

Vague A : Campagne d'évaluation 2014 - 2015

Unité de recherche
**Institut de Recherche en
Astrophysique et Planétologie**
IRAP
Dossier d'évaluation

Nom de l'unité : Institut de Recherche en Astrophysique et Planétologie

Acronyme : IRAP

Nom du directeur pour le contrat en cours : Martin GIARD

Type de demande :

Renouvellement à l'identique

Restructuration

Création ex nihilo

Choix de l'évaluation interdisciplinaire¹ de l'unité de recherche :

Oui

Non

¹ L'évaluation interdisciplinaire concerne les unités de recherche dont les activités relèvent au minimum de deux disciplines appartenant à des domaines scientifiques différents (SHS, ST, SVE).

Présentation synthétique du Groupe

« Milieu Interstellaire – Cycle de la Matière – AstroChimie »

MICMAC

Vague A : campagne d'évaluation 2014-2015

Intitulé de l'unité : MICMAC (Milieu Interstellaire - Cycle de la Matière - Astro-Chimie)

Nom du directeur de l'unité ou de l'équipe pour le contrat en cours : E. Caux / K. Demyk

Nom du directeur de l'unité ou de l'équipe pour le contrat à venir : E. Caux / K. Demyk

Effectifs de l'entité (au 1^{er} janvier 2011, création de l'IRAP).

4 enseignants-chercheurs; 7 chercheurs; 5 Post-docs, 4 Doctorants.

Personnels ayant quitté l'entité pendant le contrat en cours (et nombre de mois cumulés passés dans l'entité au cours de cette période).

6 Post-docs (177 mois), 4 Doctorants (84 mois)

Nombre de recrutements réalisés au cours de la période (2011 - 2014) et origine des personnels

1 Chargé de Recherches 2^{ème} Classe au CNRS Section 17 (Post-Doc CNES); 1 Astronome Adjoint CNAP Section AA (Post-Doc CNES) et 1 Maître de Conférences à l'Université Paul Sabatier-Toulouse (Post-Doc NASA)

Réalisations et produits de la recherche au cours de la période écoulée (1^{er} janvier 2009 - 30 juin 2014) :

1) Réalisations techniques: Co-PI ship de l'instrument focal HIFI de l'Observatoire Spatial *Herschel*. Fourniture du spectromètre haute résolution de Herschel-HIFI; Fourniture de l'électronique de lecture de l'instrument HFI de *Planck* et caractérisation des effets systématiques; Responsabilité scientifique et technique du projet ballon *PILOT*.

2) Plateforme Nanograins: Jouvence du dispositif *ESPOIRS* et amélioration des performances de *PIRENEA*: nouveaux résultats sur la dépendance en température de l'émission mm de grains silicatés; Premières mesures de spectres électroniques de PAH déshydrogénés et simulation de l'évolution des PAH et VSG en ambiance cosmique.

3) Détection de l'ion fullerène C₆₀⁺ à proximité des étoiles chaudes (Berné, Mulas, Joblin 2013, A&A 550, L4) confirmant la présence de grandes molécules carbonées libres dans ces régions, et leur évolution physico-chimique en lien avec les mesures *PIRENEA* (Montillaud, Joblin & Toublanc 2013, A&A 552, A15).

4) Caractérisation de l'émission "Anomalous Dust" de la Galaxie. Cartographie de la composante "Dark Gas" du MIS (Planck Collaboration 2011, *Astronomy & Astrophysics* 536,A19), de l'émission polarisée de la poussière et du champ magnétique Galactique. Recensement des Cold-Cores galactiques par l'analyse statistique combinée *Planck-Herschel*.

5) Mise en évidence d'un nuage d'avant-plan vers une protoétoile de type solaire par la modélisation de l'émission de l'eau et de ses formes deutérées sur un grand nombre de transitions permettant de distinguer les différentes couches sur la ligne de visée (Vastel C. et al. 2010, A&A et Coutens A. et al. 2012, A&A 539,12).

Bilan quantitatif des publications de l'entité.

349 publications dans des journaux à referee, 77 proceedings de conférence, 3 livres, 2 HDR et 9 thèses d'Université.

Indiquer les **5 publications majeures** de l'entité.

- "The Herschel-Heterodyne Instrument for the Far-Infrared (HIFI)": de Graauw, Th.; Helmich, F.P.; Phillips, T.G.; Stutzki, J.; **Caux, E.** et al.: 2010, *Astronomy & Astrophysics* **518**, L6
 - "Detection and characterization of a 500 μ m dust emissivity excess in the Galactic plane using Herschel/Hi-GAL observations": **Paradis D.**, Paladini R., Noriega-Crespo A., **Mény C.**, Piacentini F., Thompson M. A., **Marshall D.J.**, Veneziani M., **Bernard J.-P.**, Molinari S.: 2012, *Astronomy & Astrophysics* **537**,113
 - "A Study Of Deuterated Water In The Low-Mass Protostar IRAS16293-2422": **Coutens A.**, **Vastel C.**, **Caux E.**, Ceccarelli C, **Bottinelli S.**, Wiesenfeld L., Faure A., Scribano Y. & Kahane C.: 2012, *Astronomy & Astrophysics* **539**,12
 - "Interstellar C60": **Berné, O.**, Mulas G. & **Joblin, C.**: 2013, *Astronomy & Astrophysics* **550**,L4
 - "Planck early results XIX. All-sky temperature and dust optical depth from Planck and IRAS. Constraints on the "dark gas" in our Galaxy": Planck Collaboration 2011, *Astronomy & Astrophysics* **536**,A19, corresp. author **J.-P. Bernard**
-

Indiquer **au maximum 5 documents majeurs** (autres que les publications) produits par l'entité.

