INSTITUT D'ASTROPHYSIQUE SPATIALE

RAPPORT D'ACTIVITÉ

2013-2018

Octobre 2018

Table des matières

1 PRÉSENTATION DE L'UNITÉ 5
- 1.1 Introduction . . . 5
- 1.2 Structuration de l'unité . . . 6
- 1.3 Tableau des effectifs et moyens de l'unité . . . 7
  - 1.3.1 Effectifs . . . 7
  - 1.3.2 Effectifs (Enseignants)-chercheurs . . . 8
  - 1.3.3 Effectifs Ingénieurs - Techniciens - Administratifs . . . 10
  - 1.3.4 Moyens financiers . . . 11
  - 1.3.5 Politique scientifique . . . 13
  - 1.3.6 Profil d'activités . . . 19

2 PRÉSENTATION DE L'ÉCOSYSTÈME RECHERCHE DE L'UNITÉ 21
- 2.1 Les tutelles . . . 22
- 2.2 Paris-Saclay . . . 23
- 2.3 Les agences spatiales . . . 23
- 2.4 Les opérateurs de recherche . . . 24
- 2.5 Les collaborations . . . 24

3 PRODUITS ET ACTIVITÉS DE RECHERCHE POUR L'UNITÉ 27
- 3.1 Bilan scientifique global . . . 27
- 3.2 Faits marquants . . . 31
- 3.3 Prix et distinctions . . . 32
- 3.4 Produits et outils informatiques . . . 33
  - 3.4.1 Logiciels . . . 33
  - 3.4.2 Bases de données . . . 34
  - 3.4.3 Participation au segment sol de missions . . . 34
- 3.5 Développements instrumentaux et méthodologiques . . . 35
  - 3.5.1 Prototypes et démonstrateurs . . . 35
  - 3.5.2 Plateformes et observatoires . . . 37

4 ORGANISATION ET VIE DE L'UNITÉ **39**
4.1 Pilotage et organisation de l'unité . . . 39
4.2 Animation scientifique et technique . . . 41
4.3 Communication, diffusion des connaissances . . . 41
4.3.1 Communication . . . 41
4.3.2 Diffusion des connaissances . . . 42
4.3.2.1 Créations artistiques théorisées . . . 42
4.3.2.2 Films . . . 42
4.3.2.3 Émissions radio, TV, presse écrite . . . 42
4.3.2.4 Produits de vulgarisation : articles, interviews, éditions, vidéos, etc. . . . 44
4.3.2.5 Produits de médiation scientifique . . . 45
4.3.2.6 Débats science et société . . . 46
4.3.2.7 Animation et diffusion scientifique auprès du grand public 48
4.4 Parité . . . 49
4.5 Intégrité scientifique . . . 50
4.6 Protection et sécurité . . . 51

5 IMPLICATION DE L'UNITÉ DANS LA FORMATION PAR LA RECHERCHE **53**
5.1 Produits des activités pédagogiques et didactiques . . . 53
5.2 Productions scientifiques (articles, ouvrages, etc.) issues des thèses . . 54
5.3 Efficacité de l'accompagnement des étudiants et qualité de leur encadrement (financement, durée des thèses, taux d'abandon) . . . 54
5.4 Suivi des doctorants en liaison avec les écoles doctorales et attention portée à l'insertion professionnelle des docteurs . . . 57
5.5 Accompagnement des séminaires de doctorants par des chercheurs ; degré de participation des doctorants à la vie de l'entité de recherche . 58
5.6 Mobilisation des chercheurs dans le montage de formation de niveau master . . . 58

6 PROJET SCIENTIFIQUE À CINQ ANS **61**

7 RAPPORT D'ACTIVITÉ SCIENTIFIQUE PAR THÈMES DE RECHERCHE **65**
7.1 Équipe MIC-AMIS/COSM!X . . . 65
7.1.1 Présentation de l'équipe . . . 65
7.1.2 Bilan scientifique . . . 67
7.1.2.1 Planck & Herschel era . . . 67
7.1.2.2 The Interstellar Medium . . . 70
7.1.2.3 The nature & evolution of interstellar dust . . . 73
7.1.2.4 Dust modelling, radiative transfer and laboratory data . 74
7.1.2.5 Dust foregrounds and the primordial B-modes . . . 75
7.1.2.6 Project and collaboration specifics . . . 75
7.1.2.7 Laboratory simulations of interstellar dust analogues . . 77
7.1.2.8 DustPedia . . . 77
7.1.2.9 Primordial Universe and CMB polarisation . . . 78
7.1.2.10 Cosmology with the Large scale structure of the Universe 81

7.1.2.11 Structuring the universe . . . 85
7.1.2.12 Instrumentation . . . 89
7.1.3 Profil d'activités . . . 92
7.1.4 Produits et activités de recherche de l'équipe . . . 92
7.1.5 Projet scientifique à cinq ans de l'équipe . . . 92
7.1.5.1 AMIS team project . . . 93
7.1.5.2 COSM!X team project . . . 100
7.2 Équipe Astrochimie et Origines . . . 108
7.2.1 Présentation de l'équipe . . . 108
7.2.2 Bilan scientifique . . . 110
7.2.2.1 Processus énergétiques sur les grains interstellaires/protoplanétaires et sur les surfaces des petits corps du système solaire 110
7.2.2.2 Analyses non-destructives en laboratoire de matière extraterrestre . . . 118
7.2.2.3 Equipe A&O comme "service" . . . 127
7.2.2.4 Faits marquants . . . 127
7.2.3 Projet scientifique à cinq ans . . . 128
7.3 Équipe Système solaire et systèmes planétaires . . . 138
7.3.1 Présentation de l'équipe . . . 138
7.3.2 Produits et activités de recherche de l'équipe . . . 140
7.3.2.1 Etude des processus de formation et d'évolution des corps planétaires du Système Solaire . . . 140
7.3.2.2 Contributions instrumentales . . . 147
7.3.2.3 Identification et caractérisation de systèmes planétaires 150
7.3.3 Projet scientifique à cinq ans . . . 151
7.3.3.1 Conditions initiales de la formation du Système Solaire à travers l'étude des petits corps . . . 151
7.3.3.2 Processus d'évolution des corps différenciés (planètes terrestres, satellites) . . . 153
7.3.3.3 Etude des systèmes planétaires . . . 157
7.4 Équipe Physique solaire et stellaire . . . 159
7.4.1 Présentation de l'équipe . . . 159
7.4.2 Bilan scientifique . . . 160
7.4.2.1 Structure interne du Soleil, des étoiles . . . 160
7.4.2.2 Structure interne des planètes géantes . . . 163
7.4.2.3 Structure externe du Soleil . . . 163
7.4.3 produits et activités de recherche de l'équipe . . . 175
7.4.4 Projet scientifique à cinq ans . . . 176
7.4.4.1 Structure interne du Soleil, des étoiles et des planètes géantes . . . 176
7.4.4.2 Structure et dynamique du Soleil externe . . . 177
7.4.4.3 Mesure du champ magnétique chromosphérique et coronal . . . 178
7.4.4.4 Zones de Fresnel . . . 179

8 PÔLE TECHNIQUE DE L'IAS **181**
8.1 Les services techniques . . . 181
8.1.1 Service optique . . . 181
8.1.2 Service mécanique, thermique et cryogénie . . . 183
8.1.3 Service électronique . . . 184
8.1.4 Service instrumentation . . . 187
8.2 Les plateformes techniques . . . 188
8.2.1 La station d'étalonnage . . . 188
8.2.2 Service informatique et IDOC . . . 191
8.3 Assurance produit et démarche qualité . . . 195
8.4 Plateformes et équipements utilisés par l'IAS . . . 195

9 ANNEXE 1 : ORGANIGRAMMES DE L'IAS (2018) **197**

10 ANNEXE 2 : PRODUCTION SCIENTIFIQUE **203**
10.1 Liste des publications de rang A pour la période juillet 2013 à juin 2018 203
10.1.1 Équipe MIC - AMIS/COSM!X . . . 203
10.1.2 Équipe Astrochimie et Origines . . . 259
10.1.3 Équipe Système solaire et systèmes planétaires . . . 266
10.1.4 Équipe Physique solaire et stellaire . . . 281
10.2 Liste des thèses et des HDR . . . 295
10.2.1 Liste des thèses soutenues entre le 01/07/2013 et le 30/06/2018 295
10.2.2 Liste des thèses en cours . . . 298
10.2.3 Liste des HDR soutenues entre le 01/07/2013 et le 30/06/2018 . 299

11 ANNEXE 3 : LISTES DES PERSONNELS DE L'IAS AU 01/06/2018 **301**
11.1 Chercheurs permanents . . . 301
11.2 Post-doctorants . . . 303
11.3 Doctorants . . . 303
11.4 Personnel administratif permanent . . . 304
11.5 Personnel technique permanent . . . 305
11.6 Personnel administratif contractuel . . . 307
11.7 Personnel technique contractuel . . . 307

1 PRÉSENTATION DE L'UNITÉ

Sommaire

1.1 Introduction 5
1.2 Structuration de l'unité 6
1.3 Tableau des effectifs et moyens de l'unité 7
1.3.1 Effectifs 7
1.3.2 Effectifs (Enseignants)-chercheurs 8
1.3.3 Effectifs Ingénieurs - Techniciens - Administratifs 10
1.3.4 Moyens financiers 11
1.3.5 Politique scientifique 13
1.3.6 Profil d'activités 19

1.1 Introduction

L'Institut d'Astrophysique Spatiale (IAS) a été créé en 1989 par le regroupement du Laboratoire de Physique Stellaire et Planétaire (LPSP) implanté à Verrières-le-Buisson et qui disposait d'un important potentiel technique (72 ingénieurs et techniciens CNRS (IT)) et scientifique dédié à l'instrumentation spatiale en physique solaire et en planétologie, et des équipes scientifiques issues de l'Ecole Normale Supérieure (astrophysique) et du Centre de Sciences Nucléaires et de Sciences de la Matière - CSNSM (planétologie). Ce nouveau laboratoire a été implanté sur le campus scientifique d'Orsay de l'Université Paris-Sud dans deux bâtiments construits en 1990-1991, la station d'étalonnage (bâtiment 120) puis les locaux scientifiques et techniques (bâtiment 121). Cet objectif d'intégration dans un contexte universitaire était au coeur du projet de création de l'IAS, qui a constitué l'une des premières Unités Mixtes de Recherche (UMR) rattachées à l'INSU et le premier laboratoire spatial ayant ce statut d'UMR. En 2001, un Observatoire des Sciences de l'Univers (OSU) a été créé avec les mêmes contours que l'UMR, ce qui a permis de développer les services d'observation (regroupés au sein d'Actions Nationales d'Observation (ANO) principalement ANO2 : développement d'instrumentation et opérations en vol, ANO4 : grands relevés, ANO5 :

centres de données et ANO6 : surveillance solaire) et de bénéficier du recrutement de personnels du Conseil National des Astronomes et Physiciens (CNAP). Cet OSU a été étendu en avril 2012 à IDES (division ST de l'INSU, aujourd'hui le laboratoire GeoPS) et a pris le nom d'OSU « Paris-Sud » (OSUPS).

