

## PROJET/MÉMOIRE DE MASTER

ULB département de physique, IIHE – service de physique des particules élémentaires  
B. Clerbaux (barbara.[clerbaux@ulb.be](mailto:clerbaux@ulb.be) and M. Colomer ([marta.colomer@ulb.be](mailto:marta.colomer@ulb.be))

JUNO est un détecteur à neutrinos qui est conçu principalement pour détecter les neutrinos de huit réacteurs nucléaires à ~53 km de distance. Il est actuellement en phase de construction. JUNO sera composé de 20 kton de scintillateur liquide pour détecter la lumière produite par les particules créées lors des interactions des neutrinos avec les noyaux d'hydrogène et carbone. Le détecteur JUNO sera tout d'abord rempli avec de l'eau ultra pure à partir de la fin 2024. Cela veut dire, que l'étudiant pourra analyser les toutes premières données de JUNO acquises pendant cette phase de mise en place du détecteur.

Les muons cosmiques vont représenter une des contributions les plus importantes au bruit de fond sur JUNO, et ils seront détectés avec une grande statistique déjà dans la phase de mise en service du détecteur. De plus, le groupe de JUNO à l'IIHE participe aux activités sur la détection et l'étude des événements atmosphériques (muons et neutrinos). Les deux premiers sujets proposés pour le projet de master sont consacrés à l'étude de ces événements.

Une autre source de neutrinos à laquelle JUNO sera sensible sont les neutrinos astrophysiques émis lors d'une explosion supernova. JUNO devra être prêt à détecter une telle explosion depuis le tout début de la prise de données pendant la phase de mise en service. Cela implique de valider la performance des algorithmes qui permettront de monitorer les données et chercher une supernova en temps réel, et l'optimiser si besoin. Cela constitue le thème du 3eme sujet proposé.

### - **SUJET 1 : Mesure du flux et de l'efficacité du veto des muons cosmiques**

Le projet s'articulera sur trois étapes :

1. Octobre-janvier : Dans un premier temps, l'étudiant fera de la recherche bibliographique sur le détecteur et le sujet. Ensuite, il va utiliser des simulations des muons dans JUNO pour évaluer l'efficacité attendue du veto (fraction de muons identifiés par le veto, en fonction de la direction du muon) et le taux attendu de muons en fonction de l'énergie visible reconstruite.
2. Février-mars : Dans la deuxième partie du projet, l'étudiant va se familiariser avec le format des données de JUNO et évaluera l'efficacité de veto et le taux de muons, mais cette fois-ci avec les données expérimentales. Il pourra ensuite comparer les données à la simulation et voire leur niveau d'accord. Il pourra aussi vérifier la résolution en charge/énergie dans les données par rapport aux simulations, et voir si l'efficacité du veto reste stable pendant cette phase de mise en service ou si elle change avec le temps.
3. Avril-mai : présentation des résultats et rédaction de la mémoire.

### - **SUJET 2 : Séparation entre des muons et des neutrinos atmosphériques**

Le projet s'articulera sur trois étapes :

1. Octobre-janvier : Dans un premier temps, l'étudiant fera de la recherche bibliographique sur le détecteur et le sujet. Ensuite, il va utiliser des simulations des muons et des neutrinos atmosphériques dans JUNO pour développer une sélection d'événements qui permet de rejeter le bruit de fond des muons tout en gardant le maximum de signal des neutrinos. La sélection sera faite avec des coupures (temps et énergie) et avec une approche machine learning (BDT). L'étudiant évaluera l'effet des différentes fenêtres temporelles pour définir un événement.

2. Février-mars : Dans la deuxième partie du projet, l'étudiant va se familiariser avec le format des données de JUNO, dont il va se servir pour évaluer l'efficacité et la pureté de la sélection. Il aura ensuite un échantillon de neutrinos atmosphérique avec lequel il déterminera i) le bruit de fond des muons restant dans les données, ii) le rapport entre événements complètement et partiellement contenus, iii) le rapport entre neutrinos montants et descendants.
3. Avril-mai : présentation des résultats et rédaction de la mémoire.

- **SUJET 3 : Optimisation de la mise en place du moniteur supernova en temps réel**

Le projet s'articulera sur trois étapes :

1. Octobre-janvier : Dans un premier temps, l'étudiant fera de la recherche bibliographique sur le détecteur et le sujet. Ensuite, il va se familiariser avec les algorithmes du moniteur supernova et le format des données de JUNO. Il va évaluer le bruit de fond attendu dans la gamme d'énergie des neutrinos de supernova avec les données, ainsi que sa dépendance avec la variable de sélection du moniteur supernova : le nombre de signaux (hits) dans les photomultiplicateurs. Il pourra comparer la valeur mesurée à celle estimée avec des simulations. Ensuite, il va convertir ce bruit de fond en un taux de fausse alerte pour une supernova.
2. Février-mars : Dans la deuxième partie du projet, l'étudiant va optimiser les coupures (sélection) du moniteur supernova, qui devront être adaptées dans le cas du remplissage avec de l'eau par rapport aux coupures pour un détecteur rempli de liquide scintillant. L'étudiant considérera de nouvelles variables par rapport à l'analyse qui existe actuellement (*JCAP* 01 (2024) 057).
3. Avril-mai : présentation des résultats et rédaction de la mémoire.