

Appel d'Offres 2009
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

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)

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)
Reynoso, Matias	Universidad Nacional de La Plata (Argentine)	visiteur étranger (IAR - CONICET)
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)

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

Missions	2500 Euros
Moyens de calcul	
Divers / Autres (réunions)	500 Euros
Total	3000 Euros

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

Présentation scientifique

(à remplir pour toute demande)

Présentation scientifique (maximum 2 pages) : *(présentez les objectifs scientifiques de votre projet en incluant une bibliographie ; précisez les instruments utilisés)*

Les noyaux actifs de galaxies et l'origine des rayons cosmiques

Certaines classes de noyaux actifs de galaxies (AGN) sont de très bons candidats pour la recherche des sources des rayons cosmiques d'ultra hautes énergies (RCUHE). En particulier, les chocs dans les lobes radio et les jets relativistes présentent des conditions favorables à l'accélération efficace de particules chargées. L'observation de l'émission de rayons gamma de très haute énergie (\approx TeV) de certaines de ces sources confirme l'existence de sites d'accélération de particules dans des blazars et des radiogalaxies. Même si l'émission au TeV peut en général être expliquée par un jet d'électrons et positrons (modèles leptoniques), il existe une interprétation alternative qui est basée sur l'accélération de protons ou de noyaux (modèles hadroniques). Ce scénario a comme conséquence que le spectre observé au TeV peut être lié à un flux de RCUHE et de neutrinos de très haute énergie. Les modèles hadroniques sont par conséquent d'un très grand intérêt pour les expériences dans les trois domaines de l'astrophysique gamma au TeV, de la physique des RCUHE et des neutrinos.

État actuel et perspectives des observations

Quelques indications existent qui relient les RCUHE à des classes d'AGN. Une corrélation a été trouvée entre les données du High Resolution Fly's Eye (HiRes) et un catalogue de BL Lac [1], mais n'a pas pu être confirmée. L'observation d'une corrélation entre un catalogue d'AGN et la direction d'arrivée des RCUHE détectés par l'Observatoire Pierre Auger [2] constitue une autre indication, mais n'est pas encore une preuve pour une corrélation globale avec les AGN. (Le fait que cette corrélation concerne en majorité des galaxies Seyfert proches, et l'absence d'une corrélation dans les RCUHE dans l'hémisphère Nord vue par HiRes [3] compliquent l'interprétation.) Néanmoins l'observation d'une anisotropie aux plus hautes énergies ensemble avec l'existence confirmée de la coupure GZK ([4], [5]) indiquent une origine "locale" des RCUHE depuis des sources astrophysiques relativement proches.

Si le résultat d'Auger est confirmé avec plus de statistique, une identification de quelques sources individuelles semble à la portée d'Auger dans les années à venir. Dans le cas contraire, les scénarios d'une composition lourde des RCUHE aux plus hautes énergies (par ex. [6]) pourraient justifier une diffusion des RCUHE plus importante que supposé. La mesure de la composition des RCUHE est très difficile et dépend fortement des modèles d'interaction utilisés pour simuler les gerbes atmosphériques aux ultra hautes énergies [7]. Il se pourrait aussi que les sursauts gamma ou les super-bulles soient plus prometteurs comme sources potentielles de la plupart des RCUHE, ce qui n'exclura pas l'accélération de hadrons aux (ultra) hautes énergies dans certaines classes d'AGN.

Un autre point important est la concentration d'événements qui est vue dans la direction de la radiogalaxie proche Centaurus A dans les données d'Auger. Il est à noter qu'une émission de rayons gamma de très haute énergie de cette galaxie radio vient juste d'être découverte par Fermi-GST [8] et par H.E.S.S. [9], prouvant l'accélération de particules relativistes dans cette source.

