** Avis de Soutenance**

Monsieur Pierre GOURBIN  
  
Sciences de l'Univers   
  
Soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulés  
  
*Modélisation auto-consistente d'avalanches d'électrons runaway relativistes produisant des flashs gamma terrestres*   
  
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 ***jeudi 22 février 2024*** à 10h00  
Lieu :   Campus CNRS, 3A Avenue de la Recherche Scientifique, 45071 ORLÉANS   
Salle : Amphithéâtre Charles Sadron   
  
**Composition du jury proposé**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| M. SEBASTIEN CELESTIN | Université d'Orléans | Directeur de thèse |
| Mme Nathalie HURET | Université Clermont Auvergne | Examinatrice |
| M. Olivier CHANRION | DTU SPACE National Space Institute | Rapporteur |
| M. Alejandro LUQUE | Institute for Astrophysics of Andalusia (IAA-CSIC) | Rapporteur |

|  |  |
| --- | --- |
| **Mots-clés :** | flashs de rayons gamma terrestres,plasmas,particle-in-cell,modélisation,runaway,décharges, |

|  |
| --- |
| **Résumé :** |
| Les flashs de rayons gamma terrestres (TGFs) sont des émissions très intenses et très brèves de rayons gamma se produisant durant les orages. Rapportés pour la première fois en 1994, de nombreuses recherches ont été menées afin de comprendre ses propriétés et origines. Il y a consensus quant au fait que les TGFs sont produits dans les nuages d’orage par des avalanches d’électrons runaway relativistes (RREAs): un électron soumis à un champ électrique suffisamment élevé peut gagner plus d’énergie du champ qu’il n’en perd via les collisions avec les molécules de l’air, devenant ainsi runaway. Il peut ainsi se propager et ioniser l’air, libérant de nouveaux électrons, dont certains sont runaway, formant ainsi une avalanche d’électrons runaway. Il y a cependant débat quant au contexte de l’initiation des RREAs dans les nuages orageux. Deux théories sont considérées à ce jour. Le mécanisme de feedback relativiste repose sur la propagation vers l’arrière de photons et de positrons produits par une première RREA, lesquels pourraient produire de nouvelles avalanches au voisinage de la position de départ de la première RREA, permettant ainsi d’atteindre un nombre suffisant d’électrons et de photons. Le mécanisme de runaway thermique suppose que les RREAs sont créées pendant la propagation des éclairs: le champ électrique intense induit dans les couronnes de streamers qui se forment au bout de traceurs d'éclairs pourraient accélérer une grande quantité d’électrons en provenance du leader, initiant ainsi la production de RREAs menant à un TGF. Dans cette thèse, nous formulons deux questions non résolues que nous abordons dans les chapitres suivants. De quelle manière la dynamique des RREAs est-elle affectée par des effets auto-consistents ? Quelle est l’importance des aspects spatiaux et temporels dans l’initiation du feedback relativiste ? Pour répondre à ces questions, nous avons mis au point un modèle relativiste auto-consistent, utilisant une technique de Monte Carlo pour simuler les collisions avec les molécules de l’air couplée à une méthode particle-in-cell (PIC) électromagnétique, qui résout les équations de Maxwell à chaque pas de temps afin de fournir une description détaillée des interactions entre le champ électromagnétique et les électrons. À notre connaissance, ce modèle constitue la première description pleinement causale des RREAs. En utilisant ce nouvel outil, nous avons découvert que la densité d’électrons de basse énergie saturait à une valeur prédictible. Nous montrons également qu’une limite fondamentale existe pour le nombre d’électrons et de photons de haute énergie, avec une magnitude correspondant aux observations de TGFs, et déduisons une formule simple donnant la densité de saturation et le nombre d’électrons. Afin de mieux comprendre le mécanisme de feedback relativiste, nous mettons au point une méthode afin de déterminer la valeur du champ électrique seuil pour le feedback. Nous réalisons ensuite des simulations du processus de feedback en utilisant le modèle complet, afin d’apprécier la complexité du phénomène. À partir des résultats, nous démontrons l’importance de prendre en compte tous les aspects spatio-temporels du processus de feedback relativiste afin de le décrire correctement. Les résultats semblent également supporter l’idée que le mécanisme de feedback relativiste n’agit pas seul dans la production des TGFs les plus courts et les plus intenses. |