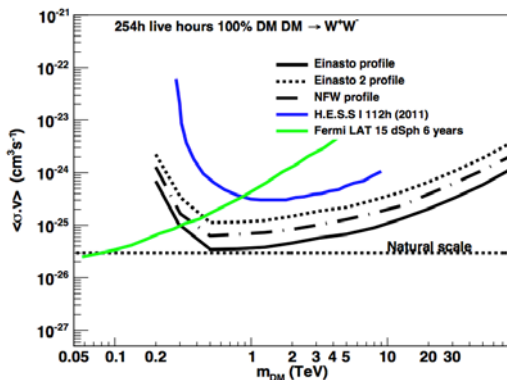


# « ETUDE DU CENTRE GALACTIQUE ET RECHERCHE DE MATIERE NOIRE AVEC H.E.S.S. 2 »

## DESCRIPTION ET PROBLEMATIQUE

De nombreuses sondes cosmologiques et astrophysiques suggèrent que 85% de la matière dans l'Univers est d'origine inconnue. Cette matière noire, de nature non baryonique, serait constituée de particules non encore découvertes dont les candidats privilégiés seraient des particules massives interagissant faiblement (WIMPs) avec la matière ordinaire de telle sorte que leur densité relique soit compatible avec la densité de matière noire froide mesurée dans l'Univers.

Des particules de matière noire peuvent s'annihiler en particules du Modèle Standard de la physique des particules dans les régions denses de l'Univers. Parmi les produits d'annihilations se trouvent les photons. La détection de photons de hautes énergies par des télescopes au sol à effet Tcherenkov pourrait permettre d'éclaircir le mystère de la matière noire. De nombreux objets astrophysiques où la densité de matière noire se trouve augmentée, sont des cibles privilégiées. Parmi elles se trouvent la région du Centre Galactique, les galaxies naines du Groupe Local, les amas de galaxies et les surdensités de matière

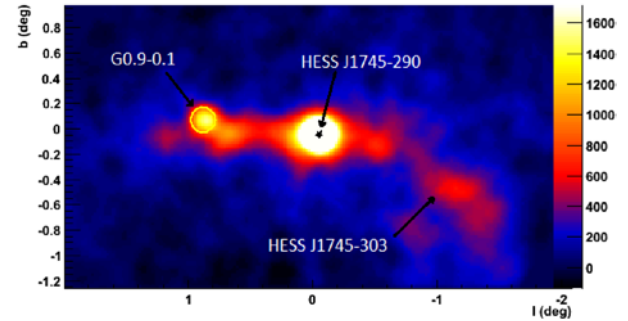


**Figure 1 :** Contrainte sur la section efficace d'annihilation en fonction de la masse de la particule de matière noire en supposant une annihilation an  $W+W^-$  avec un rapport de branchement de 100%. Trois profils de matière noire sont présentés. Les limites actuelles (traits noirs) sont comparées aux limites obtenues par le satellite Fermi (trait vert) avec l'observation de galaxies naines proches.

noire peuplant le halo Galactique.

L'expérience H.E.S.S. composée de quatre télescopes Tcherenkov de 12 m de diamètre observe ces objets en rayons gamma au-delà d'une centaine de GeV jusqu'à plusieurs dizaines de TeV. Les observations du Centre Galactique avec H.E.S.S. 1 ont permis de produire les contraintes les plus fortes sur la section efficace d'annihilation de particules de matière noire dans la plage en masse du TeV (figure 1).

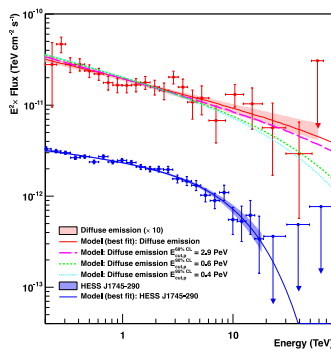
La sensibilité du réseau de télescopes H.E.S.S. a permis l'observation en rayons gamma la plus détaillée à ce jour des quelques 100 parsecs centraux de la Voie Lactée dans le régime des très hautes énergies (figure 2). Ces observations sont un outil précieux pour comprendre les processus d'accélération et de propagation de rayons cosmiques à l'oeuvre dans l'environnement proche



**Figure 2 :** Image en rayons gamma de haute énergie des 300 parsecs centraux de la région du Centre Galactique avec H.E.S.S. 1 en coordonnées galactiques.

du Centre Galactique. Une source centrale, HESS J1745-290, coïncidente en position avec le trou noir supermassif Sgr A\*, a été détectée avec H.E.S.S. ainsi qu'une émission diffuse indiquant la présence d'un accélérateur de rayons cosmiques hadroniques dans la région du Centre Galactique (figure 3).