L'expérience H.E.S.S. et les autres réseaux de télescopes Tcherenkov ont détecté à ce jour le rayonnement gamma au TeV d'une vingtaine de blazars (du type HBL, IBL et LBL), de trois radiogalaxies du type FRI (M87, Cen A et 3C66B - la dernière reste à confirmer) et d'un quasar du type FSRQ (3C 279). La découverte des signaux venant de plusieurs classes d'AGN indique que l'accélération de particules relativistes est une caractéristique générale des AGN qui ont des jets. Des limites supérieures ont été établies pour un grand nombre de classes d'AGN différents (voir par ex. [10]).

L'addition d'un cinquième télescope de plus grande surface, à présent en construction sur le site de H.E.S.S. en Namibie, permettra d'observer des sources extra-galactiques plus faibles et à de plus grands décalages vers le rouge. H.E.S.S. 2 baissera le seuil en énergie et connectera donc avec la couverture spectrale de Fermi-GST. Les trois premiers mois d'observation avec Fermi-GST ont déjà amené un catalogue de plus de cent AGN (blazars et FSRQ et deux radiogalaxies) vus en rayons gamma en-dessus de 100 MeV [8].

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 [11]. Avec les télescopes neutrino de la nouvelle génération, une première détection de neutrinos venant d'AGN est probable [12]. Aux très hautes énergies ($10^{17} - 10^{20}$ eV), une limite supérieure sur leur flux des neutrinos a aussi été établie par Auger [13] et HiRes [14]. 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.

Interprétation des données avec des modèles leptoniques et hadroniques

Les spectres des blazars observés au TeV peuvent en général être expliqués par des modèles purement leptoniques, qui se basent sur l'accélération d'une population relativiste d'électrons et positrons dans le jet, émettant un rayonnement synchrotron (contraint par les spectres observés en rayons X et UV/optique) et des 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. [15]) et permettent aussi de décrire l'émission observée de la radiogalaxie M87 [16]. L'émission de Cen A a également été prédite par un modèle leptonique [17]. Un problème pour ces modèles consiste en la détection des "sursauts orphelins" de 1ES1959+650 [18] et peut-être de Mkn421 [19], qui ne sont apparemment pas accompagnés par une émission synchrotron, mais des modèles leptoniques plus complexes arrivent à reproduire ces observations (par ex. [20]).

Il est connu que les jets d'AGN contiennent une large fraction de matière hadronique, dont on ignore encore les caractéristiques. Une explication alternative de l'émission gamma au TeV est par conséquent donnée par les modèles hadroniques, dans lesquels l'accélération de hadrons chargés est la source principale de ce rayonnement, tandis que

la composante leptonique est responsable du pic dans les rayons X. Le rayonnement au TeV est généré soit par effet synchrotron des hadrons, 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. [21], [22], [23], [24]). Les modèles hadroniques ont des difficultés à expliquer la variabilité très rapide observée dans certains blazars (par ex. [25]) 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. [15], [26]) et proposent des mécanismes qui lient l'émission observée au TeV avec la question des sources des RCUHE. Les modèles hadroniques prédisent aussi un flux de neutrinos venant de la dégradation de pions, ce qui présente une signature unique qui les distingue des modèles purement leptoniques.

Objectifs scientifiques de notre groupe de travail

Nous travaillons sur une étude comparative des différents modèles hadroniques et de leur application à l'émission d'AGN. Ce travail sert aussi à ouvrir un dialogue entre les communautés de l'astrophysique au TeV, des RCUHE et des neutrinos. Les objectifs scientifiques de ce travail en collaboration sont les suivants:

- Une étude de l'état des lieux des scénarios hadroniques actuellement disponibles.
- Une analyse des contraintes des données d'Auger et de H.E.S.S. et des limites du flux de neutrinos sur les modèles hadroniques. Cette étude servira à mieux comprendre les mécanismes d'émission au TeV et les paramètres d'une population de hadrons dans les sources.
- Le travail proposé s'inscrit aussi dans la perspective des projets CTA, Auger Nord, JEM/EUSO et KM3NeT. Les résultats de notre étude pourront servir au développement des programmes scientifiques de ces projets, voire avoir un impact dans les décisions prises lors des Design Studies.

