



Avis de Soutenance

Madame Nini BERGE

Sciences de l'Univers

Soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulés

Flashes Gamma Terrestres et émissions électromagnétiques associées; des rayonnements radio aux rayonnements gamma

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 **lundi 21 décembre 2020** à 15h30

Lieu :

Salle : En visioconférence

Composition du jury proposé

M. Sebastien CELESTIN	Université d'Orléans	Directeur de thèse
M. Pierre-Louis BLELLY	CNRS Toulouse	Rapporteur
M. Martino MARISALDI	University of Bergen	Rapporteur
Mme Rasha ABBASI	Loyola University Chicago	Examinatrice
Mme Elisabeth BLANC	DAM, CEA Arpajon	Examinatrice
M. Jean-Louis PINÇON	CNRS Orléans	Examineur

Mots-clés : TGF, Taranis, slow LF pulses,

Résumé :

Les flashes gamma terrestres (TGF) sont d'intenses bouffées de rayonnement gamma, de durées inférieures à la milliseconde, produits dans les champs électriques des nuages d'orage. Les TGF sont déclenchés par un processus connu sous le nom d'Avalanche d'Électrons Runaway Relativistes (RREA), mais le mécanisme exact de production et le contexte général derrière ce processus fait encore débat. Dans cette thèse, nous utilisons différents outils de modélisation afin d'explorer les divers aspects des TGF ainsi que des émissions électromagnétiques qui leur sont associées. Ce faisant, nous abordons un des sujets de recherche les plus récents dans le domaine de la physique atmosphérique des hautes énergies. Lors de la propagation des RREA, des électrons de basse énergie ainsi que des ions positifs et négatifs sont produits. Ces particules chargées produisent des courants lors de leur mouvement dans le champ électrique de l'orage. Nous modélisons les espèces chargées produites par les RREA, et les émissions radio qui en résultent dans le contexte d'électrons runaway thermiques injectés par un leader d'éclair. Nous trouvons que pour certaines conditions initiales, ces émissions radio correspondent aux "slow LF pulses" qui ont été précédemment observés simultanément avec des TGF. Cela confirme que les slow LF pulses sont en fait générés

directement par la source du TGF elle-même, comme cela a été précédemment suggéré. Les slow LF pulses pourront ainsi être utilisés pour déterminer les propriétés caractéristiques des sources de TGF. Depuis que le Telescope Array (Utah, États-Unis) commence à détecter de particules de haute énergie corrélées avec des éclairs, le nombre de détection depuis le sol a considérablement augmenté. Les observations de TGF depuis le sol représentent un outil complémentaire aux observations satellites. La proximité avec l'évènement et la possibilité d'observer un évènement avec plusieurs détecteurs pourraient révéler de nouvelles informations sur la production des TGF. Nous nous intéressons aux TGF inversés (dirigés vers le sol) en utilisant un modèle Monte Carlo de transport de photon dans l'atmosphère. Les pulses de rayonnement gamma détectés par le Telescope Array s'étendent sur des périodes de quelques centaines de microsecondes, avec des structures temporelles inférieure à 10 us. Nous prédisons que de telles structures seraient observables aux altitudes de satellites, en supposant une résolution temporelle suffisante. D'autre part, nous démontrons comment différents spectres de sources de TGF mèneraient à différents nombres de photons atteignant le sol, ce qui impacte les conclusions qu'on peut tirer en utilisant les données observationnelles. Lors de la propagation d'un TGF, le rayonnement gamma qui ionise l'air environnant, produisent ainsi des électrons libres. Ces électrons émettent un rayonnement bremsstrahlung (ici appelé photons secondaires), principalement dû aux collisions avec les noyaux des molécules de l'air. Une partie de ce rayonnement bremsstrahlung sera d'énergie suffisante pour atteindre l'altitude des satellites. Le spectre de ces photons secondaires dépend des propriétés initiales du TGF, et peut être utilisé pour caractériser ces dernières à partir des observations. Les photons secondaires sont également une signature directe de l'énergie déposée dans l'atmosphère par les TGF. Parce qu'ils ne sont pas facilement distinguables des photons du TGF, nous proposons trois mesures pour analyser les résultats liés aux spectres des photons secondaires. De cette façon, nous sommes capables de quantifier les propriétés de TGF de différents spectres initiaux et différentes géométrie de faisceaux. Dans cette thèse, nous démontrons que la combinaison de divers effets de différentes natures liés aux TGF peut être un outil puissant pour résoudre nombre de questions ouvertes dans le domaine de la physique de l'atmosphère des hautes énergies.