

## **Observations multi-messagers avec le télescope KM3NeT : recherche de neutrinos de haute énergie en coïncidence avec des transitoires astrophysiques**

### ***Multi-messenger observations with the KM3NeT telescope: search for high energy neutrinos coinciding with astrophysical transients***

Lab / team: SUBATECH - UMR 6457 (IMT Atlantique/CNRS-IN2P3/Université de Nantes)  
4 rue Alfred Kastler - La Chantrerie - BP 20722 - 44307 NANTES  
Equipe Neutrinos, groupe KM3NeT

Starting date: Septembre 2022

Funding (including cofunding): IMT Atlantique

Advisors (must include names, affiliations and emails):

Encadrement : Lilian Martin - SUBATECH - [lilian.martin@subatech.in2p3.fr](mailto:lilian.martin@subatech.in2p3.fr)

Richard Dallier - SUBATECH - [richard.dallier@subatech.in2p3.fr](mailto:richard.dallier@subatech.in2p3.fr)

Direction : Philippe Eudes - SUBATECH - [philippe.eudes@subatech.in2p3.fr](mailto:philippe.eudes@subatech.in2p3.fr)

Mots clés en français: KM3NeT ; neutrinos astrophysiques ; hautes énergies ; phénomènes transitoires

Keywords in English: KM3NeT; astrophysical neutrinos; high energy; transients

Context / Expected social and economic impact and outcomes of the PhD (1/2 page)

L'astronomie multi-messagers des phénomènes transitoires est actuellement un domaine en très fort développement dans les disciplines liées à l'étude et à la compréhension de l'Univers. L'observation concomitante en 2017 de contreparties électromagnétiques (visible, X, gamma) aux ondes gravitationnelles associées à la fusion de deux étoiles à neutrons et, un peu plus récemment, l'identification de neutrinos de haute énergie associés à des signaux électromagnétiques (radio, X, gamma) en provenance d'un noyau actif de galaxie connu en sont les actualités les plus démonstratives. Ces observations combinent tous les messagers issus d'une même source astrophysique, comme les ondes électromagnétiques (radio, visible, jusqu'aux plus hautes énergies des rayons X), les ondes gravitationnelles, mais aussi sous la forme de particules (gamma, rayons cosmiques, neutrinos). Durant ces phénomènes cataclysmiques parmi les plus violents de l'Univers, des quantités extraordinaires d'énergie sont relâchées pendant des durées très courtes. Parmi ces phénomènes, on trouve *entre autres* les sursauts gamma (Gamma Ray Burst - GRB), les blazars (classe de galaxies à noyau actif - AGN) et les sursauts radio rapides (Fast Radio Burst - FRB). Tous ces objets sont considérés comme de possibles accélérateurs cosmiques et donc sources de rayons cosmiques d'ultra-haute énergie, eux-mêmes à l'origine de neutrinos de très haute énergie.

Scientific goals, position with regard to the state of the art, originality, continuity with previous works (if any, indicate new goals) or new subject (1-2 pages max)

Contribuer à de telles observations multi-messagers est un des objectifs majeurs des télescopes à neutrinos existant comme IceCube, ou en cours de construction comme KM3NeT. Avec près d'une cinquantaine d'autres laboratoires en France et à l'étranger, Subatech est engagé dans la construction et l'exploitation du télescope à neutrinos KM3NeT en Méditerranée. Constitué à terme de 2 ensembles de 115 et 230 lignes de détection immergées, KM3NeT<sup>1</sup> est actuellement en phase d'assemblage et d'installation. Ces infrastructures gigantesques ont pour but d'une part la découverte et l'observation des sources de neutrinos de très haute énergie dans l'Univers, et d'autre part la détermination des propriétés fondamentales des neutrinos, notamment les paramètres d'oscillations et leur hiérarchie de masse. Cette collaboration internationale comprend à l'heure actuelle plus de 250 personnes, et la personne sélectionnée pour ce travail sera de fait membre de la collaboration.

Dans le cadre de cette thèse, nous proposons dans un premier temps un travail d'analyse des données KM3NeT de sources astrophysiques transitoires. Il consiste à élaborer et appliquer des sélections adéquates sur les données enregistrées pour isoler des neutrinos en coïncidence angulaire et temporelle, en temps réel ou avec les signaux transitoires issus de catalogues de sources astrophysiques ou consécutifs à une alerte fournie par un autre instrument. Cette étude sera menée en parallèle avec un travail d'estimation de la sensibilité du télescope KM3NeT, en fonction de l'évolution de sa géométrie, à la détection de neutrinos émergeant de ce type de sources. Il s'agira ici d'effectuer des analyses sur la base de données générées par des codes Monte-Carlo permettant la simulation de la réponse du télescope à l'arrivée de neutrinos.

Une grosse partie du travail consistera également à comprendre les mécanismes de production de ces phénomènes transitoires, au travers d'une veille bibliographique, et à estimer les flux de neutrinos attendus à partir d'un choix de modèles décrivant les phénomènes.

Enfin, l'équipe envisage également de s'engager sur un ou des programmes d'observation et de surveillance systématique de phénomènes transitoires en radio basses (<100 MHz) et moyennes (~1 à 3 GHz) fréquences, et de mettre en place les alertes nécessaires qui sont échangées lors de l'occurrence de ces événements. Cet investissement peut conduire, pour le ou la doctorant-e à une contribution significative à l'analyse des données des instruments concernés.

Required skills for the applicant, scientific relevance of the advisors with regard to the topic, complementarity if relevant (1/2 page max)

Cette thèse étant menée dans le cadre de la collaboration KM3NeT, un tel travail implique des relations régulières avec les autres laboratoires participants, et il est probable qu'il faille envisager des périodes de plusieurs semaines consécutives de travail notamment au CPPM de Marseille, où se trouve le responsable de l'activité Multi-Messagers de KM3NeT. De plus, l'appartenance à la collaboration KM3NeT engendre un certain nombre de tâches de service dues (surveillance, calibration, contribution à la construction des détecteurs et à leur mise en place...) et la participation à plusieurs réunions de travail et de collaboration internationales au cours de l'année.

Le candidat retenu devra avoir suivi une formation de niveau M2 en physique, physique des particules ou astrophysique et présenter une certaine attirance pour l'instrumentation, la programmation, l'informatique scientifique et l'analyse de données.