

# Sujet de stage Ingénieur/ Master supporté par le projet ANR DUPLEX

## Systeme multi antennes à faible couplage mutuel pour communications de type Full Duplex.

Thématique : CMA

Mots-clés : Communications Full-Duplex, systèmes antennaires, antennes miniatures, antennes reconfigurables, antennes intelligentes, réduction du couplage mutuel

Responsables : Aliou Diallo, Philippe Le Thuc, Robert Staraj

Lieu du stage : LEAT, Sophia Antipolis, Campus SophiaTech

Rémunération gratification d'environ 540 €/mois (suivant la loi en cours)

Contacts : [aliou.diallo@unice.fr](mailto:aliou.diallo@unice.fr), [philippe.lethuc@unice.fr](mailto:philippe.lethuc@unice.fr), [robert.staraj@unice.fr](mailto:robert.staraj@unice.fr)

### Contexte :

La technique « duplex intégral » (ou full-duplex) consiste à émettre et recevoir simultanément dans la même bande de fréquence ce qui permet en théorie de doubler la capacité de communication. Cette technique, attractive en théorie reste cependant difficile à mettre en œuvre.

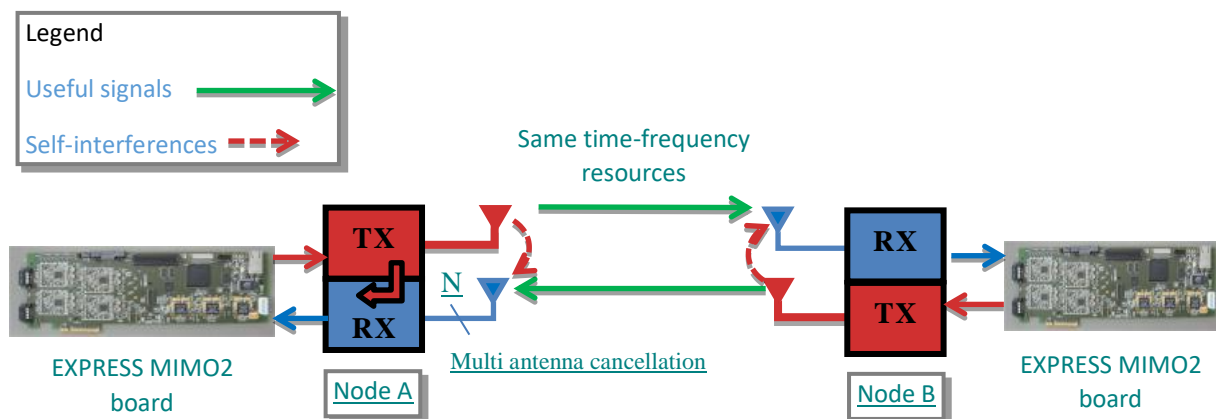


Figure 1: Principe de communication Full Duplex entre 2 nœuds

Dans ce cadre, un partenariat formé autour d'EURECOM, du CEA-LETI, de TCS, de l'ETSA et du LEAT a pu obtenir le financement par l'ANR du projet DUPLEX devant conduire à une mise en œuvre réelle de cette technique.

Les objectifs du projet DUPLEX comportent donc :

- Des études sur les limites théoriques (débit) des équipements de communication full-duplex, en particulier dans le cas d'équipements à antennes multiples (MIMO)
- Le développement de techniques antennaires, de traitement analogiques et numériques pour l'annulation du signal émis au niveau du récepteur,
- Le développement d'un prototype d'équipement de communication full-duplex multi-antennes pour les prochaines générations de communications sans fils.

Ces objectifs seront développés dans le cas de 2 scénarios :

- La communication Full-Duplex entre deux nœuds de communications : le dispositif d'annulation du signal émis utilise la connaissance du signal, supposé connu ;
- Le relayage Full-Duplex : le relais traite, amplifie et retransmet le signal reçu dans la même bande. Dans ce scénario, plusieurs cas de figures seront envisagés, suivant la connaissance des données émises, *a priori* connues ou non.