References

- [1] C. Finley et al., ApJ, 636 (2006) 680
- [2] Pierre Auger Collaboration, Science 318 (5852) 938 et Astropart. Phys. 29 (2008) 188
- [3] R.U. Abbasi et al. (HiRes Collaboration), astro-ph/0804.0382
- [4] R.U. Abbasi et al. (HiRes Collaboration), PRL 100 (2008) 101101
- [5] J.Abraham et al. (Auger Collaboration), astro-ph/0806.4302
- [6] T.Wibig, A.W.Wolfendale, astro-ph/0712.3403
- [7] M. Unger for the Auger Collaboration, Proc. of the 30th Int. Cosmic Ray Conf.
- [8] A.A.Abdo et al. (Fermi-GST Collaboration), astro-ph/0902.1559

- [9] voir la présentation de la collaboration H.E.S.S. aux “Rencontres de Moriond 2009 - Very High Energy Phenomena in the Universe”
- [10] F. Aharonian et al. (HESS Collaboration), *A&A* 478 (2008) 387
- [11] J. Becker, *Journal of Physics: Conference Series* 60 (2007) 219222
- [12] F. Halzen et A. O’Murchadha, *astro-ph/0802.0887*
- [13] J. Abraham et al. (Pierre Auger Collaboration), *Phys. Rev. Letters* 100 (2008) 211101
- [14] R. U. Abbasi et al. (HiRes Collaboration), 2008, *ApJ* 684 790-793
- [15] F. Aharonian et al., *A&A* 442 (2005) 895
- [16] J.P. Lenain et al., *A&A* 478 (2008) 111L
- [17] J.-P. Lenain, C. Boisson, & H. Sol, 2008, *International Journal of Modern Physics D*, 17, 1577
- [18] H. Krawczynski, et al., 2004, *ApJ*, 601, 151
- [19] M. Blazejowski, et al. 2005, *ApJ*, 630, 130
- [20] J.-P. Lenain et al., *Extra-Galactic Sources Workshop à Heidelberg*, janvier 2009
- [21] F. Aharonian et al., *Phys. Rev. D* 66 (2002) 023 005
- [22] M. Pohl et R. Schlickeiser, *A&A* 354 (2000) 395
- [23] A. Reimer et al., *A&A* 419 (2004) 89
- [24] K. Mannheim, *A&A* 269 (1993) 67
- [25] F. Aharonian et al. (HESS Collaboration) *Astrophys. Journal Lett.* 664 (2007) L71
- [26] M. Boettcher, A. Reimer, A.P.Marscher, *astro-ph/0810.4864*

Programme de travail (maximum 2 pages) : *(détaillez le programme de travail prévu et les étapes clés du projet ; si votre projet est pluriannuel précisez le calendrier)*

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 pour échanger les expertises complémentaires de trois expériences qui observent ou s'appêtent à observer des messagers différents des objets les plus énergétiques dans le ciel de l'hémisphère sud. C'est un moment très propice pour commencer un travail de collaboration entre ces trois expériences: la construction d'Auger Sud et celle d'Antares viennent d'être achevées et les statistiques des événements observés augmentent rapidement; les observations avec le cinquième télescope de H.E.S.S. commenceront en 2010 et élargiront nos données sur les AGN au TeV; les premiers résultats de Fermi-GST viennent de sortir et 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 RCUHE (Auger Nord et JEM/EUSO) et des neutrinos (KM3NeT et ICECUBE) sont en préparation. Notre groupe de travail a comme but d'amener à une meilleure compréhension des résultats des expériences existantes et des perspectives pour les futurs projets.

Les participants du groupe de travail visent également à renforcer les connaissances sur les modèles hadroniques par une collaboration avec des experts du groupe et de l'extérieur. Lors de la réunion de décembre, des premiers contacts ont donc été établis avec des spécialistes sur les modèles d'émission des AGN.