Presque trente ans plus tard, cette stratégie visant à ancrer un laboratoire spatial de niveau international au coeur d'une grande université scientifique apparaît comme un succès indiscutable. Alors que la très grande majorité des chercheurs et la totalité des IT du LPSP étaient sous statut CNRS, la situation de l'IAS est aujourd'hui équilibrée en ce qui concerne les (enseignants)-chercheurs (31% CNRS, 44% PU/MdC, 25% CNAP), et notre laboratoire est très impliqué dans les activités de formation au sein du Département de Physique de l'UFR Sciences (L, M) et des écoles doctorales, en particulier l'ED127 (Astronomie et Astrophysique d'Île-de-France). Au niveau des IT, l'IAS a subi comme les autres laboratoires spatiaux une baisse continue de ses effectifs d'environ 25% par rapport à sa création, régulière au niveau CNRS, alors que l'Université a soutenu l'IAS par redéploiement de 5 postes BIATSS entre 2000 et 2011. Le renouvellement très insuffisant des IT CNRS représente le problème le plus critique pour le maintien de nos activités dans un contexte programmatique où l'IAS a su se positionner sur l'ensemble des projets spatiaux majeurs de nos thèmatiques.
Les deux tutelles (CNRS/INSU et Université Paris-Sud), le CNES, qui apporte l'essentiel des ressources propres de l'IAS, et les collectivités locales (Essonne, région Île-de-France) ont continué à soutenir le développement de notre laboratoire au niveau des infrastructures avec la construction d'un étage supplémentaire du bâtiment 121 (1999), l'affectation de nouveaux locaux par l'Université (bâtiments 105, puis 209G, RF et 209F) et une importante opération de mise à niveau technique de la station d'étalonnage de l'IAS (2 M€ en coûts externes) qui s'est achevée en 2012. Dans le cadre du CPER 2015-2020, le projet de rénovation du bâtiment 105, initié dès 2007, a pu démarrer mais nécessitera un financement lors du prochain CPER (2020-2025) pour être mené à son terme.

Le quinquennal dont le bilan est présenté dans ce document a démarré sous la direction de Don Hassler arrivé au laboratoire en février 2014. En janvier 2016, et suite à un malaise persistant au laboratoire depuis plusieurs mois, Don Hassler a présenté sa démission, effective au 31 mars 2016. Le 1er avril, c'est Marc Ollivier qui a pris la direction du laboratoire, avec pour mission de redéfinir un projet de direction et de conduire le laboratoire jusqu'à la fin du quinquennal (31 décembre 2019). L'équipe de direction a été légèrement remaniée à cette occasion (Laurent Verstraete est devenu directeur adjoint). Enfin, Sandrine Couturier a été nommée directrice technique au 1er janvier 2018, en remplacement de Thierry Appourchaux qui souhaitait s'impliquer à 100% dans le projet PLATO et qui se trouvait, de fait, en conflit d'intérêt.

1.2 Structuration de l'unité

L'ensemble des organigrammes du laboratoire (scientifique, technique, administratif) est présenté en annexe de ce document. L'unité est structurée autour de :

- 5 équipes de recherches regroupant au 1er juin 2018, 32 (enseignants)-chercheurs permanents, et 36 non-permanents ou émérites, couvrant les thématiques « cosmologie et extragalactique », « Astrophysique de la matière interstellaire », « astrochimie et origines », « physique du Système Solaire et des systèmes planétaires », « physique solaire et stellaire ». Ces équipes sont encadrées par des responsables d'équipe qui sont tous chercheurs ou enseignants-chercheurs. A noter que le passage de 4 à 5 équipes (partage de l'équipe « Matière Interstellaire et Cosmologie » en 2 équipes distinctes) est intervenu début 2018, et correspond à une recommandation de la précédente évaluation de l'AERES, d'opérer cette séparation à la fin de l'exploitation conjointe des projets Planck et Herschel.

- 7 services techniques regroupant au 1er juin 2018, 54 agents permanents et 16 non-permanents : administration, électronique, informatique, instrumentation, mécanique/thermique/cryogénique, optique et station d'étalonnage. Ces services sont tous dirigées par des personnels technique du laboratoire (ITA CNRS ou BIATSS). Nous proposons une description de ces services de leurs activités et productions en annexe de ce document.

- 2 plateformes : la station d'étalonnage et IDOC (Integrated Data and Operation Center).

1.3 Tableau des effectifs et moyens de l'unité

1.3.1 Effectifs

Au 1er juin 2018, l'IAS rassemble 138 personnes

- 70 personnels techniques dont 54 permanents (49 ITA CNRS et 5 personnels BIATSS Paris-Sud) et 16 CDD financés principalement par le CNES pour les projets.

- 68 (enseignants)-chercheurs dont 32 permanents, 17 doctorants, 10 postdocs, et 9 émérites.

A noter que le laboratoire héberge également quelques prestataires dans le cadre des projets du laboratoire. Bien évidemment, ces personnels ne sont pas comptabilisés car ils ne sont pas gérés administrativement par le laboratoire.
Ces données brutes montrent plusieurs tendances lourdes que nous allons évoquer.

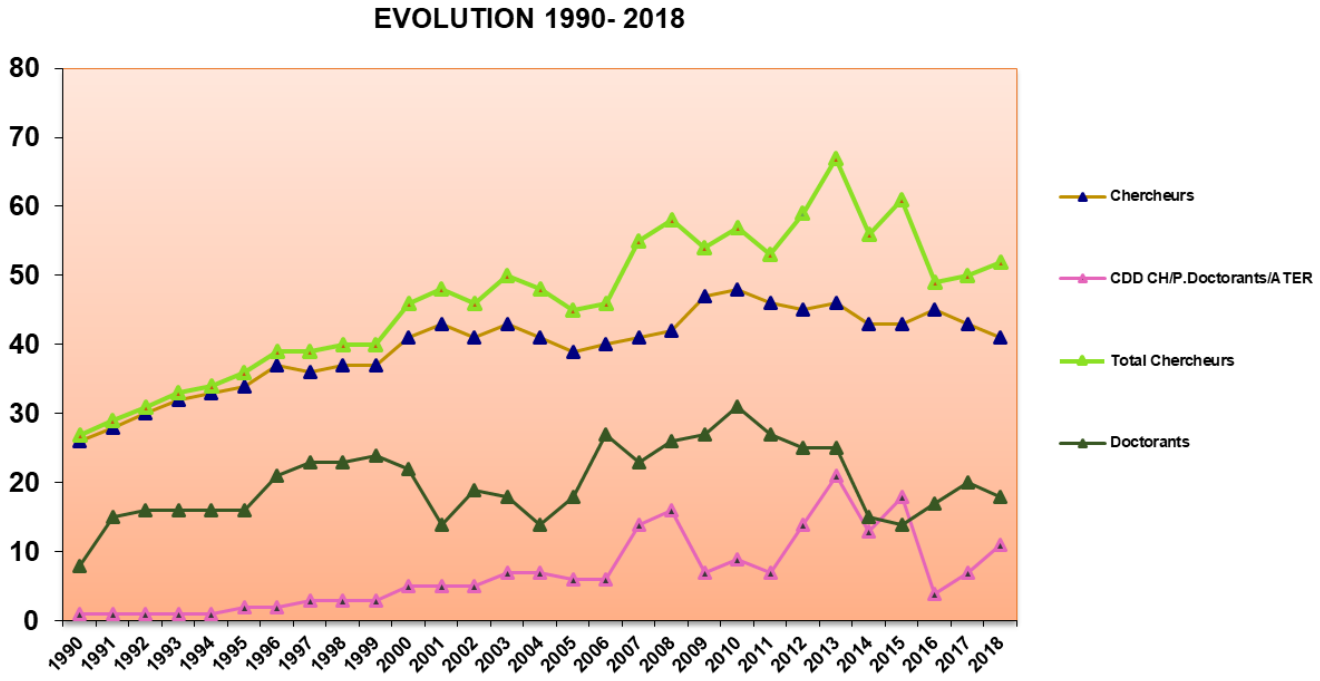

FIGURE 1.1 – Evolution des personnels "(enseignants)-chercheurs" du laboratoire depuis sa création

1.3.2 Effectifs (Enseignants)-chercheurs

Le graphe 1.1 représente l'évolution des personnels «(enseignants)-chercheurs» du laboratoire depuis sa création : plusieurs points doivent être mentionnés :

- le nombre de permanents a augmenté jusque vers 2010, principalement sous l'impulsion des projets phares du laboratoire tels Planck, qui ont fédéré les équipes et généré un recrutement important (jusqu'à 4 personnes en 2009).

- Presque exclusivement constitué de chercheurs du CNRS à sa création, le laboratoire a vu son effectif se diversifier avec un apport significatif de l'Université Paris-Sud en enseignants-chercheurs, ainsi que, depuis la création de l'OSU, de personnels CNAP (actuellement, 8 astronomes-adjoints et astronomes). A ce jour, les (enseignant)-chercheurs (Universitaires et CNAP) sont majoritaires au laboratoire.

- Depuis 2010, et malgré un nombre croissant de projets au laboratoire, le nombre d'(enseignants)-chercheurs permanents baisse avec un épisode critique en 2017-2018 et 6 départs. Même s'il est très sévère à l'IAS, ce phénomène n'est pas unique mais touche l'ensemble des laboratoires de la région parisienne. La mobilité vers les laboratoires de province est forte et l'IAS paye un lourd tribut. C'est particulièrement visible dans la pyramide des âges, où la classe 40-50 ans

a fortement baissé, ce qui n'est pas sans poser de problème d'encadrement au laboratoire. Bien que bénéficiant d'une forte attractivité scientifique (cf. nombre de doctorants et postdocs, nombre de projets menés), le coût et le stress de la vie parisienne (notamment liés aux transports) est un réel frein à l'attractivité de chercheurs plus expérimentés. Dans le même temps, le niveau de recrutement de chercheurs permanents sur les concours nationaux a été anormalement bas (1 recrutement CR2 et 2 recrutements d'astronomes adjoints) sur la période 2013-2018. Par ailleurs, l'Université Paris-Sud a soutenu le laboratoire, en remplaçant poste à poste les départs en retraite et en mobilité (3 recrutements dont 1 professeur). Il devient vital de recruter des (enseignant)-chercheurs dans les années à venir, car certaines équipes, impliquées dans des projets phares du laboratoire sont dès à présent très sous-critiques (thématique des exoplanètes par exemple).

- Le nombre de doctorants est stable et traduit un effort constant de formations des nouvelles générations au service de la communauté. Ces doctorants sont un vivier qui nourrit le recrutement national et les laboratoires étrangers.

- Le nombre de postdocs est en augmentation continue et traduit l'évolution générale du paysage de la recherche en France et dans le monde. Il montre aussi que l'IAS a parfaitement intégré cette évolution.

- Il y a actuellement 9 émérites au laboratoire pour 32 permanents. Ces émérites ont une grande renommée. Nous veillons à ce que la transmission des responsabilités se fasse au mieux, mais cette question est parfois très délicate à gérer.

- Peu de départs en retraite ou éméritats sont prévus lors du prochain quinquennal. Cependant, et comme nous l'avons vu précédemment, la principale cause de baisse des effectifs de personnels permanents est la mobilité géographique, en particulier vers la province, bien plus attractive en termes de coût et de qualité de la vie. Une réflexion globale sur le sujet est nécessaire si l'on ne veut pas modifier profondément les équilibres nationaux actuels.

1.3.3 Effectifs Ingénieurs - Techniciens - Administratifs

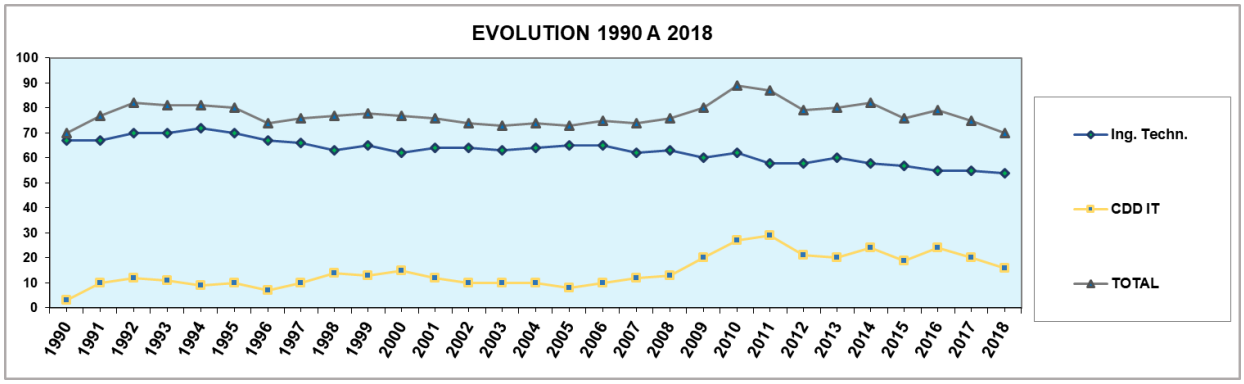

FIGURE 1.2 – Evolution des personnels techniques du laboratoire depuis sa création

Le graphe 1.2 ci-dessus représente l'évolution des personnels techniques du laboratoire depuis sa création. Là encore, on note que :

- depuis 1990, le nombre d'ITA permanents n'a cessé de baisser, et ce de manière très régulière (courbe pratiquement linéaire). En 25 ans, ce sont plus de 25% des personnels techniques qui n'ont pas été renouvelés. Cette tendance, générale aux laboratoires spatiaux d'Île de France est un vrai danger, car les laboratoires spatiaux prennent et assument des engagements sur des temps très longs : de la conception d'un projet à la fin de son exploitation, il peut s'écouler entre 10 et 30 ans, au cours desquels il faut maintenir les expertises. Nous alertons régulièrement les tutelles de cette tendance, mais la stabiliser voire la renverser nécessite un changement important de politique vis à vis de l'emploi technique permanent.

