

PROPOSITION DE SUJET DE THESE**Intitulé : Metasurfaces à modulation spatio-temporelle pour application à la furtivité radar**Référence : **PHY-DEMR-2025-3**
(à rappeler dans toute correspondance)**Début de la thèse** : 01/10/2025**Date limite de candidature** : 01/04/2025**Mots clés**

Metamateriaux, metasurfaces, diodes, transistors, modulation de phase

Profil et compétences recherchées

Micro-ondes (circuits/antennes), électronique analogique (adaptation d'impédance), communications numériques (étalement de spectre)

Bac +5, écoles d'ingénieur ou master recherche

Présentation du projet doctoral, contexte et objectif

En 2000, le concept de métamatériau, *i.e.* des matériaux avec des propriétés au-delà de celles des matériaux conventionnels, est apparu. D'abord dans le domaine micro-ondes, puis optique, jusqu'à l'acoustique et enfin, la mécanique. Depuis 20 ans, ce concept a muté de nombreuses fois en donnant lieu à chaque évolution à des inventions originales, telle que la lentille parfaite [1] ou la cape d'invisibilité [2]. Depuis 10 ans, la version 2D des métamatériaux, les métasurfaces, se sont imposées grâce à une plus grande facilité d'intégration.

Dans le domaine micro-onde, la recherche de propriétés non conventionnelles a mené à une intégration accrue de l'électronique dans les metasurfaces. Tout d'abord de composants passifs, puis actifs. Au début, l'intégration de composants actifs avait pour but d'obtenir des propriétés contrôlables avec une tension DC, telles que le gain d'antenne [3] ou le dépointage du faisceau [4], en basculant d'un état à l'autre. Désormais, il s'agit non plus de commuter entre plusieurs états mais d'appliquer une tension de contrôle AC (>10 kHz) afin de pouvoir agir sur le spectre fréquentiel. Cette approche, baptisée métasurfaces à modulation temporelle, a donné lieu à des propositions originales, notamment de capes d'invisibilité Doppler [5]. La mise en œuvre pratique de ce concept nécessite une électronique modulable à hautes fréquences, prolongeant ainsi les développements technologiques effectués jusqu'à présent.

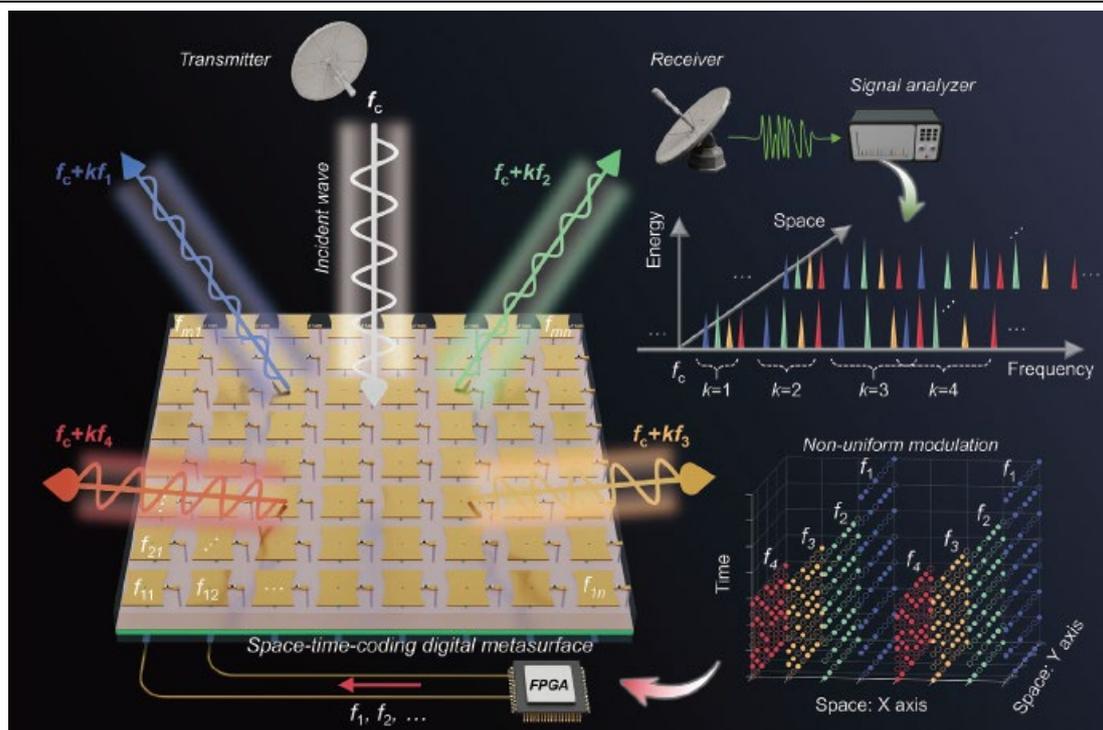


Figure 1: Illustration d'une modulation spatio-temporelle d'une métasurface [9].

Cette thèse a pour but d'explorer un concept de furtivité radar, à base de métasurfaces à modulation spatio-temporelle, par étalement de spectre [6-7]. Il s'agit de co-concevoir les modulations temporelle et spatiale, notamment en explorant le régime asynchrone [8-9], afin de minimiser la corrélation entre le signal incident et le signal diffusé (compression d'impulsions). Les performances de la métasurface conçue seront évaluées sur des formes d'onde radars usuelles (chirp, bruit, etc.) en estimant la dégradation de la probabilité de détection.

- [1] J. B. Pendry, « Negative refraction makes a perfect lens » (2000).
- [2] D. Schurig *et al.*, « Metamaterial electromagnetic Cloak at Microwave Frequencies » (2006).
- [3] S. N. Burokur *et al.*, « Tunable bilayered metasurface for frequency reconfigurable directive emissions » (2010).
- [4] A. Ghasemi *et al.*, « High beam steering in Fabry-Perot leaky-wave antennas » (2013).
- [5] Z. Wu *et al.*, « Serrodyne Frequency Translation Using Time-Modulated Metasurfaces » (2020).
- [6] M. Liu *et al.*, « Time-varying Metasurfaces for Broadband Spectral Camouflage » (2019).
- [7] X. Wang *et al.*, « Spread-Spectrum Selective Camouflaging based on Time-Modulated Metasurface » (2020).
- [8] S. R. Wang *et al.*, « Asynchronous Space-Time-Coding Digital Metasurface » (2022).
- [9] L. Zhang *et al.*, « Co-Prime Modulation for Space-Time-Coding Digital Metasurfaces with Ultralow-Scattering Characteristics » (2024).

Collaborations envisagées

LEME (Université Paris-Nanterre)

Laboratoire d'accueil à l'ONERA

Département : DEMR/SEM

Lieu (centre ONERA) : Palaiseau

Contact : Thomas Lepetit

Tél. : 01 80 38 62 41

Email :

thomas.lepetit@onera.fr

Directeur de thèse

Nom : Shah Nawaz Burokur

Laboratoire : LEME

Tél. : 01 40 97 58 21

Email : shahnawaz.burokur@u-paris10.fr

Pour plus d'informations : <https://www.onera.fr/rejoindre-onera/la-formation-par-la-recherche>