

Appel d'Offres 2010
du
Groupement de Recherche
Phénomènes Cosmiques de Haute Energie

Formulaire groupe de travail

Titre du projet : Groupe de Travail γ -CR- ν - Modèles hadroniques d'émission de Noyaux Actifs

Renouvellement : oui

Coordonnées du responsable : *(personne qui gèrera les crédits alloués)*

Nom : Andreas Zech

Établissement : LUTh, Observatoire de Paris (Meudon)

e-mail : Andreas.Zech@obspm.fr

Téléphone : 01 45 07 74 19

Montant du soutien demandé : *(renseignez le tableau et calculez le total)*

Missions	3500 Euros
Moyens de calcul	0 Euros
Divers / Autres	500 Euros
Total	4000 Euros

Autres sources de financement : *(complétez toutes les colonnes du tableau et rajoutez des lignes si nécessaire)* Pas d'autres sources de financement pour ce groupe de travail.

Composition de l'équipe : *(complétez toutes les colonnes du tableau et rajoutez des lignes si nécessaire ; pour la fonction choisissez parmi : chercheur permanent, enseignant-chercheur, post-doc, doctorant, visiteur étranger)*

Voir la page suivante.

Nom, Prénom	Laboratoire	Fonction
Allard, Denis	APC	chercheur permanent (Auger)
Baret, Bruny	APC	postdoc (Antares/KM3NeT)
Becherini, Yvonne	APC	postdoc (HESS/CTA, Antares)
Boisson, Catherine	LUTH	chercheur permanent (HESS/CTA)
Brown, Anthony	CPPM	postdoc (Antares/KM3NeT)
Cerruti, Matteo	LUTH	thésard (HESS)
Coyle, Paschal	CPPM	chercheur permanent (Antares/KM3NeT)
Decerprit, Guillaume	APC	thésard (Auger)
Dornic, Damien	CPPM	postdoc (Antares/KM3NeT)
Halladjian, Garabed	CPPM	thésard (Antares/KM3NeT)
Inoue, Susumu	Université de Kyoto (Japon)	visiteur étranger (CTA)
Kouchner, Antoine	APC	enseignant-chercheur (Antares/KM3NeT)
Lenain, Jean-Philippe	ISDC (Suisse)	visiteur étranger (CTA)
Medina, Clementina	CEA/IRFU	postdoc (HESS/CTA)
Parizot, Etienne	APC	enseignant-chercheur (Auger/JEM-EUSO)
Pita, Santiago	APC	chercheur permanent (HESS/CTA)
Reynoso, Matias	Universidad Nacional de La Plata (Argentine)	visiteur étranger (IAR - CONICET)
Rieger, Frank	MPIK Heidelberg (Allemagne)	visiteur étranger (HESS)
Romero, Gustavo E.	Universidad Nacional de La Plata (Argentine)	visiteur étranger (IAR - CONICET)
Ruppel, Jens	Ruhr-Universität Bochum (Allemagne)	visiteur étranger (HESS)
Schlickeiser, Reinhard	Ruhr-Universität Bochum (Allemagne)	visiteur étranger (HESS)
Semikoz, Dmitri	APC	chercheur permanent (Auger)
Sol, Hélène	LUTH	chercheur permanent (HESS/CTA)
VanElewyck, Véronique	APC	enseignant-chercheur (Antares/KM3NeT)
Vila, Gabriela S.	Universidad Nacional de La Plata (Argentine)	visiteur étranger (IAR - CONICET)
Zech, Andreas	LUTH	enseignant-chercheur (HESS/CTA)

Présentation scientifique

(à remplir pour toute demande)

Présentation scientifique (maximum 2 pages) :

Les noyaux actifs de galaxies et les astroparticules

Les noyaux actifs de galaxies (AGN) se trouvent parmi les rares candidats dans la recherche des sources des rayons cosmiques ultra énergétiques (RCUE; énergie $> EeV$). Certaines classes d'AGN présentent des conditions favorables à l'accélération de particules chargées, même si le mécanisme exact d'accélération à des RCUE n'est pas encore connu.

L'observation de l'émission de rayons γ de très haute énergie ($\approx TeV$) confirme que des particules chargées sont accélérées efficacement dans les blazars et les radio-galaxies. L'émission au TeV est en général expliquée par un jet d'électrons et de positrons (modèles leptoniques) avec des énergies en-dessous du PeV. Une interprétation alternative suppose une population de protons ou de noyaux relativistes (modèles hadroniques). Ce dernier scénario a comme conséquence que le spectre observé au TeV serait lié à un flux de RCUE et de neutrinos de très haute énergie. Les modèles hadroniques sont par conséquent d'un intérêt essentiel pour les expériences de la physique des RCUE et des astro-neutrinos, mais aussi pour l'astrophysique γ .

