

Titre	Apports de la théorie de l'information et de l'échantillonnage compressé pour la surveillance du spectre
Contexte	<p>Du fait du développement rapide des communications numériques, les systèmes de radiocommunications ont atteint un haut degré de sophistication qui constitue un véritable défi pour la surveillance du spectre. L'étalement des bandes de fréquence, la rapidité de modulation, le développement de systèmes opportunistes et multiantennes, pour ne citer que quelques exemples, font peser sur les systèmes de surveillance des contraintes de rapidité d'échantillonnage, de volume de données et de capacités de traitement de moins en moins compatibles avec la technologie et génératrices de coûts importants. De plus, ces contraintes sont peu compatibles avec les qualités de souplesse, de mobilité et de déploiement rapide que l'on attend idéalement d'un système de surveillance.</p>
Objectifs identifiés	<p>L'objectif de la thèse est d'étudier la problématique de la surveillance du spectre sous l'angle de la théorie de l'information. Bien que la quantité de données présente dans une large bande de fréquence soit considérable, l'information est bien moins volumineuse. Il est donc théoriquement possible d'optimiser la structure du système de surveillance en l'adaptant à l'information que l'on souhaite, in fine, extraire de l'acquisition (cette simplification de l'acquisition se faisant au prix d'un recours à un algorithme de décodage/reconstruction plus sophistiqué).</p>
Caractère novateur	<p>Dans le domaine de l'image, des approches proposées il y a quelques années, que l'on désigne sous l'appellation « acquisition compressée » [1], ont démontré une réelle efficacité. Leur application au domaine du signal radiofréquence a été maintes fois proposée mais en contexte réel ce domaine se révèle bien plus difficile que l'image, du fait notamment du problème de robustesse par rapport au bruit. Des résultats très récents [2][3] suggèrent que l'étude du problème de la surveillance du spectre sous un angle différent, à savoir celui de l'information, peut conduire à des résultats novateurs et présente l'avantage de prendre explicitement en compte la présence de bruit.</p> <p>Au-delà de la surveillance du spectre, qui est l'application qui fera l'objet de la thèse, le Radar est une autre technologie qui pourrait potentiellement bénéficier d'avancées dans le domaine de l'acquisition compressée et ouvrir la voie à un nouveau récepteur radar qui peut fonctionner à des fréquences très élevées. La DARPA finance des études dans cet objectif. L'acquisition compressée permettrait de faire réellement entrer la technologie Radar haute fréquence dans l'ère numérique. Une autre application possible est la surveillance d'une vaste zone au sol. Le balayage complet d'une vaste zone nécessite du temps et génère de grandes quantités de données. L'acquisition compressée réduit considérablement la quantité de données et le temps de numérisation. Enfin, d'autres possibilités sont ouvertes dans le domaine des communications. On peut utiliser le même type d'idées pour les communications à très faible puissance. On peut souhaiter déployer des capteurs qui opèrent sur une très longue période de temps sans avoir la possibilité de recharger leurs batteries. L'acquisition compressée, en réduisant la cadence de numérisation et la quantité de données à transmettre, réduit, par voie de conséquence, la consommation d'énergie et donc d'augmenter la longévité des batteries.</p>

	<p>Bibliographie (Références citées dans le texte):</p> <p>[1] T. Candès, E.J. Tao, "Decoding by linear programming", IEEE Transactions on Information Theory, vol. 51, pp. 4203-4215, 2005</p> <p>[2] S. Rangan et al., Asymptotic Analysis of MAP Estimation via the Replica Method and Applications to Compressed Sensing, IEEE Transactions on Information Theory, vol. 58, no. 3, pp. 1902-1923, March 2012</p> <p>[3] A.K. Fletcher et al., Ranked Sparse Signal Support Detection, IEEE Transactions on Signal Processing, vol. 60, no. 11, pp. 5919-5931, November 2012</p>
<p>3 publications du (des) porteur(s) de projet dans le domaine sur les 5 dernières années</p>	<p>K. Hassan, R. Gautier, I. Dayoub, M. Berbineau et E. Radoi. "Multiple-Antenna Based Blind Spectrum Sensing in the Presence of Impulsive Noise". Dans : IEEE Transactions on Vehicular Technology (3/2013). Impact Factor (2014) : 2.642, DOI : 10.1109/TVT.2013.2290839.</p> <p>C. Nsiala Nzéza, T. Blondel, G. Moniak, M. Berbineau et R. Gautier. "Dynamic Spectral Monitoring for Flexible and Reconfigurable Railways Communication Systems". Dans : Proceedings of the 9th International Conference on Intelligent Transport Systems Telecommunications, ITST'09. (20–22/10/2009). ISBN : 978-1-4244-5346-7 (eISBN : 978-1-4244-5347-4), DOI : 10.1109/ITST.2009.5399350, Réf HAL : hal-00485849 version 1. Lille, France, pages 228–233.</p> <p>C. Nsiala Nzéza et R. Gautier. "In Advances in Cognitive Radio Systems ; Editors : Dr. Cheng-Xiang Wang and Prof Joseph Mitola III". Dans : ISBN : 978-953-51-0666-1, DOI : 10.5772/30366, Réf HAL : hal-00714618 version 1. Intech, 5/2012. Chapitre 6: Blind Detection, Parameters Estimation and Despreading of DS-CDMA Signals in Multirate Multiuser Cognitive Radio Systems, pages 1–26.</p>
<p>Collaborations nationales et internationales</p>	<p>Ce domaine très porteur de l'acquisition compressée pour la surveillance du spectre intéresse tout particulièrement nos partenaires institutionnels et industriels du domaine de la Défense. Nous collaborons actuellement depuis octobre 2015 avec la société SYRLINKS sur le sujet dans le cadre du projet REACC-RF visant à mettre au point un réseaux de capteurs bas coût de surveillance de communications pour de la localisation d'émetteurs intégrant un module front-end RF analogique d'acquisition compressée, suivi d'un étage de calcul numérique sur FPGA de reconstruction du support spectral embarquant des algorithmes que nous avons développés. Des collaborations seront envisager avec nos partenaires de l'Académie Technique Militaire (ATM) de Bucarest et de la Faculté d'ingénierie et des sciences appliquées de la Memorial University of Newfoundland.</p>
<p>Retombées</p>	<p>Deux contrats ont déjà été menés à bien dans ce domaine et cette thèse nous permettrait de développer plus amplement les aspects théoriques sous-jacents de cette problématique et d'améliorer les algorithmes de détection et de reconstruction du support spectrale large bande que nous avons commencé à mettre au point. De plus, pour des raisons de confidentialité et de manque de temps, nous n'avons pas été en mesure de publier les résultats de nos développements lors des deux contrats précédents et comptons bien les valoriser par le biais de la thèse. Finalement, le doctorant qui sera recruté bénéficiera du front-end radio dédié à l'acquisition compressée qui sera mis au point en parallèle au sein du projet REACC-RF et pourra donc valider ses travaux théoriques sur des signaux réels et évaluer leur robustesse vis-à-vis des perturbations du canal et des imperfections de la chaîne RF.</p>