- Pour pallier la baisse continue des ITA permanents, le laboratoire a recours aux CDD. Il apparaît clairement un saut quantitatif en 2010 (passage d'environ 10 à 20 CDD en permanence au laboratoire). Ce saut correspond au besoin d'un gros projet (Planck), mais l'absence d'un retour à la situation d'avant 2010 montre également qu'entre temps, l'effectif permanent est devenu sous-critique, et que certains métiers de coeur du laboratoire ne sont plus présents, ou de manière insuffisante. Le recours à l'assistance technique (AT), tel que préconisé par le CNRS n'est pas une réponse universelle à ce problème, car certains métiers ne peuvent pas être externalisés, et quoi qu'il en soit, 1 équivalent temps plein (ETP) d'AT nécessite au minimum 0,3 ETP d'encadrement en local, sans évoquer la simple question du coût des prestations. Il serait nécessaire que la politique de recrutement de l'INSU prenne en compte la spécificité des laboratoires spatiaux et le temps caractéristique très long de leurs projets. Encore une fois, c'est un message que nous essayons de faire passer en permanence.

- L'augmentation du nombre de CDDs au laboratoire doit rester contrôlée car

la volatilité des CDDs est naturellement forte. Si l'on veut maintenir certains savoir faire, cela implique non seulement de pouvoir remplacer les CDDs qui quittent le laboratoire, mais également d'être capable de les former. Là encore, la charge que cela implique en terme d'encadrement doit être évaluer avec attention quand il s'agit d'estimer le coût réel des projets.

- La pyramide des âges, service par service montre dans certains cas (principalement l'administration, le service informatique et la station d'étalonnage) une distribution bimodale des agents, avec d'ici 5 ans, entre 4 et 12 départs en retraite (le chiffre exact dépend de l'âge auquel les agents font valoir leurs droit à la retraite). Sans renouvellement de ces postes, d'ici à 5 ans, le laboratoire pourrait perdre encore presque 20% de ses effectifs. Une prise en compte de ce contexte sera nécessaire pour permettre le remplacement de plusieurs agents simultanément afin de poursuivre l'activité du laboratoire dans de bonnes conditions.

- Corollaire du point précédent, certains services sont déjà sous-critiques, et c'est le cas du service administratif. Actuellement, il fait face au cas de plusieurs agents en arrêt maladie longue durée. Cela accroît la charge de travail qui a augmenté de façon continue avec l'arrivée de la GBCP et le déploiement de nombreux outils (WebContrat, dématérialisation des factures, RESEDA, ...).

- Plus généralement, la diminution forte des fonctions supports dans les laboratoires reporte l'activité sur les autres personnels, au détriment du temps de recherche et des activités techniques. Ce point est sources de risques psychosociaux (cf. chapitre dédié à ce sujet).

1.3.4 Moyens financiers

L'établissement du bilan financier complet du laboratoire a été difficile car le passage à la GBCP, la mise en place de nouveau outils logiciel, pas forcément adaptés à la gestion de contrats complexes comme les contrats CNES, suivi de la reprise en main de la gestion des CDD par les délégations régionales, ont réduit la visibilité globale sur le budget du laboratoire à partir de 2016.

Nous avons cependant souhaité faire un exercice d'évaluation du budget « consolidé » du laboratoire. Ce budget consolidé a été calculé pour l'année 2014 (dernière année pour laquelle nous avons pu faire un exercice complet, reports inclus). La figure 1.3 ci-dessous indique la répartition de ce budget selon les origines. Ce graphe est assez représentatif de la répartition des ressources du laboratoire.

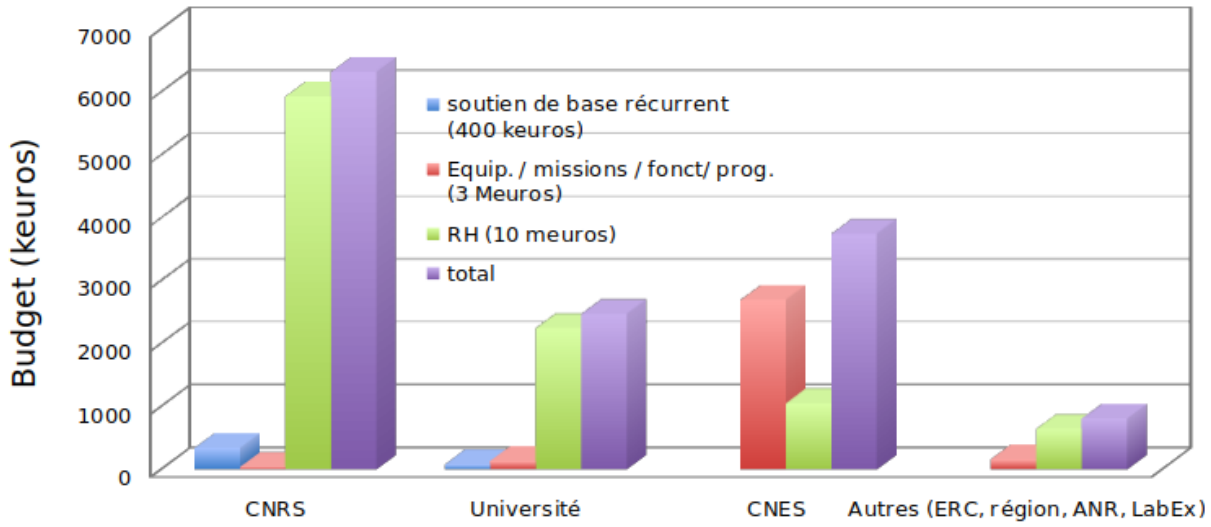

FIGURE 1.3 – Répartition des ressources du laboratoire

La majeure partie du budget consolidé du laboratoire sert au traitement des agents, et au paiement des CDDs (doctorants, post-doctorants, vacataires, CDD techniques). Le poste principal suivant, est celui dévolu aux projets instrumentaux et aux projets de recherche. C'est le CNES, puis les contrats de recherche (ANR / ERC) qui en sont les principaux financeurs.

Le budget global consacré aux projets scientifiques et techniques fluctue d'une année sur l'autre, et dépend des phases des différents projets (définition, conception, développement, réalisation, étalonnage, exploitation). En 2014 il était de 3 M€ environ. Ce niveau est représentatif du niveau moyen annuel de ce poste.

Le budget de fonctionnement du laboratoire est la réunion du soutien de base (CNRS et Université) et d'un prélèvement de 5.5 % sur les contrats de recherche CNES (hors personnels) comme le régit la convention CNRS / CNES. Ce budget s'élève à environ 550 k€ par an, dont 400 k€ proviennent du soutien de base, et 150 k€ du prélèvement sur projets. La répartition du budget fait l'objet d'un projet annuel d'utilisation, présenté, débattu et mis au vote, lors premier conseil de laboratoire de l'année, en même temps que le bilan financier de l'année écoulée. Le budget de fonctionnement comporte également un soutien à toutes les équipes scientifiques et techniques.

Le niveau du soutien de base n'a pas évolué ces dernières années, et le niveau des projets est relativement stable, de sorte que les recettes budgétaires sont elles-mêmes globalement stables. Pendant ce temps, et avec la disparition des personnels de supports dans les unités et le recours à des prestations extérieures et des contrats de maintenance, les coûts de fonctionnement du laboratoire explosent (très visible sur les installations techniques par exemple). Cela nous oblige à une gestion très rigoureuse du fonctionnement du laboratoire, et à réduire les opportunités d'opérations d'achats d'équipements spécifiques qui doivent maintenant être supportés par les projets utilisateurs, ce qui est un peu antinomique avec la politique de mutualisation.

1.3.5 Politique scientifique

L'IAS, comme son nom l'indique clairement, est l'un des grands laboratoires spatiaux français et européens dont l'objectif principal est le développement et l'exploitation d'instruments scientifiques pour les missions spatiales. Cet axe majeur est complété par des activités d'expérimentation en laboratoire et de modélisation en synergie avec l'exploitation scientifique des données des expériences spatiales dans lesquelles l'IAS est impliqué. Les développements R&D sont également indispensables pour le positionnement de l'IAS sur les projets à échéance 10 ans.

L'IAS l'un des seuls laboratoires européens qui intervient (ou peut intervenir) à tous les niveaux du développement des expériences spatiales : R&D amont, propositions aux agences, phase de développement tout au long de la chaîne de réalisation des instruments (conception, développement, tests et étalonnage), les opérations scientifiques puis le traitement, la valorisation et l'exploitation scientifique des données.

L'IAS opère deux plateformes à vocation nationale :

- Le centre de données spatiales et d'opérations IDOC (Integrated Data and Operation Center) permet la mutualisation des compétences du laboratoire pour le pilotage scientifique des opérations d'instruments spatiaux, le traitement, l'archivage et l'accès aux données pour la communauté nationale et internationale.
- La station d'étalonnage regroupe un ensemble unique de moyens d'étalonnage et de tests en salles propres ; c'est une plateforme nationale soutenue par le CNES et le CNRS, utilisée par des laboratoires spatiaux français et européens. Cette plateforme va intégrer courant 2018 un GIS national en cours de construction, autour des moyens d'essais (GIS PARADISE), qui préfigurera un TGIR (Très Grand Instrument de Recherche).

Les activités scientifiques sont structurées autour de 5 équipes scientifiques, « Astrophysique de la Matière Interstellaire », « Cosmologie et Extragalactique », « Physique du Système Solaire et des Systèmes Planétaires », « Physique Solaire et Stellaire » et de l'équipe « Astrochimie et Origines ». Cette équipe est intrinsèquement transverse aux équipes « Astrophysique de la Matière Interstellaire » et « Physique du Système Solaire et des Systèmes Planétaires ».

Les propositions d'expériences embarquées sur les missions spatiales sont définies à partir des thématiques prioritaires des équipes, présentées dans les chapitres consacrés aux équipes, en s'appuyant sur les compétences des services techniques du laboratoire et sur les développements réalisés en R&D (présentés également dans un chapitre spécifique). Notre laboratoire réalise ces expériences embarquées avec le soutien du CNES et en assure l'exploitation scientifique. La station d'étalonnage de l'IAS permet de qualifier et d'étalonner les instruments développés tant à l'IAS que dans d'autres laboratoires français et étrangers.

L'équipe transverse « Astrochimie et Origines » a pour activité principale l'étude expérimentale des processus physico-chimiques liés à l'évolution de la matière solide

extraterrestre observée dans différents environnements astrophysiques. Elle effectue des analyses d'échantillons extraterrestres ainsi que des simulations expérimentales sur des analogues de poussières extraterrestres. Ces expériences en laboratoire ainsi que les travaux de modélisation réalisés à l'IAS ont des synergies de plus en plus directes avec l'exploitation scientifique des programmes spatiaux auxquels l'IAS participe, comme par exemple Herschel, Rosetta, et bientôt JWST.
Les activités et les priorités scientifiques de l'IAS présentées par les équipes sont tout à fait en phase avec les démarches prospectives mises en place par la communauté astrophysique (division « Astronomie et Astrophysique » de l'INSU, prospective au niveau européen) et les agences spatiales (prospective CNES tous les 4 ans, « Cosmic Vision » au niveau européen). A titre d'exemple, les quatre priorités majeures définies en 2008 par la prospective « Cosmic Vision » de l'ESA sont les suivantes :

1. What are the conditions for planet formation and the emergence of life ?
2. How does the Solar System work ?
3. What are the fundamental physical laws of the Universe ?
4. How did the Universe originate and what is it made of ?

