

Etude de nouvelles architectures d'antennes hybrides reconfigurables

Thierry Monédière, thierry.monediere@xlim.fr

Tél : 0555426050

Cyrille Menudier/Marc Thevenot, cyrille.menudier@xlim.fr

Tél : 0555426050

Equipe : Antenne & Signaux, LIMOGES

Mots

clés :

antennes,réseaux,modélisation,télécommunications,spatial,reconfigurable,couplages,électromagnétisme,TOS,amplification,formation de faisceaux,BFN

Résumé de la thèse :



Les antennes reconfigurables représentent des axes de recherche et de développements importants pour introduire de la flexibilité sur des caractéristiques d'antennes telles que la formation de faisceaux, la bande passante et la polarisation.

Le travail proposé dans la thèse consisterait à s'appuyer sur un nouveau concept d'antennes développé par le laboratoire XLIM. Il consiste à utiliser une antenne hybride, dont seulement une partie des éléments rayonnants est alimentée par voie directe (les accès de ces éléments sont qualifiés de « ports chauds ») et les autres éléments sont excités par couplages. L'originalité réside dans l'ajout de charges réactives pilotables derrière ces éléments couplés afin de gérer simultanément les niveaux de TOS actif de l'antenne sur une bande passante donnée, tout en cherchant à satisfaire plusieurs objectifs de rayonnement. Ce concept ouvre beaucoup de perspectives sur la simplification des formateurs de faisceaux (BFN) et l'association avec des éléments actifs en émission ou réception (PA/LNA).



This work is based on a new innovating concept of reconfigurable antenna developed by the XLIM laboratory and patented with CNES. It is based on a reduction of the number of fed elements in an array-like architecture. The non-fed elements are coupled and loaded by tunable reactive values. The main advantage of this approach is to optimize simultaneously the radiation pattern AND the antenna matching (active VSWR). This idea allows interesting prospects in terms of Beam Forming Network (BFN) simplification and it is also an opportunity to simplify active systems with PA/LNA thanks to the active VSWR management.

Objectifs :

- Comprendre et maîtriser les phénomènes physiques associés à l'antenne et son formateur de faisceaux ;
- Développer des fonctionnalités avancées et les concrétiser par la réalisation d'un ou plusieurs démonstrateurs significatifs. Les objectifs viseront plusieurs aspects orientés sur la génération de fonctions complexes et l'intégration à un circuit de formation de faisceaux simplifié, pouvant intégrer des éléments actifs (amplificateurs) sur les ports chauds ;
- Cibler un cahier des charges compatible du domaine spatial et/ou militaire ;
- Développements des formalismes et des algorithmes de synthèse associés ;
- Positionnement par rapport à l'état de l'art.

Description complète du sujet de thèse :

Voir aussi : <https://cnes.fr/fr/les-ressources-humaines-du-cnes/etude-de-nouvelles-architectures-dantennes-hybrides-reconfigurables>

Les antennes reconfigurables représentent des axes de recherche et de développements importants pour introduire de la flexibilité sur des caractéristiques d'antennes telles que la formation de faisceaux, la bande passante et la polarisation.

Parmi les solutions proposées, les réseaux phasés peuvent opérer cette flexibilité tout en cherchant à satisfaire les exigences définies par les missions. Néanmoins, la problématique principale se situe au niveau de la complexité et de l'efficacité globale de leur circuit de formation de faisceaux. Celui-ci souffre de pertes en transmission pouvant être importantes et aussi de la présence de TOS actifs sur les éléments rayonnants qui engendrent une complexification du système, ce qui nécessite l'ajout de circulateurs ou d'isolateurs pour maintenir le fonctionnement de l'antenne. D'autre part, l'ajout de ces dispositifs entraîne un encombrement significatif du circuit formateur de faisceaux, ce qui rend l'intégration délicate et limite le potentiel applicatif dans des applications embarquées ou dans des applications visant à rendre les antennes les plus discrètes possible.

Des solutions intéressantes (réseaux lacunaires) consistent à réduire le nombre de voies RF pour diminuer les consommations et trouver un compromis complexité/performances/encombrement satisfaisant [1-2]. Ces solutions posent néanmoins des problèmes de modélisations et offrent peu de degrés de liberté ainsi qu'une efficacité limitée en raison des lacunes introduites.

