

<http://lphweb3.in2p3.fr/spip.php?article1504>

# De#769;tection de particules cosmiques avec GRANDProto300

- Thèses, Stages, Formation et Enseignement - Propositions de thèses 2020 -



Date de mise en ligne : vendredi 22 novembre 2019

---

Copyright © LPNHE - UMR 7585 - Tous droits réservés

---

**Titre :** Détection de particules cosmiques avec GRANDProto300

**Directeurs de thèse :** [Julien Bolmont](#) (LPNHE) et [Kumiko Kotera](#) (IAP)

**Co-encadrant :** [Olivier Martineau](#)

**Equipe :** Rayonnement Cosmique et Matière Noire ; groupe GRAND

## **Description :**

*Contexte :* GRAND (the Giant Radio Array for Neutrino Detection) est un ambitieux projet visant à déployer en différents endroits dans le monde une vingtaine de détecteurs radio composés chacun de 10000 antennes environ. Le réseau couvrira au début de la décennie 2030 une surface totale de 200000 km<sup>2</sup> et formera un outil extrêmement performant pour l'étude de particules cosmiques - neutrinos en premier lieu, mais aussi photons et rayons cosmiques - de très haute énergie ( $E > 10^{17}$  eV).

Le principe de détection de GRAND est le suivant : les particules cosmiques vont induire dans l'atmosphère des cascades de particules secondaires (aussi appelées gerbes atmosphériques) qui vont générer une émission électromagnétique brève ( $< 100$  ns) que les antennes de GRAND détecteront dans la gamme 50-200 MHz. La radiodétection de gerbes atmosphériques a obtenu des résultats probants dans la dernière décennie, mais il est nécessaire de valider le principe de détection de GRAND sur un démonstrateur de taille avant d'envisager d'équiper les gigantesques surfaces prévues pour le réseau final. C'est l'objectif principal de GRANDProto300, un détecteur de 300 antennes en cours de déploiement sur une surface de 200 km<sup>2</sup> dans la province du Qinghai (Chine), à la croisée du plateau tibétain et du désert de Gobi. GRANDProto300 sera également un banc de test pour optimiser le système de détection de GRAND en vue des étapes ultérieures, et en particulier le premier réseau de 10000 antennes prévu après 2025. Ce sera enfin un très bel outil d'étude des particules cosmiques dans la gamme d'énergie  $10^{16.5}$ - $10^{18}$  eV, surtout lorsque le réseau d'antennes sera doublé d'un système de détection des particules de la gerbe, prévu fin 2021.

*Objet d'étude :* Le doctorant participera tout d'abord au développement des codes de reconstruction des informations de la particule cosmique primaire à partir des données radio de GRANDProto300. Il travaillera en particulier à la détermination de l'énergie de la gerbe, ou à celle de la position de son maximum de développement, une grandeur fortement corrélée à la nature du primaire. La trajectoire fortement inclinée des gerbes détectées (conséquence directe de la faible densité des antennes de GRAND) le conduira dans tous les cas à élaborer des techniques de reconstruction plus complexes que celles utilisées actuellement pour des trajectoires plus proches de la verticale. Des techniques de Machine Learning pourront être testées. Ce travail permettra de valider le principe de détection de GRAND et son succès constituera donc une étape décisive du projet.

Le doctorant utilisera ensuite ces algorithmes pour une analyse de la physique des particules cosmiques. De bonnes résolutions sur le maximum de développement de la gerbe et sur l'énergie des particules permettront une étude fine des directions d'arrivée des rayons cosmiques en fonction de leur nature chimique et de leur énergie. Ce travail constituera un apport de grande valeur pour comprendre la transition entre origines galactique et extragalactique des rayons cosmiques, encore très mal connue. Une recherche de pointe de photons pourra aussi être envisagée. La détection de ces particules dans la gamme  $10^{16.5}$  -  $10^{18}$  eV, encore jamais réalisée, fournirait un formidable traceur des sources cosmiques de haute énergie, les photons pointant en effet vers leurs sources, au contraire des rayons cosmiques déviés par les champs magnétiques au cours de leur trajet.

En parallèle à cela, le doctorant pourra s'impliquer dans le développement des méthodes de rejet de signaux radio de bruit de fond, beaucoup plus fréquents que les signaux de gerbes atmosphériques. Une expérience précurseuse à GRAND a permis de montrer que les caractéristiques des impulsions radio étaient suffisamment distinctes pour permettre une bonne signature du signal de gerbe, mais ces méthodes doivent encore être optimisées, et surtout adaptées, afin de réaliser une sélection online des candidats de gerbe, et si possible de sélectionner l'électronique de numérisation installée au pied de l'antenne. Là encore, les techniques de Machine Learning, qui semblent donner des résultats très prometteurs, pourront être testées, et leur implémentation sur un FPGA ou CPU embarqué, étudiées avec l'équipe technique du LPNHE.

Le poids relatif des deux composantes du travail (analyse des données et rejet du bruit de fond) sera discuté en fonction des goûts du candidat, de l'évolution du projet GRAND et du travail de thèse.

Stage : Un stage avant le début du doctorat est prévu.

**Lieu de travail :** Ce travail sera mené au LPNHE en collaboration très étroite avec l'équipe GRAND de l'Institut d'Astrophysique de Paris. Les deux laboratoires ont initié le projet GRAND et ont un rôle moteur dans sa conduite. Ce travail de thèse sera mené dans un contexte fortement internationalisé au sein de la très dynamique collaboration GRAND, qui regroupe aujourd'hui une soixantaine de chercheurs de laboratoires français (LPNHE et IAP donc, mais aussi LPC Clermont-Ferrand), chinois (NAOC Pékin, universités de Nankin, Xi'An et Shanghai), néerlandais (Nijmegen), états-uniens (Penn State et Maryland University), brésilien (Rio de Janeiro) et allemand (Karlsruhe).

**Déplacements éventuels :** Des séjours réguliers sur le site de GRANDProto300 pour participer à la prise de données et au test de prototypes sont à envisager. Le doctorant devra aussi présenter son travail lors de conférences internationales.

**Documentation :** [www.grand.cnrs.fr](http://www.grand.cnrs.fr)

**Contacts :**

- [Olivier Martineau](#)
- [Kumiko Kotera](#)