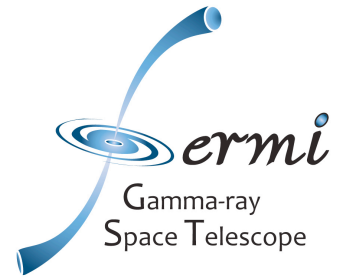




Astronomie Gamma de Haute Energie des AGN avec le Telescope Spatial Fermi



Domaine de recherche

Nous proposons d'explorer la physique des noyaux actifs de galaxie avec les données du Fermi Space Telescope, lancé avec succès le 11 juin 2008. Nous étudierons plus particulièrement sur la connexion entre leur émission dans la gamme d'énergie accessible par Fermi (du méga électronvolt au giga électronvolt) et dans la gamme d'énergie accessible par les télescopes Cherenkov basés au sol (du giga électronvolt au téra électronvolt) tels que les expériences HESS et VERITAS.

Résumé du travail en cours

Le Fermi Space Telescope (Figure 1, nommé GLAST auparavant) révolutionne notre connaissance de l'univers vu dans les hautes énergies, de par sa capacité à permettre aux astrophysiciens d'explorer le ciel vu en rayons gamma avec une sensibilité inégalée. Les scientifiques du Laboratoire Leprince-Ringuet sont membres de la collaboration Fermi, et sont impliqués depuis des années dans l'observation et l'analyse de rayons gamma provenant des Noyaux Actifs de Galaxie (AGN). Ces galaxies (Figure 1) abritent en leur sein des trous noirs supermassifs d'où émanent des jets de plasma relativistes et, dans beaucoup de cas, des rayons gamma de haute énergie. Etant un des environnements physiques les plus extrêmes et violents de l'Univers, les AGN nous permettent d'étudier les accélérateurs de particules cosmiques les plus énergétiques.

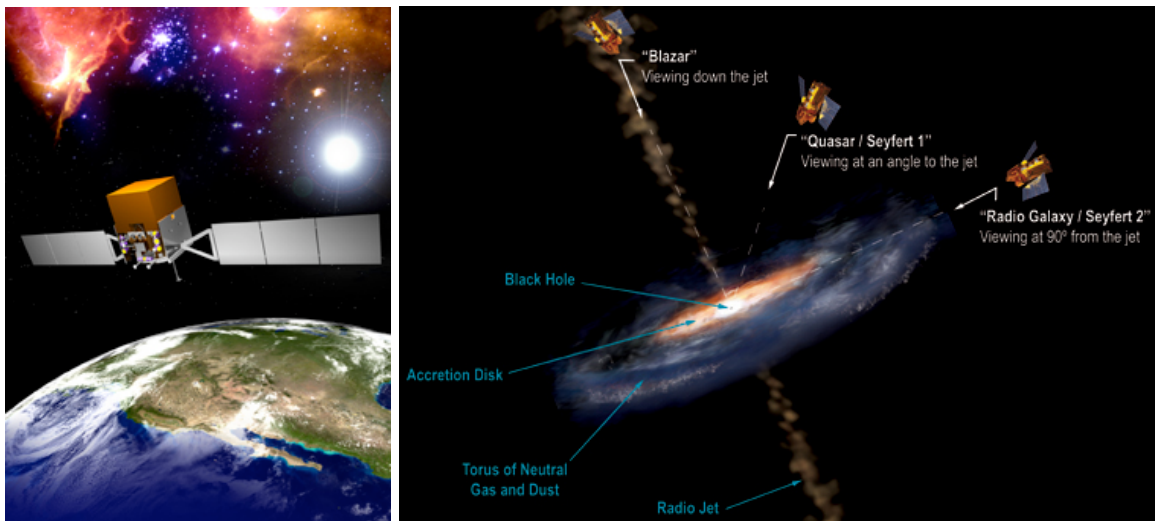


Figure 1: **Gauche:** Le Fermi Space Telescope. **Droite:** Représentation d'un noyau actif de galaxie.

En plus d'être l'instrument le plus sensible dans cette gamme d'énergie, les données prises par Fermi couvrent les rayons gamma qui n'ont jamais pu être mesurés auparavant. Nous accordons un intérêt tout particulier à la connexion entre l'émission de haute énergie vue par Fermi, et celle de très haute énergie (THE) étudiée par les télescopes au sol. Comme Fermi peut voir les rayons gamma atteignant des énergies allant au-delà de la centaine de giga électronvolts (GeV), il y a pour la première fois un recouvrement avec la gamme d'énergie accessible au sol, de telle manière que nous pouvons pour la première fois effectuer des mesures spectrales dans toute la gamme énergétique des rayons gamma. Ces données nous permettront de sonder les émissions les plus énergétiques des AGN, ce qui permettra ensuite de contraindre les modèles théoriques avec une précision sans précédent.