- Logiciel libre **CASSIS** : <http://cassis.irap.omp.eu>. Ce logiciel permet d'analyser les données à haute résolution spectrale en provenance de tout télescope. Il est écrit en JAVA et comporte plus de 100000 lignes de codes. Il est en évolution constante depuis une dizaine d'années.
 - Outil **DustEM** (développé conjointement par l'IRAP et l'IAS) permettant la modélisation de données en émission et extinction. L'outil **DustEM_Wrap** codé en IDL, est une interface de minimisation modèle/données, accessible via le site : <http://dustemwrap.irap.omp.eu/>.
-

Indiquer **au maximum 5 faits illustrant le rayonnement ou l'attractivité académiques** de l'entité.

- **61** présentations invitées MICMAC à des conférences internationales et **10** chercheurs étrangers invités au MICMAC
 - Co-PI-Ship de l'ERC-Synergy Nanocosmos 2014-2020, Co-PIs: J. Cernicharo CSIC-Madrid, **C. Joblin**, et J.A. Martín-Gago, CSIC-Madrid. PI-Ship des ANR **GASPARIM** 12/2010-12/2014, PI: **C. Joblin**, partenaires: LCPQ-Toulouse, ISMO-Orsay et **CIMMES** 01/2012-07/2015, PI: **K. Demyk**, partenaires: IAS-Orsay, LPCNO-Toulouse, UMET-Villeneuve d'Ascq
 - Symposium international, "PAHs and the Universe: a Symposium to celebrate the 25th anniversary of the PAH hypothesis" (06/2010), Toulouse, réunissant 133 scientifiques (chairs: **C. Joblin** et A.G.G.M Tielens - Université de Leiden). Publication: **C. Joblin** and A.G.G.M Tielens Eds, EAS Publications Series vol. 46, 2011
 - Conférence internationale, "ECLA: European Conference on Laboratory Astrophysics" (09/2011), Paris, réunissant environ 150 participants (chairs: C. Stehle, **C. Joblin**, L. d'Hendecourt). Publication: C. Stehle, **C. Joblin** and L. d'Hendecourt Eds, EAS Publications Series vol. 58, 2012
 - Atelier **SF2A** sur les champs magnétiques interstellaires, 06/2013, Montpellier (**K. Ferrière & I. Ristorcelli**)
-

Indiquer **au maximum 5 faits illustrant les interactions de l'entité avec son environnement socio-économique ou culturel**.

- Co-financement CNES-industrie pour 2 thèses, une avec **MICROTEC** (Toulouse) et une avec **NOVELTIS** (Toulouse)
-

Indiquer **les principales contributions de l'entité à des actions de formation**.

- Encadrement de **8** Post-Docs, **15** doctorants, **19** stagiaires de M2 et **32** stagiaires de M1, L3 ou écoles d'ingénieurs
 - Coordination et animation des modules "Astrochimie" du Master 1 ASEP-UPS, "TP d'instrumentation" du Master 2P TSI et "Cycle de la matière et milieu interstellaire" du Master 2R ASEP-UPS
 - Cours de formation continue à l'IPST-CNAM (Institut de la Promotion Supérieur du Travail - Conservatoire National des Arts et Métiers) sur les capteurs physiques, chimiques et biologiques (PCM103)
 - Cours aux écoles thématiques: "3rd ITS LEIF Winter School", Ecole européenne (Pralognan, France, 03/2010); "COSPAR 2012 school. Infrared and Submillimeter Astronomy with Herschel and Spitzer" (Buenos Aires, Argentina, 10/2012); "Sardinian Summer School of Astrophysics" (Cagliari, Italy, 09/2012); "Exploiting the Herschel and Planck data" (Paris, France, 04/2013); "La poussière, de la troposphère au MIS" (Les Houches, France, 03/2014); "Astrochemistry's cool" (Cuenca, Espagne, 09/2014)
 - Cours **CASSIS** à l'atelier Formation VO de l'Observatoire de Paris, (Paris, France, 05/2014)
-

Le **directeur d'unité/le responsable de l'équipe** peut indiquer ici brièvement **3 points précis** sur lesquels il souhaite obtenir l'expertise du comité.

2.3 Groupe MICMAC : Milieu Interstellaire, Cycle de la Matière, Astro-Chimie,

Liste des Contributeurs au bilan du groupe MICMAC

Chercheurs et enseignant-chercheurs : E. Caux (DR 17, responsable) – K. Demyk (CR 17, adjointe) - J.-P. Bernard (DR 17) - O. Berné[°] (CR 17) - S. Bottinelli (MCF 34) - K. Ferrière (DR 17) - M. Giard (DR 17) - C. Joblin (DR 17) - A. Le Padellec (MCF 30) - C. Meny (MCF 28) - D. Paradis[°] (AA) - I. Ristorcelli (CR 17) - H. Sabbah[°] (MCF 34) - C. Vastel (AA) - A. Walters (PR 34)

Rattachement secondaire : A. J. Bandy† (GAHEC) - F. Boone† (GAHEC) - P. Jean† (GAHEC) - A. Klotz† (GAHEC) - J. Knödlseider† (GAHEC) - E. Pointecouteau† (GAHEC) - D. Toublanc† (GPPS)

