

Recherche de nouveaux concepts d'antennes pour drones professionnels :
Application à la formation de faisceaux reconfigurables et à l'amélioration
des performances pour des liaisons de télécommunications

Cyrille Menudier, cyrille.menudier@xlim.fr

Tél : 0555426047


Marc Thevenot, marc.thevenot@xlim.fr

Tél : 0555426053

Equipe : Antenne & Signaux, LIMOGES


Mots clés : antennes;drones;formation de faisceaux;électromagnétisme;conception d'antennes

Résumé de la thèse :

 Les applications utilisant des drones connaissent un essor important ces dernières années, avec notamment une augmentation significative du marché des drones professionnels, pour des applications telles que la topographie/cartographie, la surveillance d'infrastructures (oléoducs, gazoducs, lignes électriques, parcs éoliens offshore, etc.), l'agriculture, et la sécurité. La plupart des solutions techniques ont recours à des mini-drones dont la masse n'excède pas quelques kilogrammes, de façon à favoriser une forte autonomie pour accomplir ces missions. Ceux-ci sont alors munis d'un autopilote pour couvrir de longues distances (>100 km). Dans ce contexte, les antennes sont au cœur de la performance des liaisons de communication bord/sol (drone et station sol). Par rapport aux tailles de drones utilisés, les antennes bord sont généralement limitées à des antennes omnidirectionnelles afin de maintenir la liaison quelle que soit l'angle de lacet du drone par rapport à la station sol. Les antennes à formation de faisceaux (beamforming) ou à conformation de faisceau (beamshaping) permettraient cependant d'obtenir un gain nettement plus élevé dans la direction d'intérêt (direction de la station sol), ce qui offrirait de nouvelles perspectives applicatives en augmentant les portées ainsi que la sécurisation du lien radiofréquences.

Les solutions connues d'antennes, principalement à base de réseaux phasés, se posent alors comme candidates potentielles pour remplir ce type d'objectifs. Néanmoins, leur complexité, leur consommation, leur encombrement et le coût associé les rendent inadaptés à ce type de marché.

Pour résoudre cette problématique, l'équipe Antennes & Signaux du Laboratoire XLIM (Unité mixte CNRS et Université de Limoges) et la société DELAIR-TECH, spécialisée dans la conception, la production et la commercialisation de mini-drones longue endurance à voilure fixe, souhaite mettre en œuvre des solutions d'antennes en rupture.

 Professional drones (or UAV : Unmanned Aerial Vehicles) are knowing a significant growing in the last years, with a lot of applications such as topography / mapping, infrastructure monitoring (pipelines, gas pipelines, power lines, offshore wind farms, etc.), agriculture and security. Most technical solutions are using mini-drones with only a few kilograms mass, so as to promote a strong autonomy and to cover long distances (> 100 km) with an equipped autopilot. In this context, antennas are at the heart of the performances of the communication links (between drone and ground station). Compared to the sizes of drones used, classical antennas are limited to omnidirectional antennas to maintain the link. However, antennas with beamforming capabilities can offer a significant breakthrough to these applications.

Known antenna solutions, especially phased arrays are potential candidates to fulfill this type of objectives. Nevertheless, their complexity, their consumption, their bulkiness and the cost associated with such products make them unsuitable for this type of market.

To solve this problem, the Antenna & Signals team from XLIM Laboratory and DELAIR-TECH, a company specialized in the design, production and marketing of long-end fixed-wing mini-drones, propose to develop new architectures of reconfigurable antennas for such missions.

Objectifs :

Les objectifs principaux et originaux de la thèse se situent à 2 niveaux :

- démonstration d'une intégration fonctionnelle sur un drone professionnel d'une architecture d'antenne reconfigurable à éléments couplés,
- création d'une rupture technologique en apportant une amélioration significative de la portée et de la sécurisation du lien RF sur des drones de petites dimensions et à masse réduite.

Ces objectifs scientifiques s'appuient sur la réalisation d'objectifs secondaires :

- optimisation de la consommation du système global,
- intégration des antennes et de leur pilotage à une électronique embarquée,
- exploitation de la forme du vecteur pour améliorer l'intégration et les performances des antennes,
- exploitation et déclinaison des méthodes de conception du laboratoire XLIM à ces objectifs.

Description complète du sujet de thèse :

Le travail de thèse repose sur la définition d'architectures d'antennes reconfigurables adaptées aux dimensions des mini-drones à voilure fixe. Il sera indispensable de développer de nouveaux concepts d'antennes pour éviter les écueils d'une adaptation de solutions existantes pour des porteurs de plus grandes dimensions (problèmes de masse, consommation et encombrement). Les développements effectués devront être compatibles d'une faible masse et d'une intégration suffisante pour ne pas pénaliser l'aérodynamique du drone ou l'intégration de ses autres équipements électroniques. Pour assurer la reconfigurabilité de l'antenne, une solution permettant d'assurer le pointage continuellement vers la direction de la station devra impérativement être mise en œuvre. Ce n'est qu'avec ce moyen qu'une formation de faisceaux pourra être exploitée et apporter une marge de performances significative par rapport à l'état de l'art. Pour cela, une intégration de l'électronique de commande de l'antenne sera effectuée avec le calculateur de bord déjà présent dans le drone. Au-delà de la prise en compte de ces contraintes, une rupture doit être apportée sur l'optimisation de l'efficacité énergétique du système complet, afin de ne pas pénaliser l'autonomie en mission. Pour cela, des solutions d'antennes optimales, à formateurs de faisceaux simplifiés, seront étudiées et mises en œuvre dans le cadre des travaux, avec pour objectif de maîtriser le coût du système, qui reste un point clé sur ce secteur d'activités.