Le recouvrement entre les sources détectées aux hautes et aux très hautes énergies est significatif, et donc le recouvrement scientifique que cette situation permet est très substantielle. La Figure 2 montre la "première lumière" de Fermi (avec juste 4 jours de données!), et la carte des sources connues à l'heure actuelle aux THE.

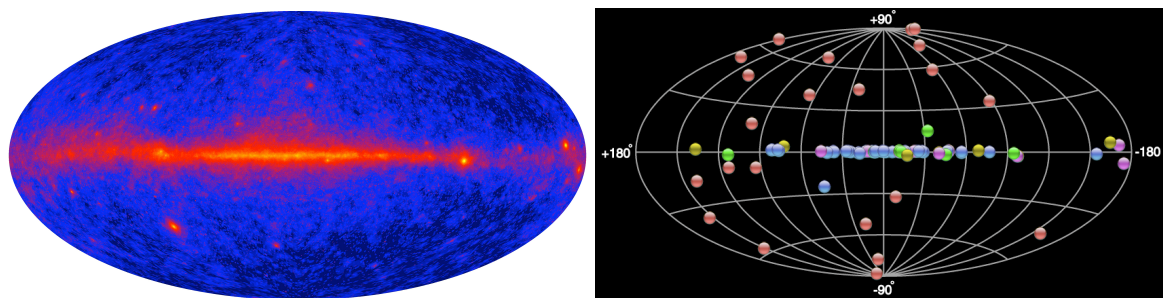


Figure 2: **Gauche:** La première lumière du Fermi Space Telescope. **Droite:** L'état actuel du ciel vu aux THE avec le catalogue TeVCat.

Les rayons gamma sont absorbés pendant leur traversée de l'univers intergalactique car ils interagissent avec les photons des fonds cosmologiques, en particulier le fond extragalactique infra-rouge (extragalactic background light, ou EBL). C'est un effet qui dépend de l'énergie qui devient très significatif pour des énergies atteignant 100-150 GeV, et qui se manifeste par une diminution des flux dans cette partie du spectre des sources lointaines. Cet effet peut être étudié à la fois en fonction du décalage vers le rouge et en fonction de l'énergie en combinant les données prises aux hautes énergies et aux THE.

En parallèle de l'étude des AGN dans le spectre des rayons gamma, le catalogue online *TeVCat* a été développé et est maintenu par des scientifiques du LLR (voir <http://tevcad.in2p3.fr>) et de l'université de Chicago. Cet outil est une importante ressource pour la communauté impliquée dans l'astrophysique des hautes énergies car le domaine n'a de cesse de s'agrandir. Le champ de l'astronomie gamma entre dans une nouvelle ère, à l'heure où va s'effectuer la jonction entre les astronomies gamma au sol et dans l'espace qui, jusque là, étaient traditionnellement des champs d'investigation séparés. Il est rare qu'un domaine de l'astronomie subisse une croissance aussi rapide que celle qui est en cours en astronomie gamma. Le nombre de sources vues aux THE a dramatiquement augmenté (voir Figure 2) et, pendant que Fermi accumule de plus en plus de données, une évolution encore plus rapide est en cours dans la gamme des hautes énergies.

Le catalogue TeVCat, tel qu'il est actuellement, contient de l'information liée à tout le ciel des très hautes énergies. Sa carte mise à jour des sources émettant aux THE, avec des icônes cliquables qui permettent de trouver les propriétés et les références de chaque source du ciel THE, c'est un outil important pour les astrophysiciens et autres scientifiques désirant connaître mieux ce champ de recherches. TeVCat est également devenu très populaire, avec plus de 100000 connexions depuis sa création en 2007. Les utilisateurs viennent du monde entier (voir Figure 3) et sont issus d'un milieu très diversifié de l'astronomie. Une grande partie des sources vues par Fermi ont des contreparties aux THE, donc une expansion de TeVCat incluerait une information sur le ciel des hautes énergies est en cours.