ITAs : B. Bertrand (AI) - M. Boiziot (CDD) - A. Bonnamy (IR - UMS/OMP) - N. Briat (AJT) - T. Camus (AI) - O. Cœur-Joly (IR) - C. Feugeade (IE) - T. Floquet (CDD) - J.M. Glorian (IE) - J. Landé* (IE) - C. Lecinana (AJT) - S. Maestre (CDD) - C. Marty (IR) - W. Marty (Prestataire) - L. Montier (IR) - B. Mot (CDD) - D. Murat (CDD) - J. Narbonne* (IR) - L. Noguès (IE) - C. Parisel^{°*} (IE) - R. Pons (IR) - Y. Parot (IR) - D. Rabois (CDD) - D. Rambaud (IR) - P. Ramon (IE) - L. Ravera (IR) - G. Roudil (IE) - A. Sauvé (CDD) - A. Sournac (CDD) - T.N. Ta (CDD) - T.H. Tran (CDD) - G. Versepuech (CDD) - V. Wagebaert (CDD) - G. Willmann (CDD)

Post-Doctorants : A. Coupeaud (2008-2011) - D. Marshall (2009-2012) - D. Paradis (2010-2012) - L. Nguyen (2011-2012) - O. Berné (2010-2012) - D. Kokkin (2012-2013) - A. Rivera-Ingraham (2012-2014) - L. Dontot (2014 -)

Doctorants : P. Pilleri (2007-2010) - C. Engel (2008-2012) - J. Montillaud (2008-2011) - A. Bouchez (2009-2013) - A. Coutens (2009-2012) - A. Clénet (2011-2014) - D. Alina (2011-2015) - R. Misawa (2011-2014) - Xingheng Lu (2013-2016) - D. Quénard (2013-2016) - A. Sauvé (2013-2016) - P. Terral (2013-2016) - A. Boulais (2013-2016) - J. Champion (2014-2017) - G. Foenard (2014-2017)

[°] arrivée au cours de la période de référence ; * départ au cours de la période de référence ; [°] émérite ; § chercheur associé ; # en détachement ; † rattachement secondaire.

2.3.1 Introduction

Le cycle de la matière joue un rôle important dans l'évolution des objets astronomiques des petites échelles des étoiles et systèmes planétaires aux grandes échelles des galaxies. Cette matière est intimement couplée aux photons, au champ magnétique et aux rayons cosmiques. Son étude implique de comprendre la nature de ses constituants, leur évolution physico-chimique, la dynamique des milieux associés et leur couplage. Grâce aux missions spatiales Herschel et Planck, ce domaine a connu des avancées majeures ces 5 dernières années.

Notre groupe a des compétences originales, reconnues au niveau international, dans l'étude des différents constituants de la matière: gaz, poussière et leur interaction avec le rayonnement, dans l'étude du champ magnétique et de la polarisation de la poussière, et dans celle des rayons cosmiques. Le champ d'applications s'étend des environnements interstellaires et circumstellaires dans notre Galaxie et dans les galaxies extérieures. Nos objectifs s'inscrivent dans la thématique « origines » d'Astronet et de Cosmic Vision, en nous intéressant à la structure et à l'évolution du milieu interstellaire, à la formation des étoiles et des systèmes planétaires et à l'étude de la complexité moléculaire. L'organisation de notre équipe comprend trois thématiques : 1) le milieu interstellaire de notre galaxie et les galaxies proches, 2) le cycle des petites poussières carbonées et son impact sur les régions de formation stellaire, et 3) nos origines : formation stellaire et complexité moléculaire. Cette activité s'appuie sur :

- **Une implication instrumentale** forte dans les projets spatiaux **Herschel** et **Planck**, l'expérience ballon **PILOT** et le programme de R&D pour l'instrument **SAFARI** de la possible mission future **SPICA**.
- **Le développement de modèles** pour interpréter l'émission de la poussière et du gaz, décrire le champ magnétique et la distribution des rayons cosmiques et simuler l'évolution physico-chimique de la matière.
- **La mise en œuvre d'une plateforme d'astrophysique de laboratoire (Plateforme Nanograins)** pour mener des études sur des analogues de la poussière interstellaire en synergie avec les

2.3.6 Simulations numériques

Notre groupe développe et utilise des codes relativement lourds en ressources lorsqu'il s'agit de décrire l'interaction matière-rayonnement et la modélisation des objets astrophysiques:

Nous avons développé le logiciel **CASSIS** (Centre d'Analyse Scientifique de Spectres Instrumentaux et Synthétiques, <http://cassis.irap.omp.eu/>) qui permet d'analyser les raies du gaz des relevés spectraux à haute résolution en provenance des télescopes du sol et spatiaux. **CASSIS** utilise actuellement des modèles **ETL** et **LVG** et est connecté au portail *Virtual Atomic and Molecular Data Center* (**VAMDC**). Nous travaillons au couplage de **CASSIS** avec des codes de transfert radiatif comme **RATRAN** (1D) et **LIME** (3D), ainsi qu'avec le modèle de chimie gaz-grain **NAUTILUS**, développé au LAB (Observatoire Aquitain des Sciences de l'Univers, Bordeaux).

Pour analyser les bandes aromatiques infrarouges en émission, nous avons développé l'**outil PAHTAT** (**PAH** Toulouse **A**stronomical **T**emplates, <http://userpages.irap.omp.eu/~cjoblin/PAHTAT>) qui permet de déterminer les paramètres physiques des régions observées. En collaboration avec G. Mulas (Observatoire de Cagliari, INAF), nous développons un modèle d'émission de ces bandes dans les environnements astrophysiques en utilisant des paramètres moléculaires calculés par des méthodes de chimie quantique. Enfin nous avons mis au point un modèle d'évolution chimique des PAH en utilisant les résultats des expériences menées avec le dispositif **PIRENEA** de la Plateforme **Nanograins**. Les codes PAH utilisent nos bases de données **PAH** connectées au portail **VAMDC**: *Theoretical spectral database of polycyclic aromatic hydrocarbons* (<http://astrochemistry.ca.astro.it/database/pahs.html>), et *Cosmic PAH analogues: experimental properties and kinetics* (mise en ligne prévue prochainement).