Les étapes clé

Nous envisageons que notre travail soit réparti initialement sur deux années. Pendant cette période, nous prévoyons certaines étapes clé lors de la progression de notre projet:

- La première étape consiste en un échange de connaissances sur l'état actuel des trois expériences (H.E.S.S., Auger, Antares) et une revue des données sur les blazars, les radio-galaxies et d'autres AGN (spectres et flux limites en gamma, limites sur le flux des RCUHE et des neutrinos). Nous cherchons aussi le dialogue avec les astrophysiciens spécialistes de l'émission à toutes longueurs d'onde, ce qui nous permet de faire l'état des lieux des différentes classes d'AGN. Des premières discussions sur les données de H.E.S.S. et Auger et sur les prédictions d'Antares et KM3NeT ont eu lieu pendant notre première réunion.
- En parallèle, nous avons commencé à revoir les scénarios hadroniques existants. Dans ce but, des séjours de travail entre les participants et avec des experts invités sont prévus. Ce travail amènera à une étude comparative des différents modèles et de leurs prédictions sur l'espace de paramètres qui décrivent les sources potentielles (par ex. extension de la région d'accélération, champ magnétique, facteur Doppler des jets, etc.). Cette étude a commencé avec des experts sur le sujet. G. E. Romero, F. Spanier et M. Rügner ont présenté les différents scénarios hadroniques pendant notre première réunion. Une collaboration entre les membres du groupe du LUTh et G.E.Romero a alors été initiée.
- On cherchera ensuite, dans une troisième étape, à évaluer les contraintes des données

actuelles aux hautes énergies et des limites supérieures sur le flux des neutrinos et des rayons cosmiques pour les modèles. L'interprétation des données de H.E.S.S. inclue aussi régulièrement l'étude d'autres données sur une grande gamme de longueurs d'ondes (gammas mous, X, UV/optique), ce qui est nécessaire pour prendre en compte toutes les contraintes de la distribution spectrale sur les modèles. Les données de Fermi-GST joueront sans doute un rôle essentiel en couvrant la partie du spectre entre les rayons X et gamma qui était jusqu'à maintenant peu accessible. Nous sommes en contact avec des experts de ce projet.

- L'étape finale sera un travail sur les perspectives des projets de la prochaine génération dans les différents domaines. Les connaissances que notre groupe de travail aura gagnées serviront à faire des prédictions pour les observations à venir de CTA, KM3NeT, Auger Nord et JEM/EUSO. Comme ces projets se trouvent dans des phases de Design Study ou "R et D", des prédictions faites par notre groupe de travail auront certainement un impact sur le développement de ces projets ou leurs objectifs scientifiques.

Fonctionnement du groupe de travail

Notre 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 sur la modélisation consiste en des réunions de travail ainsi que des séminaires et séjours de travail parmi les membres du groupe et avec des chercheurs extérieurs au groupe. La participation de trois chercheurs de l'Université de La Plata en Argentine nous apportera une expertise importante sur les modèles hadroniques. C'est aussi le cas pour le doctorant Jens Ruppel de la Ruhr-Universität Bochum en Allemagne, qui fait partie de l'équipe du Pr. Schlickeiser.

Calendrier

période	étapes de travail	réunions prévues
2008/09	étapes 1 et 2: revue des données actuelles et des modèles existants	au moins 2 réunions de travail, plus des séjours de travail ou séminaires (avec des experts invités). Une première réunion a eu lieu en décembre 2008.
2009/10	étapes 3 et 4: évaluation des contraintes des données sur les modèles et perspectives pour CTA, KM3NeT, Auger Nord et JEM/EUSO	au moins 2 réunions de travail, plus des séjours de travail ou séminaires (avec des experts invités)

Délivrables

- Publication des présentations faites lors des réunions du groupe sur un site web. (Ce site a été créé - voir le rapport d'activités.)

- Publication d'une étude comparative des modèles hadroniques existants et des contraintes des données actuelles.
- Publications sur des prédictions pour CTA, KM3NeT, Auger Nord, JEM/EUSO et contributions aux Design Studies.

