

# Proposition d'une Thèse en Cotutelle sur l'Apport des Réseaux de Petites Stations de Bases Cognitives dans la Gestion des Interférences et la Minimisation de la Consommation d'Énergie

## 1 Descriptif du sujet

A l'heure où les premiers réseaux de téléphonie mobile de 4<sup>ème</sup> génération (4G) commencent à être déployés, les différents acteurs industriels et académiques des télécommunications travaillent depuis quelques années sur les technologies candidates pour les communications de 5<sup>ème</sup> génération (5G). Une des pistes envisageables est l'utilisation du concept de radio-cognitive (RC) [1] qui consiste en une gestion intelligente du spectre radiofréquence (RF). L'objectif de la RC est de permettre à des terminaux, utilisant différentes normes de communications, de cohabiter sur les mêmes bandes de fréquences. D'une part, des bandes de fréquences fixes sont assignées aux utilisateurs primaires (UP). Celles-ci leurs permettent de communiquer de manière prioritaire. D'autre part, des utilisateurs secondaires (US) sont autorisés à communiquer sur les bandes de fréquences de l'UP de manière non prioritaire. En effet, les US doivent interférer le moins possible les communications des UPs. Plusieurs méthodes permettent à un utilisateur secondaire d'accéder au spectre RF. Celles-ci peuvent être classées en trois techniques différentes d'accès au spectre de l'UP : 1/ la technique interweave, 2/ la technique overlay, 3/ la technique underlay [2].

La technique interweave, plutôt intuitive, consiste à exploiter pendant un temps donné et sur un emplacement donné les bandes de fréquences non utilisées par l'UP. Celle-ci est donc conditionnée par la détection *a priori* par l'US d'opportunités de transmissions dans le spectre de l'UP.

Les techniques overlay et underlay permettent, quant à elles, à un US d'utiliser une bande de fréquence occupée par un UP. Dans cette optique, l'US se doit de garantir un niveau d'interférence minimal sur le signal de l'UP. Il existe plusieurs manières de satisfaire cette contrainte comme par exemple : l'émission de signaux ultra large bande [3], l'émission à faible puissance, ou encore l'utilisation de techniques de précodage utilisant de l'information *a priori* sur le système et/ou le signal de l'UP [4]-[6]. Ce sont d'ailleurs les niveaux de connaissances *a priori* de l'US sur l'UP qui permettent de différencier les techniques overlay et underlay. Même si la capacité du système secondaire envisageable pour ces techniques est relativement faible par rapport à celle dans le cadre de l'accès au spectre de type interweave, elles permettent de s'affranchir des fautes de détections d'activités primaires et d'assurer une disponibilité quasi-permanente du lien secondaire. En effet, si l'émetteur de l'US est contraint de ne pas interférer le récepteur de l'UP, dans le cas d'accès au spectre de type underlay ou overlay, le niveau d'interférence créé par l'UP sur le signal reçu au niveau du récepteur de l'US n'est pas négligeable. Cependant, il peut être très réduit sur la base d'informations *a priori* disponibles au niveau de l'US. Il n'en demeure pas moins que disposer de certaines de ces connaissances *a priori* est difficile en pratique

et impose en général des protocoles de communication très spécifiques qui réduisent le temps de disponibilité du lien de l'US pour échanger de l'information utile. De plus, afin de répondre à la densité croissante des utilisateurs et à la réduction de la consommation d'énergie de ces futurs terminaux cognitifs, il est en outre envisagé le déploiement de réseaux de petites stations de bases cognitives (ou petites-cellules) à l'instar des stations de bases actuelles (dites macro-cellules).

L'objectif de cette thèse est de contribuer à la coexistence des réseaux primaires et secondaires dans un contexte overlay à très haute densité d'utilisateurs par cellule. Cela consistera en la proposition de techniques de traitement du signal permettant de minimiser : 1/ les interférences générées par les USs sur les UPs, 2/ la consommation d'énergie du système secondaire. Un important travail de recherche bibliographique devra en outre être mené sur :

1. La gestion des interférences en radio-cognitive (comparaison des différentes méthodes en termes de complexité, de connaissance *a priori*, de faisabilité, d'hypothèses sur le canal de propagation, etc.)
2. Les techniques de coopération.
3. Les méthodes d'accès au spectre (accès opportuniste, dynamique,...) et de gestion de la bande spectrale disponible.
4. Les méthodes permettant de minimiser la consommation d'énergie des systèmes de communications et en particulier dans les systèmes coopératifs.

## **2 Mots clés**

Interférence, Consommation d'énergie, Radio Cognitive, Réseaux denses, Green Communications.

## **3 Mode de déroulement**

La thèse est en co-tutelle avec le Laboratoire de l'Intégration du Matériau au Système (IMS, CNRS) et le laboratoire (Mediatron, Sup'Com). La période passée en France devrait être prise en charge à condition que le financement d'accompagnement soit obtenu.

## **4 Qualification du candidat recherché**

Ecole d'Ingénieur 3<sup>ème</sup> année ou Master orienté traitement du signal et télécommunications. Par ailleurs, de bonnes connaissances en traitement statistique du signal sont souhaitables afin de mener à bien cette thèse.

**Envoyer un CV + lettre de motivation à :**

Email : [guillaume.ferre@ims-bordeaux.fr](mailto:guillaume.ferre@ims-bordeaux.fr)

Email : [fatma.abdelkefi@supcom.rnu.tn](mailto:fatma.abdelkefi@supcom.rnu.tn)

Email : [mohamed.siala@supcom.rnu.tn](mailto:mohamed.siala@supcom.rnu.tn)

## Références

- [1] J. Mitola III. Cognitive Radio: An Integrated Agent Architecture for Software Defined Radio. PhD Thesis, 2000.
- [2] A. Goldsmith, S. Jafar, I. Maric and S. Srinivasa. Breaking Spectrum Gridlock with Cognitive Radios: An Information Theoretic Perspective. Proceedings of the IEEE, vol. 97, no. 5, pp. 894-914, 2009.
- [3] A. F. Molisch. Wireless Communications. Wiley, Chapter 11, 2011.
- [4] Q. Spencer, A. Swindlehurst and M. Haardt. Zero-Forcing Methods for Downlink Spatial Multiplexing in Multiuser MIMO Channels. IEEE Transactions on Signal Processing, vol. 52, no. 2, pp. 461-471, 2004.
- [5] L. Cardoso, M. Kobayashi, Y. Ryan and M. Debbah. Vandermonde Frequency Division Multiplexing for Cognitive Radio. IEEE Signal Processing Advances in Wireless Communications, pp. 421-425, 2008.
- [6] M. Costa. Writing on Dirty Paper. IEEE Transactions on Information Theory, vol. 29, no. 3, pp. 439-441, 1983.