Même s'il se trouve que les sources principales des RCUE ne sont pas les AGN, mais peut-être les sursauts gamma ou les super-bulles, l'accélération d'une fraction d'hadrons dans les AGN restera probable. Ces hadrons contribueraient alors aux flux observés en rayons γ , rayons cosmiques et astro-neutrinos.

Quelques résultats observationnels récents & prospectives

L'expérience H.E.S.S. et les autres réseaux de télescopes Tcherenkov ont détecté à ce jour le rayonnement gamma au TeV de plus d'une vingtaine de blazars, et de deux radio-galaxies. Le catalogue des AGN détectés par Fermi pendant la première année d'observation vient aussi d'être publié et fournit une grande richesse de données en rayons gamma aux MeV et GeV [1]. La détection de plusieurs classes d'AGN indique que l'accélération de particules relativistes est une caractéristique générale des AGN qui ont des jets.

La découverte d'émission γ de Centaurus A (Cen A) par H.E.S.S. [2] et Fermi [4] a renouvelé l'intérêt dans cette source, qui a été proposé il y a longtemps comme une source potentielle de RCUE [3]. Cen A est la galaxie active la plus proche et des nombreuses observations dans toutes les longueurs d'onde ont révélé une structure complexe avec plusieurs sites propices à l'accélération de particules (magnétosphère du trou noir, jets intérieurs et extérieurs, lobes radio). L'origine du signal détectée par H.E.S.S. est en accord avec une émission du "radio core" ou de la partie intérieure des jets.

Fermi a très récemment aussi détecté des rayons gamma venant des lobes radio. Cette découverte est encourageante pour des scénarios hadroniques puisque les lobes radio de Cen A semblent remplir les conditions pour l'accélération de RCUE [5]. Même si la corrélation des événements d'Auger avec une sélection d'AGN proches n'est pas devenu plus significative avec plus de statistique, on observe pourtant une concentration d'événements dans la direction de Cen A [6].

Un autre résultat récent d'Auger, si confirmé, pose des problèmes pour une éventuelle

astronomie des RCUE. Des données récentes indiquent un changement vers une composition lourde aux plus hautes énergies [7]. La déviation de noyaux lourds dans les champs magnétiques étant plus importante que pour les protons, ceci rendra autant plus difficile une éventuelle identification des sources. Pourtant, la mesure de la composition des RCUE est très difficile et dépend fortement des modèles d'interaction utilisés pour simuler les gerbes atmosphériques. Les données de l'expérience HiRes [8] indiquent une composition légère aux plus hautes énergies.

La découverte de sites potentiels d'accélération de hadrons est également d'un très grand intérêt pour l'astronomie neutrino qui se développe avec l'expérience Antares et le projet Km3NeT pour les observations de l'hémisphère sud, et avec ICECUBE pour l'hémisphère nord. L'observation de neutrinos en corrélation avec des sources astrophysiques constitue l'un des buts majeurs de ces expériences. Les détecteurs situés dans l'hémisphère nord permettront notamment d'observer les sources potentielles de neutrinos de haute énergie que sont le Centre Galactique et Cen A, avec une résolution angulaire de l'ordre du demi-degré. Par ailleurs, les limites supérieures obtenues sur le flux diffus de neutrinos cosmiques de haute énergie posent également des contraintes significatives sur les modèles d'émission des AGN [9]. Avec les télescopes neutrino de la nouvelle génération, une première détection de neutrinos venant d'AGN est probable [10]. Il est à noter que seul la détection d'un signal de neutrinos d'un AGN constituera une preuve directe pour l'accélération de hadrons dans la source.

Les modèles hadroniques pour les AGN

Les spectres des blazars observés au TeV peuvent en général être expliqués par des modèles purement leptoniques et l'émission d'un rayonnement synchrotron (contraint par les spectres observés en rayons X et UV/optique) et de rayons gammas jusqu'à quelques dizaines de TeV par diffusion Compton Inverse. Les modèles leptoniques arrivent à bien expliquer les données des blazars sur une grande gamme de longueurs d'ondes (par ex. [11]) et permettent aussi de décrire l'émission observée de la radiogalaxie M87 [12] et de Cen A [13]. La meilleure sensibilité des instruments de la prochaine génération, comme CTA, nécessitera pourtant des interprétations avec des modèles plus complexes.

On estime que les jets des AGN contiennent une large fraction de matière hadronique, dont on ignore encore les caractéristiques (par ex. [14], [15]). Dans les modèles hadroniques, le rayonnement au TeV est généré soit par effet synchrotron de hadrons relativistes, soit à la suite de la production de mésons (surtout des pions) dans des interactions avec la matière ambiante ou des champs de rayonnement (cf. par ex. [16], [17], [18], [19]). Une composante leptonique domine l'émission aux plus basses énergies. Les modèles hadroniques ont des difficultés à expliquer la variabilité très rapide observée dans certains blazars (par ex. [20]) et demandent des paramètres plus extrêmes pour décrire la source (par ex. pour la densité du plasma thermique et le champ magnétique dans la source). Néanmoins ils arrivent en général à reproduire correctement les spectres observés (par ex. [11], [21]). Ces modèles prédisent un flux de rayons cosmiques et de neutrinos venant de la dégradation de pions et de muons.