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
Missions pour les membres du groupe et pour les scientifiques invités	2500 Euros
Organisation d'une réunion en mai ou juin 2009	500 Euros

Notre demande concerne principalement les frais de missions pour les participants français, ainsi que pour les participants étrangers et les chercheurs invités, et les frais pour l'organisation d'une deuxième réunion en mai ou juin 2009.

- Nous prévoyons des frais d'organisation d'environ 500 Euros pour la prochaine réunion. Nous allons faire circuler les informations sur cette réunion sur la liste de diffusion du GdR PCHE pour attirer plus de personnes intéressées.
- Frais pour les participants: nous avons estimé les frais de transport et de séjour permettant aux membres français et allemands d'assister à notre prochaine réunion. Les réunions sont prévues principalement dans la région parisienne, à l'Observatoire de Paris ou à l'APC, pour minimiser les frais de déplacement pour la plupart des participants. Il restent les frais de mission pour les participants français en dehors de la région parisienne et pour les participants étrangers. Nous avons prévu que la date de la prochaine réunion coïncide avec la visite de Matias Reynoso pour permettre au moins à un membre de l'équipe de Gustavo E. Romero d'y assister. Nous prévoyons aussi des frais de mission pour Jens Ruppel d'Allemagne pour lui permettre d'assister à la prochaine réunion et éventuellement pour un séjour de travail en France.
- Nous envisageons par ailleurs d'inviter des experts sur les modèles hadroniques et sur des sujets liés aux recherches proposées pour des séminaires et des séjours de travail dans les laboratoires des participants. Les frais de transport et les frais de séjour de ces visiteurs font partie de notre demande. Nous pensons par exemple à inviter Paolo Lipari, avec qui nous avons déjà pris contact, et si possible Felix Aharonian, Reinhard Schlickeiser, Anita Reimer ou Francis Halzen. Des experts sur Fermi-GST ou sur la modélisation de micro-quasars seront aussi présents.
- En outre, des courts séjours de travail entre des membres du groupe sont prévus.

Utilisation des crédits de l'année précédente

(à remplir au cas d'un renouvellement)

Titre du projet : La connexion gamma / RCUHE / neutrino -
Modèles hadroniques d'émission de Noyaux Actifs

Équipe concerné : *(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 ; si l'équipe est identique à l'équipe de la présente demande, vous pouvez remplacer le tableau par la mention "équipe inchangée")*

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)

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

Année	Montant
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 la participation à la première réunion (J. Ruppel, G. Halladjian, A. Brown)	~ 400 Euros
frais de mission pour les experts invités à la première réunion (F. Spanier, M. Rüger)	~ 100 Euros
frais d'organisation de la réunion (déjeuner, pause café, contribution au dîner pour des intervenants invités)	~ 300 Euros
un billet d'avion Buenos-Aires/Paris pour Matias Reynoso	~ 1100 Euros
Total	~ 1900 Euros

Le budget qui nous a été attribué en automne 2008 par le GdR PCHE a été utilisé principalement pour l'organisation d'une première réunion du groupe et pour l'achat (en cours d'être effectué) d'un billet d'avion Buenos-Aires/Paris.

Les dépenses pour la réunion incluent les frais de mission pour quelques membres du groupe, ainsi que pour deux experts invités de l'Universität Würzburg en Allemagne. Nous prévoyons d'inviter plus d'experts extérieurs à notre prochaine réunion, ce qui n'était pas possible par manque de temps entre le financement et la date de notre première réunion. Le billet d'avion permettra une continuation d'une collaboration entre des membres du groupe. Matias Reynoso, qui est un post-doctorant dans l'équipe du Pr. Romero, nous apportera une expertise importante sur les modèles hadroniques. Il a une bonne très connaissance de la modélisation de processus hadroniques dans les micro-quasars et les sursauts gamma, ainsi que dans la domaine de l'astronomie neutrino ¹ Il rendra visite au LUTh de mi-mai au mi-juin 2009.

