

Invitation à la soutenance de thèse

METASURFACES EPARSEES POUR LA FURTIVITE ELECTROMAGNETIQUE ET LES SYSTEMES ANTENNAIRES RECONFIGURABLES

Villamizar Vaimbois François

23 novembre 2023 14h30
ISAE-SUPAERO
10 avenue Edouard Belin
31400 TOULOUSE
Salle des thèses

La soutenance aura également lieu en visioconférence. Pour recevoir le lien de connexion, veuillez contacter francois.villamizar@onera.fr

Devant le jury composé de :

Robert Staraj	LEAT, Université Côte d'Azur	Rapporteur
Xavier Begaud	Telecom Paris, Institut Polytechnique de Paris	Rapporteur
Nathalie Raveu	LAPLACE, Toulouse INP	Examinatrice
Uladzislau Papou	Greenerwave	Examineur
Guido Valerio	GeePs, Sorbonne Université	Examineur
André Barka	DEMR, ONERA	Directeur de thèse
Cédric Martel	DEMR, ONERA	Co-directeur de thèse
Shah Nawaz Burokur	LEME, Université Paris Nanterre	Co-encadrant de thèse

Résumé

Les métamatériaux sont des matériaux artificiels composés d'éléments plus petits que la longueur d'onde. Les métasurfaces sont une version 2D des métamatériaux ayant une très faible épaisseur. Une sélection appropriée des éléments constitutifs, permet le contrôle du front d'onde réfléchi et/ou transmis, conduisant ainsi à des structures aux propriétés électromagnétiques uniques et au développement de nouvelles fonctionnalités. Par ailleurs, on assiste à une forte demande en miniaturisation et de diminution des coûts des systèmes antennaires pour petits porteurs, tels que les aéronefs et les drones. Les métasurfaces, dont diverses déclinaisons ont vu le jour, répondent en principe à ce besoin. Toutefois, les premières versions accordables souffraient d'une faible efficacité de rayonnement. En effet, les métasurfaces classiques reposent d'une part, sur une densité élevée d'éléments qui requiert en conséquence un nombre élevé de composants électroniques. D'autre part, leur modélisation se fait à l'aide d'impédances de surfaces, qui limite le contrôle du front d'onde.

En 2017, Y. Ra'di a proposé un nouveau concept de métasurfaces basé sur la théorie des réseaux diffractants : les métaréseaux. Les éléments qui les composent, modélisés par des fils infinitésimaux, sont séparés d'une distance de l'ordre de la longueur d'onde (typiquement $\lambda/2$), contrairement aux métasurfaces denses, pour lesquelles cette distance est de l'ordre de $\lambda/10$. Le nombre d'éléments à piloter au sein d'un métaréseau est ainsi drastiquement réduit. De plus, comme les métaréseaux sont des structures périodiques, s'étendant théoriquement à l'infini, leur conception à l'aide d'un solveur numérique est peu gourmande en ressources informatiques. La synthèse de métaréseaux repose notamment sur une approche par analyse modale ; les interférences constructives et destructives des modes de diffractions permettent de rediriger l'énergie dans des modes désirés. En revanche, ils sont limités à des surfaces planes, périodiques et illuminées par des ondes planes.

Dans des travaux récents, V. Popov et al. ont introduit des métasurfaces dites éparsees (à faible densité) qui reprennent la structure des métaréseaux en s'affranchissant des limitations évoquées précédemment. La conception repose sur un calcul numérique des fonctions de Green associées aux fils, en nombre fini, qui composent la métasurface éparse. Comme la distance inter-éléments reste de l'ordre de la longueur d'onde, le terme *éparse* est donc employé afin de les distinguer des métasurfaces classiques denses. Les métasurfaces éparsees ne sont plus assujetties à une illumination par onde plane et peuvent donc être illuminées par une source au front d'onde arbitraire. Bien que cette nouvelle famille de métasurfaces comble le fossé entre métaréseaux et métasurfaces denses, jusqu'ici, peu d'applications exploitent ce nouveau concept.

Les travaux de cette thèse consistent à proposer des évolutions aux bases théoriques existantes et à proposer de nouvelles structures permettant un contrôle dynamique du champ électromagnétique à bas coût. Les applications visées pour nos métasurfaces éparsees sont multiples. Dans un premier temps, nous visons une application de furtivité électromagnétique en concevant des métasurfaces éparsees capables de réduire le champ rétrodiffusé par des cylindres métalliques. Nous nous écartons par la suite de la furtivité en cherchant à développer des systèmes antennaires électroniquement reconfigurables. Alors que le premier système antenneaire proposé fonctionne en réflexion et permet le dépointage de faisceaux pour deux polarisations linéaires orthogonales, le second système, plus compact, fonctionne en transmission. Plus particulièrement, nous développons une antenne à cavité reconfigurable. Tout au long de l'étude, nous exploitons l'un des avantages majeurs des métasurfaces éparsees qui est la facilité d'intégration d'éléments actifs afin de rendre la métasurface reconfigurable.

Mots clés

Métamatériaux accordables, antennes multifonctions, métasurfaces, réduction de surface équivalente radar