Le projet est structuré en 5 tâches distinctes. La tâche 3 (techniques analogiques) est consacrée à l'analyse de techniques d'annulation analogique ainsi qu'à la conception et la réalisation de dispositif antennaire et de circuits associés.

C'est dans le cadre de cette tâche que se situera le travail du stagiaire sollicité par le LEAT, en appui du doctorant travaillant actuellement sur l'intégralité de la tâche « Antennes ».

### **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 que la possibilité d'émission et réception simultanée sur une fréquence identique au moyen d'au moins 2 éléments rayonnants dans un premier temps. Or, ces objectifs sont généralement antagonistes. En effet, la miniaturisation des antennes et du système antennaire entraîne une diminution de leurs performances radioélectriques mais aussi une augmentation du couplage mutuel des éléments rayonnants. Ce couplage mutuel et l'interaction des canaux montants (émission) et descendants (réception) vont constituer le principal verrou scientifique auquel les partenaires du projet vont s'attaquer chacun dans leur domaine de compétences, afin d'essayer au final que l'ensemble des résultats obtenus soient co-optimisés et permettent de parvenir à un résultat au-delà de l'art actuel. En termes d'antennes, pour lesquelles les compétences du LEAT sont sollicitées, certaines techniques comme la ligne de neutralisation développée au LEAT [DLT06], ont permis dans d'autres domaines de limiter le couplage entre voies.

Le travail durant le stage se structurera de la façon suivante :

- Etude bibliographique des études Full-Duplex réalisées actuellement
- Etude des résultats déjà obtenus au sein du LEAT.
- Choix (avec les encadrants) d'une solution à étudier de manière paramétrique à l'aide d'un outil de CAO de type CST ou HFSS.
- Optimisation, à partir des études paramétriques réalisées, de la structure retenue
- Prototypage, réalisation
- Caractérisation et tests
- Rédaction du manuscrit de stage

### **Bibliographie :**

[ACM13] Proceedings of the ACM SIGCOMM 2013 conference on SIGCOMM, <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2486033&CFID=253942508&CFTOKEN=53728583>

[ADL12] R. Addaci, A. Diallo, C. Luxey, Ph. Le Thuc, R. Staraj, "Dual-Band WLAN Diversity Antenna System With High Port-to-Port Isolation". *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol.11, pp.244-247, 2012. DOI 10.1109/LAWP.2012.2188824.

[AE14] E. Ahmed and A. M. Eltawil, "On phase noise suppression in full-duplex systems," *IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol. 14, issue 3, pp. 1237-1251, 2015. [available at: <http://arxiv.org/abs/1401.6437>]

[AKS13] L. Anttila, D. Korpi, V. Syrjälä, and M. Valkama, "Cancellation of power amplifier induced nonlinear self-interference in full-duplex transceivers," in *Proc. IEEE Asilomar Conference on Signals, Systems and Computers*, Pacific Grove, CA, USA, Nov. 3-6, 2013.

