

Table des matières

Introduction	1
Choix d'une calculatrice	5

Première Partie ÉLECTROTECHNIQUE

Chapitre 1 Révision mathématique I	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	17
1.6 Ordre des opérations	17
Chapitre 2 Révision mathématique II	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	25
2.2.2 Antilogarithmes	26

2.3 Formules	27
2.3.1 Transformations de formules	27
2.3.2 Interprétation des formules	28
Chapitre 3 Notions d'électrotechnique	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
Chapitre 4 Courant continu I	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	46
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	55

Chapitre 5 Courant continu II	59
5.1 Facteurs affectant la résistance	59
5.1.1 Dimensions physiques	59
5.1.2 Résistivité	60
5.1.3 Coefficient de température	61
5.2 Puissance	62
5.2.1 Définition de la puissance	62
5.2.2 Formules de puissance	62
5.2.3 Autres formes des formules de puissance	64
5.2.4 Considérations pratiques	65
5.3 Rendement	67
5.3.1 Notions de rendement, travail et énergie	67
5.3.2 Calcul du rendement	68
5.3.3 Calcul de la puissance totale	69
5.4 Transfert maximal de puissance	70
Chapitre 6 Circuits électriques	73
6.1 Lois de Kirchhoff	73
6.1.1 Loi des mailles	73
6.1.2 Loi des nœuds	74
6.2 Résolution de problèmes par les lois de Kirchhoff	75
6.2.1 Loi des mailles	75
6.2.2 Loi des nœuds	80
6.3 Diviseurs de tension	81
6.3.1 Diviseur simple	82
6.3.2 Diviseur avec charge	82
6.4 Instruments de mesure élémentaires	84
6.4.1 Voltmètre, fonctionnement	84
6.4.2 Ampèremètre, fonctionnement	87
6.5 Appendice. Théorème de Thévenin	88
Chapitre 7 Bobines, Condensateurs	93
7.1 Notions de magnétisme	93
7.1.1 Aimants et matériaux magnétiques	93
7.1.2 Electroaimants	94
7.2 Électromagnétisme	94
7.2.1 Conducteurs dans un champ magnétique	94
7.2.2 Inductance, self-induction	95
7.3 Inductances en électronique	96
7.3.1 Inductances	96
7.3.2 Combinaisons d'inductances	96
7.3.3 Facteurs affectant l'inductance	97

7.4	Condensateurs en électronique	98
7.4.1	Champ électrique	98
7.4.2	Condensateur	98
7.4.3	Charge et décharge d'un condensateur	99
7.4.4	Capacité, unité de capacité.	100
7.4.5	Quantité d'électricité, le coulomb	100
7.5	Condensateurs, étude qualitative.	101
7.5.1	Constante de temps	101
7.5.2	Constante diélectrique	103
7.5.3	Rigidité diélectrique.	103
7.5.4	Facteurs affectant la capacité.	104
7.5.5	Technologie des condensateurs	105
7.6	Groupement de condensateurs.	106
7.6.1	Groupement en parallèle de condensateurs	106
7.6.2	Groupement en série de condensateurs	106
7.7	Appendice. Galvanomètre.	107
7.8	Appendice. Microphones et haut-parleurs.	108
Chapitre 9	Circuits LC	113
9.1	Impédance simple	113
9.1.1	Circuit purement réactif.	113
9.1.2	Impédance dans un circuit purement inductif	113
9.1.3	Impédance dans un circuit purement capacitif	114
9.1.4	Formules, unités et symboles de l'impédance	114
9.1.5	Signe d'une impédance capacitive.	115
9.2	Caractéristiques des réactances simples	116
9.2.1	Puissances réactive, apparente et réelle.	116
9.2.2	Calcul de la puissance dans un circuit réactif	117
9.2.3	Applications des selfs et condensateurs.	118
9.3	Circuits comportant plus d'un élément	119
9.3.1	Circuit LC série	119
9.3.2	Circuit LC parallèle	122
Chapitre 8	Courant alternatif	127
8.1	Introduction au courant alternatif	127
8.1.1	Du courant continu au courant alternatif	127
8.1.2	Tensions sinusoïdales	128
8.1.3	Caractéristiques d'une sinusoïde	130
8.2	Paramètres du courant alternatif	132
8.2.1	Valeur instantanée du courant alternatif	132
8.2.2	Relation entre grandeurs continues et alternatives	132
8.2.3	Angles, phases et temps.	134
8.2.4	Formes complexes, harmoniques.	136
8.2.5	Valeur efficace de formes non sinusoïdales	137