Une possibilité qui mérite d'être mieux explorée est la mélange de populations de hadrons et d'électrons relativistes dans la même source. Une émission venant de hadrons pourrait contribuer au flux des rayons γ , même si la composante leptonique est probablement responsable pour la variabilité très rapide observée dans plusieurs blazars.

Objectifs scientifiques de notre groupe de travail

Notre objectif scientifique principal est d'explorer le potentiel des scénarios hadroniques des AGN pour l'interprétation des données dans les trois domaines (rayons γ , rayons cosmiques, astro-neutrinos) et de faire des prédictions pour les futurs projets.

Pour atteindre cet objectif, il est très important de renforcer les liens entre les observateurs/experimentateurs dans la physique des astroparticules et les théoriciens/phenomenologistes qui s'intéressent aux modèles hadroniques d'émission et aux sources potentielles de RCUE et d'astro-neutrinos. Les discussions lors des deux réunions du groupe et à l'occasion de séjours de travail ont amené à plusieurs collaborations et au développement de deux modèles hadroniques au sein du groupe. Nous développons ainsi des compétences au sein de ce groupe, qui nous aideront à mieux comprendre d'un côté les données et de l'autre les scénarios théoriques.

L'échange d'information entre les expériences dans les différents domaines est également très important. Les observations des rayons γ de différentes classes d'AGN donnent des contraintes pour le flux attendu des rayons cosmiques et des neutrinos, dans le cadre d'un scénario donné. La détection des RCUE et des neutrinos, de l'autre côté, pourra donner la preuve pour une accélération efficace de hadrons, qui contribueraient au flux des rayons γ .

Les échanges à l'intérieur du groupe et avec des experts extérieurs nous permettent de contribuer à la préparation des projets de la prochaine génération, comme CTA, Km3NeT ou JEM/EUSO.

References

- [1] A.A. Abdo et al. (Fermi-LAT Collaboration), astro-ph/1002.0150
- [2] F. Aharonian et al. (HESS Collaboration), *Astrophys. Journal Lett.* 695 (2009) L40-L44
- [3] A.A. Abdo et al. (Fermi-LAT Collaboration), *Astrophys.J.*, 700:597-622, 2009
- [4] G. E. Romero, et al., *Astrop. Phys.*, 5, 279 (1996)
- [5] M.J. Hardcastle et al. 2009, *MNRAS* 393, 1041
- [6] J.D. Hague for the Auger Collaboration, *proc. of the Int. Cosmic Ray Conf.* 2009
- [7] J. Abraham et al. (Auger Collaboration), astro-ph/1002.0699
- [8] R.U. Abbasi et al. (HiRes Collaboration), astro-ph/0910.4184
- [9] J. Becker, *Journal of Physics: Conference Series* 60 (2007) 219222
- [10] F. Halzen et A. O'Murchadha, astro-ph/0802.0887
- [11] F. Aharonian et al., *A&A* 442 (2005) 895
- [12] J.P. Lenain et al., *A&A* 478 (2008) 111L
- [13] J.-P. Lenain, C. Boisson, & H. Sol, 2008, *Int. Journal of Modern Physics D*, 17, 1577

- [14] A. Celotti, G. Ghisellini, 2008, MNRAS, 385, 283
- [15] M. Sikora, G. Madejski, 2000, ApJ, 534, 109
- [16] F. Aharonian et al., Phys. Rev. D 66 (2002) 023 005
- [17] M. Pohl et R. Schlickeiser, A&A 354 (2000) 395
- [18] A. Reimer et al., A&A 419 (2004) 89
- [19] K. Mannheim, A&A 269 (1993) 67
- [20] F. Aharonian et al. (HESS Collaboration) Astrophys. Journal Lett. 664 (2007) L71
- [21] M. Boettcher, A. Reimer, A.P.Marscher, astro-ph/0810.4864

Programme de travail (maximum 2 pages) :

Fonctionnement du groupe de travail

Le groupe est ouvert à toute personne intéressée. La méthode principale pour garantir l'échange de connaissances entre les chercheurs des différentes expériences et des experts de la modélisation consiste en des réunions ainsi que des séjours de travail parmi les membres du groupe et avec des chercheurs extérieurs au groupe.