Nous participons au développement du code public d'émission de la poussière **DustEM**, labélisé en 2014 (<http://dustemwrap.irap.omp.eu/>), incluant l'émission dans le sub-mm, la polarisation et la rotation des grains (Compiègne et al., 2011). L'outil **DustEM_wrap**, développé dans son intégralité à l'IRAP, est une interface de minimisation modèle/données. Il permet, entre autre, la modélisation automatisée des SEDs extraites des cartes d'émission étendues (*IRAS*, *COBE*, *Planck*, *Herschel*, *PILOT*...) et/ou de données spectrales dans l'infrarouge moyen-lointain et submillimétrique (*Spitzer*, *FIRAS*, *SOFIA*, *ALMA*...), à l'aide des modèles de poussières les plus récents.

Ces outils sont mis à disposition de la communauté via des tâches de services labélisées ou en cours de labélisation au sein du Centre de Compétences Régional de l'OMP **OV-GSO**.

2.3.7 Astrophysique de laboratoire

Nous avons mis en place et développons la **Plateforme Nanograins** pour les études d'astrophysique de laboratoire dédiées à la poussière cosmique. Il s'agit d'une des plateformes expérimentales de l'OMP dont l'activité scientifique est soutenue au niveau national par le PN PCMI, par l'OMP (financement FEDER) ainsi que par des contrats ANR (**Cold Dust**, **CIMMES**, **GASPARIM**). Elle est composée des dispositifs **PIRENEA** (physico-chimie des macromolécules PAH et nanograins dans des conditions proches de celles rencontrées dans le milieu interstellaire) et **ESPOIRS** (propriétés spectroscopiques dans le domaine IR et sub-mm d'analogues des grains interstellaire à base température). Son exploitation met en jeu des collaborations fortes avec des physico-chimistes de l'Université de Toulouse (IRSAMC: LCPQ, LPCNO et LCAR et LAPLACE). L'obtention cette année de l'ERC Synergy **Nanocosmos** (PIs J. Cernicharo, CSIC Madrid, **C. Joblin**, **CNRS-IRAP**, et J. A. Martín-Gago, CSIC Madrid), pour une durée de 6 ans, va être un véritable tremplin pour l'activité de cette plateforme.

Nous participons (**A. Le Padellec**) depuis 2004 à la collaboration **AGAT** (K. Béroff, Institut des Sciences Moléculaires d'Orsay & M. Chabot, Institut de Physique Nucléaire d'Orsay), qui étudie les agrégats de carbone et d'hydrocarbure. **AGAT** est unique pour mesurer les rapports de branchement des hydrocarbures en utilisant la méthode des collisions à haute vitesse en cinématique inverse. Nous nous sommes intéressés à la mesure des sections efficaces de production d'anions dans des collisions entre agrégats de carbone C_n^+ et C_n ($n \leq 5$) et des atomes d'hélium à haute vitesse (Béroff et al., 2013).

Présentation synthétique du Groupe
« Galaxies, Astrophysique des Hautes Energies,
Cosmologie »
GAHEC
Vague A : campagne d'évaluation 2014-2015

Intitulé de l'entité : Groupe thématique Galaxies, Hautes Énergies et Cosmologie (GAHEC)

Nom du responsable de l'équipe pour le contrat en cours : R. Pello (2013 - 2015) et D. Barret (2011 - 2013)

Nom du responsable pour le contrat à venir : TBD

Effectifs de l'entité (au 1^{er} janvier 2011, création de l'IRAP).

18 enseignants-chercheurs ; 6 chercheurs ; 7 post-docs ; 10 doctorants

Personnels ayant quitté l'entité pendant le contrat en cours (et nombre de mois cumulés passés dans l'entité au cours de cette période).

1 PREM (24 mois) ; 8 Post-doctorants (192 mois) ; 10 Doctorants (240 mois)

Nombre de recrutements réalisés au cours de la période (2011 - 2014) et origine des personnels

6 recrutements chercheurs et enseignants chercheurs : F. Boone (AA, mutation LERMA) ; N. Bouché (CR 2012, postdoc IRAP) ; M. Coriat (AA 2014, postdoc en Afrique du Sud) ; A. Dupays (MdC, mobilité campus toulousain) ; B. Lamine (MdC 2013, ancien MdC à Paris) VI) ; P. Martin (CR 2012, postdoc IPAG) ; 9 Post-doctorants ; 13 Doctorants

Réalisations et produits de la recherche au cours de la période écoulée :

1) Découverte du premier trou noir de masse intermédiaire (HLX-1), et caractérisation multi-longueur d'onde de cette source exceptionnelle (e.g. Farrell et al. 2009 et Webb et al. 2012).

2) Contribution majeure à la détection, l'identification et la caractérisation d'amas de galaxies à différents *redshifts* grâce au relevé *Planck*. Production et validation des premiers catalogues d'amas détectés via l'effet Sunyaev Zel'dovich (Planck Col. VIII 2011, Planck Col. XXIX 2013).

3) Participation à la réussite de l'instrument MUSE pour le ESO/VLT. Ce spectrographe 3D permettra des avancées majeures dans la compréhension de la formation et l'assemblage des galaxies (Bacon 2014).

