synthétiseurs . . . . .	327
20.6.1 <i>Phase Locked Loop</i> (PLL) . . . . .	327
20.6.2 <i>Direct Digital Synthesis</i> (DDS) . . . . .	330
20.7 Résumé . . . . .	332
<b>Chapitre 21 Étage final . . . . .</b>	<b>333</b>
21.1 Classes d'amplification . . . . .	333
21.1.1 Linéarité . . . . .	333
21.1.2 Classe A . . . . .	335
21.1.3 Classe B . . . . .	336
21.1.4 Classe C . . . . .	338
21.1.5 Autres classes d'amplification . . . . .	340
21.1.6 Rendement . . . . .	340
21.2 Puissance PEP . . . . .	341
21.3 Chaîne d'amplification finale . . . . .	342
21.3.1 <i>Drivers</i> . . . . .	342
21.3.2 Filtres de sortie . . . . .	342
21.3.3 Transfert de puissance . . . . .	344
21.4 Appendice. Neutrodynage . . . . .	345
21.5 Résumé . . . . .	345
<b>Chapitre 22 Récepteurs I . . . . .</b>	<b>347</b>
22.1 Réception . . . . .	347
22.1.1 Principe de la réception . . . . .	347
22.1.2 Récepteur ultra-simple . . . . .	348
22.2 Partie HF . . . . .	349
22.2.1 Sensibilité . . . . .	349
22.2.2 Syntonisation . . . . .	349
22.2.3 Sélectivité . . . . .	349
22.3 Principe du superhétérodyne . . . . .	350
22.3.1 Changement de fréquence . . . . .	350
22.3.2 Moyenne fréquence . . . . .	352
22.4 Démodulateurs . . . . .	354
22.4.1 Démodulateur AM . . . . .	354

22.4.2	Démodulateur BLU	355
22.4.3	Démodulateur CW	357
22.4.4	Démodulateur FM	357
22.5	Partie BF	359
22.5.1	Filtres BF	359
22.5.2	Amplificateurs BF	359
22.5.3	Autres sorties BF	359
22.6	Superhétérodyne, schéma bloc	360
22.6.1	Récepteur classique	360
22.7	Récepteur à conversion directe	361
22.8	<i>Software Defined Radio</i> (SDR)	362
22.9	Appendice. Démodulateur FM à quadrature	364
22.10	Résumé	365
<b>Chapitre 23</b>	<b>Récepteurs II</b>	<b>367</b>
23.1	Fréquence image	367
23.1.1	Qu'est-ce que la fréquence image	367
23.1.2	Circuit d'entrée	368
23.1.3	Double changement de fréquence	368
23.2	Étage d'entrée	370
23.2.1	Circuits conventionnels	370
23.2.2	Étage d'entrée performant	370
23.3	Moyenne fréquence	372
23.3.1	Filtres MF	372
23.3.2	<i>IF-shift</i>	373
23.3.3	<i>Band-pass tuning</i>	373
23.3.4	Commande automatique de gain	374
23.3.5	Gain HF	375
23.3.6	Moyenne fréquence FM	376
23.4	Fonctions additionnelles	376
23.4.1	<i>Squelch</i>	376
23.4.2	S-mètre	377
23.4.3	RIT - XIT	377
23.4.4	<i>Noise blanker</i>	378
23.5	Bruit	378
23.5.1	Bruit thermique	378
23.5.2	Bruit de réception	378
23.5.3	Bruit de phase	379
23.5.4	Rapport signal/bruit	379
23.5.5	Dynamique	380
23.5.6	Taux de distorsion, SINAD	380
23.6	Modes spéciaux	381
23.6.1	Télévision d'amateur analogique - ATV	381
23.6.2	Télévision d'amateur numérique - DATV	382