Le contexte actuel du groupe de travail

Notre première réunion, en décembre 2008, a contribué à ouvrir un dialogue entre des chercheurs de H.E.S.S., d'Auger et d'Antares. Ceci a aidé l'échange des expertises complémentaires entre ces trois expériences qui observent des messagers différents des objets les plus énergétiques dans le ciel de l'hémisphère sud. C'est un moment très propice pour un travail de collaboration entre ces trois expériences: la construction d'Auger Sud et d'Antares est achevée et la statistique des événements observés augmente rapidement; le cinquième télescope de H.E.S.S., à présent en construction, fournira bientôt de nouvelles données d'une meilleure sensibilité sur les AGN; les résultats de Fermi complètent la couverture spectrale entre les rayons X et les TeV, en ajoutant des fortes contraintes aux modèles d'émission des sources. En même temps, les projets de la prochaine génération en astronomie gamma de très hautes énergies (CTA et Agis), des RCUE (Auger Nord et JEM/EUSO) et des neutrinos (Km3NeT) sont en préparation.

Les étapes clé

Les participants du groupe de travail visent à renforcer leurs connaissances des modèles hadroniques par une collaboration avec des experts du groupe et de l'extérieur. Lors de la réunion de décembre 2008, des premiers contacts ont été établis avec des spécialistes des modèles d'émission des AGN. La deuxième réunion, en janvier 2010, qui faisait partie d'un atelier d'une semaine sur les processus d'accélération et d'émission dans les AGN, a renforcé ces premiers liens et en a rajouté d'autres. Quatre spécialistes viennent de rejoindre notre groupe suite à cet atelier et plusieurs collaborations se sont formées au sein du groupe. Des échanges entre des chercheurs du groupe ont également eu lieu entre temps et continueront

Deux modèles hadroniques sont en développement au sein du groupe. Des résultats préliminaires ont été présentés pendant les réunions du groupe et aux conférences internationales. Un travail collaboratif entre plusieurs membres du groupe est en place pour compléter et comparer ces modèles avant de les publier en détail.

Les discussions des membres de H.E.S.S. et d'Antares avec des experts des modèles d'émission ont aidé la préparation du Conceptual Design Report pour CTA et du Technical Design Report pour Km3NeT. Une discussion de ces documents, en train d'être publiés, est envisagée lors d'une prochaine réunion du groupe. Les échanges et discussions avec des experts seront essentiels pour des prédictions plus précises, par exemple pour le "AGN science case" dans le Technical Design Report pour CTA.

Collaborations en place et envisagées

- Une collaboration entre l'équipe de H.E.S.S. du LUTH et des chercheurs de Kyoto et Tokya (S. Inoue et K. Asano) sur les modèles hadroniques pour les AGN et sur le "science case" de CTA a débuté en 2009. Une visite de S. Inoue au LUTH d'une durée d'un mois est envisagée pour juin 2010.
- Un travail collaboratif sur un modèle hadronique pour Cen A est en place depuis fin 2008 entre C. Medina, M. Reynoso et l'équipe de G. Romero. Ce travail est accompagné aussi par des discussions régulières avec l'équipe du LUTH.
- Une collaboration de l'équipe de H.E.S.S. du LUTH avec Y. Becherini et S. Pita de l'APC sur la modélisation des galaxies starburst vient de commencer. Des échanges avec A. Marcowith sur ce sujet sont prévus.
- Un premier contact a été pris avec les experts des processus d'accélération qui étaient présents à l'atelier en janvier 2010 avec le but d'inclure plus de considérations sur les mécanismes d'accélération dans les modèles d'émission. Des échanges entre les modélisateurs et F. Rieger et R. Schlickeiser sont prévus.

Calendrier

- décembre 2008 : première réunion, état des lieux sur les modèles d'émission, discussion des données de H.E.S.S., Auger, Antares et IceCube, perspective Antares, CTA, Km3Net.
- courant 2009: plusieurs échanges et collaborations ont eu lieu (visite de M. Reynoso au LUTH, visite de C. Medina dans l'équipe de G. Romero en Argentine, travail collaboratif entre G. Halladjian et M. Reynoso, visite de S. Inoue au LUTH)
- janvier 2010: atelier sur les processus d'accélération et d'émission dans les AGN
- courant 2010: échanges et séjours de travail prévus entre plusieurs membres du groupe (équipes du LUTH et de l'APC, S. Inoue, F. Rieger, G. Halladjian, C. Medina, J.-P. Lenain etc.) pour un travail collaboratif sur les modèles hadroniques et les prédictions pour CTA et Km3NeT.
- fin 2010: il est prévu d'avoir une troisième réunion du groupe pour discuter des prédictions pour CTA, Km3Net et JEM/EUSO, mais aussi des modèles.
- 2010 / 2011 : présentation des travaux du groupe aux congrès et publication des résultats

Délivrables La liste suivante donne un aperçu des livrables envisagés lors des deux dernières demandes. Le point est fait sur l'avancement concernant ces livrables.

- *Publication des présentations faites lors des réunions du groupe sur un site web.*
Le site a été créé - voir le rapport d'activités. Il contient les présentations de la première réunion du groupe, ainsi que les présentations de l'atelier de janvier 2010.