8.3	Éléments simples en courant alternatif	138
8.3.1	Circuits résistifs	138
8.3.2	Circuits capacitifs	139
8.3.3	Circuits inductifs	140
8.4	Appendice. Représentation vectorielle de valeurs sinusoïdales . . .	141
Chapitre 10	Circuits RLC. Résonance	145
10.1	Circuits réactifs comportant une résistance	145
10.1.1	Circuit série RC	145
10.1.2	Circuit série RL	146
10.1.3	Circuit parallèle RC ou RL	147
10.1.4	Circuit série RLC	148
10.1.5	Circuit parallèle RLC	149
10.2	Résonance	150
10.2.1	$x_L = -x_C$, $U_L = -U_C$ ou $I_L = -I_C$	150
10.2.2	Circuit série à la résonance	151
10.2.3	Réponse en fréquence d'un circuit série	152
10.2.4	Circuit parallèle à la résonance	153
10.2.5	Réponse en fréquence d'un circuit parallèle	154
10.2.6	Formule pour la résonance	154
10.2.7	Terminologie et emploi des circuits résonnants	156
10.3	Appendice. Puissance dans les circuits réactifs comportant une résistance	160
Chapitre 11	Transformateurs. Décibels	163
11.1	Transformateurs	163
11.1.1	Principe du transformateur	163
11.1.2	Inductance mutuelle, couplage	163
11.1.3	Transformateur à noyau de fer	164
11.1.4	Transformateurs pour fréquences élevées	164
11.1.5	Rapport de transformation	165
11.1.6	Utilisation des transformateurs	166
11.1.7	Rapport de transformation et impédances	166
11.1.8	Formules pour les transformateurs	167
11.1.9	« Puissance » d'un transformateur	168
11.2	Décibels	169
11.2.1	Rapport de puissances	169
11.2.2	Rapport de tensions ou de courants	169
11.2.3	Valeurs importantes	170
11.2.4	Atténuation	171
11.2.5	Références	171

Chapitre 12 Circuits de filtres	175
12.1 Catégories de filtres	175
12.1.1 Courbe de réponse et bande passante	175
12.1.2 Filtre passe-bas	176
12.1.3 Filtre passe-haut	176
12.1.4 Filtre passe-bande	176
12.1.5 Filtre coupe-bande ou filtre réjecteur	177
12.1.6 Courbe de réponse idéale	177
12.2 Filtres apériodiques	178
12.2.1 Configurations de filtres	178
12.2.2 Filtres RC	178
12.2.3 Filtres RL	180
12.2.4 Fréquence de coupure d'un filtre RC	181
12.2.5 Autres filtres apériodiques	181
12.3 Filtres utilisant la résonance	182
12.3.1 Paramètres de la courbe de réponse	182
12.3.2 Pertes dans les circuits oscillants, effet pelliculaire	183
12.3.3 Facteur de qualité	184
12.3.4 Influence du facteur de qualité	184
12.3.5 Calcul de la bande passante	185
12.4 Circuits couplés	186
12.4.1 Méthodes de couplage	186
12.4.2 Bande passante de circuits couplés	187
12.4.3 Effets du degré de couplage	188
12.5 Appendice. Composants passifs réels	189
Chapitre 13 Révision. Problèmes d'examen	191
13.1 Série 1	191
13.2 Série 2	194
13.3 Série 3	196
13.4 Série 4	198

Deuxième Partie
RADIOTECHNIQUE

Chapitre 14 Semiconducteurs. Diodes	203
14.1 Semiconducteurs	203
14.1.1 Matériaux semiconducteurs	203
14.1.2 Matériaux semiconducteurs P ou N	204
14.1.3 Jonction PN	205
14.1.4 Diode à semiconducteur	206
14.1.5 Paramètres des diodes à semiconducteur	206
14.1.6 Autres types de diodes	208