La nature de l'émission centrale est encore incertaine, différents mécanismes sont proposés pour contribuer à l'émission détectée parmi lesquels l'accélération de protons dans



**Figure 3 :** Spectres en énergie de la source HESS J1745-290 et de l'émission diffuse (points et bandes) visible sur la figure 2. Le calcul numérique du spectre de rayons gamma produits par l'interaction de protons dans le gas interstellaire est présenté en trait plein. Lorsqu'une

coupe exponentielle est appliquée au spectres des protons, le spectre correspondant en rayons gamma dévie du spectre mesuré par H.E.S.S. à des niveaux de confiance de 68%, 90% et 95% pour des energie de coupe de 2.9 PeV, 0.6 PeV et 0.4 PeV (traits en pointillés).

l'environnement proche du trou noir, l'accélération d'électrons au TeV par la nébuleuse à vent de pulsars G359.95-0.04, ou encore l'annihilation de particules de matière noire.

La phase 2 de H.E.S.S. avec l'ajout d'un télescope d'un diamètre de 28 m au centre du réseau existant complète le dispositif pour abaisser le seuil en énergie à quelques dizaines de GeV. Les observations de la région du Centre Galactique avec H.E.S.S. 2 fournissent des informations cruciales sur les phénomènes astrophysiques à l'œuvre dans cette région jusqu'à des énergies de quelques dizaines de GeV et un gain significatif en sensibilité dans la plage en énergie du TeV.

## DESCRIPTION

### GROUPE/LABO/ENCADREMENT

Le groupe H.E.S.S. du Service de Physique des Particules est impliqué sur le système de déclenchement de niveau 2 du télescope et la modernisation des caméras de H.E.S.S. 1. Les activités du groupe sont en lien étroit avec la physique des astroparticules et les membres sont impliqués en particulier dans les études sur le de la région du Centre Galactique, les trous noirs et la recherche de matière noire. L'équipe est composée de cinq physiciens permanents, deux post-doctorants et deux étudiants en thèse. La collaboration internationale H.E.S.S. est composée d'environ 150 membres, avec une forte composante allemande et française.

## TRAVAIL PROPOSE

La thèse s'articulera autour de l'étude de la région du Centre Galactique et la recherche de matière

noire avec les données de H.E.S.S. 2. La première partie du travail portera sur l'étude de la région du Centre Galactique avec l'analyse des nouvelles données afin de comprendre les mécanismes astrophysiques d'émission en jeu dans la gamme en énergie accessible à H.E.S.S. 2 dans le but de dévoiler la nature encore mystérieuse de la source HESS J1745-290 et d'avancer dans l'étude de l'émission diffuse aux plus hautes énergies accessibles par H.E.S.S. 2. Les régions privilégiées comme le halo Galactique et les galaxies naines satellites de la Voie Lactée seront étudiées et l'étudiant participera à la prise de données. Il prendra part de manière active aux études de recherche de matière noire en direction de ces objets. Enfin, l'étudiant devra s'impliquer dans les simulations Monte Carlo nécessaires à l'estimation du potentiel de détection de la matière noire avec le futur observatoire de rayons gamma de très hautes énergies CTA.

## FORMATION ET COMPETENCES REQUISES

La formation recommandée est de niveau Master 2 avec une spécialité en physique des particules ou astrophysique. Les compétences requises correspondent aux cours dispensés dans ces Masters 2, un cursus comprenant des cours sur l'astrophysique des hautes énergies et la cosmologie est apprécié.

## COMPETENCES ACQUISES

Les compétences valorisables développées au cours de la thèse comprennent l'analyse d'un volume massif de données, le développement de programmes de calculs et de simulations Monte Carlo.

## COLLABORATIONS/PARTENARIATS

L'étudiant sera membre de la collaboration H.E.S.S., participera à la prise de données avec l'instrument H.E.S.S. en Namibie, et sera amené à partir en mission en France et l'étranger pour les réunions de collaborations.

## CONTACTS

Scientifique : Emmanuel Moulin

CEA Saclay, DSM/IRFU

Service de Physique des Particules

Tél : 0169082960

Courriel : [emmanuel.moulin@cea.fr](mailto:emmanuel.moulin@cea.fr)

Membre de la collaboration H.E.S.S. et du consortium CTA