- *Publications sur des prédictions pour CTA, KM3NeT, Auger Nord, JEM/EUSO et contributions aux Design Studies.*

Les interactions entre les membres de notre groupe et avec des experts extérieurs ont contribué aux études de concept de CTA pour le “science case” des AGN et pour l’étude de concept de Km3NeT. Le Conceptual Design Report de CTA et le Design Report de KM3Net seront publiés cette année. La publication d’autres articles avec des prédictions pour ces projets est prévue.

- *Publication d’une étude comparative des modèles hadroniques existants et des contraintes des données actuelles.*

Le travail sur deux modèles est en cours au sein du groupe (modèle hadronique pour Centaurus A de M. Reynoso, C. Medina et G. Romero, modèle hadronique pour les blazars de l’équipe du LUTH). La publication de ces modèles est prévue.

Justification de la demande financière : *(précisez vos besoins financiers par objet – missions, achats, etc. – et donnez les montants estimés ; rajoutez après le tableau toute information complémentaire que vous jugez utile pour l’évaluation de votre demande)*

Objet	Montant
contribution aux séjours de travail	1000
contribution aux missions (congrès et colloques)	1000
organisation d’une réunion fin 2010	500
contribution aux missions pour les participants de la réunion	1500

- Plusieurs séjours de travail sont prévus entre les membres du groupe. Nous demandons 1000 Euros au GdR-PCHE pour financer une partie de ces missions.
 - S. Inoue travaillera pendant un mois avec l’équipe du LUTH sur la modélisation et les prédictions pour CTA. (Ce séjour sera financé par les moyens de l’équipe du LUTH.) Pendant sa visite, des séjours de travail avec d’autres membres du groupe sont envisagés.
 - Plusieurs autres séjours de travail entre les équipes sont prévus (par ex. visite de G. Halladjian et J.-P. Lenain au LUTH, échanges avec l’équipe de F. Rieger, etc.)
 - Il est également prévu d’inviter des spécialistes de la modélisation pour des séminaires et des séjours de travail dans des équipes des membres du groupe
- Nous avons prévu plusieurs missions à des congrès et colloques pour présenter le travail fait en connexion avec le groupe γ -cr- ν (surtout les modèles hadroniques en développement) et nous demandons une contribution de 1000 Euros au GdR-PCHE pour les missions et frais de conférence. Nous proposons entre autre participer au congrès “TeVPA 2010” à Paris et au congrès “IAU 275” en Argentine.
- L’organisation d’une troisième réunion du groupe est prévue pour fin 2010. À l’ordre du jour sera de l’un côté une revue des resultats récents des experiences H.E.S.S., Auger et Antares, ainsi qu’une discussion approfondie des “Design Reports” pour CTA et Km3NeT et des prédictions pour JEM/EUSO. De l’autre côté, nous souhaitons discuter des avancées dans les modélisations hadroniques avec les membres du groupe et avec des experts invités. Nous avons ajouté des frais d’organisation à une hauteur de 500 Euros à noter demande.
- Outre les frais d’organisation de la réunion, nous demandons au GdR-PCHE 1500 Euros pour couvrir une partie des frais des missions pour que les membres du groupe de travail plus quelques experts invités puissent y assister. Ces frais devraient couvrir au moins un vol aller-retour pour nos participants de l’Argentine ou du Japon, ainsi que les déplacements pour plusieurs participants en Europe. Nous envisageons d’inviter aussi des experts en dehors du groupe de travail. Paolo Lipari et Felix Aharonian étaient intéressés par notre dernier atelier, mais n’ont pas pu venir. Nous souhaitons les ré-inviter pour notre troisième réunion.

Utilisation des crédits de l'année précédente

(à remplir au cas d'un renouvellement)

Titre du projet : Groupe de Travail γ -CR- ν
Modèles hadroniques d'émission de Noyaux Actifs

Équipe concerné :

Nom, Prénom	Laboratoire	Fonction
Allard, Denis	APC	chercheur permanent (Auger)
Baret, Bruny	APC	postdoc (Antares/KM3NeT)
Becherini, Yvonne	APC	postdoc (HESS/CTA, Antares)
Boisson, Catherine	LUTH	chercheur permanent (HESS/CTA)
Brown, Anthony	CPPM	postdoc (Antares/KM3NeT)
Coyle, Paschal	CPPM	chercheur permanent (Antares/KM3NeT)
Decerprit, Guillaume	APC	thésard (Auger)
Dornic, Damien	CPPM	postdoc (Antares/KM3NeT)
Halladjian, Garabed	CPPM	thésard (Antares/KM3NeT)
Kouchner, Antoine	APC	enseignant-chercheur (Antares/KM3NeT)
Lenain, Jean-Philippe	LUTH	doctorant (HESS/CTA)
Medina, Clementina	LUTH	postdoc (HESS/CTA , Auger)
Parizot, Etienne	APC	enseignant-chercheur (Auger)
Pita, Santiago	APC	chercheur permanent (HESS/CTA)
Romero, Gustavo E.	Universidad Nacional de La Plata (Argentine)	visiteur étranger (IAR - CONICET)
Ruppel, Jens	Ruhr-Universität Bochum (Allemagne)	visiteur étranger (HESS)
Sol, Hélène	LUTH	chercheur permanent (HESS/CTA)
VanElewyck, Véronique	APC	enseignant-chercheur (Antares/KM3NeT)
Venter, Louis	LUTH	postdoc (HESS/CTA)
Vila, Gabriela S.	Universidad Nacional de La Plata (Argentine)	visiteur étranger (IAR - CONICET)
Zech, Andreas	LUTH	enseignant-chercheur (HESS/CTA)

