

# Charge utile radio logicielle pour de l'IoT Terre-Espace par NanoSatellite

Journée de l'école doctorale SPI

Robinson CARRERE<sup>1)</sup>, Guillaume FERRE<sup>1)</sup>, Bertrand LE GAL<sup>2)</sup>, Philippe CAIS<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> *Laboratoire IMS UMR CNRS 5218, Bordeaux INP, Bordeaux France,*

<sup>2)</sup> *ENSSAT, Université de Rennes, Lannion France,*

<sup>3)</sup> *LAB UMR CNRS 5804 Université de Bordeaux, Talence France,*

Contact : *robinson.carrere@ims-bordeaux.fr, +33647755203*

## Résumé

Les travaux de ce doctorat visent à concevoir et à tester une charge utile pour nanosatellite de format CubeSat. Le rôle de cette expérience embarquée est d'établir une communication directe Terre LEO (Low Earth Orbit) sur des bandes de fréquences libres d'utilisation (bande ISM). La charge utile ELIoT, pour Earth Low-orbit Internet Of Things consiste ainsi en un récepteur radio se basant sur la technologie radio logicielle ainsi qu'un décodeur de signaux en bande de base innovant, et permettant un traitement des données en temps réel.

Les radios logicielles sont de plus en plus utilisées en tant que récepteur/émetteur spatiaux. En effet, étant composées de sous-modules reprogrammables elles offrent une adaptabilité très pratique pour des systèmes embarqués. Ainsi, pour un satellite sur lequel aucune modification ni maintenance matérielle n'est possible durant la phase d'exploitation, un système pouvant être modifié à distance est plus que bienvenu. Pour les besoins de notre application, nous proposons une implémentation customisée d'une radio logicielle pour des plateformes ne disposant que de peu de ressources. Les acteurs du new spaces pourront y trouver une solution pour des applications diverses sortant du cadre de la charge utile ELIoT. Dans le cadre d'une communication Terre Espace, plusieurs effets physiques viennent perturber une communication. Premièrement du fait de la distance entre émetteur et récepteur les perturbations sur le canal sont conséquentes. Deuxièmement du fait de la vitesse entre émetteur et récepteur, un effet Doppler vient décaler au cours du temps, la fréquence perçue par le récepteur. Le décodeur ELIoT propose une modification ingénieuse, basé sur une approche différentielle d'encodage d'information sur une forme d'onde de type LoRa (Chirp Spread Spectrum), permettant d'annuler l'impact de l'effet Doppler sur le signal par différentiation de deux symboles successifs. Couplé à des algorithmes de détection et synchronisation implémentés sur un processeur et conjugués à des accélérateurs matériels de calcul (FPGA), le décodeur ELIoT pourra décoder les signaux en temps réel, et être porté sur des plateformes faible capacité.

Le CubeSat à bord duquel notre récepteur expérimental sera embarqué provient du programme Nanonaasc du NAASC (Nouvelle-Aquitaine Academic Space Center). Le NAASC est un groupement de laboratoires universitaires, dont l'IMS, et d'écoles d'ingénieur de la région collaborant afin de proposer des projets dans le domaine spatial. Le premier satellite de ce programme, conçu en partenariat avec le CNES, est un CubeSat composé de trois unités, une unité correspondant à un cube de 10cm de coté. Le lancement est prévu pour 2026 pour une phase d'exploitation de 2 ans. Aux termes de ce doctorat, le satellite sera donc en fonctionnement et les conclusions des travaux de recherches associés se baseront ainsi sur les résultats obtenus par ce prototype, testé en conditions réelles.