L'étude de la matière interstellaire (priorités 1 et 4), la cosmologie (priorités 3 et 4), l'astrochimie (priorité 1), la planétologie, les exoplanètes, la physique solaire et stellaire (priorités 1 et 2) sont au coeur de cette prospective scientifique. Sur ces bases, l'IAS est impliqué en 1ère ligne dans l'ensemble des projets majeurs à l'exception de ceux dédiés à l'astrophysique des hautes énergies, à l'étude des plasmas spatiaux et des ondes gravitationnelles.

Ces activités sont en développement constant depuis la création du laboratoire, dont l'histoire est pavée de succès techniques et scientifiques tels SOHO (lancement 1995), en opération depuis plus de 22 ans (2 cycles solaires complets), et ses instruments IAS (EIT, SUMER, GOLF), Mars Express (lancement 2003) et son spectro-imageur OMEGA qui a permis de réécrire complètement l'histoire martienne, Planck HFI (lancement 2009) qui a révolutionné notre vision du fond cosmologique et qui a valu à son responsable scientifique (Jean-Loup Puget) les prix Gruber et Shaw en 2018, pour ne citer que trois projets emblématiques.

Le quinquennal 2013-2018 est également très riche scientifiquement et techniquement avec l'arrivée sur site (très médiatisée) de Rosetta et l'exploration de la comète 67P/Churyumov-Gerasimenko en 2014, les 2 vols du ballon Pilot, l'exploitation des missions encore en fonctionnement (Mars Express, Soho, Hershel, SDO, ...), la préparation et la livraison des instruments des futures missions de l'ESA (BepiColombo, Solar Orbiter, Euclid), et la préparation des suivantes (MAJIS/Juice, Plato, ARIEL, Athena, exomars, ...), la participation à des missions avec des agences spatiales étrangères et leur exploitation (Hayabusa, Hayabusa 2, Supercam/IRS/Mars 2020, ...). Actuellement, l'IAS est le seul laboratoire européen impliqué dans toutes les missions du programme obligatoire de l'ESA avec à chaque fois une contribution instrumentale

(à l'exception de CHEOPS et LISA). Il est responsable scientifique (PI) de l'instrument MAJIS sur la mission JUICE (mission L1 de l'ESA).

Une des problématiques qui se posent à chaque nouvelle direction lors du renouvellement de l'unité n'est pas uniquement de savoir comment gérer le plan de charge, mais d'identifier les actions à mettre en oeuvre et les collaborations à créer pour être au coeur du développement des projets pour les 20 années suivantes. La réalité est un subtil équilibre entre les différentes thématiques scientifiques et les implications dans les projets techniques, à différentes phases. En particulier, il ne faut pas attendre la livraison d'instruments pour mettre en chantier les futurs projets. C'est pour cela que nous nous positionnons très en amont sur les phase 0 et A, avec comme principal fil directeur, l'intérêt scientifique des équipes, et les compétences techniques à mettre en oeuvre.

Le laboratoire a plutôt bien réussi les différentes étapes de sélection de nouvelles missions moyennes de l'Agence Spatiale Européenne, puisqu'il est au coeur de PLATO (M3) avec l'étalonnage de 10 caméras de vol et une forte contribution au Data Center, d'ARIEL (M4) avec la responsabilité du design optique, mécanique et thermique du principal instrument (le spectrographe IR), et la responsabilité d'instrument scientist de la mission. Le laboratoire est présent sur l'un des trois concepts en phase A pour la mission M5 (SPICA).

Un bilan complet des productions et engagements est présenté dans les contributions des différentes équipes, dans la suite de ce document.

Cette situation et ces perspectives extrêmement favorables sont le fruit des investissements importants de l'IAS dans les développements instrumentaux depuis plus de 25 ans.

Les principaux partenariats industriels se situent à deux niveaux :

- pour les développements de R&T, nous collaborons avec des partenaires industriels (grands groupes ou PME), en particulier pour la miniaturisation de l'électronique ou les détecteurs de pointe indispensables pour les missions spatiales.
- Lors de la phase de développement des projets, nous avons recours à de la sous-traitance (principalement avec des partenaires industriels locaux) en particulier, pour les réalisations mécaniques, électroniques, optiques, des éléments conçus au laboratoire et pour l'assurance qualité et l'informatique. Dans le cas de l'informatique et de l'assurance produit, cela passe principalement par l'accueil au laboratoire de prestataires pour des missions dont la durée est fixée par le projet sur lequel ils interviennent.

Outre ce partenariat de type relativement classique, il convient de souligner le rôle de l'IAS en tant que responsable technique de projets majeurs à l'échelle internationale. Cela a conduit notre laboratoire à piloter des développements techniques importants

avec les industriels contractants. On peut en particulier citer le développement d'une partie du système de cryogénie de Planck/HFI par la société « Air Liquide », qui a donné toute satisfaction pendant la phase opérationnelle du lancement en mai 2009 jusqu'à l'épuisement des réserves d'Hélium début 2012, les développements sur BepiColombo avec un FPGA et un processeur ATMEL dont l'IAS était le client pilote, et plus récemment, le développement d'un modèle d'ingénierie de réfrigérateur à dilution en cycle fermé, en lien avec une entreprise locale (CryoConcept).

L'« Observatoire des Sciences de l'Univers Paris-Sud », structure universitaire étroitement associée à l'INSU, qui avait les mêmes contours que l'UMR IAS, a été étendu en 2012 à un autre laboratoire du Campus d'Orsay (laboratoire GeoPS). Cette opération a renforcé la visibilité de cette structure qui a le statut de composante à l'Université Paris-Sud. Des actions communes ont déjà été engagées, dans le domaine des centres de données, et le laboratoire, dans cet OSU est impliqué dans une vingtaine de services d'observations labelisés, principalement dans le cadre des ANO2, ANO4, ANO5 et ANO6. L'ensemble des services dans lesquels l'IAS est impliqué est décrit sur le site de l'OSUPS.

Le LabEx P2IO (Physique des 2 Infinis et des Origines) créé en 2011 a permis de renforcer les liens avec d'autres laboratoires du campus « vallée » d'Orsay (IPN, LAL, CSNSM, IMNC, LPT) ainsi qu'avec l'IRFU/CEA et deux laboratoires de l'Ecole Polytechnique. Une opération majeure de mutualisation de plateforme a été menée pour les infrastructures informatiques (« VirtualData »). Dans ce contexte, le laboratoire est également impliqué avec ses voisins géographiques dans un plan de rénovation du campus vallée appuyé par un CPER. Là encore, VirtualData en est le résultat le plus visible, mais ce projet devrait également conduire à la rénovation du bâtiment 105, un projet initié dès 2006 qui a souffert des hésitations sur le devenir du campus vallée, au lancement du projet Paris-Saclay.

Actions prises suite aux recommandations du comité de l'AERES en 2014

Recommandation 1) La venue d'un nouveau directeur et la fin de l'investissement massif du laboratoire dans PLANCK (même si l'exploitation scientifique se poursuivra pendant plusieurs années) donnent l'occasion de discuter en profondeur l'avenir des activités scientifiques et techniques du laboratoire. Il faudra veiller au maintien de la cohérence entre activités scientifiques et techniques (ce que le laboratoire a su faire jusqu'à présent). En ce qui concerne les équipes, il faudra maintenir, dans la phase post-PLANCK, la cohésion de l'équipe MIC. L'évolution proposée du thème transverse 'astrochimie' en équipe devra être réfléchie, de même que le fonctionnement de ses activités expérimentales.

Un exercice de prospective a bien été initié, lors d'un séminaire de laboratoire en 2014. Malheureusement, l'exercice n'a pas été mené à son terme, en terme de conclusions pratiques pour le laboratoire et cette absence de vision stratégique pour le quinquennal est l'une des principales causes du mal-être à l'origine du changement de direction

en 2016. Ce travail a été repris depuis 2016, au sein des équipes scientifiques avec pour objectif d'identifier, pour chaque équipe :

- les thèmes scientifiques à porter,
- les projets associés à ces thèmes, et les techniques instrumentales clés,
- les moyens à mettre en oeuvre pour se positionner sur ces projets
- les (co)-porteurs éventuels de ces projets

L'exercice a été mené de manière satisfaisante, et a fait l'objet d'une journée de synthèse au laboratoire en mai 2017 intitulée : « l'IAS 2025-2035 ». L'objectif de cette journée était également de permettre de confronter chercheurs et personnels techniques pour partager cette vision scientifique, et la confronter aux compétences techniques du laboratoire, acquises, ou à développer. En particulier, l'histoire nous a montré que le développement de savoir-faire pointus n'est intéressant pour le laboratoire que si ces techniques peuvent être réutilisées dans d'autres contextes. Si un investissement peut par la suite être valorisé dans un autre contexte, il sera privilégié à une implication sans suite.

Même si ce travail traduit une vision à long terme, il a permis dès à présent de positionner certaines équipes dans un travail amont indispensable à la préparation des futures missions. Par exemple, et alors que la communauté CMB peine à identifier le projet d'observatoire post-Planck (échec des propositions M3, M4 et M5 à l'ESA), nous avons choisi de nous positionner sur une technique clé commune à tous les concepts instrumentaux : la réfrigération des plans focaux par dilution en cycle fermé, en initiant une collaboration avec l'Institut Néel dans le but de développer un modèle d'ingénierie d'un tel système en vue de le spatialiser.
A ce jour, chaque équipe scientifique a identifié les projets phares de sa thématique et ses implications possibles. Il faut également noter que nous sommes impliqués dans toutes les missions M et L de l'ESA (à l'exception de LISA, pour laquelle il y a peu d'intérêt scientifique déclaré, et un investissement fort dans de nouvelles techniques, sans possibilité de valorisation sur d'autres projets). Ce résultat est du au fait que les chercheurs savent s'impliquer à tous les niveau des projets, y compris dans les phases très en amont.

La cohésion de l'équipe MIC a été maintenue durant toute la phase d'exploitation des données de Planck en lien avec celles d'Herschel. Le ciment de cette cohésion était assuré par un groupe travaillant spécifiquement sur la prise en compte des avant-plans dans le traitement des données du CMB. Ce groupe a été lauréat d'une ERC. Avec la fin de l'ERC, ce groupe s'est morcelé, ce qui a entrainé plusieurs mobilités parmi les chercheurs, créant, comme cela pouvait être prévisible, un espace large entre la composante cosmologie et la composante milieu interstellaire de l'équipe. Au printemps 2018, et dans la perspective du prochain quinquennal, nous avons décidé, en accord avec l'ensemble des équipes scientifiques et sur demande des équipes concernées, de scinder l'équipe « Matière Interstellaire et Cosmologie » en deux équipes distinctes : « Astrophysique de la Matière InterStellaire (AMIS) » d'une part et « Cosmologie et Extragalactique (COSM!X) » d'autre part. Dans la pratique, et dans ce document, le bilan des faits de manière commune, mais chaque équipe a rédigé son

projet. Les organigrammes du laboratoire ont été mis à jour en conséquence.

Pour ce qui concerne l'équipe « astrochimie et origines », également impactée par le départ de 2 chercheurs de renom, et qui avait été transformée en début de quinquennal en une équipe à part entière, le travail de prospective a mis en avant le lien quasi structurel entre l'équipe et plusieurs projets de la discipline, dans des thématiques variées. La diversité des approches expérimentales et observationnelles, nous a conduits à rendre à cette équipe, la structure transverse qu'elle n'aurait jamais du abandonner.