Changements dans la liste des participants

Louis Venter, post-doc au LUTH pendant deux ans, a quitté le LUTH et aussi le groupe de travail. Cinq nouveaux membres ont été ajouté à la liste des participants: le professeur Reinhard Schlickeiser, expert des modèles hadroniques d'émission et des processus d'accélération; le Dr. Frank Rieger, expert dans les processus d'accélération et d'émission dans les AGN; le Dr. Dmitri Semikoz, expert de la physique des rayons cosmiques ultra-énergétique; le Dr. Susumu Inoue, expert des processus d'accélération et d'émission dans les AGN et sursauts gamma; l'étudiant Matteo Cerruti actuellement en thèse au LUTH et travaillant sur les données d'AGN aux hautes énergies et sur les modèles d'émission. Plusieurs personnes ont été rajouté à notre liste de diffusion (voir:

<http://www.luth.obspm.fr/gammarnu/members.html>).

Soutien accordé : *(complétez toutes les colonnes ; rajoutez une ligne par Appel d'Offres pour lequel vous avez obtenu un soutien financier)*

Année	Montant
2009	2000 Euros
2008	2000 Euros

Utilisation de la dernière subvention : *(détaillez vos dépenses par objet – missions, achats, etc. – pour le dernier soutien que vous avez obtenu dans le cadre du projet du GdR PCHE)*

Objet	Montant
frais de mission pour les membres du groupe	400 Euros
frais de mission pour les experts invités	1600 Euros
Total	2000

Les 2000 Euros qui nous ont été attribués en 2009 ont été utilisés pour contribuer aux frais de l'atelier en janvier 2010 à Meudon, qui était aussi l'occasion d'une deuxième réunion du groupe.

Environ 400 Euros étaient utilisés pour couvrir quelques missions (principalement des billets de train) pour des membres du groupe en France et en Suisse pour leur permettre de participer à l'atelier.

Le reste des 2000 Euros était dépensé pour des frais de mission de quelques experts invités en dehors du groupe pour leur permettre de participer à l'atelier et de donner des présentations. Il s'agit de:

- des frais d'hôtel (à Paris) pour deux personnes et d'hébergement (à Meudon) pour une personne
- un billet d'avion Osaka - Paris, aller-retour, pour une personne
- plusieurs billets de train pour des trajets en France

Les frais de mission des autres "speakers" étaient financés par le budget de l'action émergente sur les processus d'accélération à l'Observatoire de Paris. Les frais pour les pauses cafés et les déjeuners étaient couverts par le CIAS (Centre International d'Ateliers Scientifiques).

Rapport d'activité : (maximim 3 pages)

D'abord nous voudrions mentionner qu'un séjour de travail d'un mois de C. Medina dans l'équipe du professeur Romero a été financé par une "Bourse Cesar Milstein" du programme "Raices" du Ministre de Science et Technologie de l'Argentine, en 2009.

Le budget qui nous a été attribué en automne 2009 par le GdR PCHE a été utilisé pour contribuer au financement d'un atelier international d'une semaine à Meudon.

Deuxième réunion du groupe lors d'un atelier international à Meudon

La deuxième journée de cet atelier sur les processus d'accélération et d'émission dans les AGN était en même temps annoncée comme la deuxième réunion du groupe γ -CR- ν . L'atelier était co-financé par l'Observatoire de Paris avec le budget d'une "action émergente" sur les processus d'accélération dans des environnements astrophysiques. L'objectif scientifique de cet atelier était l'échange de connaissances sur les processus d'accélération et d'émission dans les AGN aux très hautes énergies. Cet événement a réuni des experts de l'accélération des particules relativistes, des spécialistes des modèles d'émission dans les AGN, des astronomes et des expérimentateurs.

Déroulement et participants

L'atelier a eu lieu sur le site de l'Observatoire de Paris à Meudon la semaine du 25 au 29 janvier, dans les localités du CIAS . Une vingtaine de présentations ont eu lieu lors des deux premières journées. Les trois jours suivants se sont déroulés sous forme de travail collaboratif par petites équipes.

Une quarantaine de personnes ont participé à cet atelier, parmi lesquelles une dizaine sont restées pendant toute la semaine pour avancer sur des projets communs.