Plus de détails sur la justification des dépenses effectuées seront incluses dans le rapport d'activité.

¹cf. par ex.:

Reynoso, M. M., Romero, G. E., 2009, A & A, 493, 1
Reynoso, M. M., Christiansen, H. R., & Romero, G. E., 2008, Astroparticle Physics, 28, 565
Reynoso, M. M., Romero, G. E., & Christiansen, H. R., 2008, MNRAS, 387, 1745
Reynoso, M. M., Romero, G. E., & Sampayo, O. A., 2006, A & A, 454, 11
Reynoso, M. M., & Sampayo, O. A., 2007, Phys. Rev. D, 76, 033003

Rapport d'activité : (maximum 3 pages) (*précisez le travail effectué depuis la dernière demande financière ; le rapport peut être éventuellement joint en pièce annexe*)

Le groupe de travail γ -CR- ν a été établi en automne 2008 entre 21 chercheurs (doctorants et post-doctorants inclus) de cinq laboratoires différents (APC, CPPM, LUTh, Universidad Nacional de La Plata, Ruhr-Universität Bochum). Nous avons eu une première réunion le 9 décembre 2008 à l'Observatoire de Paris. Une trentaine de personnes (les membres du groupe, des scientifiques invités et d'autres chercheurs intéressés) ont assisté à la journée. Nous avons invités quelques experts extérieurs au groupe pour compléter le programme des présentations (voir ci-dessous dans la section "Publications") et des discussions: S. Collin (LUTh), L. Gérard (APC), F. Spanier et M. Rieger (Universität Würzburg), ainsi que Renaud Belmont (CESR). Cette première réunion a permis aux membres du groupe de prendre des premiers contacts directs et d'échanger des connaissances dans le groupe et avec les invités.

Après une introduction dans les différentes classes d'AGN, les présentations de la première partie de cette journée donnaient un aperçu sur le "status quo" des différentes expériences et projets dont les membres de notre groupe font partie. Une des conclusions à retenir est que le spectre en énergie mesuré par Auger ne semble pas poser de fortes contraintes sur la composition des RCHE, qui pourrait être protonique ou mixte, ce qui a des implications importantes pour la recherche de sources à cause de la déviation plus importante de noyaux lourds dans les champs magnétiques. Des meilleures mesures de la composition devront nécessairement accompagner les mesures du spectre pour contraindre les scénarios d'accélération et de propagation. Les prédictions du flux de neutrinos venant des AGN varient beaucoup selon le modèle d'émission qu'on utilise. La détection d'un signal des AGN pourrait être à la portée des détecteurs de la prochaine génération (ICECUBE, KM3NeT). Pour améliorer la suppression du bruit de fond, la recherche de signaux de sources transitoires (par ex. les sursauts gamma ou les "flares" de blazars), en connexion avec des télescopes en rayons X ou rayons gamma, semble prometteuse. Un système de déclenchement avait été testé par exemple entre Amanda II et Magic. Les observations en rayons gamma au TeV donnent accès à des échelles de variabilité de plus en plus petites (par ex. quelques minutes pour le blazar PKS2155-304 détecté par H.E.S.S.), ce qui renforce les contraintes sur la taille de la zone d'émission et sur les scénarios d'émission. Les campagnes d'observation multi longueur d'onde sont particulièrement importantes pour améliorer nos connaissances sur les processus d'émission des AGN.

Les présentations de la deuxième partie de la journée donnaient une introduction aux modèles leptoniques et hadroniques d'AGN. Des modèles ont été montrés pour interpréter le spectre de 3C279 et pour faire des prédictions pour Cen A. Dans les modèles leptoniques, l'émission au TeV peut être expliquée par la diffusion Compton Inverse des électrons et positrons sur le rayonnement synchrotron produit par eux-mêmes ou ailleurs. Le type de modèle à préférer dépend de l'environnement et de la classe d'AGN. De même il existe plusieurs types de modèles hadroniques qui sont dominés aux plus hautes énergies soit par le rayonnement synchrotron des protons (dans le cas des HBL), soit par la production de pions dans des interactions avec des champs de rayonnement (dans le cas des LBL). Les modèles où domine l'interaction proton-proton présentent une troisième possibilité,