14.2 Applications des diodes	209
14.2.1 Redressement mono-alternance	209
14.2.2 Considérations pratiques	210
14.2.3 Redresseur double alternance	211
14.2.4 Redresseur en pont (pont de Graetz)	212
14.3 Filtrage et régulation	214
14.3.1 Filtrage par circuit LC	214
14.3.2 Régulateurs	215
14.3.3 Calculs sur les diodes et alimentations	216
Chapitre 15 Transistors	223
15.1 Transistor	223
15.1.1 Qu'est-ce qu'un transistor	223
15.1.2 Paramètres du transistor	224
15.1.3 Polarisation du transistor	225
15.1.4 Courbes caractéristiques d'un transistor	226
15.1.5 Relation entre les courants du transistor	227
15.2 Montages à transistors	228
15.2.1 Montage en émetteur commun	228
15.2.2 Montage en base commune	232
15.2.3 Montage en collecteur commun	233
15.2.4 Récapitulation	234
15.3 Méthodes de couplage et de découplage	234
15.3.1 Entrée et sortie des signaux	235
15.3.2 Découplage	236
15.4 Remarques sur les transistors	239
15.4.1 Autres méthodes de polarisation	239
15.4.2 Commutation	240
Chapitre 16 FETs. Tubes électroniques. Ampli-ops	245
16.1 FETs - Transistors à effet de champ	245
16.1.1 JFETs	245
16.1.2 Fonctionnement du JFET	246
16.1.3 Courbes caractéristiques d'un FET	247
16.1.4 Transconductance, G_m	247
16.1.5 Montages à FETs	248
16.1.6 MOSFETs	249
16.1.7 Autres types de FETs	250
16.1.8 Conclusion	250
16.2 Tubes électroniques	251
16.2.1 Diode à vide	251
16.2.2 Fonctionnement d'une diode à vide	252
16.2.3 Triode	252

16.2.4	Autres tubes	253
16.2.5	Utilisation des tubes	254
16.3	Amplificateurs opérationnels	256
16.3.1	Montage inverseur	257
16.3.2	Montage non-inverseur	258
16.3.3	Étage tampon ou suiveur	259
16.3.4	Montage différentiel	259
Chapitre 17	Technique numérique	263
17.1	Codes logiques	263
17.1.1	Niveaux logiques	263
17.1.2	Code simple à 4 bits	263
17.1.3	Codes évolués	264
17.1.4	Valeur des bits	265
17.1.5	Numérotation des bits	265
17.2	Formats numériques	266
17.2.1	Format parallèle	267
17.2.2	Format série	267
17.3	Fonctions logiques	268
17.3.1	Fonction <i>NOT</i> (NON)	268
17.3.2	Table de vérité	268
17.3.3	Fonction <i>OR</i> (OU)	269
17.3.4	Fonction <i>NOR</i> (NON-OU)	270
17.3.5	Fonction <i>AND</i> (ET)	270
17.3.6	Fonction <i>NAND</i> (NON-ET)	271
17.3.7	Fonctions <i>XOR</i> et <i>XNOR</i>	271
17.4	Combinaisons de fonctions	272
17.4.1	Réalisation de la fonction <i>XOR</i>	272
17.4.2	Réalisation d'un décodeur 2 à 4 lignes	273
17.5	Logique séquentielle	274
17.5.1	Élément mémoire, bascule SR	275
17.5.2	Horloge	276
17.5.3	Microprocesseurs	276
17.6	Traitement numérique du signal	276
17.6.1	Échantillonnage (<i>sampling</i>)	277
17.6.2	Conversion A/D	277
17.6.3	Vitesse d'échantillonnage	277
17.6.4	Conversion D/A	278
17.6.5	Processeur numérique de signaux (DSP)	279
17.6.6	Chaîne de traitement numérique	279
17.6.7	Algorithmes de traitement du signal	280
17.7	Conclusion	281