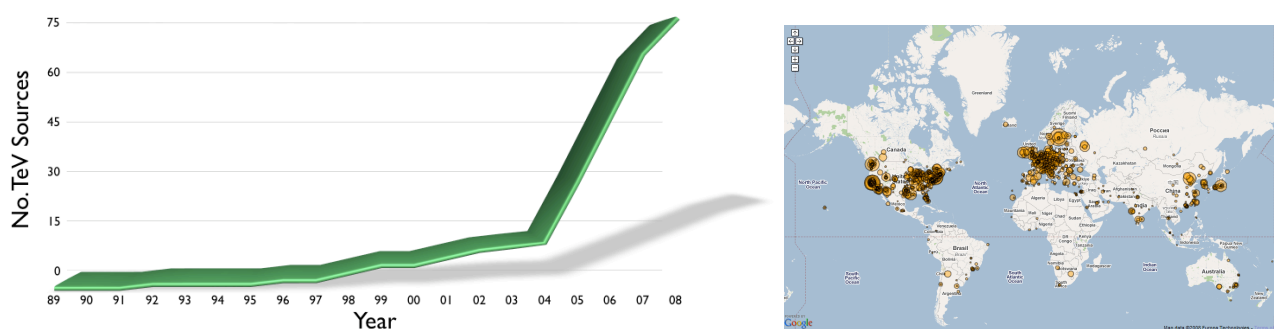


Figure 3: **Gauche:** Evolution de l'astronomie des très hautes énergies, de son démarrage en 1989 à nos jours. **Droite:** Carte montrant la provenance des utilisateurs de TeVCat depuis sa création en juillet 2007 à nos jours.

Sujet de stage

Pendant les 6 semaines de stage, l'étudiant fera connaissance avec les outils d'analyse de Fermi, et travaillera sur les données prises sur la source 1ES 1218+304, un objet de type BL Lacertae qui émet des rayons gamma de très haute énergie. Le spectre en énergie, et l'étude de sa luminosité seront étudiés. Cette étude sera ensuite combinée avec des données d'archives existantes prises en rayons gamma de THE, pour avoir une vue globale en rayons gamma de cet objet. De par son décalage vers le rouge de $z = 0.182$, l'effet de l'atténuation infrarouge

devrait être particulièrement important au-dessus d'une énergie de ~ 100 GeV, car la distance est relativement grande. En plus de ceci, l'étudiant aura l'occasion de participer dans l'évolution de TeVCat.

Sujet de thèse

L'étudiant collaborera avec des membres de l'équipe Fermi du LLR et ceux des autres instituts répartis dans le monde entier. L'analyse portera essentiellement sur les données de Fermi des AGN. Les buts de la recherche proposée sont:

- de comprendre les mécanismes d'émission des blazars en modélisant leur émission électromagnétique, donc leurs spectres et leur variabilité temporelle, avec des modèles phénoménologiques existants.
- de sonder la densité du fond cosmologique infrarouge par une étude systématique de l'émission gamma dans toute la gamme d'énergie des rayons gamma, avec à la fois le télescope Fermi, et les télescopes THE au sol.

Il est envisagé que le travail sera réparti sur 3 ans de la façon suivante:

- **1ere année:** Développement de méthodes et de code pour utiliser les rayons gamma provenant de deux AGN et modéliser le fond infrarouge. Développer le plan qui détaillera les données multi-longueurs d'onde nécessaires pour des observations simultanées de ces deux AGN. Il est également attendu que l'étudiant participe à la recherche de potentiels émetteurs aux THE dans les données de Fermi. Participation du travail d'incorporation des données de Fermi dans TeVCat.
- **2eme année:** Les spectres et séries temporelles de Fermi pour toutes les sources vues aux THE seront déterminés, et les meilleurs candidats pour des observations multi-longueurs d'onde seront sélectionnés. En parallèle, nos modèles prédictifs destinés à trouver des sources de très haute énergie dans les données Fermi seront raffinés. La modélisation des AGN sera étendue à leur modélisation théorique au travers de l'ajustement de modèles théoriques. Démarrage de la recherche d'effets dus à l'atténuation infrarouge au travers de l'inclusion des données THE existantes. Application systématique du code infrarouge trouvé à tous les AGN émettant des rayons gamma connus. Continuation de l'expansion et de l'amélioration de TeVCat avec l'augmentation des sources de haute énergie et de THE.
- **3eme année:** Il est plus difficile de détailler les activités de la 3eme année car ils dépendront des résultats issus des deux premières années. Il contiendra au moins la continuité du travail décrit au-dessus.

Contact: Deirdre Horan – deirdre@llr.in2p3.fr

Groupe Fermi au LLR: Philippe Bruel
Stephen Fegan
Pascal Fortin
Berrie Giebels
David Sanchez