Recommandation 2) Les perspectives en termes de départs à la retraite dans certaines équipes doivent inviter le laboratoire à une réflexion sur le long terme et à établir des priorités de recrutements (CNRS, CNAP, Université) pour assurer la pérennité et la vitalité de toutes les thématiques qu'il entend développer. Etant donné l'investissement important du laboratoire dans les services d'observations, le comité d'experts recommande le recrutement de chercheurs du corps des CNAP. Le comité d'experts a noté la nécessité pour l'équipe planétologie d'identifier et de former rapidement les futurs porteurs scientifiques de projets instrumentaux. Enfin, il recommande d'intensifier l'animation de la vie scientifique du laboratoire (inter-équipes, en incluant l'équipe technique).

Un gros travail de réflexion sur les profils à recruter a été effectué dans les différentes équipes. Ces profils ont été explicités et rappelés avant chaque concours à la section 17 du CNRS et au CNAP. Durant le quinquennal, il y a eu 6 recrutements : 3 au niveau Université (2 Mdc, 1 PR), 2 au niveau CNAP (2 ast. Adjoints), 1 au niveau CR2 CNRS (un septième (CNAP) interviendra en septembre 2018). Ce résultat contraste clairement avec le précédent quinquennal qui avait été très favorable dans le contexte de la mission Planck. Le nombre de recrutement est à mettre en regard du nombre de départ en mobilité du laboratoire, de sorte que sur le quinquennal, le laboratoire a une perte nette de 6 (enseignants)-chercheurs, ce qui est significatif. Le nombre de recrutements nationaux est faible (3 seulement), c'est clairement un point à améliorer dans le futur, mais nous n'avons pas forcément toutes les cartes en main...

Au niveau de l'équipe de Planétologie, le travail de transfert de responsabilités est en cours, et le recrutement d'un jeune Maître de Conférence instrumentaliste a permis de consolider l'équipe. L'arrivée d'une chercheuse CNAP, fin 2018 complète la phase de renouvellement des effectifs, et cette équipe est maintenant parfaitement apte à faire face au développement et à l'exploitation des nouveaux projets.

Pour ce qui concerne l'animation scientifique de la vie du laboratoire, un travail important a été fait sur la programmation des séminaires à tous les niveaux, sur tous les sujets, et dans certains cas, pour tous les publics, y compris ITA. Cela n'empêche pas certaines équipes de cultiver une culture forte d'équipe, au détriment d'une vision plus globale du laboratoire et de ses activités. De plus, la mise en place de réunions régulières des chefs de services et chefs de projets, à l'instar des réunions de direction

élargie, permet un lien plus fort entre équipes techniques et projets. Cette démarche est appréciée par les agents.

Recommandation 3) Le comité d'experts recommande au laboratoire de prendre du temps pour réfléchir aux leçons tirées de l'expérience de PLANCK (en particulier sur la taille des projets spatiaux gérables par le laboratoire), et de réfléchir aux futures grandes missions dans lesquelles il souhaite s'impliquer de manière technique (contexte PLATO, EUCLID, JUICE, ATHENA, etc.). Même s'il reconnaît qu'un certain niveau de « surbooking » est inévitable pour anticiper les aléas des choix de l'ASE, le comité d'experts considère que le laboratoire pourrait envisager de s'engager dans moins de projets, ce qui offrirait des périodes de « respiration » entre les gros projets, qui pourraient être propices à des réflexions plus approfondies, à des activités de R&D, et à des actions de formation individuelle des personnels.

Le projet Planck a montré clairement les limites de ce que le laboratoire pouvait gérer. Par la suite, l'engagement a minima dans certains projet a également montré son côté pervers : un niveau réel de responsabilités en terme de fournitures, une sensibilité forte aux glissements calendaires des utilisateurs des sous-systèmes et in fine une faible visibilité de l'équipe projet au sein des consortia, quand il s'agit d'y associer des recrutements (ex : aucun recrutement sur le projet Euclid, malgré une contribution à l'unité de calibration de l'instrument VIS, et au segment sol de la mission). Il est nécessaire de trouver un juste milieu conjuguant expertise, visibilité, et impact projet. C'est dans ce sens que nous avons fait travailler les équipes scientifiques. De fait, le nombre de projets spatiaux a une forte tendance à la baisse, et compte tenu de la durée de ces projets, en limiter le nombre dès les phases de prospective est très dangereux pour un laboratoire comme le nôtre qui ne fait presqu'exclusivement que des projets pour le spatial. Utiliser la R&D comme variable d'ajustement pour le plan de charge est une intention louable, mais l'expérience montre qu'il est difficile de borner de manière stricte la durée de ces R&D, et qu'elles subissent de plein fouet les fluctuations d'activité des services techniques. Dans l'ensemble, le plan de charge actuel du laboratoire semble équilibré, même si la conjonction de MAJIS et PLATO promet un niveau d'activité important pour la station d'étalonnage dans les 5 prochaines années. Cela dit, les étalonnages sont un des plus importants savoir faire du laboratoire...

D'autres recommandations ont été faites directement au niveau des équipes et sont traitées dans les chapitres ad hoc.

1.3.6 Profil d'activités

Recherche académique : 55 %

Interaction avec l'environnement : 10%

Appuis à la recherche : 30 %

Formation par la recherche : 5%

Les pourcentages présentés ci-dessus sont évalués en considérant que les activités des ingénieurs, assistants ingénieurs et techniciens liées à la réalisation d'expériences spatiales relèvent de la recherche académique au même titre que l'exploitation des données de ces instruments par les chercheurs, enseignants-chercheurs, post-doctorants et doctorants. Cette interprétation nous semble la plus légitime même si au niveau des opérateurs (et en particulier au CNRS) les activités des IT sont souvent présentées comme relevant de l'appui à la recherche.

2 PRÉSENTATION DE L'ÉCOSYSTÈME RECHERCHE DE L'UNITÉ

Sommaire

2.1 Les tutelles 22
2.2 Paris-Saclay 23
2.3 Les agences spatiales 23
2.4 Les opérateurs de recherche 24
2.5 Les collaborations 24

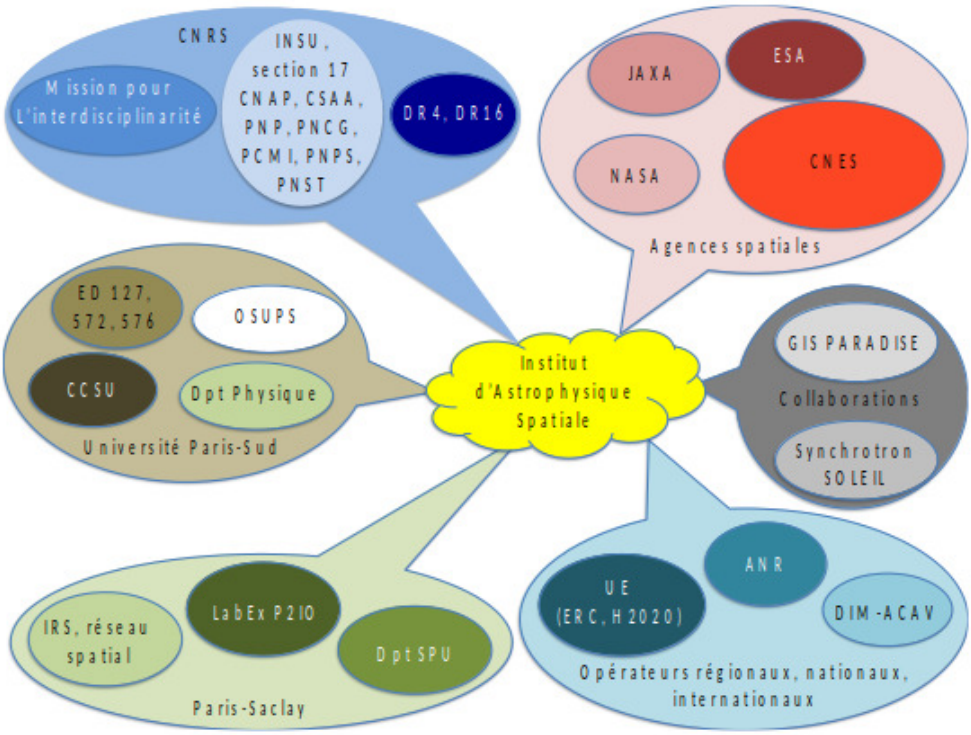

FIGURE 2.1 – Ecosystème recherche de l'unité

L'Astrophysique (spatiale) est une discipline qui est fortement structurée à l'échelle nationale et internationale par de grands projets (missions ou TGIR au sol). Sur le plan national, le CNRS via l'INSU et le CNES sont deux partenaires qui mènent leur propre prospective nationale, à laquelle les laboratoires dont le nôtre sont associés. L'écosystème du laboratoire reflète ainsi parfaitement cet état, et fait apparaître différents niveaux et structures, à l'échelle locale, régionale, nationale et internationale. Une présentation synthétique de l'écosystème de l'IAS est donnée sur la figure 2.1 ci-dessus, dans laquelle nous avons réparti les partenaires par catégories.

2.1 Les tutelles

- **Le CNRS :** via l'INSU, 10 chercheurs et 49 ITA permanents sont affectés au laboratoire, ce qui correspond, en terme de RH à un investissement d'environ 6 M€ par an. Le laboratoire participe à la prospective de l'INSU et s'investit dans les projets prioritaires de la discipline, en lien avec les activités des équipes. Le CNRS, propriétaire des 2 bâtiments principaux du laboratoire (Bâtiment 121, et 120), intervient au niveau du soutien de base, et du maintien en fonctionnement des infrastructures. Les interactions administratives avec le CNRS se font principalement via les délégations régionales (DR4 et DR16 pour les aspects budgets). Le CNRS et l'INSU structurent scientifiquement leurs actions grâce à différents outils (programmes nationaux, actions de la Mission pour l'Interdisciplinarité). L'INSU gère également la CSAA (Commission des Spécialistes en Astronomie et Astrophysique), le fonctionnement du CNAP, de la section 17 et des différents programmes nationaux. L'IAS émarge aux programmes nationaux à hauteur d'environ 20 k€ en moyenne (variable d'une année à l'autre). Il ne reçoit plus d'argent de la CSAA car tout ce qui concerne le spatial est financé directement par le CNES.

- **L'Université Paris-Sud :** 22 enseignants-chercheurs (dont 8 appartiennent au CNAP), et 5 agents techniques (BIATSS) sont affectés au laboratoire, pour un coût RH d'environ 3 M€. L'Université est propriétaire des autres bâtiments du laboratoire (209F, 209G, 105, RF). Elle participe également au maintien en fonctionnement des infrastructures. Sur le plan scientifique, le laboratoire dépend de l'UFR des sciences, et de la CCSU 29-34 pour ce qui concerne les postes d'enseignants-chercheurs. L'OSUPS, dont fait partie l'IAS est une composante de l'Université Paris-Sud. Comme l'OSUPS ne possède pas de structure de gestion propre de ses personnels, ni administrative, ni pédagogique, l'ensemble de la gestion est assurée via les services RH et financier de l'Université pour la gestion administrative des enseignants-chercheurs du CNAP, et via le département de physique pour la gestion des services d'enseignement.

Au 1er janvier 2020, l'Université Paris-Sud disparaîtra, et se fondra dans l'Université Paris-Saclay avec une structuration qui est encore en cours d'élaboration.