Chapitre 18 Modulation	283
18.1 Basse et haute fréquences	283
18.1.1 Basse fréquence	283
18.1.2 Haute fréquence	283
18.2 Modulation	284
18.2.1 Concepts généraux	284
18.2.2 Modulation d'amplitude	284
18.2.3 Modulation de fréquence	285
18.3 Caractéristiques de l'AM	286
18.3.1 Taux de modulation en AM	286
18.3.2 Spectre de modulation en AM	287
18.4 Autres formes de modulation d'amplitude	289
18.4.1 AM avec porteuse supprimée	289
18.4.2 Émission en bande latérale unique	290
18.4.3 Aspect temporel de la BLU	292
18.5 Modulation de fréquence	292
18.5.1 Indice de modulation	293
18.5.2 Spectre de la FM	294
18.5.3 Modulation de phase	294
18.6 Télégraphie	295
18.6.1 Principe de la télégraphie	295
18.6.2 Spectre d'une émission en télégraphie	295
18.7 Télévision analogique	296
18.8 Modulations numériques	296
18.8.1 <i>Amplitude Shift Keying</i> (ASK)	297
18.8.2 <i>Frequency Shift Keying</i> (FSK)	297
18.8.3 <i>Phase Shift Keying</i> (PSK)	298
18.9 <i>Multiplexing</i>	299
18.9.1 <i>Time Division Multiplexing</i> (TDM)	299
18.9.2 <i>Frequency Division Multiplexing</i> (FDM)	299
18.10 Codes de classification des émissions	299
18.11 Récapitulation	301
18.12 Appendice. <i>Quadrature Amplitude Modulation</i> (QAM)	301
Chapitre 19 Oscillateurs et modulateurs	305
19.1 Schémas blocs	305
19.2 Oscillateurs haute fréquence	306
19.2.1 Fonction des oscillateurs HF	306
19.2.2 Production des oscillations	306
19.2.3 Types d'oscillateurs HF	307
19.2.4 Oscillateur Armstrong, Oscillateur Hartley	308

19.2.5	Oscillateur Colpitts	309
19.2.6	Oscillateurs ajustables	310
19.2.7	Oscillateurs à quartz	311
19.2.8	Précision des quartz	313
19.3	Modulateurs	314
19.3.1	AM	314
19.3.2	Télégraphie	316
19.3.3	BLU - SSB	317
19.3.4	FM	318
19.4	Résumé	320
Chapitre 20	Émetteurs	321
20.1	Éléments communs	321
20.1.1	Partie BF	321
20.1.2	Compresseurs et limiteurs	322
20.1.3	Mélangeurs (<i>Mixers</i>)	324
20.1.4	VFO	324
20.1.5	Multiplicateurs de fréquence	325
20.2	Émetteurs AM	326
20.3	Émetteurs de télégraphie (CW)	326
20.3.1	Principe	326
20.3.2	Utilisation	326
20.4	Émetteurs en BLU	327
20.4.1	Principe	327
20.4.2	Utilisation	329
20.4.3	Particularités	329
20.5	Émetteurs FM	330
20.5.1	Principe	330
20.5.2	Utilisation	330
20.5.3	Particularités	331
20.6	Appendice. Synthétiseurs	331
20.6.1	<i>Phase Locked Loop</i> (PLL)	331
20.6.2	<i>Direct Digital Synthesis</i> (DDS)	334
20.7	Résumé	336
Chapitre 21	Étage final	337
21.1	Classes d'amplification	337
21.1.1	Linéarité	337
21.1.2	Classe A	339
21.1.3	Classe B	340
21.1.4	Classe C	342
21.1.5	Autres classes d'amplification	344
21.1.6	Rendement	344