demandant des caractéristiques du jet (densité de baryons, champs magnétiques) très différents des autres scénarios hadroniques. Une conclusion était la nécessité de construire des modèles “lepto-hadroniques” qui combinent le traitement détaillé des processus leptoniques et hadroniques. Les futurs modèles devront aussi inclure la dimension du temps pour correctement décrire la variabilité des blazars, ce qui n’est pas le cas pour les modèles hadroniques qui existent jusqu’à maintenant. Des comparaisons avec des modèles existants pour les micro-quasars ont montré qu’une collaboration avec les experts sur ce sujet serait aussi très utile.

Nous avons créé un site web (<http://www.luth.obspm.fr/gammacrnu>) pour présenter notre groupe de travail aux autres scientifiques intéressés et pour partager des documents, comme les programmes et présentations de nos réunions et des liens aux informations liées à nos intérêts.

Une collaboration a été initiée entre les membres du groupe du LUTh et de l’Universidad Nacional de La Plata. Gustavo E. Romero était au LUTh pendant un mois en novembre/décembre 2008 pour commencer le travail sur un modèle lepto-hadronique d’AGN avec les membres du LUTh. Dans le cadre de cette collaboration, un post-doc de l’équipe du Pr. Romero, Matias Reynoso, travaillera avec des membres du groupe du LUTh en mai. Nous incluons à ce propos dans le bilan les frais estimés du billet d’avion Buenos-Aires/Paris aller/retour que nous sommes en train d’acheter. Il est prévu que la prochaine réunion du groupe coïncidera avec la visite de M. Reynoso, pour faciliter son contact avec les autres membres du groupe. Ensuite, C. Medina rendra visite à l’équipe de l’Universidad Nacional de La Plata en juillet dans le cadre d’une bourse “Cesar Milstein” du programme “Raices” du Ministère de Science et Technologie de l’Argentine pour continuer le travail collaboratif. La progression de ce travail sera présentée lors des prochaines réunions du groupe. Il est prévu que cette étude amènera à des présentations à des congrès et à une ou plusieurs publications.

Des premiers contacts avec Felix Spanier et Michael Rürger de l’Universität Würzburg qui ont été faits pendant notre première réunion pourront aussi amener à des collaborations dans l’avenir.

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

Nous avons rendu publique les présentations faites pendant la première réunion de notre groupe de travail. Celles-ci peuvent être accédées sur le site Web officiel du groupe à: <http://www.luth.obspm.fr/gammacrnu/links.html>

Le tableau ci-dessous liste les présentations en détail.

Les collaborations basées dans le groupe de travail amèneront certainement à d’autres publications dans l’avenir.

Titre	auteur	laboratoire
Introduction		
AGN, Massive Black Holes, Accretion	Suzy Collin	LUTh
Experimental status, results and interpretation		
Summary on AGN observations at very high energies	Lucie Gérard	APC
Results from Auger & Interpretation of the existing data on UHECR composition	Denis Allard	APC
The status of astro-neutrino experiments	Damien Dornic	CPPM
Status of the CTA design study	Clementina Medina	LUTh
The AGN science case for CTA	Hélène Sol	LUTh
Emission Models		
Estimation of the neutrino spectrum from AGNs using the measured VHE gamma ray spectrum	Garabed Halladjian	CPPM
Hadronic emission models	Felix Spanier	Universität Würzburg
Leptonic jet models for VHE AGN	Jean-Philippe Lenain	LUTh
High-energy processes at the base of magnetized, baryon loaded jets	Gustavo E Romero	Universidad Nacional de La Plata
Secondary content of the high energy cosmic ray electron spectrum	Jens Ruppel	Ruhr-Universitt Bochum
Thermal and non-thermal coronae of accreting black-holes	Renaud Belmont	CESR