

## OFFRE DE STAGE, niveau M2, spécialité électronique et/ou systèmes de communication

----

### Simulateur de métasurfaces sur une structure conique ou cylindrique

#### Contexte

Les métasurfaces (MS) sont des surfaces tapissées de motifs de taille sensiblement inférieure à la longueur d'onde (cellules) et qui interagissent avec une onde électromagnétique (EM) incidente. En modulant la géométrie des cellules sur la surface, il est possible de contrôler le champ EM rétrodiffusé. Les MS trouvent de nombreuses applications dans le domaine des communications, de la propagation et du radar. Elles sont notamment envisagées pour améliorer la couverture radio dans les zones blanches ou pour modifier la signature radar d'une cible.

Il existe de nombreuses configurations possibles pour ces MS. Elles peuvent être utilisées en transmission ou en réflexion, donner lieu à des configurations figées ou au contraire reconfigurables (on parle alors souvent de RIS, Reconfigurable Intelligent Surfaces). La technologie est aussi un élément différenciant : alors que la plupart des MS sont fabriquées en technologie imprimée, certaines utilisent la fabrication additive. L'ajout de matériaux à pertes peut également permettre la conception d'absorbants EM.

Classiquement, les MS sont des surfaces planes. Toutefois, certaines applications nécessitent de conformer ces surfaces sur un objet tridimensionnel comme un cylindre ou un cône. Ce besoin répond notamment à des préoccupations de furtivité pour des porteurs (avions ou missile). Il s'agit alors de contrôler, grâce à la MS, la SER (Surface Equivalente Radar) du porteur « camouflé » par la MS.

#### Lieu du stage

Situé en Alsace à la frontière de l'Allemagne et à proximité de la Suisse (Bâle), l'Institut Saint Louis (ISL) est un organisme sous tutelle du ministère des Armées français et du ministère de la Défense allemand. La mission de l'ISL est d'effectuer des recherches pluridisciplinaires dans le domaine de la défense et de la sécurité, couvrant des thématiques telles que les capteurs, les sources lasers, les matériaux de protection, le vieillissement des matériaux, la navigation ou l'accélération des projectiles. Les travaux menés à l'ISL s'étendent de la recherche fondamentale (compréhension des phénomènes physiques) aux démonstrateurs technologiques et s'intéressent particulièrement à des technologies porteuses de ruptures potentielles.

#### Sujet

Ce stage vise à développer un outil de modélisation répondant à un tel besoin. Concrètement, il consistera à concevoir un simulateur pour le rayonnement d'un ensemble fini d'éléments disposés sur une surface à symétrie de révolution (cylindre ou cône). Chaque élément, supposé excité par une onde plane, sera caractérisé par un coefficient de réflexion défini par son amplitude et sa phase. Le modèle sera basé sur la théorie des réseaux d'antennes. Il intègrera l'effet du diagramme unitaire de chaque élément et sa variabilité en fonction du positionnement sur la MS. L'effet des caractéristiques de l'onde incidente vue par chaque élément de la MS sera également pris en compte.

#### Principales tâches envisagées

- Etat de l'art sur les techniques de contrôle de SER par utilisation de MS et sur les techniques de modélisation des réseaux sur structures à symétrie de révolution.
- Identification de spécifications correspondant aux besoins de l'ISL.
- Développement par étapes d'un simulateur, en raffinant progressivement le modèle par prise en compte d'hypothèses de plus en plus réalistes.
- Validation sur des cas canoniques à définir.
- Confrontation éventuelle avec des résultats de simulation électromagnétique.
- Application du code développé à des configurations de codage de MS propices à la réduction de SER (tirées de la littérature, par exemple par extrapolation de configurations planaires).

**Langage ou outil de développement** : Python ou Matlab

**Mots clés** : réseaux d'antennes, métasurfaces, diffraction.

**Niveau** : dernière année d'école d'ingénieurs ou M2 ; spécialité en électronique, systèmes de communication

**Durée** : 4 à 6 mois

**Période** : 1<sup>er</sup> semestre 2025

**Contact** : [ronan.adam@isl.eu](mailto:ronan.adam@isl.eu), [raphael.gillard@insa-rennes.fr](mailto:raphael.gillard@insa-rennes.fr), [renaud.loison@insa-rennes.fr](mailto:renaud.loison@insa-rennes.fr)

#### **Poursuite possible en thèse (selon le projet du candidat)**

Le stage se déroule en préambule du projet AMBITION (Absorbants conformés à Base de composites souples et structurés pour la protection électromagnétique), labellisé par l'ANR et l'AID. Celui-ci fera l'objet d'une thèse de doctorat en partenariat entre l'Institut d'Electronique et des Techniques du numérique (IETR), Rennes, et l'ISL, St Louis, à la rentrée 2025.