4) Construction du catalogue de sources gamma pour le satellite FERMI/LAT (~100 MeV–100 GeV) (Abdo et al. 2010). Ce relevé a montré la prééminence des pulsars en tant que sources galactiques, ainsi que l'existence de nouvelles classes d'émetteurs gamma (e.g. Ackermann et al. 2012).

5) Réalisation de l'instrument *Booth* pour le projet *Eusoballoon* (von Ballmoos et al. 2013) destiné à l'observation des rayons cosmiques d'ultra-hautes-énergies (jusqu'à 1020 eV). Le premier vol vient d'être réalisé avec succès en aout 2014.

Bilan quantitatif des publications de l'entité.

Sur la période 2009-2014, la production scientifique du groupe totalise plus de 800 articles de rang A (dont 7 articles à *Nature* et 23 à *Science*), avec plus de 33000 citations (h-index=92).

5 publications majeures.

- Ade et al. (2013), dont A.J. Banday, O. Forni, L. Montier, et E. Pointecouteau (auteur correspondant). *Planck intermediate results. V. Pressure profiles of galaxy clusters from the Sunyaev-Zeldovich effect*, A&A 550, A131
- Farrell, S. A., N. A. Webb, D. Barret, O. Godet and J. M. Rodrigues (2009). *An intermediate-mass black hole of over 500 solar masses in the galaxy ESO243-49*. Nature, Volume 460, pp. 73-75
- Abdo et al. (2010), dont M. H. Grondin, J. Knödlseeder (auteur correspondant), et N. Vilchez. *Fermi Large Area Telescope First Source Catalog*. The Astrophysical Journal Supplement 188, pp. 405-436.
- Queyrel J., et al. (2012), dont Contini, T., B. Epinat, J. Moultaka, et E. Perez-Montero. *MASSIV: Mass Assembly Survey with SINFONI in VVDS. II. Evidence for positive metallicity gradients in $z \sim 1.2$ star-forming galaxies*. Astronomy & Astrophysics, Volume 539, id.A93
- E. Churazov, R. Sunyaev, J. Isern, J. Knödlseeder, P. Jean, et al. (2014). First detection of 56Co gamma-ray lines from type Ia supernova (SN2014J) with INTEGRAL. *Nature* 512, 406-408.

3 autres documents majeurs

- Coordination de la proposition et *White Paper* pour la mission spatiale ATHENA, sélectionnée par le SPC de l'ESA en 2014 pour être la seconde grande mission (L2) du programme scientifique *Cosmic Vision*.
- Logiciel de traitement du signal et d'analyse scientifique pour l'observatoire *Cherenkov Telescope Array* (CTA), avec la mise en œuvre de codes génériques *OpenSource* pour l'analyse de données haute énergie (*GammaLib*, <http://gammalib.sourceforge.net/>) et spécifiques à CTA (*ctools*, <http://cta.irap.omp.eu/ctools/>)
- G. Soucaïl est responsable du groupe de travail "Enseignement et diffusion des connaissances" de la prospective 2015-2020 de l'INSU pour l'astronomie-astronomie et de la rédaction du document.

5 faits illustrant le rayonnement ou l'attractivité académiques

- Rattachement au LabEx OCEVU « Origine, Constituants et Evolution de l'Univers », <https://www.labex-ocevu.univ-amu.fr>. (10 projets acceptés, 5 doctorants, 1 post-doc.
- 6 projets ANR : AGACTS, EPAMASSTAT, FOGHAR, MULTIVERSE, TG_REGALDIS et une « chaire d'excellence » ; 2 projets FP7 ; Responsabilité de collaborations internationales associées à des instruments avec une contribution scientifique ou technique importante du GAHEC (APPEX, ATHENA X-IFU, CTA, EUCLID, FERMI, MUSE, NUSTAR, SVOM, XMM-NEWTON),
- Au moins 15 membres du GAHEC ont participé régulièrement à des expertises au niveau national (principalement CNU, section astronomie du CNAP, section 17 du CNRS, ANR et AERES) et international (principalement des agences de moyens ainsi que des TAC de télescopes et satellites).
- Au moins 19 membres du GAHEC ont fait partie d'un SOC pour l'organisation de conférences internationales.
- Prix et distinctions : D. Barret (Prix 2013 "Le goût des sciences" du MESR pour l'action de l'association "Les étoiles brillent pour tous") ; A. Blanchard (UF Senior 2009-2014) ; N. Laporte (Prix Maury de l'Académie des Sciences de Toulouse en 2013) ; G. Soucaïl (Palme académique en 2009).

4 faits illustrant les interactions avec l'environnement socio-économique ou culturel.

- Contrats industriels au niveau régional (MICROTEC, MECANO-ID, EPSILON, PRECISION MIDI PYRENEES, AS+, NEXEYA, LUMEAU) et national (SAGEM, HYPERTAC, AXON SYSTRONIC SAPRATIN) pour SVOM-ECLAIRS, et avec *Dolphin Integration Grenoble* pour la mission LOFT.
- Forte implication des membres du GAHEC dans l'association *Les étoiles brillent pour tous* (www.ebpt.fr), organisant des conférences et animations accessibles à tous autour des SDU (membres fondateurs).
- Expositions : "Rayons Cosmiques 2012" au Pic du Midi (R. Cabanac, 64000 visiteurs). Exposition « photo-musicale » « De l'infiniment grand à l'infiniment petit : Histoires de notre Univers » (2010 ; J. Moultaka). Projet « Averse » au sein de l'exposition « Perturbations » aux Abattoirs (2014 ; P. Von Ballmoos en collaboration avec l'artiste C. Boursier-Mougenot).
- De nombreux jeunes chercheurs et doctorants du GAHEC ont participé tout au long de la période à l'organisation du Festival d'Astronomie Astro-Jeunes de Fleurance (Gers).

