

## Système antennaire directif et reconfigurable pour réseaux de capteurs sans fil

**Partenaires :** Equipes CMA et MCSOC du LEAT en collaboration avec EURECOM

**Encadrants :** Robert Staraj (LEAT/CMA), Raymond Knopp et Dominique Nussbaum (EURECOM)

**Domaine :** Antennes miniatures, antennes reconfigurables, antennes intelligentes, réseau d'antennes, réseau de capteurs sans fil.

**Contexte :** L'intérêt pour les réseaux de capteurs sans fil ne cesse de croître du fait de leur utilisation dans de nombreuses applications comme le suivi de données environnementales ou biomédicales. Toutefois, certaines contraintes majeures comme leur consommation d'énergie et leur miniaturisation, peuvent retarder voire empêcher leur déploiement. De nombreux travaux portant sur le contrôle de l'énergie mise en jeu par chaque nœud du réseau pour économiser leur énergie ont déjà été publiés, en particulier dans le cas de nœuds alimentés par divers systèmes de récupération de l'énergie [1,2].

D'un point de vue antennaire, une approche consiste à utiliser pour chaque nœud une antenne omnidirectionnelle pour couvrir de façon identique toutes les directions [3]. Une approche de type MIMO (Multi-Input Multi-Output) a également été abordée dans la littérature [4,5]. Elle consiste à utiliser plusieurs antennes pour chaque nœud afin d'améliorer la qualité de la liaison. Toutefois, les solutions proposées, en plus d'augmenter l'encombrement de chaque nœud, nécessitent pour certaines, des systèmes d'alimentation complexes à mettre en œuvre. D'autre part, le rayonnement des solutions proposées est omnidirectionnel. Or, dans les cas de réseaux de capteurs dits multi-sauts (multi-hop), les données s'acheminent généralement dans le même sens et donc dans la même direction. Dans ces conditions, il serait intéressant de proposer une solution de type antenne intelligente, pouvant notamment devenir directive à la demande. En effet, la possibilité de pouvoir focaliser le rayonnement des antennes des nœuds vers la station de base permettrait d'optimiser le bilan de liaison et d'envisager ainsi une réduction de la consommation ou une distance de fonctionnement plus grande. La solution proposée devra également être de faibles dimensions afin de réduire l'encombrement du nœud et/ou de permettre l'association de plusieurs éléments en réseau pour augmenter la directivité voire rendre le faisceau reconfigurable à l'aide composants actifs peu gourmands en énergie tels que les DTC capacités variables numériquement [6]. Une même souplesse pourra s'envisager du côté antenne du « collecteur d'information », c'est-à-dire côté station de base, pour laquelle il faudra cependant envisager un fonctionnement dynamique multidirectionnel afin de desservir simultanément une transmission vers plusieurs nœuds, ou objets communicants situés dans différentes directions.

Le déroulement de la thèse sera le suivant. Il s'agira tout d'abord d'évaluer les performances des solutions antennaires utilisées actuellement sur une carte de développement utilisées dans des réseaux de capteurs [7]. Le candidat sera donc formé à l'apprentissage du fonctionnement de cette carte et à sa programmation. Puis, une campagne de mesures sera menée pour comparer les différentes solutions existantes afin qu'elles servent de référence. Il s'agira ensuite de proposer une solution de faibles dimensions qui puisse être intégrée sur la carte. Enfin, plusieurs éléments de cette solution seront associés ensemble afin de réaliser un réseau permettant d'obtenir le rayonnement désiré.

**Objectifs et verrous scientifiques:** Le projet a pour but de proposer des solutions antennaires permettant à la fois une réduction de la taille de l'élément rayonnant et donc de l'encombrement global du nœud ainsi

qu'une amélioration de la directivité. Or, ces objectifs sont généralement antagonistes. En effet, la miniaturisation des antennes entraîne une diminution de leurs performances radioélectriques et notamment de leur directivité. Toutefois des solutions récentes, telles que les antennes superdirectives [8] ou l'utilisation de plan de masse de type EBG (Electromagnetic Band Gap) [9] permettent d'envisager des solutions répondant à ces challenges.

#### **Bibliographie :**

- [1] Andrea Castagnetti, Alain Pegatoquet, Cécile Belleudy and Michel Auguin, "A Framework for Modeling and Simulating Energy Harvesting WSN nodes with Efficient Power Management Policies", EURASIP Journal on Embedded Systems (JES), pp. 1-20, October 16<sup>th</sup>, 2012.
- [2] Trong Nhan Le, A. Pegatoquet, O. Sentieys, O. Berder, and C. Belleudy, "Duty-Cycle Power Manager for Thermal-Powered Wireless Sensor Networks", 24<sup>th</sup> IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, pp. 144-149, London, UK, 8-11 September 2013.
- [3] J.-T. Huang, J.-H. Shiao and J.-M. Wu, "A miniature Hilbert inverted-F antenna for wireless sensor network applications", *IEEE Trans. on Antennas and Propagation*, vol. 58, n°9, pp. 3100-3103, September 2010.
- [4] C.Y. Chiu and R. Murch, "Experimental results for a MIMO cube", in *Proc. IEEE Antennas Propag. Soc. Int. Symp., Albuquerque, NM*, pp. 2533-2536, July 2006.
- [5] I.T. Nassar and T.M. Weller, "Development of novel 3-D cube antennas for compact wireless sensor nodes", *IEEE Trans. on Antennas and Propagation*, vol. 60, n°2, pp. 1059-1065, February 2012.
- [6]<https://www.psemi.com/content/products/productSubCat.php?cat=RF+Tuning+Products&product=Digitally+Tunable+Capacitors> [en ligne]
- [7] Plateforme PowWow <http://powwow.gforge.inria.fr> [en ligne]
- [8] B. Sentucq, A. Sharaiha and S. Collardey, "Superdirective metamaterial-inspired electrically small antenna arrays", in *Proc. EuCAP (European Conference on Antennas and Propagation)*, pp.151-153, April 2013.
- [9] S. Pflaum, P. Le Thuc, G. Kossiavas and R. Staraj, "Performance enhancement of a circularly polarized patch antenna for RFID readers using an EBG ground plane", *Microwave and Optical technology Letters*, vol. 55, n°7, pp. 1599-1602, July 2013.