



## Avis de Soutenance

Monsieur Matthieu GARNUNG

Sciences de l'Univers

Soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulés

*Modélisation numérique haute-performance des streamers de sprites : Développement de diagnostics optiques et électromagnétiques pour caractériser les événements lumineux transitoires pour la mission spatiale TARANIS.*

dirigés par Monsieur SEBASTIEN CELESTIN

Ecole doctorale : Energie, Matériaux, Sciences de la Terre et de l'Univers - EMSTU

Unité de recherche : LPC2E - Laboratoire de Physique et Chimie de l'Environnement et de l'Espace

Soutenance prévue le **mardi 16 mars 2021** à 13h30

Lieu : LPC2E, 3A Avenue de la Recherche Scientifique, 45071 Orléans Cedex 2, France

Salle : de conférence

### Composition du jury proposé

M. Yasuhide HOBARA	The University of Electro-Communications	Rapporteur
M. Serge SOULA	Université de Toulouse III - Paul Sabatier	Rapporteur
Mme Nathalie HURET	Université Clermont Auvergne	Examinatrice
M. Martin FULLEKRUG	Université of Bath	Examinateur
M. Zdenek BONAVENTURA	Masaryk University	Examinateur
M. Jean-Louis PINCON	CNRS Orléans	Examinateur
M. Thomas FARGES	CEA DAM Ile-de-France	Co-directeur de thèse
M. Sebastien CELESTIN	Université d'Orléans	Directeur de thèse

**Mots-clés :** sprite, Simulation numérique, émission optique,,

### Résumé :

Les événements lumineux transitoires (TLE) sont des d'événements brefs et lumineux se produisant au-dessus des orages. Dans le cadre de cette thèse, nous nous intéressons particulièrement aux sprites. Ils sont composés de filaments de plasma appelés streamers qui se propagent par l'ionisation locale du milieu. Les sprites se produisent suite à l'établissement d'une connexion électrique entre le nuage d'orage et le sol générant un déséquilibre soudain des charges électriques entre le nuage et l'ionosphère. Le champ électrostatique ainsi induit augmente l'énergie des électrons présents dans les couches supérieures de l'atmosphère terrestre déclenchant l'apparition de streamers, lesquels génèrent des processus d'ionisation et d'émission radiative souvent perçus comme rougeâtres entre 40 et 90 km d'altitude. Plusieurs missions spatiales ont adopté des stratégies d'observation au nadir. Cependant, cette géométrie entraîne une perte de la résolution verticale. Afin de surmonter cet inconvénient, nous proposons dans cette thèse, une méthode pour déterminer l'altitude et le champ électrique associés aux sprites à partir de leurs émissions optiques. Pour cela, nous avons développé un code plasma fluide modélisant les décharges de streamers. Le code résout l'équation de Poisson pour obtenir le champ électrostatique, l'équation de dérive-diffusion pour le mouvement des espèces chargées, la méthode SP3 à trois groupes pour les processus de photoionisation ainsi que l'ionisation et l'attachement des électrons. Afin de prédire les émissions optiques que les sprites produisent, nous modélisons la production d'états électroniques excités du diazote et de son ion positif. Nous utilisons également le modèle d'antenne d'Uman pour estimer les émissions radio des streamers de sprites. Avec ce modèle, nous

études l'applicabilité d'une méthode permettant de déterminer l'altitude et le champ électrique d'un streamer à partir d'observations spectrophotométriques. Une comparaison entre des simulations et des données satellitaires montrent que cette méthode peut être utilisée pour analyser les observations réalisées au nadir depuis l'espace. Les limitations de cette approche ont été étudiées au travers de la simulation de la propagation de streamers sur plusieurs hauteurs d'échelles et de l'influence du taux caractéristique d'expansion exponentielle en fonction de la taille de l'inhomogénéité initiale. De plus, nous avons étudié les signatures radio dans la bande HF-VHF lors de la collision frontale entre deux streamers de polarités opposées. En négligeant le filtrage ionosphérique, nous avons montré que l'instrument TARANIS IME-HF aurait pu observer de telles émissions. De plus, nous montrons que le radiotélescope NenuFAR est également capable de faire de telles observations depuis le sol.