Principales contributions de l'entité à des actions de formation :

La majorité des scientifiques du GAHEC sont des enseignants-chercheurs fortement impliqués dans les enseignements de l'UPS et exercent des responsabilités à tous les niveaux, notamment dans les filières de master : M2R ASEP (G. Soucaïl); M1 Physique est Astrophysique, parcours Astrophysique et Techniques Spatiales (P. Jean); M2P TSI (P. Von Ballmoos); Master Erasmus Mundus "SpaceMaster" (P. Von Ballmoos et G. Soucaïl pour l'UPS); Master conjoint UPS/Universidade do Porto (A. Blanchard). P. Jean est membre de la commission d'attribution des contrats doctoraux de l'Ecole doctorale SDU2E. G. Soucaïl a mis en place le service éducatif de l'OMP. F. Boone a mis en place un radio-télescope destiné à l'enseignement. B. Lamine a mis en place des méthodes pédagogiques participatives innovantes.

2.4 Groupe GAHEC : Galaxies, Astrophysique des Hautes Energies, Cosmologie

Liste des Contributeurs au bilan du groupe GAHEC

Chercheurs et enseignant-chercheurs : R. Pello (A, responsable) - D. Barret (DR 17, adjoint) - J.L. Atteia (A) - A. J. Banday (DR 17) - R. Bazer-Bachi* (P 34) - R. Belmont (Mdc 34) - A. Blanchard (P 34) - F. Boone° (AA) - N. Bouché° (CR 17) - R. Cabanac (AA) - T. Contini, (DR 17) - M. Coriat° (AA) - E. Davoust° (A) - J.P. Dezalay (Mdc 34) - A. Dupays° (Mdc 30) - O. Godet (Mdc 34) - P. Jean (P 34) - A. Klotz (P 34) - J. Knödseder (DR 17) - B. Lamine° (Mdc 34) - J. F. Le Borgne (A) - J. Malzac (CR 17) - P. Martin° (CR 17) - J. Moultaqa (AA) - J.F. Olive (P 34) - E. Pointecouteau (CR 17) - G. Soucail (A) - P. von Ballmoos (P 34) - N. Webb (AA) ; **Rattachement secondaire :** E. Caux (MICMAC), M. Giard (MICMAC), O. Forni (GPPS), K. Ferrière (PSE), P. Fouqué* (PSE), L. Koechlin (SISU), A. Le Padellec (MICMAC), J.P. Perez (SISU) ; **Associés :** F. Lamareille§, D. Schaerer§ (P, U. de Genève)

ITAs : C. Amoros (IE) - A. Baudrimont (IE) - B. Bertrand (IE) - E. Bourrec (IE) - S. Brau-Nogué (IR) - N. Briat (AJT) - P. Couderc (AI) - A. Cros* (IR) - M. Dupieux (IR) - C. Gaïti (TCN) - N. Girard (CDD) - T. Gharsa* (AI) - D. Granat (TCS) - B. Houret° (IE) - K. Lacombe (IR) - J. Lande* (IE) - M. Larrieu (IR) - E. Lecomte (AI) - T. Louge (AI) - P. Maeght (AI) - P. Mandrou* (IR) - L. Montier (IR) - E. Moutaye (CDD) - J. Narbonne* (IR) - Y. Parot° (IR) - L. Parès (IR) - J. Platzler (IR) - R. Pons (IR) - D. Rambaud (IR) - P. Ramon (IGE) - L. Ravera (IR) - G. Rouaix (IR) - A. Sournac (CDD) - H. N. Ta (CDD) - H. Valentin (IE) - V. Waerbeert° (IE) - N. Yerle (CDD)

Post-Doctorants : M. Bachetti (2011 -) - P. Bielewicz (2009-2012) - N. Bouché (2011- 2012) - T. Brandt (2010-2011) - S. Drapeau (2013 -) - B. Epinat (2008-2011) - L. Ferramacho (2010-2011) - H. Finley (2014 -) - I. Flores-Cacho (2011-2014) - M.-H. Grondin (2012-2013) - M. Hayes (2010-2013) - S. Ilic (2013-) - T. Jaffe (2009-) - D. Lin (2009-2012) - D. Pierini (2014-2017) - M. Roncarelli (2006-2010) - I. Zolotukhin (2012-)

Doctorants : A. Alexis (2010-2014) - R. Artigue (2010-2013) - D. Bina (2013-2016) - M. Bonamigo (2013-2016, avec LAM) - M. Boutelier (2005-2009), C. Catalano (2012-2015) - D. Castagné (2008 - 2011) - A. Clénet (2012-2014) - P. Delsart (2008-2011) - C. Divoy (2011- 2014) - G. Foex (2007-2011) - A. Gérou (2013-2016, avec ESO) - T. Grégoire (2010- 2013) - V. Heussaff (2012-2015) - J. Lanoux (2008-2012) - N. Laporte (2009-2012) - A. Maizy (2008-2011) - G. Nasser (2011-2014) - T. Anh Pham (2011-2014) - B. Pancrazi (2008-2011) - P. Peille (2013 - 2016) - J. Queyrel (2007-2010) - N. Remoué (2007-2010) - I. Schroetter (2013-2016) - B. Singaravelu (2012 -2015) - D. Turpin (2013-2016) - N. Vilchez (2007-2010)

° arrivée au cours de la période de référence ; * départ au cours de la période de référence ; ° émérite ; § chercheur associé ; # en détachement ; † rattachement secondaire.