Une solution alternative innovante a été proposée par le laboratoire XLIM pour optimiser les performances des antennes reconfigurables [3]. Elle consiste à utiliser une antenne hybride, dont seulement une partie des éléments rayonnants est alimentée par voie directe (les accès de ces éléments sont qualifiés de « ports chauds ») et les autres éléments sont excités par couplages. L'originalité réside dans l'ajout de charges réactives pilotables derrière ces éléments couplés afin de gérer simultanément les niveaux de TOS actif de l'antenne sur une bande passante donnée, tout en cherchant à satisfaire plusieurs objectifs de rayonnement.

Ce concept d'antenne unique est issu de l'expérience du laboratoire XLIM sur la mise au point de réseaux d'antennes et d'antennes à éléments parasites ces dernières années [4-7]. Le laboratoire a développé des méthodes de résolution adaptées à la conception de systèmes d'antennes fortement couplées et les a étendues à ce concept hybride dans les trois dernières années. Ces travaux ont notamment été utilisés dans le cadre d'une thèse (2012-2015) pour démontrer la faisabilité sur un premier démonstrateur à base de monopoles à 2.45 GHz en simple polarisation. Ce démonstrateur de laboratoire (peu intégré mais ouvert à l'expérimentation) a permis de valider des premiers résultats et a ouvert de nombreuses perspectives. Des travaux sur la synthèse de fonctions avancées (génération de faisceaux orthogonaux par la polarisation) ont également été menés lors d'une action de R&T CNES. Le concept envisagé a fait l'objet d'une demande de dépôt de brevet en décembre 2015.

Le travail proposé dans la thèse consisterait à s'appuyer sur cette base de connaissance pour développer des fonctionnalités avancées et les concrétiser par la réalisation d'un ou plusieurs démonstrateurs significatifs. Les objectifs viseront plusieurs aspects orientés sur la génération de fonctions complexes et l'intégration à un circuit de formation de faisceaux

simplifié, pouvant intégrer des éléments actifs (amplificateurs) sur les ports chauds. Parmi les principaux points à investiguer par le candidat, il y aura notamment :

Au niveau conceptuel :

- Optimisation de la stratégie de placement des accès RF (ports chauds) et réactifs dans le panneau d'antennes ;
- Investigation sur la définition du panneau rayonnant pour contribuer à la réalisation des objectifs électromagnétiques : distribution, nature et association possibles des éléments rayonnants, etc...
- Exploitation des propriétés du concept hybride pour gérer les TOS actifs : un concept intégrant des amplificateurs pour réaliser une antenne active sera étudié, afin de démontrer le potentiel applicatif et, par la suite, le positionner par rapport aux solutions actives existantes ;
- Investigation sur la réalisation de fonctionnalités complexes : bi-polarisation et bi-fréquence. Ce point nécessitera des développements fins des outils de synthèse associés à la définition d'une architecture de panneau adapté, notamment en ce qui concerne la nature des éléments rayonnants.

Au niveau de l'architecture :

- Recherche de solutions d'intégration pour une montée en fréquence ; un travail important sera à mener sur les technologies de charges réactives compatibles des applications visées tout en offrant suffisamment de degrés de liberté dans les outils de synthèse (varactors, MEMS, banques de capacités, etc...) ; Ces solutions d'intégration viseront à minimiser l'encombrement du circuit de formation de faisceaux en vue de son intégration à une structure d'accueil définie par un cahier des charges (satellite, porteur au sol). A ce stade, les fréquences de la bande X ou Ku seraient privilégiées.
- Recherche d'une architecture de circuit de formation de faisceaux simplifiée et intégrée. A minima, cette architecture permettra de reconfigurer les charges réactives des éléments couplés avec un choix figé des éléments excités (ports chauds), afin de satisfaire plusieurs configurations de rayonnement. Idéalement, cette architecture devra aussi permettre d'envisager une reconfiguration du choix des ports chauds, afin d'augmenter la polyvalence du système antennaire sans complexifier fortement le circuit de formation de faisceaux.
- Investigation sur les moyens de caractérisation permettant de corréler les résultats de simulations et de mesures : injections de modèles mesurés dans les algorithmes de synthèse, définitions de modèles analytiques à partir de la mesure, etc...

Tous ces développements ne se feront que par la maîtrise des outils de conception, l'écriture de formalismes adaptés et la mise en œuvre d'algorithmes de synthèse dédiés.

Le doctorant devra préalablement acquérir et développer l'ensemble des compétences nécessaires pour investiguer des architectures d'antennes hybrides innovantes qui fourniront des solutions pour les cahiers des charges posés. Le travail de la thèse devra être démontré par la réalisation d'un ou plusieurs démonstrateurs, qui jalonnent les développements effectués.

