



Laboratoire Leprince-Ringuet
École polytechnique
Route de Saclay
91128 Palaiseau Cedex

Projet de thèse & de stage de M2 PhD thesis project and M2 internship

Première mesure du fond-diffus de neutrinos issus de supernovæ auprès de l'expérience Super-Kamiokande.

Les supernovæ comptent parmi les événements les plus cataclysmiques de notre Univers. Lors de leur explosion, 99% de l'énergie des supernovæ est emportée sous forme de neutrinos. Ces derniers représentent donc la sonde idéale afin de caractériser et de comprendre le mécanisme d'explosion des supernovæ.

Cependant, les supernovæ galactiques ou proche-galactiques demeurent rares (environ trois par siècle), ce qui réduit les possibilités qu'on eut les expériences neutrinos de contraindre les modèles des supernovæ depuis la dernière explosion proche-galactique en 1987 (ayant conduit à un prix Nobel pour Kamiokande).

Afin de se soustraire à ces limites temporelles, l'expérience Super-Kamiokande (Super-K) ambitionne de mesurer le fond-diffus de neutrinos issus de supernovæ (DNSB). Ce dernier correspond au fond de neutrinos provenant de toutes les supernovæ ayant explosées depuis le début de l'Univers. La détection de ce fond-diffus ouvrirait une nouvelle fenêtre d'exploration tant des supernovæ en elles même, que de l'histoire de formation des étoiles et de l'évolution stellaire.

Cependant, ce flux étant relativement faible, le DNSB n'a jusqu'à présent jamais été détecté. C'est afin d'en réaliser la première mesure que la collaboration Super-K a ajoutée du Gadolinium dans les 50 milles tonnes d'eau contenues dans sa cuve en 2020. Le Gadolinium ajouté va en effet permettre d'améliorer significativement la détection du signal provenant du DNSB, décuplant par la même les possibilités de Super-K qui s'apprête à rentrer dans une nouvelle ère.

Ce projet de thèse propose de contribuer activement à la première détection de ce DNSB. L'étudiant(e) contribuera à la reconstruction et déterminera la sélection des événements DNSB dans Super-K Gadolinium. Il sera aussi amené à étudier des solutions possibles afin de réduire le bruit de fond provenant de la radioactivité ambiante, ou de la spallation. Le travail de l'étudiant(e) s'inscrira dans le cadre d'un groupe ayant déjà une contribution et une expertise extrêmement forte tant dans la simulation de ces bruits de fonds, que dans l'analyse de DNSB dans Super-Kamiokande sans Gadolinium. Enfin, l'étudiant(e) pourra produire la première mesure du DNSB avec le Gadolinium en utilisant toutes les données prises avec Super-Kamiokande depuis l'introduction de ce dernier

(Août 2020). Par ailleurs, l'étudiant(e) intéressé(e) par la phénoménologie pourra être amené à étudier les impacts de ces mesures sur les modèles de supernovæ ou d'évolution stellaires. Dans le cadre de sa thèse, l'étudiant(e) pourra voyager au Japon, en particulier à Kamioka et Tokyo afin de participer à la prise de données ainsi que dans le cadre de collaboration avec l'Université de Tokyo. L'étudiant(e) intéressé(e) par la phénoménologie pourra étudier les impacts de ces mesures sur les modèles de supernovæ ou d'évolution stellaires.

Enfin, l'étudiant(e) aura la possibilité d'étudier les perspectives futures de mesures de précision du DSNB offertes par le futur gigantesque détecteur Hyper-Kamiokande, successeur de Super-Kamiokande qui verra le jour en 2027.

Ce projet de thèse est entièrement financé par une bourse du CNRS, qui lui a été attribué.

First detection of the Diffuse Neutrino Supernovae Background at Super-Kamiokande.

The supernovae are one of the most dramatic event in our universe. When a supernova explosion occurs, 99% of its energy is carried out by neutrinos. Therefore, the latter represents an ideal probe to characterize the supernovae explosion mechanism.

However, the galactic or near-galactic supernovae explosions are fairly rare (3 every century), reducing the possibility for neutrinos to bring significant constraints to the supernovae model since the last near-galactic explosion in 1987 (which led to a Nobel Prize for the Kamiokande experiment).

To overcome this limitation, the Super-Kamiokande experiment aims to detect the Diffuse Neutrino Supernovae Background (DSNB). It corresponds to the neutrino background coming from all the supernovae explosion since the beginning of the Universe. Its detection would open an unprecedented window on cosmology, the history of star formation, nucleosynthesis, and stellar evolution.

However, due to its relatively small flux, the DSNB remains undetected. In order to measure it for the first time, the Super-Kamiokande collaboration finished adding Gadolinium (Gd) to the 50 ktons of water of its tank in 2020, which will significantly improve the signal detection efficiency. Without any doubt, we are entering an era of extraordinary research with the next generation of this detector.

This thesis project proposes to actively contribute to the first detection of the DSNB. The student will be able to determine the reconstruction and selection of the DSNB events in Super-K Gadolinium, as well as studying possible ways to mitigate the background coming from radioactive nuclei or spallation. She/he will then be able to produce the first measurement of the DSNB using the very first Super-Kamiokande Gd data taken from August 2020. Using these measurements, students interested in phenomenology may study the impact on the supernovae explosion or cosmic history models. The student will be able to travel to Japan to contribute to the Super-K data taking, actively work on the Super-K detector and collaborate with our colleagues from the University of Tokyo.

Finally, the student may study the prospects and perspectives of DSNB in the gigantic future Hyper-Kamiokande, the next generation of neutrino observatory to be built in Japan until 2027.

This project is completely funded by a CNRS grant.

Laboratory team: Laboratoire Leprince-Ringuet, Ecole polytechnique – Neutrino group

The neutrino group in LLR has been created in 2006 by Michel Gonin, as the first historical group in France to work on the world-leading neutrino experiments in Japan. Since then, the group has joined the unique T2K experiment, which has first discovered the neutrino appearance, as well as provided the very first hints of violation of the leptonic CP symmetry. Since 2016, the group has also joined the Super-Kamiokande experiment, and have built a strong leadership inside regarding the DSNB neutrino detection and phenomenology.

The group is composed of 6 permanent researchers, 2 postdoctoral researchers and 3 PhD students, who has unique expertise in both high energy (CP violation, mass-hierarchy issue etc.) and low energy neutrinos (Supernovae, solar or reactor neutrinos).

Contacts:

Benjamin Quilain : benjamin.quilain@llr.in2p3.fr

Michel Gonin : michel.gonin@polytechnique.edu