2.4.1 Introduction

Le GAHEC est un jeune groupe thématique né de la fusion des anciennes équipes Cosmologie et Galaxies du LATT et du département Hautes Energies du CESR. Ses activités s'articulent autour de quatre grands axes qui constituent autant de lignes directrices combinant les savoir-faire des anciennes équipes :

- Cosmologie et Physique Fondamentale
- Galaxies et Grandes structures
- Astrophysique des Objets Compacts
- Accélération de Particules et Phénomènes Explosifs

Des chercheurs du GAHEC contribuent également aux Actions Pluridisciplinaires suivantes :

- Physique fondamentale, Astroparticules et Cosmologie
- Plasmas Astrophysiques

Le groupe combine des expertises en instrumentation sol et spatiale, en observations multi-longueurs d'ondes, en modélisation, et en théorie. Il évolue au sein de grandes collaborations nationales et internationales dans lesquels il joue un rôle souvent moteur (ex : MUSE, CTA, Athena). Le GAHEC est le seul groupe thématique de l'IRAP rattaché à un LabEx. Il s'agit d'OCEVU (Origine, Constituants et Evolution de l'Univers) organisé autour de trois thèmes: Astroparticules, Cosmologie et Physique des particules. OCEVU est porté par Aix-Marseille Université en partenariat avec le CNRS et les Universités de Montpellier 2 et Toulouse III, et bâti sur les forces et synergies de six UMR d'excellence à Marseille (CPPM, CPT, LAM), Montpellier (LUPM, L2C) et Toulouse

collaborations internationales et attirer les meilleurs étudiants au niveau mondial.

- présenter les avancées et découvertes des projets d'OCEVU à la communauté scientifique au travers de publications et de conférences, et aussi à des publics larges et variés au travers d'un programme ambitieux de communication et diffusion scientifique; renforcer les transferts de nos développements technologiques, en coordination avec les Sociétés d'Accélération du Transfert de Technologie et les Pôles de Compétitivité.

La structure organisationnelle d'OCEVU est désormais en place. Elle repose sur un comité de pilotage présidé par **Saul Perlmutter** (LBL, Prix Nobel de physique 2011) avec l'ensemble des tutelles, un comité exécutif et un conseil scientifique avec des membres élus et des extérieurs nommés. Les appels d'offre annuels à projets collaboratifs (financements de thèses, de post-doctorats, de conférences, ateliers, chercheurs invités, etc.) constituent une excellente opportunité pour le développement du GAHEC, dans un contexte budgétaire contraint par ailleurs. Pour ne citer qu'un exemple, à ce jour 4 thèses et 2 post-doctorats, ont démarré au GAHEC avec un financement OCEVU.

2.4.7 R&D pour l'instrumentation

Electronique de lecture multiplexée pour matrices de détecteurs supraconducteurs : Pour préparer les futures grandes missions spatiales (plus particulièrement les instruments Athena/X-IFU et SPICA/SAFARI) l'IRAP étudie, depuis 2009, des électroniques de lecture multiplexée pour des matrices de détecteurs supraconducteurs. Ces développements reposent essentiellement sur la mise au point d'un firmware (pour FPGA ou ASIC numérique) de contrôle de multiplexage en fréquence et rendent possible l'utilisation de matrices « kilo-pixels » refroidies à des températures « sub-kelvin » qui offriront des résolutions angulaires, des champs de vue et des niveaux de sensibilité jusqu'ici inégalés. Ce développement est réalisé en collaboration étroite avec le Space Research Organisation of the Netherland (Hollande), institut PI de l'instrument SAFARI pour la mission spatiale SPICA.

LOFT/ASIC : Le projet LOFT avait été sélectionné par l'ESA comme candidat pour la mission de taille moyenne M3. Les objectifs scientifiques de LOFT sont l'étude des champs gravitationnels extrêmes et de la matière à densité supra-nucléaire, constituant le cœur des étoiles à neutrons. Nous avons développé un ASIC bas bruit et basse consommation pour détecteurs Silicium à chambre dérive, fonctionnant dans le domaine de 1 keV à 80 keV. Ces développements d'ASIC à l'IRAP constituent une priorité du laboratoire; l'idée étant à moyen terme de se doter d'une expertise de spécifications, suivi, améliorations et mise en œuvre d'ASIC, s'appuyant sur des partenaires industriels ou institutionnels.

Conception et production de SiPM : Projet porté par R Bazer-Bachi, il a donné lieu aux thèses de Denis Pellion et Khalil Jradi. Nous sommes parvenus à concevoir et réaliser ces détecteurs photosensibles susceptibles à terme remplacer les photomultiplicateurs standards. Ces SiPM ont de nombreux avantages (poids, basse tension d'alimentation) mais imposent également des contraintes optiques sur la collecte de la lumière.

2.4.8 Codes et bases de données

Base de Données sur les Amas X (BAX): <http://bax.ast.obs-mip.fr/> . Responsable : A. Blanchard

Code d'extraction des paramètres physiques des galaxies : Un travail interdisciplinaire a été fourni ces deux dernières années entre l'équipe Signal Image des Sciences de l'Univers (SISU) – avec H. Carfantan – à travers deux stages M2. Nous avons développé un algorithme pour analyser la cinématique des galaxies observées par des spectro-imageurs (comme SINFONI et MUSE pour le VLT). L'algorithme vise à extraire les paramètres physiques des galaxies (taille, inclinaison, paramètres de rotation, etc.) directement à partir des données hyper-spectrales (3D) grâce à une optimisation de type Bayésienne par méthode Monte-Carlo (Bouché et al. 2014). C'est le premier algorithme de ce genre dans ce domaine. Responsables : N. Bouché et H. Carfantan.