23.6.3	Télévision à balayage lent - SSTV	382
23.6.4	RTTY	383
23.6.5	Paquet ( <i>packet</i> ) AX25	383
23.6.6	PSK31	384
23.6.7	FT8	384
23.6.8	Corrections d'erreurs	384
23.7	Appendice. Figure de bruit	385
23.8	Appendice. Commutation par diodes	386
<b>Chapitre 24</b>	<b>Lignes de transmission</b>	<b>387</b>
24.1	Lignes de transmission	387
24.1.1	Lignes asymétriques	387
24.1.2	Lignes symétriques	388
24.1.3	Guides d'ondes	389
24.2	Caractéristiques des lignes	389
24.2.1	Impédance caractéristique	389
24.2.2	Atténuation	391
24.2.3	Vélocité	391
24.3	Applications des lignes	392
24.3.1	Terminaison	392
24.3.2	Lignes ouvertes et en court-circuit	393
24.3.3	Lignes imparfaitement terminées	394
24.3.4	ROS-mètres	395
24.3.5	Effets du ROS	396
24.3.6	<i>Automatic Level Control</i> - ALC	397
24.4	Transformation d'impédance	397
24.4.1	Transformateurs à large bande	397
24.4.2	<i>Balun</i>	398
24.4.3	Adaptation d'impédances	399
24.4.4	Boîtes d'accord	399
24.5	Appendice. Propriétés des segments $\lambda/4$ et $\lambda/2$	400
<b>Chapitre 25</b>	<b>Propagation</b>	<b>405</b>
25.1	Ondes électromagnétiques	405
25.1.1	Polarisation	405
25.1.2	Longueur d'onde	406
25.2	Propagation par onde de sol	407
25.2.1	Onde directe ou onde de sol	407
25.2.2	Atténuation	407
25.3	Propagation par réflexions	408
25.3.1	Activité solaire	408
25.3.2	Troposphère	409
25.3.3	Ionosphère	409
25.3.4	Couches de l'ionosphère	410
25.3.5	Propagation par réflexions	411

25.3.6 Propagation par conduit ( <i>ducting</i> ) et $E_s$ . . . . .	411
25.3.7 Zone de silence . . . . .	412
25.3.8 <i>Fading</i> . . . . .	413
25.4 Effets de la fréquence . . . . .	413
25.4.1 Ondes kilométriques (de 30 à 300 kHz) . . . . .	413
25.4.2 Ondes hectométriques (de 300 kHz à 3 MHz) . . . . .	413
25.4.3 Ondes décamétriques (de 3 à 30 MHz) . . . . .	414
25.4.4 Ondes métriques et décimétriques (plus de 30 MHz) . . . . .	415
25.4.5 <i>Maximum Usable Frequency</i> (MUF) . . . . .	416
<b>Chapitre 26 Antennes</b> . . . . .	419
26.1 Dipôle . . . . .	419
26.1.1 Dimensions . . . . .	419
26.1.2 Courant et tension dans un dipôle . . . . .	420
26.1.3 Autres fréquences de résonance . . . . .	421
26.1.4 Dipôle replié . . . . .	421
26.1.5 Dipôle demi-onde . . . . .	422
26.1.6 Diagramme de rayonnement . . . . .	423
26.2 Antennes multiéléments . . . . .	423
26.2.1 Éléments parasites . . . . .	423
26.2.2 Antenne Yagi . . . . .	424
26.2.3 Gain . . . . .	425
26.2.4 Puissance apparente rayonnée . . . . .	425
26.2.5 Effet de sol . . . . .	427
26.2.6 Polarisation . . . . .	427
26.3 Antennes verticales . . . . .	428
26.3.1 Du dipôle au quart d'onde . . . . .	428
26.3.2 Antenne <i>ground plane</i> (GP) . . . . .	428
26.3.3 Antennes raccourcies . . . . .	429
26.4 Antennes multibandes . . . . .	430
26.4.1 Largeur de bande . . . . .	430
26.4.2 Antennes à trappes . . . . .	431
26.5 Quelques antennes particulières . . . . .	431
26.6 Adaptation d'impédances ( <i>matching</i> ) . . . . .	433
26.6.1 <i>Delta match</i> . . . . .	433
26.6.2 <i>Gamma match</i> . . . . .	434
26.6.3 <i>Q match</i> . . . . .	434
26.7 Groupement d'antennes . . . . .	434
26.7.1 Réseaux d'antennes . . . . .	435
26.7.2 Couplage d'antennes . . . . .	435
<b>Chapitre 27 Circuits intégrés, mesures et considérations finales</b> . . . . .	439
27.1 Circuits intégrés . . . . .	439
27.1.1 Circuits analogiques . . . . .	440
27.1.2 Circuits numériques élémentaires . . . . .	443

