



Proposition de thèse 2024

Métasurfaces codées et absorbantes pour la réduction de la Surface équivalente Radar (SER)

Les systèmes RADAR trouvent de nombreuses applications aussi bien dans les domaines civil que militaire. La réduction de la Surface Équivalente RADAR (SER) des objets est un enjeu important dans différents contextes. Par exemple, les RADAR de surveillance de la navigation aérienne ou maritime peuvent être perturbés par la présence d'ouvrages de grande hauteur dans leur zone de surveillance (éoliennes typiquement). L'efficacité des RADAR d'assistance à la conduite peut être compromise par la présence d'objets à forte SER dans leur champ de vision (panneaux publicitaires ou de signalisation, abris bus, etc.). Enfin, les satellites (civils ou militaires) peuvent désormais faire l'objet d'activités inamicales (tirs antisatellites, manœuvres de rapprochement, etc.) rendues possibles notamment par l'utilisation de RADAR de détection, localisation ou guidage.

La réduction de SER est traditionnellement envisagée en adaptant la forme des objets ou en les recouvrant partiellement ou totalement de matériaux absorbants. Depuis quelques années, une nouvelle solution fait l'objet de nombreux travaux de recherche : l'utilisation de métasurfaces (MS) [1-2].

Dans ce contexte, trois laboratoires académiques (IEMN, IETR et Lab-STICC) ont obtenu conjointement un financement auprès de l'Agence Nationale de la Recherche (ANR) pour travailler sur des techniques de réduction de la SER des satellites en utilisant des MS. Dans le cadre de deux thèses de doctorat, le projet CHORUS (Codage de phase pour la furtivité Satellitaire) se concentrera sur l'étude de MS intégrant des matériaux absorbants et/ou des techniques de modulation spatiotemporelle.

Au cours de travaux précédents, nous avons travaillé sur la réduction de SER par diffusion du faisceau incident dans une ou plusieurs directions hors menace. L'approche consiste dans ce cas à concevoir la métasurface comme un assemblage de zones élémentaires caractérisées par différentes valeurs de phase à la réflexion. Ces zones élémentaires peuvent être considérées comme des pixels de phase et on parle alors de métasurface codée. L'agencement de ces pixels peut favoriser la réflexion dans une ou plusieurs directions privilégiées. Pour réduire la SER, on multiplie les directions de réflexion (diffusion multiple), par des agencements désordonnés de manière à diviser le niveau de puissance réfléchi sur l'ensemble de ces directions [3]. L'objectif de cette thèse est de combiner cette approche avec l'utilisation de nouveaux matériaux composites absorbants développés au Lab-STICC de l'Université de Bretagne Occidentale de manière à améliorer les performances de réduction de SER.

Dates, lieux de réalisation, direction et encadrement

- Début : octobre 2024.
- Financement complet sur 3 ans (minimum 2100 Euros brut par mois).
- Lieux : IEMN Lille et Lab-STICC Brest, la durée des deux périodes sera ajustée en fonction de l'avancement des travaux et des souhaits de la candidate ou du candidat.
- Direction de thèse : co-direction Éric LHEURETTE et Vincent LAUR (Lab-STICC)
- Encadrement : directeurs de thèse + Ludovic BURGNIÉS (IEMN).

Profil et candidature

- Profil : étudiant·e en M2 ou dernière année de formation d'ingénieur en électronique et/ou télécommunications.
- Candidature par email à :
 - eric.lheurette@univ-lille.fr
 - vincent.laur@univ-brest.fr
 - ludovic.burgnies@univ-lille.fr
- Transmettre : CV + lettre de motivation + relevés de notes (Licence, M1) + lettre(s) de recommandation si possible (format pdf pour toutes les pièces).

[1] Elineau, M., "Techniques de contrôle de la SER à l'aide de métasurfaces – Application à des surfaces à réflexion anormale ou à transition de propriétés en réflexion", thèse IETR INSA Rennes.

[2] Mourad, A., "Coding metasurface for beam manipulation", thèse IEMN Université de Lille

[3] Mourad, A. E, Burgnies, L., Lheurette, É., "Broadband RCS reduction by means of disordered coding metasurfaces", Journal of Applied Physics, 134, p. 123105, 2023



PhD proposal 2024

Coding and absorbing metasurfaces for Radar Cross Section (RCS) reduction

RADAR systems find numerous applications in both civil and military fields. Reducing the RADAR Cross-Section (RCS) of objects is an important issue in different contexts. For example, air or maritime navigation surveillance RADAR can be disrupted by the presence of high structures in their surveillance zone (typically wind turbines). The effectiveness of driving assistance RADAR can be compromised by the presence of objects with high RCS in their field of vision (advertising or traffic signs, bus shelters, etc.). Finally, satellites (civilian or military) can now be subjected to unfriendly activities (anti-satellite fire for instance) made possible using RADAR for detection, localization or guidance.

RCS reduction is traditionally considered by adapting the shape of objects or partially or completely covering them with absorbing materials. In recent years, a new solution has been the subject of lots of research works: the use of metasurfaces (MS) [1-2].

In this context, three academic laboratories (IEMN, IETR and Lab-STICC) jointly obtained funding from the French National Research Agency (ANR) to work on techniques for reducing the RCS of satellites using MS. As part of two PhD, the CHORUS project will focus on the study of MS integrating absorbing materials and/or spatiotemporal modulation techniques.

During previous work, we worked on the reduction of SER by diffusion of the incident beam in one or more non-threat directions. In this case, the approach consists of designing the metasurface as an assembly of elementary zones characterized by different phase values upon reflection. These elementary zones can be considered as phase pixels and we then speak of coding metasurface. The arrangement of these pixels can promote reflection in one or more preferred directions. To reduce the SER, we multiply the reflection directions (multiple diffusion), by disordered arrangements so as to divide the level of power reflected over all of these directions [3]. The objective of this thesis is to combine this approach with the use of new absorbing composite materials developed at Lab-STICC of the Université de Bretagne Occidentale in order to improve RCS reduction performance.

Dates, locations and PhD supervision

- Starting date: October 2024.
- Duration: 36 months.
- Full 3 years scholarship provided (gross salary of at least 2100 Euros / month).
- Locations: IEMN Lille and Lab-STICC Brest, the duration of the twoperiods will be adjusted according to the work progress and the wishes of the candidate.
- PhD directors: Eric LHEURETTE (IEMN) and Vincent LAUR (Lab-STICC).
- Co-supervision: PhD directors + Ludovic BURGNIES (IEMN).

Profile and application

- Profile: student in last year of master's degree or final year of engineering training in electronics and/or telecommunications.
- Apply by email to:
 - eric.lheurette@univ-lille.fr
 - vincent.Laur@univ-brest.fr
 - ludovic.burgnies@univ-lille.fr
- Send: resume + motivation letter + transcripts (bachelor, first year of master's degree) + reference letter(s) if possible (pdf format for all documents).

[1] Elineau, M., "Techniques de contrôle de la SER à l'aide de métasurfaces – Application à des surfaces à réflexion anormale ou à transition de propriétés en réflexion", thèse IETR INSA Rennes.

[2] Mourad, A., "Coding metasurface for beam manipulation", thèse IEMN Université de Lille

[3] Mourad, A. E, Burgnies, L., Lheurette, É., "Broadband RCS reduction by means of disordered coding metasurfaces", Journal of Applied Physics, 134, p. 123105, 2023