



<b>Titre Thèse</b>	Mesure de la qualité de l'environnement et passage à l'échelle des réseaux d'objets communicant.	
<b>(Co)-Directeur</b>	Laurent Clavier	E-mail : laurent.clavier@univ-lille.fr
<b>(Co)-Directeur</b>	Antoine Frappé	E-mail : antoine.frappe@yncrea.fr
<b>(Co)-Encadrant</b>		E-mail :
<b>Laboratoire</b>		Web :
<b>Equipe</b>		Web :
	Contrat Doctoral Etablissement	Lille 1 <input type="checkbox"/> UVHC <input type="checkbox"/> ECL <input type="checkbox"/> ISEN <input type="checkbox"/>
<b>Financement prévu</b>	Président-Région <input type="checkbox"/>	Région – Autre <input type="checkbox"/> Préciser :
<b>Acquis</b> <input type="checkbox"/>	Président- Autre <input type="checkbox"/> Préciser	DGA – Autre <input type="checkbox"/> Préciser
	Contrat de recherche <input type="checkbox"/> Type	Autre <input type="checkbox"/>

### Description des travaux :

La ville intelligente, l'homme connecté, la surveillance de l'environnement... autant d'applications qui nécessitent de récupérer des informations par l'intermédiaire d'objets communicant. Le nombre d'objets ne cesse d'augmenter et cela s'accompagne d'un accroissement massif des transmissions sans fils, d'une hétérogénéité des systèmes déployés et de la grande variabilité des environnements (spatiale, temporelle). Qui plus est les protocoles d'accès à la ressource radio doivent être réduits à leur strict minimum (*grant free access*, *Non Orthogonal Multiple Access* - NOMA). Une conséquence majeure est l'impact accru des interférences. Les futurs réseaux devront alors faire face à deux défis : la robustesse et l'adaptabilité, ceci avec une forte contrainte énergétique et de durée de vie.

En particulier, les interférences ne présenteront pas le comportement gaussien traditionnel généralement supposé dans les réseaux hétérogènes IoT / M2M mais aura un comportement plus impulsif [1,2]. Cette impulsivité aura un impact majeur sur les réseaux futurs qu'il est important de comprendre, en particulier pour des paquets courts pour lesquels une ou plusieurs impulsions fortes peuvent dégrader de manière drastique les performances [3]. Cet impact reste cependant difficile à déterminer. Si des approches théoriques (comme la géométrie stochastique par exemple) tentent d'apporter des réponses [4], les résultats d'expérimentations manquent cruellement pour optimiser les liens radios. De plus, il est difficilement concevable d'effectuer des expérimentations satisfaisantes dans un environnement de laboratoire puisqu'il faut déployer un grand nombre de nœuds, une variété de protocoles et les évaluer dans un environnement qui évolue dans le temps.

Les objectifs du projet sont donc de déployer un grand nombre d'objets communicant dans des lieux de vie. nous visons deux lieux spécifiques, représentatifs des *smart cities* : un environnement *indoor* – *learning center* Lilliad – et un environnement *outdoor* – passage numérique, ville de Lomme. Les premières applications visées concernent la qualité de l'environnement (pollution de l'aire, pollution sonore, pollution électro-magnétique) et la gestion du *learning center* (occupation des places, déplacements des usagers...).

Le projet s'articule autour de deux axes :

\* Axe 1 : Solutions NOMA pour les communications M2M en liaison montante. L'objectif est **de définir des stratégies d'émission et de réception** à la fois économes en énergie mais également robuste dans le cadre de l'IoT, c'est-à-dire pour des transmissions sporadiques et des interférences pouvant parfois avoir des comportements non Gaussiens. En particulier la conception des récepteurs et les traitements numériques permettant d'implémenter les non-linéarités nécessaires à la réception optimale seront étudiés, sur la base d'une technologie 28nm FD-SOI. Qui plus est, dans le cas d'approches de type LP-WAN, le récepteur devra être en mesure de traiter un grand nombre de signaux asynchrones [5,6].

\* **Axe 2 : Expérimentation dans un environnement réel.** L'objectif est de développer les solutions proposées, *a minima* sur des outils de type radio logiciel, et de le mettre en œuvre dans des environnements où d'autres technologies sont déjà fonctionnels, parfois dans les mêmes bandes de fréquence (à 2.4 GHz par exemple).

- [1] M. Egan, L. Clavier, M. de Freitas, L. Dorville, J.M. Gorce and A. Savard, "Wireless Communication in Dynamic Interference", IEEE GLOBECOM 2017, Singapore 4-8 Dec. 2017
- [2] E. Soret, L. Clavier, G.W. Peters, F. Septier, I. Nevat, "Modeling interference with alpha-stable distributions and copulae for receiver design in Wireless Communications", 61st World Statistics Congress, 16-21 July 2017, Marrakech
- [3] V. Dimanche, A. Goupil, L. Clavier, G. Gellé, "On detection method for soft iterative decoding in the presence of impulsive interference", IEEE Commun. Lett., 18, 6 (2014) 945-948
- [4] De Freitas M., Egan M., Clavier L., Goupil A., Peters G.W., Azzaoui N., "Capacity bounds for additive symmetric  $\alpha$ -stable noise channels", IEEE Trans. Inf. Theory 63, 8 (2017) 5115-5123.
- [5] U. Noreen, L. Clavier, A. Bounceur, "LoRa-like CSS-based PHY Layer Capture Effect and Serial Interference Cancellation", 24th European Wireless (EW), Catania, Italy, 2-4 May 2018.
- [6] M.E.A. Seddik, V. Toldov, L. Clavier, N. Mitton, "From Outage Probability to ALOHA MAC Layer Performance Analysis in Distributed WSNs", Proceedings of 2018 IEEE Wireless Communications and Networking Conference, WCNC 2018, Barcelona, Spain, april 15-18, 2018.



Université Lille Nord de France  
Pôle de Recherche  
et d'Enseignement Supérieur