

Méthodes asymptotiques en électromagnétisme

Introduction

Chapitre 1 : La Théorie géométrique de la diffraction	1
1.1) Introduction	1
1.2) Tracé des rayons : le principe de Fermat généralisé	4
1.2.1 Condition pour qu'un chemin soit un rayon	4
1.2.2 Lois pour les rayons diffractés	6
1.2.3 Conclusions	8
1.3) Calcul du champ le long d'un rayon	9
1.3.1 Propagation de la phase le long d'un rayon	9
1.3.2 Conservation du flux de puissance dans un tube de rayons	11
1.3.3 Conservation de la polarisation	12
1.3.4 Formules finales pour les rayons	14
1.3.5 Récapitulatif	29
1.4) Calcul des facteurs géométriques	30
1.4.1 Evolution des paramètres géométriques le long d'un rayon	30
1.4.2 Transformation des paramètres géométriques lors des interactions	34
1.4.3 Conclusions	37
1.5) Calcul des coefficients de diffraction	37
1.5.1 Coefficient de réflexion	38
1.5.2 Diffraction par une arête ou une ligne de discontinuité	38
1.5.3 Diffraction par une pointe	44
1.5.4 Coefficient d'attachement, de détachement et d'atténuation des rayons rampants	48
1.5.5 Calcul des coefficients hybrides	51
1.5.6 Calcul des coefficients de lancements d'ondes rampantes par une source située sur la surface	52
1.5.7 Coefficients de diffraction pour les ondes progressives et les ondes d'arête	54
1.5.8 Conclusion	54
1.6) Quelques limites des méthodes de rayons	54
1.6.1 Les sauts aux frontières ombre lumière	55
1.6.2 Résultats infinis sur les caustiques	56
1.6.3 Calcul du champ dans la zone d'ombre de la caustique	58
1.6.4 Conclusion	59
1.7) Exemples	59
1.7.1 Ordre de grandeur des contributions à la SER	59
1.7.2 Quelques exemples de calcul de diffraction	63
1.8) Conclusions	70

Chapitre 2 : Recherche de solutions sous forme de développements asymptotiques	73
2.1) Les méthodes de perturbation appliquées aux problèmes de diffraction	73
2.1.1 Notion de développement asymptotique	73
2.1.2 Série de Lüneberg-Kline et Optique Géométrique	74
2.1.3 Séries asymptotiques générales, rayons diffractés	75
2.1.4 Méthode de la couche-limite	78
2.1.5 Solution asymptotique uniforme	80
2.2) Champs de rayons	82
2.2.1 L'Optique Géométrique	82
2.2.2 Champ diffracté par une arête	92
2.2.3 Champ diffracté par une discontinuité linéaire	93
2.2.4 Champ diffracté par une pointe ou un coin	93
2.2.5 Champ dans la zone d'ombre d'un obstacle lisse	93
2.2.6 Conclusion	95
Chapitre 3 : Méthode de la couche-limite	97
3.1) Couche-limite d'ondes rampantes sur une surface cylindrique	98
3.1.1 Conditions vérifiées par la solution u	98
3.1.2 Choix de la forme postulée de la solution	99
3.1.3 Équation des ondes en coordonnées s, n	100
3.1.4 Calcul de u_0	101
3.1.5 Calcul de $A(s)$	102
3.1.6 Ecriture de la condition de compatibilité	102
3.1.7 Résultat final pour le premier terme U_0 du développement de u	104
3.1.8 Résultat en coordonnées de rayons	105
3.2) Couche-limite d'ondes rampantes sur une surface générale	106
3.2.1 Introduction	106
3.2.2 Équations et conditions aux limites	107
3.2.3 Forme du développement asymptotique	108
3.2.4 Équations de Maxwell en coordonnées s, α, n	109
3.2.5 Équations obtenues aux trois premiers ordres ($k, k^{2/3}, k^{1/3}$)	112
3.2.6 Conditions aux limites- détermination de $\varphi(s)$	114
3.2.7 Détermination de E_0 et H_0	120
3.2.8 Cas particulier de l'impédance $Z=1$	125
3.2.9 Conclusions	127
3.3) Couche-limite des modes de galerie écho	128
3.4) Voisinage d'un point régulier de caustique	129
3.5) Voisinage de la frontière ombre lumière	132
3.6) Voisinage d'une arête de dièdre	135
3.7) Voisinage du point de contact C du rayon rasant sur une surface lisse cas 2D	136

