www.onera.fr

ONERA
THE FRENCH AEROSPACE LAB

PROPOSITION DE SUJET DE THESE

Intitulé : Stratégies de déploiement des stations terriennes pour les systèmes de télécommunications par satellites en bandes Q, V et W

Référence : **PHY-DEMR-2024-12**
(à rappeler dans toute correspondance)

Début de la thèse : T4 2024	**Date limite de candidature :**

Mots clés

Mega-constellations de satellites, communications par satellites à très haut débit, diversité de gateways, propagation troposphérique, atténuation, bandes Q/V et W

Profil et compétences recherchées

Master ou Ingénieur télécommunications ou généraliste.
Compétences : développement informatique (Python), techniques de communication par satellites, traitement du signal, propagation radio

Présentation du projet doctoral, contexte et objectif

Les systèmes de télécommunication par satellites à très haut débit doivent utiliser des bandes de fréquence toujours plus élevées au-delà de 20 GHz afin d'acheminer des données pour des services sollicitant de manière croissante la bande passante. Les architectures systèmes à l'étude réservent l'intégralité de la bande Ka (20/30 GHz) pour les liens utilisateurs, ce qui nécessite d'utiliser d'autres bandes de fréquences comme la bande Q/V (40/50 GHz) et prochainement la bande W (70/80 GHz) pour les liens entre les satellites et les gateways, que ce soit avec des satellites géostationnaires ou pour des méga-constellations en orbite basse. En particulier, le projet de constellation IRIS² actuellement à l'étude vise à doter l'Union Européenne d'une capacité souveraine de services gouvernementaux à haut débit en bande Ka accessibles en tout point du globe, via le développement d'une constellation de plusieurs centaines de satellites en orbites basse et moyenne.

L'utilisation de ces bandes de fréquences élevées imposent deux limitations principales au niveau des bilans de liaison : d'une part des interférences entre faisceaux de plus en plus critiques et d'autre part des affaiblissements de propagation limitant fortement la disponibilité des liaisons même avec le recours à des techniques adaptatives classiques telles la gestion de puissance ou les formes d'onde adaptatives (ACM : Adaptive Coding & Modulation). En pratique, ces atténuations émanent d'épisodes pluvieux dans la troposphère qui viennent absorber la puissance du signal aux hautes fréquences. Ainsi, le seul recours envisageable pour éviter une panne impactant un grand nombre d'utilisateurs est la diversité de site, en activant des gateways dans de bonnes conditions météorologiques. L'idée est de solliciter un ensemble de P gateways de réserve, venant se substituer à une ou plusieurs des N gateways nominalement déployées fournissant le réseau en données.

L'objectif de cette thèse sera de définir une méthodologie et de développer les outils pour l'optimisation du segment sol des systèmes de télécommunications par satellites avec des liaisons « feeder » en bandes Q, V et W. En ce qui concerne les méga-constellations, deux cas d'application seront considérés : sans et avec liaisons inter-satellites (ISL : Inter Satellite Links) en optique ; sans ISL les couvertures resteront régionales alors qu'avec ISL la couverture sera mondiale. Le cas de satellites géostationnaires délivrant des couvertures européennes sera considéré comme systèmes de référence, afin de souligner l'apport des méga-constellations. Dans les deux types de systèmes, des redondances N+P seront considérées et l'emplacement des stations devra être optimisé en fonction des conditions de propagation.

En outre, pour optimiser ces systèmes du point de vue de leur disponibilité de service et de leur capacité, des techniques de prédiction devront être développées, afin d'anticiper le basculement des communications d'une station à une autre, et de minimiser le nombre de stations dans le segment sol. Différents types de techniques seront étudiées suivant le temps de réaction du système nécessaire pour anticiper les basculements. Pour des prévisions à quelques minutes des techniques de type Deep Learning seront évaluées et comparées aux techniques classiques de traitement du signal (ARMA, filtre de Kalman, …). Pour des délais plus importants, l'utilisation de prévisions météorologiques en mode forecast couplées à des observations radar pourront être considérées.