27.1.3 Circuits numériques complexes . . . . .	443
27.1.4 PC ( <i>Personal Computer</i> ) . . . . .	443
27.1.5 MCU ( <i>MicroController Unit</i> ) . . . . .	444
27.2 Mesures . . . . .	445
27.2.1 Multimètre ou VOM . . . . .	445
27.2.2 <i>Grid-Dip</i> ou Dip-mètre . . . . .	446
27.2.3 ROS-mètre . . . . .	447
27.2.4 Générateur de signaux BF, HF . . . . .	447
27.2.5 Fréquencemètre . . . . .	447
27.2.6 Oscilloscope . . . . .	448
27.2.7 Analyseur de spectre . . . . .	448
27.2.8 Analyseur de réseaux (VNA) . . . . .	450
27.3 Compatibilité électromagnétique (CEM) . . . . .	450
27.3.1 Rayonnements non essentiels . . . . .	450
27.3.2 Rayonnement utile . . . . .	451
27.3.3 Problèmes et solutions . . . . .	451
27.4 Protection des personnes . . . . .	452
27.4.1 Câblage électrique . . . . .	452
27.4.2 Rayonnements non ionisants . . . . .	453
27.4.3 Foudre . . . . .	453
27.5 Résumé . . . . .	454
<b>Chapitre 28 Révision. Problèmes d'examen.</b> . . . . .	<b>455</b>
28.1 Série 1 . . . . .	455
28.2 Série 2 . . . . .	461
28.3 Série 3 . . . . .	466
28.4 Série 4 . . . . .	471
28.5 Série 5 . . . . .	476
28.6 Série 6 . . . . .	482
28.7 Série 7 . . . . .	487
<b>Réponses aux exercices et problèmes.</b> . . . . .	<b>493</b>
Première partie : ÉLECTROTECHNIQUE.	
Chapitre 1 . . . . .	493
Chapitre 2 . . . . .	494
Chapitre 3 . . . . .	495
Chapitre 4 . . . . .	496
Chapitre 5 . . . . .	497
Chapitre 6 . . . . .	498
Chapitre 7 . . . . .	499
Chapitre 8 . . . . .	499
Chapitre 9 . . . . .	500
Chapitre 10 . . . . .	500
Chapitre 11 . . . . .	501

Chapitre 12 .....	502
Chapitre 13 .....	503
Série 1 .....	503
Série 2 .....	504
Série 3 .....	505
Série 4 .....	506
<b>Réponses aux exercices et problèmes.</b> .....	<b>507</b>
Deuxième partie : RADIOTECHNIQUE.	
Chapitre 14 .....	507
Chapitre 15 .....	508
Chapitre 16 .....	509
Chapitre 17 .....	509
Chapitre 18 .....	510
Chapitre 24 .....	510
Chapitre 25 .....	510
Chapitre 26 .....	511
Chapitre 28 .....	512
Série 1 .....	512
Série 2 .....	513
Série 3 .....	513
Série 4 .....	514
Série 5 .....	515
Série 6 .....	516
Série 7 .....	517
<b>Formulaire</b> .....	<b>519</b>
<b>Licence débutant (novice)</b> .....	<b>525</b>
<b>Index des mots cités</b> .....	<b>527</b>

