



PREDICT

Influence de la périodicité de réseaux tout diélectrique sur le compromis diffusion/absorption dans un contexte de menaces multistatiques

Contexte et problématique

Usuellement optimisés pour assurer une forte absorption spéculaire dans une plage angulaire limitée, les absorbants électromagnétiques (EM) doivent aujourd'hui être regardés sous un nouvel angle en raison du développement rapide de menaces liées à l'émergence des radars multistatiques. En effet, dans ce contexte, les radars (émetteur/récepteur) peuvent se trouver n'importe où dans l'espace et échanger des informations entre eux.

Dans un contexte classique, les absorbants sont dimensionnés pour assurer une absorption optimale ($S_{11} < -10$ dB) dans une plage angulaire limitée (typiquement -30° à $+30^\circ$) au risque de dégrader fortement leurs performances pour des angles d'incidence élevés. Cette stratégie peut s'avérer contre-productive dans le contexte plus général du multi-statisisme car la cible peut alors être détectée par le réseau de radars avec des émetteurs/récepteurs situés à des angles fortement obliques.

Ainsi, ce projet de thèse vise à définir de nouveaux critères de performance dans ce contexte général et à concevoir des stratégies globales d'optimisation. La thèse explorera les capacités de diffusion multiple et d'absorption de réseaux périodiques de matériaux à pertes. En effet, dans les réseaux à forte périodicité ($D > \lambda_0$), des modes de Floquet d'ordre supérieur à réflexion non spéculaire (angle de réflexion différent de l'angle incident) peuvent être excités. Ce concept a été largement exploré dans le domaine des métasurfaces basées sur des PCB pour des applications de redirection de faisceau ou de diffusion multiple. Cependant, ces possibilités n'ont été que très peu exploitées sur des absorbants 3D et encore moins dans le but d'étudier les compromis absorption/réflexion non spéculaire dans le contexte du multistatisisme.

Un travail préliminaire dans l'équipe a permis de mettre en évidence que l'exploitation de ces modes à réflexion non spéculaire pouvait permettre d'optimiser à la fois l'absorption spéculaire et l'énergie totale rétro-diffusée par la surface périodique [1]. Si ce compromis n'est regardé pour l'heure que dans le cas d'une incidence et d'une polarisation unique à fréquence fixe, le concept est à priori naturellement large bande et peu dépendant à la polarisation, ouvrant la voie à une perspective plus générale.

Axes de recherche et déroulement de la thèse

La thèse se concentrera dans un premier temps sur la définition de critères de performance adaptés au multistatisisme. Plusieurs scénarios seront explorés en considérant une ou plusieurs sources et récepteurs situées à des positions angulaires différentes de façon à chercher à établir des critères de performance pertinents. Puis, l'influence de la périodicité (simple ou multiple) de réseaux de motifs constitués intégralement de polymères et de composites à pertes sera étudiée. Pour les validations expérimentales, l'équipe s'appuiera sur son savoir-faire de mise en forme de géométries complexes de matériaux (polymères et composites) en technologies additives précédemment exploité pour la conception d'absorbants originaux en ligne de transmission ou en espace libre. L'objectif final constituera le dimensionnement d'une surface périodique performante au regard du multistatisisme sur une large gamme de fréquences (BPR $> 100\%$).

Les résultats de la thèse contribueront à la définition de critères de performance et de stratégies d'optimisation pour ces nouvelles menaces dans le domaine de la furtivité. Ils pourront être



généralisés à des contextes civils par des méthodes de synthèse adaptées à des problématiques particulières (positions angulaires de source et de récepteur fixes). Ils permettront aussi d'envisager, dans le domaine de la métrologie, des réflexions générales sur la forme de chambre de mesure et sur la position des surfaces absorbantes.

Dates, lieu, direction et encadrement

- Début : octobre 2024
- Lieu : Lab-STICC, Université de Bretagne Occidentale, Brest
- Direction de thèse : Vincent LAUR
- Encadrement : Lana DAMAJ et Sophie LASQUELLEC

Profil et candidature

- Etudiant en Master 2 ou en dernière année d'un cycle ingénieur
- Domaine physique, électronique ou télécommunications
- Candidature (CV + lettres de motivation + relevés de notes) par mail à ana.damaj@univ-brest.fr

Références

- [1] S. Lasquellec, L. Damaj, A. Maalouf, A. Chevalier, V. Laur, « Etude de la réflexion spéculaire et non spéculaire de réseaux de pyramides absorbantes », Journées Nationales Microondes, juin 2024, en cours de soumission.
- [2] Y. Arbaoui, V. Laur, A. Maalouf, P. Queffelec, D. Passerieux, A. Delias, P. Blondy, "Full 3D printed microwave termination: a simple and low cost solution", IEEE Trans. Micr. Th. & Tech., vol. 64, no. 1, pp. 271-278, January 2016.
- [3] A. Pen, A. Chevalier, A. Maalouf, V. Laur, "X-band compact microwave terminations", IEEE Asia-Pacific Microwave Conference, Kyoto-Japon, interactive forum, November 2018.
- [4] E. Roué, V. Laur, A. Chevalier, G. Tanné, C. Patris, O. Vendier, R.M. Sauvage, "Three-Dimensional Printing of a Waveguide Termination for Millimeter Wave Applications", 24th IEEE European Microwave Week, Londres, February 2022.
- [5] G. Zinkiewicz, A. Chevalier, P. Laurent, J. Benedicto, A. Maalouf, V. Laur, "Toward ultra-compact multi-materials rectangular waveguide terminations", IEEE Trans. Micr. Th. & Tech., vol. 71, no. 1, pp. 12-21, January 2023.
- [6] A. Chevalier, V. Laur, "Composites-based Microwave Absorbers: Toward a Unified Model", IEEE International Microwave Symposium, Honolulu-USA, session orale, juin 2017.
- [7] V. Laur, A. Maalouf, A. Chevalier, F. Comblet, "Study of 3D printed HoneyComb Microwave Absorbers", IEEE International Symposium on Antennas and Propagation, Atlanta-USA, session orale, July 2019.
- [8] V. Laur, A. Maalouf, A. Chevalier, F. Comblet, "Three-Dimensionnal Printing of Honeycomb Microwave Absorbers: Feasibility and Innovative Multiscale Topologies", IEEE Trans. Electromag. Comp., vol. 63, no. 2, pp. 390-397, April 2021.
- [9] C. Vong, A. Chevalier, A. Maalouf, J. Ville, J.F. Rosnarho, V. Laur, "Manufacturing of a magnetic composite flexible filament and optimization of a 3D printed wideband electromagnetic multilayer absorber in X-Ku frequency band", Materials, vol. 15, no. 9, pp. 3320, May 2022.
- [10] C. Vong, A. Chevalier, A. Maalouf, J.F. Rosnarho, J. Ville, V. Laur, "3D-printed multi-materials wideband microwave absorbers", IEEE Int. Micr. Symp., San Diego, June 2023.