Collaborations envisagées CNES, DGA, ESA, fédération ONERA-ISAE-ENAC	
Laboratoire d'accueil à l'ONERA Département : Électromagnétisme et Radar Lieu (centre ONERA) : Toulouse **Contact** : Laurent Castanet Tél. : 05 62 25 27 29 Email : laurent.castanet@onera.fr	**Directeur de thèse** Nom : José RADZIK Laboratoire : ISAé Tél. : 05 6133 8110 Email : jose.radzik@isae-supaero.fr

Pour plus d'informations : https://www.onera.fr/rejoindre-onera/la-formation-par-la-recherche

PhD subject

Topic : Deployment strategy of ground stations for satcom systems at Q/V/W bands

Reference : **PHY-DEMR-2024-Numéro d'ordre**
(for any answer)

PhD start : T4 2024	**Deadline :**

Key words

Satellite mega-constellations, Very High Throughput Satellite communications, gateway diversity, tropospheric propagation, attenuation, Q/V and W bands

Candidate academic profile

Master in telecommunications.
Skills : SW development (Python), satellite communication techniques, signal processing, radio propagation

Presentation of the PhD project, context and objectives

Very High Throughput Satellite (VHTS) systems need to use higher and higher frequencies above 20 GHz to provide services requiring wide bandwidths. System architecture to be designed reserve the whole Ka-band (20/30 GHz) for the user links, which results in the use of other frequency bands such as Q/V-band (40/50 GHz) or in a close future W-band (70/80 GHz) for the feeder links, either with geostationary satellite or with LEO satellite mega-constellations. More specifically, the IRIS² constellation currently studied in Europe aims at providing to the European Union of a sovereign capacity of high data rate governmental services in Ka-band anywhere in the World through the development of a constellation of several hundreds of LEO and MEO satellites.

With the use of such high frequency bands link budgets are affected by two main issues: on the one hand co-channel interference between adjacent spot beams and on the other hand propagation impairments limiting link availability even with the use of conventional Fade Mitigation Techniques such as Up-Link Power Control (ULPC) or Adaptive Coding and Modulation (ACM). These strong attenuation events come from precipitation systems that will strongly affect the receive power at high frequencies. So the only way to avoid any drop of system availability simultaneously on a large number of users is to implement site diversity through activation of back-up gateways in clear sky conditions or at least in good meteorological conditions. The idea is to have at disposal P back-up gateways that can substitute one or some of the N active gateways feeding the satellite network.

The aim of this PhD is to define a methodology and to develop SW tools to optimise the ground segment of satcom systems with feeder links at Q/V or W-bands. Regarding mega-constellations, to application cases will be addressed: without and with optical Inter-Satellite Links (ISL). Without ISL, regional coverages will be considered whereas with ISL the coverage will be global. The specific configuration of GEO VHTS systems delivering European coverages will be addressed as reference benchmarking systems, in order to demonstrate and quantify the interest of developing mega-constellations. In both types of systems, N+P redundant gateways will be considered and theuir locatin will be optimized with respect to local radio-meteorological conditions.

In addition, to optimise these systems in terms of availability and system capacity, real-time prediction techniques will be developed in order to anticipate communication switches from a gateway to another one and to minimize the number of gateways to be implemented in the ground segment. Different types of techniques will be studied depending on the reaction time needed to anticipate the gateway switches. For predictions to be done several minutes in advance, Deep Learning approaches will be developed and assessed and will be compared to more conventional signal processing techniques such as Auto-Regressive Moving Average (AR-MA), Kalman filter, and so on... For longer anticipation time delays, the use of high resolution weather forecasts models possibly coupled with the meteorological radar networks of Met'Offices will be considered.

Possible collaborations	
CNES, DGA, ESA, fédération ONERA-ISAE-ENAC	
ONERA hosting Laboratory Département : Électromagnétisme et Radar Site (centre ONERA) : Toulouse **Contact** : Laurent Castanet Tel. : +33 5 62 25 27 29 Email : laurent.castanet@onera.fr	**PhD Director** Name : José RADZIK Laboratory : ISAE Supaéro Tel. : +33 5 6133 8110 Email : jose.radzik@isae-supaero.fr

For more informations : https://www.onera.fr/rejoindre-onera/la-formation-par-la-recherche