- [ATK13] O. N. Alrabadi, A. D. Tatomirescu, M. B. Knudsen, M. Pelosi, and G. F. Pedersen, "Breaking the transmitter-receiver isolation barrier in mobile handsets with spatial duplexing", *IEEE Transaction on Antennas and Propagation*, vol. 61, n°4, pp. 2241-2251, Apr. 2013.
- [BK14] D. Bharadia and S. Katti, "Full-duplex MIMO radios," in Proc. USENIX Symposium on Networked Systems Design and Implementation, Seattle, WA, USA, Apr. 2-4, Feb. 2014.
- [CHO13] Jung Il Choi, "Full-Duplex Wireless Design", University of Stanford, <http://sing.stanford.edu/fullduplex/>
- [CJS10] J. I. Choi, M. Jain, K. Srinivasan, P. Levis, and S. Katti, "Achieving single channel, full-duplex wireless communication," in *Proc. Int'l Conference on Mobile Computing and Networking*, Chicago, USA, 2010.
- [CLD08] A. Chebihi, C. Luxey, A. Diallo, P. Le Thuc, R. Staraj, "A Novel Isolation Technique for Closely Spaced PIFAs for UMTS Mobile Phones", *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 7, pp. 665-668, 2008.
- [DDS12] M. Duarte, C. Dick, and A. Sabharwal, "Experiment-driven characterization of full-duplex wireless systems," *IEEE Trans. on Wireless Communications*, vol. 11, no. 12, pp. 4296-4307, Dec. 2012.
- [DLT06] A. Diallo, C. Luxey, P. Le Thuc, R. Staraj, G. Kossiavas, "Study and Reduction of the Mutual Coupling between Two Mobile Phone PIFAs Operating in the DCS1800 and UMTS Bands", *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, Part.1, vol. 54, n. 11, pp. 3063-3074, November 2006, Wheeler Prize 2007.
- [JCK11] M. Jain, J. I. Choi, T. M. Kim, D. Bharadia, S. Seth, K. Srinivasan, P. Levis, S. Katti, and P. Sinha, "Practical, real-time, full-duplex wireless," in *Proc. International Conference on Mobile Computing and Networking*, Las Vegas, NV, USA, Sep. 19-23, 2011.
- [KAS14] D. Korpi, L. Anttila, V. Syrjälä, and M. Valkama, "Widely-linear digital self-interference cancellation in direct-conversion full-duplex transceiver," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. 32, issue 9, pp. 1674-1687 Sep. 2014. [available at: <http://arxiv.org/abs/1402.6083>]
- [KMS14] M. Koohestani, A. A. Moreira, A. K. Skrivervik, "A Novel Compact CPW-Fed Polarization Diversity Ultrawideband Antenna," *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 13, pp. 563-566, 2014.
- [LXC14] Lihong Wang, Lina Xu, Xinwei Chen, Rongcao Yang, Liping Han, Wenmei Zhang, "A Compact Ultrawideband Diversity Antenna With High Isolation," *IEEE Antennas and Wireless Propagation Lett.*, 2014.
- [NRW78] E. H. Newman, J. H. Richmond and C. H. Walter, "Superdirective Receiving Arrays", *IEEE Trans. on Antennas and Propagation*, vol. AP-26, n° 5, Sep. 1978.
- [PIG14] M. Pigeon, "Miniature Directive Antennas", *International Journal of Microwave and Wireless Technologies*, Vol 6, pp 45-50 February 2014.
- [SPS11] A. Sahai, G. Patel, and A. Sabharwal, "Pushing the limits of full-duplex: Design and real-time implementation," *Technical Report*, Rice University, Jul. 2011. [available at: <http://arxiv.org/abs/1107.0607>]
- [SVA14] V. Syrjala, M. Valkama, L. Anttila, T. Riihonen, and D. Korpi, "Analysis of oscillator phase-noise effects on self-interference cancellation in full-duplex OFDM radio transceivers," *IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol. 13, issue 6, pp. 2977-2990, 2014
- [VVS09] V. Venkateswaran, A.-J. van der Veen, and D. Slock, " $\Sigma\Delta$  interference cancelling ADC's for antenna-arrays", in *Proc. IEEE Workshop on Signal Processing Advances in Wireless Communications (SPAWC)*, Perugia, Italy, June 21-24, 2009, pp. 459-463.
- [VV11] V. Venkateswaran and A.-J. van der Veen, "Multichannel  $\Sigma\Delta$  ADCs with integrated feedback beamformers to cancel interfering communication signals", *IEEE Transactions on Signal Processing*, vol. 59, no.5, pp. 2211-2222, May 2011.
- [REM14] REMOTEK <http://www.remotek.com.tw/>[HYF14] K.-F. Hung, S.-H. Yeh and S.-T. Fang, "Isolation Enhancement of the Dual Polarized Planar Antenna with Orthogonal Electromagnetic Band-Gap Backed Structure", *IEEE Proceedings of International Symposium on Antennas and Propagation*, 2014.