2.2 Paris-Saclay

La COMUE « Université Paris-Saclay » est également un interlocuteur du laboratoire, principalement par 3 voies :

- le département « Science de la Planète et de L'Univers », doté d'un budget permettant de soutenir quelques actions incitatives (quelques milliers d'euros par action) et dont le laboratoire a bénéficié ces 3 dernières années. Cette structure mise en place au sein de la COMUE n'a pas vocation à être la structure définitive dans le projet d'Université Paris-Saclay 2020, et de fait, son rôle est assez limité, et ce d'autant plus que le découpage thématique en pôles de la future université n'est pas encore figé.
- Le LabEx « Physique des 2 infinis (P2IO) », crée en 2011 qui comporte un axe « astroparticules / cosmologie » et un axe « Origines ». Le laboratoire a bénéficié de plusieurs financements de bourses doctorales et post-doctorales par ce biais, et participe également à un projet emblématique autour de la préparation de l'exploitation du JWST.
- Les « Initiatives de Recherche Stratégique (IRS) ». Le laboratoire est impliqué dans 2 projets : SPACEOBS, (financement de 2 CDD pour des études techniques), et PSI2, une initiative qui préfigure le futur Institut Pascal de Paris-Saclay (inauguration automne 2018) et qui vise à organiser des ateliers de travail sur typiquement un mois autour d'un thème de l'astrophysique (financement de 300 k€ sur 3 ans). Dans ce contexte, l'IAS accueille depuis juin 2017 les activités de l'Institut Pascal.

2.3 Les agences spatiales

Le laboratoire, dont la principale activité technique est le développement, l'étalonnage, et l'exploitation d'instrumentation spatiale est en interaction constante avec les agences spatiales.

Le CNES : c'est le partenaire principal, hors tutelles, du laboratoire. Avec un budget moyen annuel d'environ 3.5 M€ investi au laboratoire, et si l'on exclu le poste RH dont le CNRS est le principal contributeur, le CNES apparaît comme le principal financeur, des activités techniques et scientifiques du laboratoire. C'est par le CNES qu'arrivent tous les budgets dédiés aux projets instrumentaux et une bonne partie de ceux liés à leur exploitation. Le CNES, via les projets est également pourvoyeur de RH, à hauteur déenviron 1 M€ par an. De par son implication dans la vie du laboratoire, le CNES est invité systématiquement, auprès des tutelles, aux grands rendez-vous du laboratoire (évaluations, choix du futur directeur, ...), et est tenu informé des orientations du laboratoire. Le CNES réalise également régulièrement des revues de moyens sur les projets qu'il soutient au laboratoire. Le CNES participe également à l'entretien et le développement des installations techniques, notamment, à la station d'étalonnage. La prédominance du CNES dans la vie du laboratoire fait qu'une réflexion est actuellement en cours, pour que le CNES devienne tutelle du laboratoire, au même titre que

le CNRS et l'Université Paris-Sud. Cette réflexion n'a pas encore convergé, car de son côté, le CNES est également en pleine (re)définition de sa politique scientifique et de la manière dont il doit entretenir ses liens avec les laboratoires.

Le laboratoire interagit également beaucoup avec l'Agence spatiale européenne (ESA). En effet, l'IAS contribue techniquement à toutes les missions actuellement sélectionnées du programme Cosmic Vision (à l'exception de CHEOPS et LISA), ainsi qu'à l'instrumentation d'Exomars (programme facultatif).

Le laboratoire interagit également, via les projets soutenus par le CNES avec des agences spatiales nationales étrangères (NASA, JAXA, ...) et notamment l'agence japonaise dans le cadre des projets de mission MMX et LiteBIRD.

2.4 Les opérateurs de recherche

De plus en plus présents dans le paysage de la recherche internationale, les opérateurs sont une source importante de soutien des projets scientifiques au laboratoire.

Le DIM-ACAV+ : (Domaine d'intérêt Majeur - Astrophysique et Conditions d'Apparition de la Vie). Les DIM sont des initiatives régionales de soutien à certains domaines de la recherche. On en compte une dizaine en région Ile de France. Le Dim ACAV a été renouvelé en 2016 et étendu à plus d'une trentaine de laboratoires de la région, en lien avec la thématique. Le DIM-ACAV+ est doté d'un budget d'environ 2.6 M€ par an, attribué uniquement sur appel à projets, évalués par le un conseil scientifique. L'IAS est un acteur majeur de ce DIM et bénéficie de soutien en bourses doctorales et post-doctorales, ainsi que pour l'achat d'équipements.

Les projets du programme blanc de l'ANR : Le laboratoire a été associé à plusieurs projets d'ANR durant le quinquennal.

Projets européens : Le laboratoire a été lauréat de **2 ERC** durant le quinquennal : MISTIC, portée par François Boulanger, et ByoPIC portée par Nabila Aghanim. Le détail de ces projets est décrit dans les contributions des équipes. Le laboratoire est également impliqué dans plusieurs **projets scientifiques de type H2020**. Là encore, ils sont décrits dans les bilans des équipes.

2.5 Les collaborations

Le laboratoire est l'un des porteurs du projet de **GIS national PARADISE** (Plateforme pour les Activités de Recherche Appliquée et de Développement en Instrumentation au Sol et dans l'Espace) autour des moyens d'essais, regroupant l'IAS, le LAM, l'IRAP, le LESIA, AIM, et la PIT de l'OVSQ. Ce projet de GIS est l'extension à toute la France du GIS MoTEspace, arrivé à échéance fin 2016. L'objet de PARADISE est de structurer l'offre d'essais en France, mais également de permettre une vision globale

pour le développement et la jouvence de ce type d'installation. Dans le même temps PARADISE a été proposée comme candidate à intégrer la feuille de route pour les Infrastructures de recherche. Le retour du comité d'évaluation est clairement d'encourager la mise en place de PARADISE.

Le Laboratoire a développé également de l'instrumentation installée sur la ligne de lumière SMIS sur le **synchrotron SOLEIL**. Le retour pour le laboratoire se traduit sous la forme d'accès à du temps de faisceau sur la ligne (plusieurs semaines par an), permettant aux équipes « AMIS » et « Astrochimie et Origines » de mener un travail de recherche et d'analyse (cf. chapitre 7 des équipes).

3

PRODUITS ET ACTIVITÉS DE RECHERCHE POUR L'UNITÉ

Sommaire

3.1 Bilan scientifique global 27
3.2 Faits marquants 31
3.3 Prix et distinctions 32
3.4 Produits et outils informatiques 33
3.5 Développements instrumentaux et méthodologiques 35

3.1 Bilan scientifique global

L'IAS est un laboratoire d'astrophysique spatiale, c'est à dire que la majeure partie de l'activité et de la science qui y est produite tourne autour de l'instrumentation embarquée. Dans ce contexte, un bilan scientifique des cinq ans écoulés doit être constitué des avancées scientifiques permises par l'exploitation des instruments et des projets réalisés, de l'état de préparation des projets en cours, et des actions prises pour préparer l'avenir du laboratoire. La difficulté est le temps caractéristique des projets qui fait qu'une période de cinq ans n'est pas forcément l'échelle de temps adaptée à une vision globale des activités du laboratoire.

Le quinquennal 2013-2018 a vu l'exploitation de plusieurs projets scientifiques dans lequel l'IAS a joué un rôle très important :

- Planck / HFI, dont la mission opérationnelle s'est achevée en 2013 est passé dans une phase d'exploitation, avec la livraison successive des premières cartes du fond cosmologique, et plusieurs niveaux de données jusqu'aux données finales. Ces livraisons étaient accompagnées d'un jeu de papiers scientifiques issus de la collaboration Planck (plusieurs dizaines de papiers dont l'auteur correspondant est à l'IAS). L'exploitation de Planck a donné lieu à plusieurs

conférences, dont une organisée à la Cité des Sciences en 2016 et qui a accueilli plusieurs centaines de chercheurs du monde entier. Des communiqués de presse et opérations de vulgarisation ont ponctué la sortie des résultats scientifiques. La formidable aventure Planck, qui avait mobilisé 2/3 des effectifs ITA du laboratoire, s'est conclu en 2018 par l'attribution à Jean-Loup Puget de deux prix scientifiques, annoncés la même semaine : le prix de cosmologie de la fondation Gruber et le prix Shaw (prix Nobel asiatique).

- Rosetta / Philae : le précédent quinquennal s'est achevé sur l'arrivée de Rosetta aux abords de la comète 67P/Churyumov-Gerasimenko. Les premières images envoyées par l'orbiteur ont permis d'obtenir des images du noyau avec une résolution spatiale sans commune mesure avec ce qui avait été obtenu par Giotto en 1986. La mission scientifique a également été ponctuée par le largage du module Philae dont le laboratoire avait la responsabilité scientifique (J-Pierre Bibring), et l'obtention de la première image in situ d'un noyau cométaire. Malgré les difficultés à poser Philae à la surface et la position finalement atteinte mal adaptée à la mission scientifique, les instruments et notamment COSIMA ont permis de révéler la composition de la comète et mettre en évidence la présence de matière organique. Au final, l'aventure très risquée de Rosetta est un immense succès technique et scientifique, auquel le laboratoire a participé.

- SOHO : L'exploitation scientifique de SOHO, et en particulier les instruments à PIship IAS (SUMER, GOLF, EIT) se poursuit. Ce sont maintenant plus de 22 ans de données solaires qui ont été enregistrés, ce qui constitue une base de données sans précédent pour la discipline. Les outils logiciels développés dans le cadre de MEDOC permettent de proposer des produits à grande valeur ajoutée à la communauté.

- Mars Express / OMEGA : l'exploitation de cet instrument, initiée en 2003 se poursuit, avec là aussi, une base de données impressionnante, permettant une analyse fine de la minéralogie martienne. Le quinquennal qui s'achève a vu la production de produits nouveaux, comme des cartes minéralogiques interactive de la surface de mars, intégrées à un outil numérique dans le cadre du portail PSUP. L'expertise reconnue de l'IAS permet à l'équipe d'être un acteur incontournable dans le processus de choix des sites d'atterrissage pour les futures missions d'exploration in situ et de recherche de traces de vie fossiles.

- Le ballon Pilot a effectué ses 2 premiers vols à l'automne 2015 et au printemps 2017, respectivement depuis l'hémisphère nord (Timmins) et l'hémisphère sud (Alice Spring). Les deux premiers vols ont été l'occasion d'observer des structures du milieu Interstellaire, ainsi que les avant plans galactiques. Les vols ont permis de collecter deux séquences d'environ 30 heures d'observation.

- Exploitation d'Herschel, préparation de l'exploitation du JWST : l'IAS a développé, dans le cadre de ses services d'observation et en particulier du centre

« grandes longueurs d'ondes » une expertise en traitement des données infrarouge et sub-mm. Cette expertise n'est pas nouvelle, mais construite au fil des missions (Cobe, puis ISO, Spitzer, Planck, Herschel). Elle sera mise à profit pour l'exploitation du JWST. Dans ce contexte, l'IAS est lauréat d'un projet emblématique du LabEx P2IO autour de la préparation de l'exploitation scientifique du JWST.

La période 2013-2018 a également été une période de préparation de projets initiés dans les quinquennaux précédents :

- L'électronique de l'instrument SIMBIO-SYS a été livrée et l'instrument a été étalonné à l'IAS, permettant une livraison à l'ESA en 2015. Dans le même temps, l'équipe participe à l'exploitation scientifique de la mission. Le lancement devrait avoir lieu fin 2018, pour une arrivée sur site en ... 2026, qui verra le début réel des opérations d'exploitation.

- Toutes les contributions du laboratoire aux instruments de Solar Orbiter ont été livrées en 2017 (instruments PHI, SPICE, EUI). Le lancement ne devrait cependant pas intervenir avant 2020, pour des raisons de retard dans la préparation du module de service chez l'industriel.

- Dans le même temps, l'IAS est désigné par l'ESA PI des opérations de l'instrument SPICE de Solar Orbiter.

- L'unité de calibration de l'instrument VIS d'Euclid sera livrée à l'automne 2018, pour un lancement vers 2022.

- L'instrument MAJIS pour la mission JUICE, dont le laboratoire est PI a passé avec succès sa PDR et est actuellement en phase de développement pour une livraison en 2020 et un lancement en 2022.

- L'instrument MicrOmega pour Exomars sera livré courant 2018.

- La mission PLATO, sélectionnée en 2014 a conclu avec succès sa phase B1 et a été officiellement adoptée par l'ESA au printemps 2017. L'IAS est responsable de l'étalonnage de 10 caméras de vol de la mission, ainsi que d'une contribution au data center pour la partie sismologie stellaire. Le quinquennal a permis de mettre en place l'équipe projet, et, en lien avec la station d'étalonnage, de mettre en place le projet et démarrer les travaux de mise à niveau des installations.