Pour atteindre ces objectifs, le doctorant aura accès aux différents moyens de simulations et d'expérimentation du laboratoire. Des outils de simulations adaptés aux systèmes multiports (CST MWS, calcul GPU, développements internes pour les algorithmes de synthèse) seront mis en œuvre. Pour la partie expérimentale, XLIM aura accès à des bancs d'adressages spécifiques pour la mise au point de ces architectures d'antennes (matrices d'adressages DC haute densité, applications de pilotage dédiées).

Références :

- [1] G. Toso, C. Mangenot, and A. G. Roederer, "Sparse and Thinned Arrays for Multiple Beam Satellite Applications," in the Second European Conference on Antennas and Propagation, 2007. EuCAP 2007, 2007, pp. 1–4.
- [2] G. Caille, E. Girard, "Non-regular array solutions assessed from industrial point of view", Antennas and Propagation (EUCAP), 8th European Conference on, The Hague, 6-11 April 2014.
- [3] A. Oueslati, C. Menudier, M. Thevenot, T. Monediere, "Potentialities of Hybrid Arrays with Parasitic Elements", Antennas and Propagation (EUCAP), 8th European Conference on, The Hague, 6-11 April 2014. Doi: 10.1109/EuCAP.2014.6902151.
- [4] F. Fezai, C. Menudier, M. Thevenot, E. Arnaud, T. Monediere, "Reconfigurable Parasitic Element Antenna Using Reflection Phase Shifters", IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, 2014. Doi:10.1109/LAWP.2014.2377592.
- [5] Y. Abdallah, C. Menudier, M. Thevenot, T. Monediere, "Investigations of the Effects of Mutual Coupling in Reflectarray Antennas", IEEE Antennas and Propagation Magazine, vol. 55, no 2, p. 49 61, 2013. Doi 10.1109/MAP.2013.6529317.
- [6] F. Fezai, "Synthèse d'architectures d'antennes à éléments parasites pour la formation de faisceaux : Application au projet Remote Wake Up (RWU)", thèse de doctorat, Université de Limoges, 2013.
- [7] M. Thevenot, C. Menudier, A. El Sayed Ahmad, G. Zakka El Nashef, F. Fezai, Y. Abdallah, E. Arnaud, F. Torres, and T. Monediere, "Synthesis of Antenna Arrays and Parasitic Antenna Arrays with Mutual Couplings," Int. J. Antennas Propag., vol. 2012, p. e309728, Apr. 2012.

Compétences à l'issue de la thèse :

- Compréhension des mécanismes d'ondes dans des structures complexes ;
- Conception d'architectures d'antennes hybrides innovantes qui fourniront des solutions pour les cahiers des charges posés;
- Compétences dans la réalisation d'un ou plusieurs démon

Présentation de l'équipe d'accueil :

L'équipe Antennes et Signaux du laboratoire XLIM est spécialisée dans la modélisation et la conception d'architectures d'antennes innovantes, pour des applications de télécommunications, le domaine spatial et militaire. Cette équipe propose des solutions passives ou reconfigurables au niveau d'antennes mono ou multiéléments rayonnants. Parmi les activités, les traitements d'antennes sont aussi investigués et font l'objet de démonstrateurs pour améliorer les performances des chaînes d'émission/réception et aussi pour proposer des alternatives innovantes aux problématiques du domaine. L'équipe est impliqué dans plusieurs projets collaboratifs de type ANR, PEA, FUI, et dans des projets européens. Elle collabore avec les grands organismes et industriels du domaine.

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 : Titulaire d'un master en micro-ondes / électromagnétisme / électronique analogique ou diplôme d'ingénieur

Conditions restrictives de candidature : Pour postuler à cette offre, nous vous invitons à :

- compléter le dossier de candidature CNES (rubrique candidater) avec l'aide du directeur de thèse et/ou le responsable CNES du sujet concerné (prendre contact impérativement avant de déposer un dossier). Le sujet et la procédure de candidature sont disponibles sur le lien suivant :

<https://cnes.fr/fr/les-ressources-humaines-du-cnes/etude-de-nouvelles-architectures-dantennes-hybrides-reconfigurables>

- à le soumettre en ligne avant le 31 mars 2016 via le lien ci-dessus

Conditions restrictives : nationalité européenne

Date Limite de candidature : 3/31/2016

