

Titre: Cherenkov Telescope Array: Développement d'un système de calibration pour NectarCAM et l'étude des restes de supernova comme candidats PeVatrons.

Mots clés: observation de gammas de haute énergie, restes de supernova, Cherenkov Telescope Array, rayons cosmiques Galactiques, modèles radiatifs, analyse de multi-longueur d'onde, caméra NectarCAM, système de calibration, calibration à photoélectronique unique.

Résumé:

Cherenkov Telescope Array (CTA) promet d'observer l'Univers de haute énergie avec une sensibilité et une résolution angulaire sans précédent couvrant le domaine multi-TeV. La première partie de la thèse concerne le développement d'un système de calibration à photoélectron unique pour la caméra NectarCAM des télescopes de taille moyenne (MST) du CTA. La deuxième partie vise à comprendre l'origine des rayons cosmiques (CRs) en effectuant une analyse multi-longueurs d'onde (MWL) des données existantes des restes de supernova (SNRs) galactiques. Enfin, la troisième partie présente une étude de la capacité du CTA à détecter les SNRs à la recherche de PeVatrons en simulant les flux prédits pour CTA.

Un système d'étalonnage à photo-électron unique (SPE) du plan focal a été conçu par IJCLab pour la caméra NectarCAM des télescopes MST. Le système se compose d'un écran peint en blanc, d'un guide de lumière en queue de poisson et d'un flasher. Les flashes imitent le rayonnement Cherenkov et illuminent le plan focal sous l'écran de manière homogène. Ensuite, grâce à la motorisation XY, l'écran est déplacé sur l'ensemble du plan focal de la caméra NectarCAM. Ce travail de thèse concerne le développement de ce système. En particulier, la conception de l'écran de calibration a été optimisée, et un algorithme pour balayer le plan focal a été écrit. Enfin, les données des calibration MST ont été analysées, et montrent une bonne performance du système de calibration.

Les SNRs sont des sources prometteuses pour les CRs galactiques. Les CR chargés peuvent être détectés indirectement par l'observation de rayons gammas par la production d'un π^0 et de la désintégration consécutive en rayons gammas de haute énergie. Dans ce travail de thèse, nous avons étudié les tendances en faveur des scénarios lepto-hadroniques et rechercher des SNRs qui montrent des preuves d'accélération hadronique jusqu'aux plus hautes énergies. Nous avons

réalisé une étude MWL sur 9 SNRs en utilisant des données provenant de différents instruments. Les données ont été ajustées avec des modèles radiatifs. Les résultats de l'ajustement ont été analysés à l'aide de trois méthodes différentes : la comparaison de probabilité, le critère BIC et l'estimation de la contribution hadronique en fonction des bins d'énergie. Les résultats montrent que tous les SNRs étudiés favorisent le modèle lepto-hadronique par rapport à un modèle purement leptonique. Nous avons identifié quatre SNRs, RX J1713, Cassiopée A, HESS J1731, et HAWC J2227, qui ont montré des contributions hadroniques importantes jusqu'à quelques TeV, ce qui en fait des candidats prometteurs pour le PeVatron.

La dernière partie de la thèse est consacrée à l'évaluation de la capacité de CTA à détecter les SNRs. Cela implique de répondre à la question de savoir si CTA peut améliorer les observations des sources potentielles de PeVatron précédemment identifiées, détecter différentes valeurs d'énergie de coupure des protons, et identifier la contribution des éléments plus lourds à haute énergie où l'excès de flux a été observé. À cette fin, les flux de CTA ont été simulés par Gammapy à l'aide de modèles physiquement motivés obtenus des résultats de l'étude MWL réalisée précédemment. Les résultats montrent que CTA détectera un flux couvrant une large gamme d'énergie avec une incertitude moindre par rapport aux instruments actuels. Pour la source RX J1713, une contribution des éléments lourds a été introduite. Le résultat montre qu'en utilisant une combinaison d'éléments de type hydrogène et azote, un meilleur ajustement a été obtenu par rapport à celui utilisant uniquement des protons.

En plus de l'étude de simulation précédente, nous avons également analysé les résultats de l'étude du plan galactique simulée par le groupe "Galactique" de CTA. L'étude a montré que CTA augmenterait d'un facteur 2 le nombre de SNRs détectés. De plus, les SNRs couvrant une grande distance (jusqu'à 20 kpcs), avec un flux aussi bas que $\sim 10^{-14}$ photons $\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ seraient facilement détectés par CTA.