De façon à optimiser le lien bord/sol complet, un travail sera aussi mené sur les antennes des stations sol pour proposer des alternatives aux solutions à pointage mécanique, en ayant pour objectif de faciliter le transport et le déploiement de ces stations lorsque les drones sont en contexte opérationnel. Les principales bandes de fréquences utilisées se situent autour de 2.45 GHz.

En termes de retombées, ces développements permettront d'accroître significativement les performances des liens bord/sol actuels pour les mini-drones professionnels à forte endurance tels que ceux conçus par la société DELAIR-TECH. Il en résulte une potentielle augmentation des portées, ce qui ouvre des perspectives applicatives et une forte amélioration de la sécurisation du lien avec le drone. Sur ce dernier point, les antennes à formation de faisceaux devraient notamment lever un verrou pour ce qui est de la transmission avec les mini-drones lorsqu'ils effectuent un virage à longue distance (possibilité de perdre la liaison momentanément avec des antennes filaires de types monopôles ou dipôles).

Dans le cadre de la thèse, une nouvelle architecture mise au point par le laboratoire XLIM, sera conçue et réalisée pour répondre aux challenges posés par la formation de faisceaux sur des mini-drones comme ceux conçus par la société DELAIR-TECH. Cette solution repose sur une architecture exploitant un réseau d'antennes comportant des éléments parasites, dont la contribution aux performances finales de l'antenne est maîtrisée par l'exploitation des couplages entre les éléments rayonnants.

Cette nouvelle architecture consiste à hybrider les concepts issus des antennes à éléments parasites et ceux issus des réseaux lacunaires, afin d'optimiser la surface effective de l'antenne tout en minimisant le nombre d'éléments connectés au circuit de formation de faisceaux. Cette stratégie existe déjà sur les réseaux lacunaires. A la différence de ceux-ci, les lacunes sont ici remplacées par des éléments alimentés par couplages électromagnétiques, de la même façon que pour une antenne à éléments parasites (type Yagi). L'objectif de cette architecture est d'obtenir le meilleur compromis possible entre l'optimisation de l'aire effective de l'antenne et le nombre d'accès alimentés.

L'originalité repose sur les éléments parasites, qui sont chargés par des impédances réactives (idéalement), passives ou pilotables, et qui contribuent à la formation d'un ou plusieurs diagrammes de rayonnement, fixes ou reconfigurables.

Cette solution permet une simplification importante du formateur de faisceaux, qui est limité à quelques voies RF. L'exploitation des couplages constitue une technique qui permettra d'optimiser l'efficacité d'ouverture de l'antenne sans devoir ajouter un circuit complexe et encombrant derrière l'ensemble des éléments rayonnants. Les formalismes et les processus de synthèse indispensables à la conception d'une telle architecture ont été développés ces dernières années par le laboratoire XLIM. Une première preuve de concept, entièrement connectisée, a notamment été mise en œuvre en 2015 dans le cadre d'une thèse.

Cette architecture paraît pertinente pour optimiser le compromis performances/complexité/masse/coût qui est primordial pour que le système développé soit concurrentiel pour des mini-drones et permet une rupture par rapport à l'état de l'art. Des améliorations significatives de cette architecture sont prévues dans la thèse de façon à aller jusqu'à une intégration complète sur le(s) drone(s), en exploitant l'électronique embarquée sur ce dernier.

Compétences à l'issue de la thèse :

A l'issue de la thèse, le candidat aura acquis de solides compétences qui doivent lui permettre de s'orienter vers les principaux métiers de la R&D ou de la recherche dans le domaine des antennes, que se soit dans un grand groupe ou dans des PME du domaine ou encore dans un laboratoire de recherche.

Les principales compétences acquises seront :

- Conception complète d'antennes reconfigurables et intégration à un porteur,
- Intégration des antennes à une interface électronique et dans leur environnement,

- Maîtrise des principaux outils de CAO radiofréquences utilisés dans l'industrie et la recherche,
- Autonomie et rigueur scientifique,
- Gestion d'un projet : prise en compte des critères scientifiques et économiques, planning, ...
- Valorisation des travaux : conférences, publications internationales, ...

Présentation de l'équipe d'accueil :

L'équipe Antennes & Signaux du laboratoire XLIM mène des recherches sur de nouvelles architectures et des solutions technologiques pour adresser les fonctionnalités évoluées des systèmes antennaires (agilité, efficacité, ...), dans les domaines des télécommunications, des radars et du spatial. Les travaux ont pour objectif d'apporter une alternative aux solutions conventionnelles, pour simplifier les architectures RF (topologies de réseaux à éléments parasites réactifs, multiplexage compressif, systèmes à commande optique, ...), en associant des solutions technologiques pour la recherche d'efficacité et permettre une montée en fréquence (co-conception front-end, matériaux spécifiques : VO₂, ferroélectriques, céramiques).

Financement : Lot3: Sujet financé (organisme - industriel - ...)

Spécialité de Doctorat : Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication

Domaine de compétences principal: Informatique-Electronique

Domaine de compétences secondaire: Sciences pour l'Ingénieur

Candidat :

Compétences souhaitées : Bac+5 (Master ou école d'ingénieur) dans le domaine de l'électronique, des télécommunications et des radiofréquences.

Une bonne curiosité scientifique, de l'autonomie et le travail en équipe sont des qualités attendus pour cette thèse. Une première expérience avec les logiciels Matlab et CST Microwave Studio sera fortement appréciée.

La pratique de l'anglais est aussi indispensable.

Conditions restrictives de candidature : Pas de restrictions

Date Limite de candidature : 8 juin 2017 - 18H