

ZERROUK SIDI ALI MEBAREK

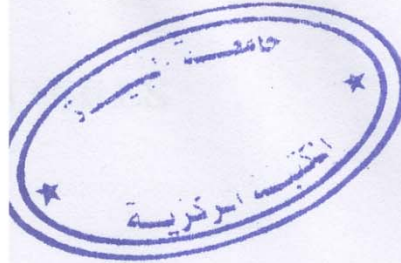
# ANTENNES FILAIRES ET ANTENNES A SURFACES RAYONNANTES

*Office des Publications Universitaires*



2-621-832-1

D<sup>R</sup> ZERROUK SIDI ALI MEBAREK



# ANTENNES FILAIRES ET ANTENNES A SURFACES RAYONNANTES

2<sup>ème</sup> Edition



OFFICE DES PUBLICATIONS UNIVERSITAIRES

# TABLE DES MATIERES

## AVANT-PROPOS

## CHAPITRE 1: CARACTERISTIQUES PRINCIPALES DES ANTENNES

1.1 GENERALITES.....	9
1.2 EXIGENCES IMPOSEES AUX ANTENNES.....	10
1.3 DEFINITIONS.....	10
1.3.1 Antenne.....	10
1.3.2 Surfaces d'ondes et fronts d'ondes.....	11
1.3.3 Ondes localement planes.....	12
1.3.4 Zones de rayonnement.....	12
1.4 PROPRIETES FONDAMENTALES.....	14
1.4.1 Réciprocité.....	14
1.4.2 Linéarité.....	15
1.5 PARAMETRES CARACTERISTIQUES D'UNE ANTENNE.....	16
1.5.1 Caractéristiques de rayonnement.....	16
1.5.2 Gain et directivité.....	18
1.5.3 Bande passante.....	27
1.5.4 Polarisation.....	29
1.5.5 Hauteur effective et résistance équivalente.....	32
1.5.6 Surface équivalente (effective).....	34
1.5.7 Température de bruit.....	37

## CHAPITRE 2: ETUDE GENERALE DE LA PROPAGATION

2.1 INTRODUCTION.....	39
2.2 EQUATIONS DE MAXWELL.....	39
2.3 EQUATION DE PROPAGATION DES CHAMPS ELECTRIQUE E ET MAGNETIQUE H DANS UN MILIEU LINEAIRE ET HOMOGENE.....	41
2.4 POTENTIEL VECTEUR A ET POTENTIEL SCALAIRE $\phi$ .....	41
2.5 EQUATIONS DE PROPAGATION DES POTENTIELS VECTEUR A ET SCALAIRE F DANS UN MILIEU LINEAIRE.....	42
2.5.1 Jauge de Coulomb.....	43
2.5.2 Jauge de Lorentz.....	43

2.6 EXPRESSIONS DES CHAMPS E ET H EN FONCTION DU POTENTIEL A (milieu linéaire en régime harmonique) .....	44
2.7 SOLUTION DE L'EQUATION DE PROPAGATION DU VECTEUR POTENTIEL A .....	45
2.8 CLASSIFICATION DES ANTENNES (SOURCES RAYONNANTES).....	47
2.8.1 Les Antennes filaires.....	47
2.8.2 Les Antennes à surfaces rayonnantes.....	48

### CHAPITRE 3: DOUBLET DE HERTZ

3.1 CONSTITUTION.....	49
3.2 CHAMP ELECTROMAGNETIQUE CREE .....	49
3.2.1 Potentiel vecteur A .....	49
3.2.2 Expression de A(r) en coordonnées Sphériques.....	50
3.2.3 Champ électrique et champ magnétique créés .....	51
3.3 DENSITE DE PUISSANCE RAYONNEE .....	54
3.4 CARACTERISTIQUES PRINCIPALES DU DOUBLET DE HERTZ .....	55
3.4.1 Surface caractéristique de rayonnement.....	55
3.4.2 Directivité.....	56
3.4.3 Puissance totale émise .....	57
3.4.4 Résistance de rayonnement .....	58
3.4.5 Hauteur effective .....	58
3.4.6 Surface équivalente (effective).....	58
3.5 PROCEDURE GENERALE POUR L'ETUDE DU DOUBLET DE HERTZ .....	60
3.6 GROUPEMENT DE DEUX DOUBLETS DE HERTZ .....	61
3.6.1 Introduction .....	61
3.6.2 Méthode d'analyse .....	61
3.6.3 Approximation de Schelkunoff .....	61
3.6.4 Calcul du champ électrique résultant .....	62
3.6.5 Diagramme de rayonnement.....	65
3.6.6 Diagramme de rayonnement de deux doublets parallèles (plan $\theta = \pi/2$ ) .....	66

