

Thèse

présentée devant
l'UNIVERSITÉ DE RENNES I

pour obtenir le grade de
Docteur de l'Université de Rennes I

Mention : *Traitement du signal et télécommunications*

par
Divitha SEETHARAMDOO

Équipe d'accueil : Institut d'électronique et de télécommunications de Rennes

École doctorale : Matisse

Composante universitaire : Université de Rennes I

Étude des métamatériaux à indice de réfraction négatif : paramètres effectifs et applications antennaires potentielles

À soutenir le 10 janvier 2006 devant la commission d'Examen

Composition du jury :

Rapporteurs

M. D. LIPPENS	Professeur à l'Université de Lille I
M. O. ACHER	Directeur de Recherches CEA - CEA Le Ripault

Examineurs

M. A. DE LUSTRAC	Professeur de l'Université Paris X
M. B. SAUVIAC	Maître de conférences à l'Université de Saint-Étienne
M. K. MAHDJOUBI	Professeur de l'Université de Rennes I
M. R. SAULEAU	Maître de conférences à l'Université de Rennes I

Membre invité

Mme. A-C. TAROT	Maître de conférences à l'Université de Rennes I
-----------------	--

Résumé

Les métamatériaux à indice de réfraction négatif (MIRN) étudiés sont des composites artificielles résonantes assimilables à un milieu continu présentant des caractéristiques de propagation inédites. Ce mémoire est divisé en trois parties. La *première partie* traite de la problématique de l'homogénéisation des composites constitués d'inclusions métalliques résonantes et non-résonantes dans une matrice diélectrique. Cette problématique est loin d'être nouvelle en hyperfréquences mais l'originalité de notre travail réside dans l'extension des techniques d'homogénéisation classiques aux MIRN ainsi que dans l'étude de la validité physique des paramètres effectifs ainsi calculés. Des anomalies sont mises en évidence autour de la résonance et grâce à de nombreuses analyses complémentaires, leur origine est identifiée. L'existence d'une bande de fréquence sur laquelle les MIRN ne peuvent pas être décrit à l'aide de paramètres effectifs est démontrée. Les limites pour lesquelles les MIRN peuvent être considérés comme des milieux continus sont ainsi établies. La forte corrélation qui existe entre le comportement des MIRN et les composites magnétiques artificiels (constitués d'anneaux résonants) laisse entendre que l'ingénierie des MIRN passe par la maîtrise de la conception des milieux magnétiques artificiels. C'est pourquoi la *deuxième partie* du mémoire est consacrée à l'étude de ces milieux. Une meilleure appréhension des phénomènes physiques à l'aide d'analyses quasi-statique et ondulatoire nous ont permis d'établir des critères pour l'obtention d'une réponse magnétique prédominante. Des règles de dimensionnement des anneaux résonants sont également dégagées à l'aide d'un modèle analytique. Finalement, après une analyse des limitations de ces composites, nous proposons un milieu présentant des performances améliorées. La *troisième partie* traite des applications potentielles aux antennes hyperfréquences à travers la proposition de l'exploitation d'une des caractéristiques particulières des MIRN : la résonance d'ordre zéro. Cette résonance se produit indépendamment des grandeurs géométriques du résonateur et permet d'établir le concept d'une antenne présentant une résonance pour des dimensions indépendantes de la longueur d'onde de travail. La mise en œuvre du résonateur d'ordre zéro s'appuie sur l'utilisation d'anneaux résonants couplés à une ligne microruban. Le passage du concept à la mise en œuvre sera traité à l'aide de résultats dégagés des deux premières parties.