3.8) Voisinage d'un point de la frontière d'ombre, cas 3D	140
3.8.1 Calcul des champs au voisinage de la surface	140
3.8.2 Champ de surface	142
3.9) Mode de galerie écho incident sur un point d'inflexion	143
3.10) Principe de raccordement	145
3.11) Raccordement de la solution au point de contact à la solution en ondes rampantes	146
3.12) Raccordement de la couche-limite au voisinage de la surface à la solution en ondes rampantes- Détermination de la solution dans la zone d'ombre	147
3.13) Raccordement de la couche-limite au voisinage de l'arête d'un dièdre à la zone de champ de rayon	151
3.14) Cas de la caustique	152
3.15) Raccordement au voisinage du point de contact	154
Chapitre 4 : Théorie spectrale de la diffraction	161
4.1) Introduction	161
4.2) Le spectre d'ondes planes	162
4.2.1 Ondes planes homogènes et inhomogènes	162
4.2.2 Superposition d'ondes planes	163
4.2.3 Spectre d'ondes planes et transformation de Fourier	164
4.2.4 Choix du contour d'intégration	166
4.3) Exemples de spectre d'ondes planes	167
4.3.1 Onde de surface	167
4.3.2 Ligne de courant	168
4.3.3 Source de courant arbitraire	168
4.3.4 Champ diffracté par un demi plan conducteur	170
4.3.5 Champ de Fock	171
4.3.6 Autres exemples	172
4.4) Diffraction de champs complexes, exemples	172
4.4.1 Diffraction d'ondes de surface en ondes d'espace	172
4.4.2 Excitation d'ondes de surface par une source ligne sur un plan	174
4.4.3 Diffraction par deux demi-plans conducteurs	175
4.4.4 Diffraction d'une onde en incidence rasante sur un dièdre à faces courbes	176
Chapitre 5 : Solutions uniformes	179
5.1) Définition et propriétés d'un développement asymptotique uniforme	179
5.2) Généralités sur les méthodes de recherche d'une solution uniforme	181
5.3) Solutions uniformes à travers les frontières d'ombre du champ direct et du champ réfléchi par un dièdre	187

5.3.1 Solutions asymptotiques uniformes du dièdre à faces planes parfaitement conducteur	190
5.3.2 Solutions asymptotiques uniformes du dièdre à faces courbes parfaitement conducteur	207
5.3.3 Solution STD	215
5.3.4 Comparaison des solutions UTD, UAT et STD	216
5.4) Solution UAT pour une ligne de discontinuité de la courbure	217
5.4.1 Position du problème et détails sur la méthode de résolution	217
5.4.2 Expression de la solution uniforme	238
5.4.3 Application numérique	240
5.5) Solution uniforme à travers la frontière d'ombre et la couche-limite d'une surface régulière	242
5.5.1 Cas bidimensionnel	243
5.5.2 Cas tridimensionnel	250
5.5.3 Solution asymptotique complètement uniforme	253
5.6) Solutions partiellement et complètement uniformes pour le dièdre à faces courbes, incluant les ondes rampantes	262
5.6.1 Classification des solutions asymptotiques pour le dièdre à faces courbes	262
5.6.2 Solution valable au voisinage de l'incidence rasante : approche de Michaeli	264
5.6.3 Solution asymptotique uniforme : approche de Michaeli	272
5.6.4 Solution asymptotique uniforme : approche de Liang, Chuang, et Pathak	287
5.7) Solutions uniformes pour les caustiques	295
Chapitre 6 : Méthodes intégrales	307
6.1) La méthode de Maslov	308
6.1.1 Notions préliminaires	308
6.1.2 Représentation par une intégrale simple	314
6.1.3 Représentation par une intégrale double	319
6.1.4 Méthode de reconstruction spectrale	321
6.1.5 Une autre manière d'obtenir les résultats précédents	323
6.1.6 Extension aux équations de Maxwell	324
6.1.7 Limites de la méthode de Maslov	325
6.2) Intégration sur un front d'onde	326
6.2.1 Géométrie de la surface des centres	326
6.2.2 Expression du champ	330
6.2.3 Conclusions	335

Chapitre 7 : Champ de surface et théorie physique de la diffraction	337
7.1) Champ uniforme	338
7.1.1 Zone éclairée	338
7.1.2 Zone de transition , partie éclairée	339
7.1.3 Zone de transition , partie ombrée	339
7.1.4 Zone d'ombre profonde	340
7.2) Champ de frange	341
7.3) La théorie physique de la diffraction	343
7.3.1 Onde de frange	343
7.3.2 Méthode des courants équivalents	343
7.3.3 Courants équivalents de frange	346
7.3.4 Calcul du champ diffracté par la TPD	348
7.3.5 TPD et TGD	349
7.4) Généralisations de la TPD	352
7.4.1 Extensions à des objets décrits par une condition d'impédance	352
7.4.2 Suppression du contributeur parasite dû au saut fictif des courants sur la frontière d'ombre	352
7.4.3 Prise en compte du "vrai" courant uniforme	353
7.4.4 Traitement d'objets non convexes	353
7.5) Exemples d'applications de la TPD	355
7.5.1 Le ruban	355
7.5.2 Diffraction par un cône à bord vif	356
7.6) Conclusions	357
Chapitre 8 : Calcul de l'impédance de surface, généralisation de la notion d'impédance de surface	359
8.1) Fondements mathématiques et calcul de l'impédance de surface	359
8.1.1 Impédance de surface pour les matériaux fort indice à pertes	359
8.1.2 Impédance de surface à haute fréquence	362
8.1.3 Traitement de la diffraction par des arêtes et des discontinuités revêtues	363
8.1.4 Conclusion	363
8.2) Traitement direct du matériau	364
8.2.1 Rayons réfléchis	364
8.2.2 Zone de transition et zone d'ombre d'un obstacle lisse	364
8.2.3 Diffraction par un dièdre recouvert de matériau	365
8.2.4 Conclusion sur le traitement direct du matériau	366
8.3) Impédance de surface généralisée	367
8.4) Conclusions	369

Appendices	371
1 Problèmes canoniques (plan, cylindre, dièdre avec condition d'impédance)	371
2 Géométrie différentielle	384
3 Développements asymptotiques d'intégrales	394
4 Rayons complexes	402
5 Fonctions de Fock	407
6 Principe de réciprocité	413
Index	415