### CHAPITRE 4: ANTENNES FILAIRES

4.1 CONSTITUTION.....	71
4.2 METHODE D'ANALYSE .....	71
4.3 CLASSIFICATION DES ANTENNES FILAIRES .....	72
4.3.1 Selon la position de l'alimentation.....	72

4.3.2 Selon la nature de la charge.....	73
4.4 ETUDE DES ANTENNES A ONDES STATIONNAIRES.....	73
4.4.1 Antenne unipolaire isolée dans l'espace .....	73
4.4.2 Antenne unipolaire en présence de sol .....	78
<b>CHAPITRE 5: RESEAU UNIFORME D'ANTENNES FILAIRES</b>	
5.1 RESEAU D'ANTENNES.....	91
5.1.1 Introduction .....	91
5.1.2 Courants d'alimentation .....	93
5.1.3 Champ électrique rayonné par n doublets .....	94
5.1.4 Diagramme de rayonnement.....	98
5.1.5 Exemple d'un réseau uniforme placé dans le plan $\theta = \pi/2$ (courants en phase $\phi = 0$ ).....	100
5.2 RIDEAU UNIFORME .....	106
5.3 EXEMPLES D'ANTENNES FILAIRES .....	107
5.3.1 Antenne Losange (Rhombique).....	107
5.3.2 Antenne Dièdre .....	109
5.3.3 Antenne Yagi .....	110
5.3.4 Antenne Dipôle Log-Périodique .....	111
5.3.5 Antenne Hélicoïdale (Hélice).....	113
<b>CHAPITRE 6 : THEORIE DES OUVERTURES RAYONNANTES</b> .....	115
6.1 INTRODUCTION.....	115
6.2 EQUATIONS DE MAXWELL GENERALISEES .....	115
6.3 FORMULES DE KOTTLER .....	118
6.4 OUVERTURES RAYONNANTES PLANES.....	119
6.4.1 Hypothèses .....	119
6.4.2 Expressions du champ électromagnétique dans la zone lointaine .....	120
6.4.3 Ouvertures rectangulaires.....	127
6.4.1 Ouvertures circulaires .....	140
<b>CHAPITRE 7: ANTENNES A REFLECTEUR PARABOLIQUE</b> .....	149
7.1 INTRODUCTION.....	149
7.2 DESCRIPTION ET PROPRIETES DE LA PARABOLE DE REVOLUTION .....	149
7.2.1 Description .....	149
7.2.2 Propriétés du paraboloïde.....	152
7.3 ANTENNE A REFLECTEUR PARABOLIQUE.....	152
7.3.1 Description de l'antenne .....	152

7.3.2	Méthode d'analyse des Ouvertures rayonnantes.....	158
7.4	CARACTERISTIQUES DES ANTENNES PARABOLIQUES .....	159
7.4.1	Surface équivalente .....	159
7.4.2	Directivité.....	160
7.4.3	Gain .....	161
7.4.4	Diagramme de rayonnement.....	162
7.4.5	Angle d'ouverture à mi-puissance (à - 3 dB).....	164
7.4.6	Rendement global.....	164
7.4.7	Bande passante .....	166
7.4.8	Polarisation.....	166
7.4.9	Température de bruit .....	168
7.5	ANTENNES POUR TELECOMMUNICATIONS PAR SATELLITES .....	170
7.5.1	Antennes utilisées dans les stations terriennes .....	170
7.5.2	Antennes embarquées à bord de satellites .....	171
ANNEXE N°1:	Eléments de calcul vectoriel.....	177
A1.1	Coordonnées sphériques.....	177
A1.2	Opérateurs vectoriels .....	178
A1.3	Relations importantes .....	179
ANNEXE N°2:	Transformation d'intégrales multiples.....	180
A2.1	Formule d'Ostrogradky (Formule de la divergence).....	180
A2.2	Formule de Stokes.....	181
ANNEXE N°3:	Fonctions de Bessel.....	182
A3.1	Fonction de Bessel de première espèce .....	182
A3.2	Fonction de Bessel de deuxième espèce.....	183
ANNEXE N°4:	Conditions limites .....	185
INDEX	.....	188
BIBLIOGRAPHIE	.....	191