Les équipes scientifiques, en parallèle des développements techniques du laboratoire participent à la préparation des opérations dans certains cas, et de l"exploitation scientifique des données des missions auxquelles le laboratoire contribue.

Le quinquennal dont nous présentons ici le bilan, a également été une période de prospective et de démarrage de nouveaux projets :

- après la non sélection d'EChO en 2014, le concept a été retravaillé et reproposé à l'ESA dans le cadre de l'appel à projet pour la mission M4. Après une pré-sélection en 2014, la mission rebaptisée ARIEL a été étudiée en phase A, puis a été sélectionnée en mars 2018 comme mission M4. L'IAS s'est positionné sur la conception optique et mécanique du principal instrument de la mission, le spectrographe IR, ainsi que sur la responsabilité d'instrument scientist de la mission. Ce projet a également été l'occasion d'initier une nouvelle manière de travailler, avec une équipe projet « intégrée » avec le CEA/AIM, le LESIA et l'IAP.

- Dans le cadre de la réflexion sur la future mission d'exploration du CMB, post-Planck, nous avons initié une activité technique autour du développement d'un EM de réfrigérateur à dilution en cycle fermé, en lien avec l'Institut Néel à Grenoble. Cette activité, très en amont des concepts de mission, et couplée à une expertise sur la tenue des bolomètres aux radiations permettra à l'équipe de se positionner en leader sur le prochain projet de mission spatial dédié au sujet, même s'il n'est pas encore clairement identifié au sein de la communauté. La question de la réfrigération par dilution en cycle fermé apparaît en effet comme un élément technologique incontournable des projets, quels qu'ils soient.

- L'IAS a officialisé à la fin 2017 son engagement dans l'équipe française de la mission ATHENA, et propose de prendre en charge les tests des plans focaux pour la tenue aux radiations.

- Suite à la signature d'un accord de coopération entre le CNES et la JAXA (agence spatiale japonaise) pour la mission MMX (Mars Moons Explorer), l'IAS est sélectionné pour la fourniture d'un instrument spectro imageur de la filière des OMEGA.

Toutes ces contributions, résumées brièvement dans ce chapitre sont développées en détail dans les bilans scientifiques des équipes. Nous sommes restés ici relativement brefs et synthétiques afin d'éviter la redondance.

Dans un autre domaine, nous avons participé activement aux activités du département SPU de Paris-Saclay, en répondant aux différents appels d'offre et en participant à leur expertise interne.

Enfin, l'IAS a également participé à la formation de nombreux chercheurs, à la recherche ou par la recherche, puisque

- 29 thèses ont été préparées au laboratoire et soutenues depuis juin 2013
- plus de 50 stagiaires de M1 et M2 et environ 20 stagiaires de L3 ont été accueillis dans la même période

Une section spécifique au déroulement des thèses à l'IAS se trouve dans le chapitre 5, à la suite de ce document. Elle compte des données statistiques sur la durée des thèses ainsi que sur le déroulement des projets doctoraux.

3.2 Faits marquants

2013

- Dernier contact et fin de la phase opérationnelle de la mission Planck
- Fin des opérations scientifiques de CoRoT
- OMEGA fête ses 10 ans en orbite autour de Mars
- Sélection de MAJIS comme instrument de JUICE (mission L1 ESA)
- Découvertes des roches anorthositiques sur Mars

2014

- Philae est larguée par Rosetta et se pose sur 67P/Churyumov-Gerasimenko
- Jean-Loup Puget reçoit la médaille du COSPAR
- Succès du lancement de la mission Hayabusa 2 avec à son bord l'instrument MicrOmega réalisé au laboratoire : arrivée à destination à l'été 2018
- Sélection de la mission Plato comme mission M3 de l'ESA
- Fin officielle de la phase opérationnelle de CoRoT
- Livraison de l'électronique de l'instrument SIMBIO-SYS pour BepiColombo

2015

- Succès du premier vol du ballon PILOT
- Succès du premier vol du spectropolarimètre solaire CLASP avec plusieurs contributions du laboratoire.
- Rosetta / Philae : Premières images in situ d'une comète par les caméras CIVA
- Publication des premières images et analyses de poussières de la comète 67P collectées par COSIMA
- Fin de l'étalonnage de l'instrument SIMBIO-SYS à l'IAS pour BepiColombo
- La collaboration Planck et BICEP2/Keck donnent une limite supérieure sur l'intensité des ondes gravitationnelles
- Mission scientifique de Philae sur 67P/Churyumov-Gerasimenko

2016

- Avril : changement de direction en cours de mandat
- L'IAS ouvre l'archive finale de la mission CoRoT
- Nouveau montage d'imagerie hyperspectrale FTIR au synchrotron SOLEIL
- L'IAS est nommé PI des opération de l'instrument SPICE de Solar Orbiter
- COSIMA/Rosetta détecte de la matière organique sur 67P/Churyumov-Gerasimenko
- L'IAS est nommé responsable des opérations de l'instrument SPICE de Solar Orbiter
- L'IAS est lauréat d'un projet emblématique du LabEx P2IO autour de la préparation des observations du JWST

- Livraison des contributions du laboratoire aux instruments PHI, SPICE et EUI pour Solar Orbiter

2017

- Nabila Aghanim reçoit la Médaille d'Argent du CNRS
- Second vol de PILOT
- Première micro-tomographie combinée IR et X de grains extraterrestres
- SOHO achève l'observation du 2ème cycle solaire complet (22 ans de mission)
- COSIMA, instrument de Rosetta révèle la composition de 67P/Churyumov-Gerasimenko
- La mission PLATO (M3 ESA) est officiellement adoptée
- Accord entre la JAXA et le CNES pour la mission MMX, l'IAS fournit un spectrographe

2018

- Jean-Loup Puget récompensé par le prix Shaw et le prix Gruber (avec l'équipe Planck)
- L'équipe MIC (Matière Interstellaire et Cosmologie) est scindée en 2 équipes « Astrophysique de la Matière Interstellaire » et « Cosmologie et Extragalactique »
- La mission ARIEL est sélectionnée comme mission M4 de l'ESA : l'IAS réalisera toute la partie optique et mécanique du principal instrument
- Jean-Pierre Bibring reçoit la médaille du COSPAR
- Officialisation de la participation du laboratoire au consortium national pour la mission ATHENA (mission L2 de l'ESA).

3.3 Prix et distinctions

Prix

- Shaw Prize (2018) to J.-L. Puget
- Gruber Prize (2018) to J.-L. Puget, N. Mandolesi and the Planck collaboration
- Prix jeune chercheur de la SF2A (2018) décerné à M. Janvier
- Royal Astronomy Society Group Achievement Award (2018) : Planck collaboration
- Springer Thesis Award (2017) to J.-B. Durrive
- Prix 2017 de la meilleure thèse décernée à C. Froment par la division physique solaire de la société européenne de physique
- Mention au Prix jeune chercheur Daniel Guinier 2015 de la Société Française de Physique décernée à C. Lantz pour sa thèse (co-encadrée par l'équipe A&O sur la partie expérimentale)
- AIAA Space Systems Award (2015) : Herschel and Planck Project Team for "outstanding scientific achievements recognized by the worldwide scientific community and for the outstanding technical performances of the two satellites"

- Edison-Volta Prize by the European Physical Society (2015) to J.-L. Puget
- Springer Thesis Award (2014) to S. Ilic

Distinctions

- Médaille COSPAR (2018) : J.-P. Bibring
- Médaille d'argent du CNRS (2017) : N. Aghanim
- Médaille EGU/Runcorn-Florensky (2017) : Y. Langevin
- The Laurels of Team achievement de l'International Academy of Astronautics (2015) : J.-P. Bibing au nom de l'équipe Philae
- Médaille COSPAR (2014) : J.-L. Puget

3.4 Produits et outils informatiques

3.4.1 Logiciels

Équipe Système solaire et systèmes planétaires

- Bibliothèque « compression par ondelette » : développée initialement pour CIVA/Rosetta et OMEGA/MEx (encore en opération), cette bibliothèque (Langevin et Forni, 2000) a été adaptée pour Simbio-Sys/BepiColombo et utilisée par Picard. Elle a été adaptée pour les deux instruments majeurs de l'atterrisseur Mascot/Hayabusa-2 (MicrOmega et la caméra CAM).

Équipe Physique solaire et stellaire

- Code d'évolution stellaire CESTAM (J. Marques)
- Codes de transfert de rayonnement hors-équilibre thermodynamique local, pour les filaments et les protubérances solaires (E. Buchlin)

Équipe MIC-AMIS/COSM !X

- Hpproj : Projection of Healpix maps onto a planar grid
- pyDTFE : Delaunay Tesselation Field Estimator for 2D maps & 3D cubes
- Sanepic : Signal And Noise Estimation Procedure Including Correlations
- Supreme : A SUPer REsolution Mapmaker for Extended emission
- Dustem : Dust Emission tools
- THEMIS : The Heterogeneous dust Evolution Model for Interstellar Solids

3.4.2 Bases de données

Équipe Astrochimie et Origines

- Responsables de la base de données DAYSY (Database for AstrochemistrY and SpectroscopY, IAS-Orsay) dans le cadre de l'infrastructure SSHADE : Solid Spectroscopy Hosting Architecture of Databases and Expertise (IPAG-Grenoble, P.I. B. Schmitt)

Équipe Système solaire et systèmes planétaires

- PSUP : Portail vers les surfaces planétaires. Le service proposé consiste en un centre de traitement de données de surfaces planétaires couplé à un centre de diffusion et de visualisation de données à fortes valeurs ajoutées. L'IAS est responsable du service et collabore avec le laboratoire de planétologie de l'université de Lyon qui est en charge du centre de traitement de données. Le service a été labellisé en 2016.
- Archive COROT : Les courbes de lumière (séries temporelles de mesure de flux stellaire) de plus de 160 000 étoiles de notre Galaxie sont désormais à disposition de l'ensemble de la communauté scientifique internationale via l'archive CoRoT de la mission, hébergée à l'IAS, ainsi que dans d'autres sites miroirs. Elles constituent une mine d'or pour l'étude des exoplanètes, des étoiles, de la structure de notre Galaxie et, au-delà, toutes les recherches basées sur la photométrie stellaire ultra-précise. Ces données contribuent ainsi à la préparation des futures grandes missions spatiales, en particulier PLATO, le successeur européen de CoRoT (accès à l'archive ici).

Équipe Physique solaire et stellaire

- Archivage et interface utilisateurs pour les données de la mission PICARD, utilisée par le CNES comme mission pilote pour la pérennisation de l'archivage et de l'accès aux données spatiales (P. Boumier).
- Archivage et interface utilisateurs pour les données de la mission CoRoT (F. Baudin)

Équipe MIC-AMIS/COSM !X

- HESIOD : Herschel IDOC Database
- SZDB : SZ cluster Database

3.4.3 Participation au segment sol de missions

Équipe MIC-AMIS/COSM !X

- Planck : fabrication de produits délivrés à la communauté lors des releases 2011, 2013, 2015, 2018 (catalogues, cartes, likelihoods)

- Euclid : co-lead du Organisational Unit Merging (OUMER), participation à Organisational Unit Level 3 (OULE3)
- JWST/MIRI : Responsable du work package « Data Management » pour le centre d'expertise français MIRI

3.5 Développements instrumentaux et méthodologiques

3.5.1 Prototypes et démonstrateurs

Équipe Système solaire et systèmes planétaires

EQM MicrOmega/ExoMars : Un modèle de qualification de l'instrument MicrOmega pour la mission ExoMars a été développé, testé et qualifié à l'IAS (PI : J-P. Bibring, Chef de Projet : V. Hamm, Instrument Scientist : C. Pilorget). Ce modèle a été livré en 2017.