Code d'optimisation des configurations d'ALMA. Ce code est utilisé par le projet pour les configurations actuelles. Responsable : F. Boone

Hyperz et New-hyperz : Développement et mise à jour du code HyperZ, premier code public pour le calcul de *redshifts* photométriques (<http://webast.ast.obs-mip.fr/hyperz/> et nouveau site <http://userpages.irap.omp.eu/~rpello/newhyperz>) dans ses versions successives, depuis Avril 2000. Responsable : R. Pello

XMM-Newton : Nous avons créé la 5ème '*data release*' du catalogue XMM-Newton (3XMMi-DR5) hébergé à l'IRAP à partir de 2014. Ce catalogue comprend 573843 sources X et près de 200000 spectres et courbes de lumière. Responsable : N. Webb

2.4.9 Rayonnement et attractivité académique

Le GAHEC est le seul groupe thématique de l'IRAP rattaché à un LabEx : OCEVU (Origine, Constituants et Evolution de l'Univers, voir ci-dessus), porté par Aix-Marseille Université en partenariat avec le CNRS et les Universités de Montpellier 2 et Toulouse III. Ce rattachement fournit au GAHEC une plateforme d'excellence pour le recrutement de doctorants et postdoctorants au niveau international, ainsi que pour l'accueil de visiteurs. Ainsi, dix projets avec PI GAHEC ont été acceptés depuis la création d'OCEVU, ce qui a permis d'embaucher 5 doctorants et un postdoc, et de financer un visiteur.

Plusieurs réseaux collaboratifs ont été coordonnés par les membres du groupe dans la période, en particulier six projets financés par l'ANR avec un PI membre du GAHEC : AGACTS (ANR « Jeune Chercheur » 2007-11, PI. T. Contini), EPAMASSTAT (ANR « Jeune Chercheur » 2006-10, PI. E. Pointecouteau), FOGHAR (ANR Blanche 2014-17, co-PI. T. Contini), MULTIVERSE (ANR Blanche 2012-15, PI. E. Pointecouteau), TG_REGALDIS (ANR Blanche 2009-2014, PI. R. Pello), et une « Chaire d'excellence » (2008-12, PI. A. Banday). L'ensemble de ces projets a été financé à hauteur de 2,4 Meuros par l'ANR. Deux projets FP7 avec PI GAHEC (N. Bouché) ont aussi été financés à hauteur de 430 k€ : SIMPLEFEEDBACK et GALACTICWIND. Le groupe participe aussi à l'ANR CHAOS, avec 2 co-I au GAHEC (J. Malzac et R. Belmont).

Aux réseaux scientifiques cités ci-dessus s'ajoute la responsabilité des membres du groupe dans des collaborations internationales associées à des instruments pour lesquels le GAHEC a une contribution scientifique ou technique importante, dont APPEX, ATHENA X-IFU, CTA, EUCLID, FERMI, MUSE, NUSTAR, PLANCK, SVOM, ou XMM-NEWTON. Le GAHEC a coordonné la proposition et *White Paper* pour la mission spatiale ATHENA, sélectionnée par le SPC de l'ESA en 2014 pour être la seconde grande mission (L2) du programme scientifique *Cosmic Vision*. C'est aussi le GAHEC qui est responsable du logiciel d'analyse scientifique et des plans focaux pour l'observatoire *Cherenkov Telescope Array* (CTA), avec la mise en œuvre de codes génériques *OpenSource* pour l'analyse de données haute énergie (*GammaLib*, <http://gammalib.sourceforge.net/>) et spécifiques à CTA (*ctools*, <http://cta.irap.omp.eu/ctools/>). Plusieurs grands projets de collaboration pilotés par les membres du GAHEC, ou dans lesquels les membres du groupe ont un apport fondamental, ont vu le jour ou se sont épanouis en termes de résultats au cours de la période, dont MASSIV, zCOSMOS, SIMPLE ou PHIBBS2. Les chercheurs du GAHEC ont reçu régulièrement le support des Programmes Nationaux (PNCG, PNC et PNHE) pour la réalisation de leurs projets de collaboration scientifique.

Les membres du GAHEC ont participé régulièrement à des expertises au niveau national et international. Les principales instances dans lesquelles les membres du GAHEC ont été présents au niveau national sont le CNU (A. Le Padellec, R. Pello), la Section Astronomie du CNAP (R. Pello, G. Soucail, N. Webb), la Section 17 du CNRS (J.L. Atteia, G. Soucail), l'ANR, CNES, ESA et aussi AERES. A ces conseils s'ajoutent des jurys et des comités de sélection pour l'attribution de postes d'enseignant-chercheur ou d'ingénieur. Au niveau international, on participe surtout aux conseils des agences de moyens (Afrique du Sud, Allemagne, Argentine, Autriche, Belgique, Brésil, EEUU, Espagne, Suède) ainsi qu'à des TAC de télescopes et satellites. G. Soucail est responsable du groupe de travail "Enseignement et diffusion des connaissances" de la prospective 2015-2020 de l'INSU pour l'astronomie-astrophysique et de la rédaction du document (en cours), ainsi que membre du Board du CFHT.

Parmi les membres du GAHEC, au moins 19 personnes ont fait partie d'un SOC pour