Une vingtaine de "speakers" avait été invitée pour le programme des deux premières journées. Des experts dans des processus d'accélération et dans des modèles d'émission de plusieurs pays (Allemagne, Argentine, France, Italie, Japon, Pologne, Suisse, USA) ont participé à l'atelier. Plusieurs chercheurs des collaborations de l'Observatoire Pierre Auger, de H.E.S.S. et d'Antares étaient également présents.

La liste des participants se trouve sur notre site Web:
http://www.luth.obspm.fr/gammacrnu/workshop_01_10_participants.html

Résumé des présentations et des discussions

La liste des présentations qui avaient lieu pendant les deux premières journées de l'atelier est donnée dans le tableau ci-dessous (voir dernière page de ce document). Les présentations ont été publiées sur le site Web du groupe et sont accessibles à:

http://www.luth.obspm.fr/gammacrnu/workshop_01_10_agendatalks.html

La première journée était surtout focalisée sur les processus d'accélération et la deuxième journée sur les modèles d'émission pour les AGN.

- *Processus d'accélération et refroidissement*

R. Schlickeiser donnait une introduction aux processus d'accélération relativistes et non-relativistes dans des plasmas. L'accélération du type Fermi sur des fronts de

chocs relativistes était discuté par G. Pelletier. Nous en avons conclu que ce n'était pas un scénario prometteur pour les jets des blazars, mais plutôt pour les "hot spots" dans les radio-galaxies du type FR-II. Des alternatives à ce processus existent, notamment l'accélération par reconnection magnétique, l'accélération Fermi de deuxième ordre ou la "shear acceleration" dans les jets.

Une meilleure compréhension de l'accélération de particules dans les plasmas est peut-être seulement possible avec des simulations détaillées, mais des simulations du type "PIC" ("particle in cell"; présentation de K. Nishikawa) ne se rapprochent pas encore des très hautes énergies, dû à des limitations dans le temps de calcul.

Le lien entre les processus d'accélération et les observations des AGN au TeV était fait par K. Katarzynski, qui exposait une étude d'un modèle SSC avec accélération stochastique. Le processus d'accélération devrait en principe donner des signatures caractéristiques dans l'évolution des spectres, ce qui serait de grand intérêt pour un instrument de la sensibilité de CTA. Les différents régimes de refroidissement dans les modèles SSC, dominés par pertes synchrotron ou Compton Inverse, faisaient le sujet de la deuxième présentation de R. Schlickeiser. Il proposait des solutions analytiques qui tiennent compte du refroidissement non-linéaire par diffusion Compton Inverse et décrivait des caractéristiques observables dans l'évolution des spectres d'AGN.

- *Centaurus A et l'origine des RCUE*

Les données récentes de Cen A étaient l'objet de plusieurs présentations. F. Rieger discutait la possibilité d'accélération de particules chargées dans la magnétosphère du trou noir central dans cette source. Selon son expertise, l'accélération de protons jusqu'aux ultra-hautes énergies dans la magnétosphère ou par des chocs dans les jets n'est pas très probable; un scénario de "shear acceleration" dans le jet serait à préférer.

La significativité des RCUE détectés par Auger dans la direction de Cen A était analysé par M. Lemoine, qui concluait qu'une origine dans Cen A était contradictoire avec l'alourdissement de la composition également observée par Auger. Il proposait comme alternative des sursauts gamma dans Cen A comme sources, avec une diffusion importante des RCUE dans les lobes radio. L. Stawarz arrivait à la conclusion que les lobes de radio-galaxies, comme celles de Cen A, présentent des sources probables pour l'accélération des RCUE. Selon sa première présentation récapitulative, on ne voit pas de signature spécifique de hadrons dans le rayonnement des jets extragalactique, même si des indications pour le rôle dynamique de protons dans les jets existent.

Une évaluation de différents scénarios de l'origine de RCUE dans des AGN ou sursauts gamma était donnée par S. Inoue, qui identifiait les "hot spots" dans les radio-galaxies et les sursauts gamma comme candidats favorables à l'émission de RCUE, mais n'excluait pas non plus les blazars. Les cascades de particules secondaires suivant des interactions entre protons et photons ($p-\gamma$) était le sujet de l'exposé de K. Asano. L'application aux AGN et aux sursauts gamma était discutée.

- *Modèles hadroniques et neutrinos*

Au sein de notre groupe de travail, deux modèles hadroniques sont en train d'être développés. M. Cerruti présentait un modèle SSC, développé au sein de l'équipe du LUTH, dans lequel il avait ajouté une fraction de protons et leur émission synchrotron. Une application de ce modèle aux données d'un blazar montrait qu'il est possible de décrire les données en rayons γ par la diffusion synchrotron self Compton d'électrons, ou par l'effet proton synchrotron, ou par un mélange des deux processus. Le travail sur ce modèle continue avec l'objectif d'inclure également les autres processus hadroniques importantes (p- γ , cascades, etc.).