21.2 Puissance PEP	344
21.3 Chaîne d'amplification finale	346
21.3.1 Drivers	346
21.3.2 Filtres de sortie.	346
21.3.3 Transfert de puissance	348
21.4 Appendice. Neutrodynage.	349
21.5 Résumé	349
Chapitre 22 Récepteurs I	351
22.1 Réception.	351
22.1.1 Principe de la réception	351
22.1.2 Récepteur ultra-simple.	352
22.2 Partie HF	353
22.2.1 Sensibilité.	353
22.2.2 Syntonisation	353
22.2.3 Sélectivité.	353
22.3 Principe du superhétérodyne	354
22.3.1 Changement de fréquence	354
22.3.2 Moyenne fréquence	356
22.4 Démodulateurs.	358
22.4.1 Démodulateur AM.	358
22.4.2 Démodulateur BLU	359
22.4.3 Démodulateur CW.	361
22.4.4 Démodulateur FM	361
22.5 Partie BF	363
22.5.1 Filtres BF	363
22.5.2 Amplificateurs BF	363
22.5.3 Autres sorties BF	363
22.6 Superhétérodyne, schéma bloc	364
22.6.1 Récepteur classique	364
22.7 Récepteurs à conversion directe	365
22.8 <i>Software Defined Radio</i> (SDR).	366
22.9 Appendice. Démodulateur FM à quadrature.	368
22.10 Résumé	369
Chapitre 23 Récepteurs II	371
23.1 Fréquence image	371
23.1.1 Fréquence image, définition	371
23.1.2 Circuit d'entrée	372
23.1.3 Double changement de fréquence	372

23.2	Étage d'entrée	374
23.2.1	Circuits conventionnels	374
23.2.2	Étage d'entrée performant	374
23.3	Moyenne fréquence	376
23.3.1	Filtres MF	377
23.3.2	<i>IF-shift</i>	377
23.3.3	<i>Band-pass tuning</i>	378
23.3.4	Commande automatique de gain	378
23.3.5	Gain HF	379
23.3.6	Moyenne fréquence FM	380
23.4	Fonctions additionnelles	380
23.4.1	<i>Squelch</i>	380
23.4.2	S-mètre	381
23.4.3	RIT - XIT	381
23.4.4	<i>Noise blanker</i>	382
23.5	Bruit	382
23.5.1	Bruit thermique	382
23.5.2	Bruit de réception	382
23.5.3	Bruit de phase	383
23.5.4	Rapport signal/bruit	383
23.5.5	Dynamique	384
23.5.6	Taux de distorsion, SINAD	384
23.6	Modes spéciaux	385
23.6.1	Télévision d'amateur analogique - ATV	385
23.6.2	Télévision d'amateur numérique - DATV	386
23.6.3	Télévision à balayage lent - SSTV	386
23.6.4	RTTY	387
23.6.5	Paquet (<i>packet</i>) AX25	387
23.6.6	PSK31	388
23.6.7	Corrections d'erreurs	388
23.7	Appendice. Figure de bruit	389
23.8	Appendice. Commutation par diodes	389
Chapitre 24	Lignes de transmission	391
24.1	Lignes de transmission	391
24.1.1	Lignes asymétriques	391
24.1.2	Lignes symétriques	392
24.1.3	Guides d'ondes	393
24.2	Caractéristiques des lignes	393
24.2.1	Impédance caractéristique	393
24.2.2	Atténuation	395
24.2.3	Vélocité	395

24.3 Applications des lignes	396
24.3.1 Terminaison	396
24.3.2 Lignes ouvertes et en court-circuit.	397
24.3.3 Lignes imparfaitement terminées.	398
24.3.4 ROS-mètres	399
24.3.5 Effets du ROS	400
24.3.6 <i>Automatic Level Control</i> - ALC	401
24.4 Transformation d'impédance	401
24.4.1 Transformateurs à large bande.	401
24.4.2 Balun	402
24.4.3 Adaptation d'impédances	403
24.4.4 Boîtes d'accord	403
24.5 Appendice. Propriétés des segments $\lambda/4$ et $\lambda/2$	404
Chapitre 25 Propagation	409
25.1 Ondes électromagnétiques.	409
25.1.1 Polarisation	409
25.1.2 Longueur d'onde	410
25.2 Propagation par onde de sol	411
25.2.1 Onde directe ou onde de sol.	411
25.2.2 Atténuation.	411
25.3 Propagation par réflexions.	412
25.3.1 Activité solaire.	412
25.3.2 Troposphère	413
25.3.3 Ionosphère	413
25.3.4 Couches de l'ionosphère	414
25.3.5 Propagation par réflexions.	415
25.3.6 Propagation par conduit (<i>ducting</i>) et Es	415
25.3.7 Zone de silence	416
25.3.8 Fading	416
25.4 Effets de la fréquence	417
25.4.1 Ondes kilométriques (de 30 à 300 kHz)	417
25.4.2 Ondes hectométriques (de 300 kHz à 3 MHz).	417
25.4.3 Ondes décamétriques (de 3 à 30 MHz)	418
25.4.4 Ondes métriques et décimétriques (plus de 30 MHz)	419
25.4.5 <i>Maximum Usable Frequency</i> (MUF)	420
Chapitre 26 Antennes	423
26.1 Dipôle	423
26.1.1 Dimensions	423
26.1.2 Courant et tension dans un dipôle	424
26.1.3 Autres fréquences de résonance.	425
26.1.4 Dipôle replié	425