Un autre modèle hadronique, avec un jet qui contient des protons froids en grande densité, basé sur les modèles des micro-quasars, était proposé pour Cen A par C. Medina et M. Reynoso, en collaboration avec G. Romero et l'équipe du LUTH. Le premier exposé sur ce modèle montrait l'interprétation des données spectrales de Cen A par des processus leptoniques, qui dominent aux basses énergies (surtout électron synchrotron), et des processus hadroniques, qui dominent aux hautes énergies (surtout p-p).

Des prédictions de ce modèle pour le flux des neutrinos étaient discutées. Dans une autre présentation, des prédictions pour la détection de sources ponctuelles avec Antares étaient décrites par G. Halladjian et seront bientôt comparés aux premiers résultat d'un "blind search".

L'application d'un modèle hadronique aux données de la radio-galaxie M87 était montré par l'étudiante C. Guennou (sous forme d'un poster).

- *Divers: starbursts, interactions dans le champ magnétique extra-galactique*

La découverte très récente de deux galaxies du type "starburst" au TeV (NGC 253 par H.E.S.S. et M 82 par Veritas) était la motivation pour la présentation de A. Marcowith, qui décrivait des scénarios d'accélération et d'émission qui peuvent expliquer l'émission observée de ces sources.

Le champ magnétique extra-galactique était le sujet de deux présentations. K. Kotera discutait son travail (avec D. Allard et M. Lemoine) sur la propagation des rayons cosmiques dans des champs magnétiques extragalactiques et leur interaction avec le fond diffus photonique et baryonique. Le rayonnement synchrotron et les cascades de particules secondaires créés lors de la propagation pourrait résulter dans une émission en rayons γ pour des sources puissantes de RCUE. A. Neronov proposait une méthode de déterminer la force du champ magnétique extra-galactique par l'observation de "pair halos" autour de blazars au TeV, causés par la génération de paires entre les rayons γ primaires et le fond diffus infra-rouge.

Publications : *(donnez la liste complète des publications soumises ou acceptées qui relèvent du programme financé)*

- Les présentations de la première et de la deuxième réunion du groupe sont accessibles publiquement sur le site web du groupe (plus d'une trentaine de présentations).

voir: <http://www.luth.obspm.fr/gammacrnu/links.html>

- Le travail du groupe a amené à des proceedings à des congrès internationaux:
 - *A synchrotron self-Compton model for the VHE gamma-ray emission from Cen A*, International Cosmic Ray Conference 2009, J.-P. Lenain, M. C. Medina, C. Boisson et al.
 - *Models for the high-energy emission of Centaurus A*, HEPRO II conference, Buenos Aires 2009 (to be published in the International Journal of Physics D), M. M. Reynoso, M. C. Medina, G. E. Romero et al.
- Notre travail a aussi un impact sur les “design reports” pour CTA et Km3NeT. C. Boisson, H. Sol et A. Zech sont responsables de l’élaboration du science case de CTA en ce qui concerne la physique des AGN. Les contributions au Conceptual Design Report de CTA, qui sera publié bientôt, profitent naturellement des échanges au sein du groupe de travail. Ce sera encore plus important pour le Technical Design Report pour CTA. Et c’est aussi le cas pour le Technical Design Report pour Km3NeT.

Monday, January 25th (9h30 - 19h)
--

R. Schlickeiser	Introduction to acceleration processes
G. Pelletier	Particle Acceleration at Relativistic Shocks and Generation of Electromagnetic Waves.
K. Nishikawa	Simulation of Relativistic Shocks and Associated Self-consistent Radiation
K. Katarzynski	Particle acceleration and VHE emission of blazars
F. Rieger	Cen A as TeV and UHECR source
M. Lemoine	On sources of UHECR, chemical composition vs anisotropy
L. Stawarz	Acceleration of ultrarelativistic electrons in AGN jets
A. Marcowith	High energy processes in massive star forming regions and starburst galaxies
A. Neronov	Gamma-ray observations of blazars and extragalactic magnetic fields

Tuesday, January 26th (9h30 - 18h15)

S. Inoue	Gamma-ray Emission from UHECR Accelerators
K. Asano	Hadronic cascades in GRBs and AGNs
R. Schlickeiser	SSC flaring of TeV blazars: Linear and nonlinear electron cooling.
M. Cerruti	Leptonic and hadronic modelling of the blazar PKS 2155-304
L. Stawarz	Extended AGN lobes and ultrarelativistic hadrons
K. Kotera	On propagation of Cosmic Rays
C. Guennou	A model for the SED of M87 (<i>poster</i>)
C. Medina	A heavy jet model for CenA
M. Reynoso	Prediction of a neutrino flux from CenA
G. Halladjian	High energy cosmic neutrino search with ANTARES