26.1.5 Dipôle demi-onde	426
26.1.6 Diagramme de rayonnement	427
26.2 Antennes multiéléments	427
26.2.1 Éléments parasites	427
26.2.2 Antenne Yagi	428
26.2.3 Gain	429
26.2.4 Puissance apparente rayonnée	429
26.2.5 Effet de sol	431
26.2.6 Polarisation	431
26.3 Antennes verticales	432
26.3.1 Du dipôle au quart d'onde	432
26.3.2 Antenne <i>ground plane</i> (GP).	432
26.3.3 Antennes raccourcies	433
26.4 Antennes multibandes	434
26.4.1 Largeur de bande	434
26.4.2 Antennes à trappes	435
26.5 Quelques antennes particulières	435
26.6 Adaptation d'impédances (<i>matching</i>)	437
26.6.1 Delta <i>match</i>	438
26.6.2 Gamma <i>match</i>	438
26.6.3 Q <i>match</i>	438
Chapitre 27 Circuits intégrés, mesures et considérations finales	441
27.1 Circuits intégrés.	441
27.1.1 Circuits analogiques.	442
27.1.2 Circuits numériques élémentaires	445
27.1.3 Circuits numériques complexes	445
27.1.4 PC (<i>Personal Computer</i>)	445
27.1.5 MCU (<i>MicroController Unit</i>)	446
27.2 Mesures	447
27.2.1 Multimètre ou VOM	447
27.2.2 <i>Grid-Dip</i> ou Dip-mètre	447
27.2.3 ROS-mètre ou réflectomètre	448
27.2.4 Générateur de signaux BF, HF	448
27.2.5 Fréquencemètre	449
27.2.6 Oscilloscope	449
27.2.7 Analyseur de spectre	450
27.3 Compatibilité électromagnétique (CEM)	452
27.3.1 Rayonnements non essentiels	452
27.3.2 Rayonnement utile	452
27.3.3 Problèmes et solutions	453
27.4 Protection des personnes	454

27.4.1 Câblage électrique	454
27.4.2 Rayonnements non ionisants	455
27.4.3 Foudre	456
27.5 Résumé	456
Chapitre 28 Révision. Problèmes d'examen.	457
28.1 Série 1	457
28.2 Série 2	463
28.3 Série 3	468
28.4 Série 4	473
28.5 Série 5	478
28.6 Série 6	484
28.7 Série 7	489
Réponses aux exercices et problèmes.	495
Première partie : ÉLECTROTECHNIQUE.	
Chapitre 1 :	495
Chapitre 2 :	496
Chapitre 3 :	497
Chapitre 4 :	498
Chapitre 5 :	499
Chapitre 6 :	499
Chapitre 7 :	500
Chapitre 8 :	500
Chapitre 9 :	501
Chapitre 10 :	501
Chapitre 11 :	502
Chapitre 12 :	503
Chapitre 13 :	504
13.1 Série 1	504
13.2 Série 2	505
13.3 Série 3	506
13.4 Série 4	507
Réponses aux exercices et problèmes.	509
Deuxième partie : RADIOTECHNIQUE.	
Chapitre 14 :	509
Chapitre 15 :	510
Chapitre 16 :	511
Chapitre 17 :	511
Chapitre 18 :	512
Chapitre 24 :	513

Chapitre 25 :	513
Chapitre 26 :	514
Chapitre 28 :	514
28.1 Série 1	514
28.2 Série 2	515
28.3 Série 3	516
28.4 Série 4	517
28.5 Série 5	518
28.6 Série 6	519
28.7 Série 7	520
Formulaire	521
Licence débutant (novice)	527
Index des mots cités	529