Banc de caractérisation de filtres acousto-optiques en imagerie et maquette de l'instrument MacrOmega/MMX : un banc opto-mécanique permettant de tester et valider la technique de filtrage de la lumière grâce à des filtres acousto-optiques utilisés en imagerie (sur la gamme 0.9-3.6 microns) a été développé à l'IAS (Responsable technique et scientifique : V. Hamm et C. Pilorget). Couplé à des électroniques de pilotage issus de reliquats de programmes précédents (MicrOmega/Hayabusa-2), ce banc constitue la première maquette de l'instrument MacrOmega sur la mission MMX (PI : J-P. Bibring, Chef de Projet : V. Hamm, Instrument Scientist : C. Pilorget).

Banc d'étalonnage de Simbio-Sys/BepiColombo : un banc optique a été mis en place pour la campagne d'étalonnage de l'instrument Simbio-Sys qui a eu lieu en avril 2014. Des nouvelles sources (corps noir, lampe QTH, sphère intégrante) ont notamment été approvisionnées en prenant en compte la possibilité de réutiliser ces équipements pour l'étalonnage d'autres instruments similaires (JUICE/MAJIS).

Banc de caractérisation du détecteur IR MAJIS/JUICE : un système complet de sources et d'optiques refroidies a été conçu et mis en place afin de pouvoir caractériser les performances du détecteur IR de MAJIS. Ce banc de test/caractérisation pourra être réutilisé pour des activités futures de caractérisation de détecteurs IR.

Banc d'étalonnage IRS/Supercam : en tant que responsable de l'étalonnage radiométrique du spectromètre IRS à bord de Mars2020, un banc démontable/transportable a été dans ce cadre (Responsables technique et scientifique : V. Hamm et F. Poulet). Il a été utilisé avec succès pour la caractérisation de l'EQM d'IRS en

février 2018 en attendant l'étalonnage du FM en septembre 2018.

Équipe Physique solaire et stellaire

Imaging Fourier Transform in the UV (IFTSUV)

Équipe Astrochimie et Origines

Responsables du projet R&D "INGMAR" du labex P2IO, pour la réalisation d'une chambre à vide couplée à la spectroscopie FTIR sur la ligne d'implantation SIDONIE du CSNSM (Orsay).

Responsable et membre des SFT «Science Facility Team » de l'expérience MUE (Miller Urey Experiment in Space) de l'ESA soutenue par le CNES. Cette mission qui avait été envisagée sur la station spatiale internationale a malheureusement été annulée en avril 2014 pour des raisons de restrictions budgétaires.

Équipe MIC-AMIS/COSM !X

PILOT [Ballon sur la polarisation de la galaxie en micro-ondes] : l'IAS est responsable du photomètre de PILOT, incluant le développement, les test, l'étalonnage et le support en vol (Septembre 2015, Avril 2017).

Athena/X-IFU [Satellite X L1 ESA] : l'IAS a la responsabilité de la caractérisation des détecteurs de X-IFU et des éléments du plan focal aux rayons cosmiques. Mise en place d'une plateforme de tests notamment cryogéniques.

QUBIC [Expérience sol de détection des modes B en micro-ondes polarisées] : l'IAS participe au développement des détecteurs TES (R&D) et au concept, en particulier le design des cornets. Participation à la calibration.

NIKA/NIKA2 [Expérience sol de mesure de l'effet SZ] : l'IAS a contribué au développement de la source de calibration et la caractérisation des détecteurs KIDS sur la plateforme SYMBOL.

BINGO [Radio télescope pour la détection des BAO] : l'IAS concoit le design optique (télescope et cornets) et contribue au prototypage et design général de l'instrument.

Litebird [Satellite micro-onde pour la detection des modes B] : l'IAS développe un modèle de « Close Cycle Dilution Refrigerator - CCDR », participle au concept instrumental HFT et étudie le plan AIV - Etalonnage pour l'instrument HFT.

CCDR (Closed Cycle Dilution Refrigeretor) : Dans le cadre de PIXIE et des futures experiences pour le CMB, l'IAS est responsible de la spatialisation de la CCDR developpee a l'Institut Neel par G. Vermeulen. Ce travail en collaboration avec Neel consitute une brique technilogique strategique du CNES et pour les futures experiences d'Astronomie.

3.5.2 Plateformes et observatoires

Équipe MIC-AMIS/COSM !X

- 1 responsable de la plateforme cryogénique pour l'étude des interactions Particules-Détecteurs bas bruit/basses températures.
- 1 responsable de la plateforme IDOC (Integrated Data and Operation Center de l'IAS).
- Participation au centre d'expertise français MIRI (voir plus haut segment sol).
- 1 responsable du centre d'expertise regional ANO5 (OSUPS-DC).
- 1 Directrice de l'OSUPS (Observatoire des Science de l'Univers de l'Université Paris Sud).

Équipe Système solaire et systèmes planétaires

- **MicrOmega/Hayabusa-2** est un microscope hyperspectral infrarouge, développé à l'IAS (PI : J-P. Bibring, Chef de Projet : V. Hamm, Instrument Scientist : C. Pilorget), destiné à caractériser les échantillons à la surface de l'astéroïde 1999JU3 Ryugu, cible de la mission Hayabusa-2 de la JAXA. MicrOmega a été livré en 2013 et monté sur le lander Mascot (DLR/CNES).
- **MicrOmega/ExoMars** est un microscope hyperspectral infrarouge, développé à l'IAS (PI : J-P. Bibring, Chef de Projet : V. Hamm, Instrument Scientist : C. Pilorget), destiné à caractériser les échantillons sélectionnés par le système de distribution du rover. MicrOmega a été livré en 2018.
- **SIMBIO-SYS/BepiColombo** : Ensemble d'imagerie et de spectro-imagerie de la mission BepiColombo vers Mercure ; co-PI IAS (Y. Langevin), responsabilité du module électronique (V. Carlier) ; livraison du FM en 2013 ; responsabilité du banc d'étalonnage (F. Poulet) en opération en 2014 à la station d'étalonnage de l'IAS.
- **MAJIS** : spectromètre imageur de la mission JUICE vers Jupiter (ESA) ; sélection en février 2013 ; responsabilité scientifique (PI, Y. Langevin) et technique (C. Dumesnil) à l'IAS. Développement en cours avec livraison prévue en 2020.
- **MacrOmega/MMX** : spectromètre imageur proche-IR de la mission MMX (Mars Moon Explorer) dont l'objectif est d'étudier les lunes de Mars Phobos et Deimos et d'effectuer un retour d'échantillon (JAXA). Développement franco-japonais avec responsabilité scientifique et technique à l'IAS (PI : J-P. Bibring, Chef de Projet : V. Hamm, Instrument Scientist : C. Pilorget). Développement en cours avec livraison prévue en 2022.

Équipe Astrochimie et Origines

- **Responsables du projet DIM-ACAV uTIC-MET** pour l'installation d'un micro-imageur FTIR et l'implémentation de la micro-tomographie FTIR sur la plateforme SMIS-SOLEIL.
- **Partenaires du projet ATOMA** pour la création d'une plateforme de microscopie électronique à haute résolution sur le plateau de Saclay, financé par différents instances (entre autre Région-SESAME, UPS...). La contribution A&O est supportée par un financement OSUPS et IAS.
- Partenaires principaux et membres du consortium de l'Equipex « ANDROMEDE » (P.I. S. Della Negra, IPN Orsay).
- Partenaires dans un projet DIM-ACAV financé par la région pour l'achat d'une source pour des mesures NanoSIMS au MNHN (Porteur J. Aléon).

Équipe Physique solaire et stellaire

- **PI des opérations scientifique de l'instrument SPICE** (Solar Orbiter).
- **PI de l'instrument suborbital (fusée sonde) HeCOR** (vol en 2009, revol en 2019). Instrument entièrement développé à l'IAS.
- **PI de l'instrument EIT** (Extreme-ultraviolet Imaging Telescope) de la sonde spatiale SOHO de l'Agence Spatiale Européenne.
- **PI de l'instrument GOLF** (Global Oscillation at Low Frequency) de la sonde spatiale SOHO de l'Agence Spatiale Européenne.
- **co-PI des instruments suborbitaux (fusées sondes) CLASP 1 (Chromospheric Lyman Alpha Spectro Polarimeter, vol en 2005) & CLASP 2 (vol en 2019)**. Responsable de la contribution française (réseaux de diffraction).
- **Lead Co-I/Co-I Polarimetric and Helioseimic Imager of Solar Orbiter**, mission ESA.
- **Co-PI / Co-I Extreme Ultraviolet Imager of Solar Orbiter**, mission ESA.
- **PI exploitation en vol/Co-I Spectral Imaging of the Coronal Environment.**
- **Co-I Jupiter** : Oscillations through Velocimetry Imaging observAtions at several Longitudes.
- **Lead Co-I PLATO 2.0** payload et segment sol.

4 ORGANISATION ET VIE DE L'UNITÉ

Sommaire

4.1 Pilotage et organisation de l'unité 39
4.2 Animation scientifique et technique 41
4.3 Communication, diffusion des connaissances 41
4.4 Parité 49
4.5 Intégrité scientifique 50
4.6 Protection et sécurité 51

4.1 Pilotage et organisation de l'unité

La gouvernance est assurée par une équipe de direction composée du directeur (M.Ollivier), 2 directeurs adjoints (Karine Bocchialini et Laurent Verstraete), la directrice technique (Sandrine Couturier), et l'administratrice (Laurence Antunes). L'équipe de direction définit les objectifs de l'unité et les moyens à mettre en oeuvre pour les atteindre. Elle assure également la gestion au jour le jour du laboratoire, les interfaces avec les tutelles et d'une manière générale tous les acteurs de l'écosystème du laboratoire et gère l'affectation des personnels techniques sur les projets. L'équipe de direction se réunit une fois par semaine. L'assistante de direction (Véronique Sarrazin) participe aux réunions.

Sur le plan technique, le laboratoire est adepte de la gestion matricielle « services / projets » : chaque IT appartient à un service technique, dirigé par un chef de service (N+1) sous la responsabilité hiérarchique de la directrice technique (N+2). Les IT sont ensuite affectés à des projets, au sein desquels est mise en place une hiérarchie et un management uniquement fonctionnel (management transverse).

L'équipe de direction s'appuie sur :

- **La direction élargie :** constituée de la direction, des responsables d'équipes scientifiques, et responsables des 2 plateformes : elle se réunit 1 fois par mois, et joue le double rôle de conseil scientifique et opérationnel pour la vie scientifique du laboratoire. La direction élargie est consultée pour toutes les prises de position de l'IAS vis-à-vis de l'extérieur qui relèvent de la responsabilité de la direction. Elle est également consultée pour toutes les propositions d'avis statutaires soumises au Conseil de Laboratoire

- **Les chefs de projets et chefs de services :** réunis par la directrice technique tous les mois. Son rôle vise à coordonner le fonctionnement des services en lien avec les projets. C'est principalement un lieu d'échange d'information qui fluidifie la gestion technique

- **Le Conseil de Laboratoire :** C'est l'instance officielle du laboraroire, constituée selon les modalités décrites dans le règlement intérieur. Les responsables d'équipe, le directeur technique et le responsable de la station d'étalonnage sont invités permanents du conseil pour les sessions plénières, les votes sur les avis statutaires étant effectués en session restreinte. Le conseil de laboratoire se réunit 3 à 4 fois par an, avec en particulier en début d'année, le vote de l'avis statutaire sur le budget

- **Des commissions** (bâtiments, bibliothèque, communication, patrimoine...)

La gestion des équipes techniques au sein des projets se traduit par un plan de charge géré par la DT en concertation avec la direction, les responsables des équipes scientifiques et les chefs de service et responsables de plateformes. Compte tenu du fait que la majeure partie des projets est financée par le CNES, et est soumise aux aléas de la programmation spatiale, les implications proposées dans les projets sont précisément ajustées sur les engagements et le plan de charge du laboratoire. Une procédure d'entrée d'un projet dans le plan de charge a été mise en place au niveau de la direction et passe par plusieurs phases d'évaluation scientifiques, techniques et programmatiques en concertation avec les différents acteurs du laboratoire. Cette méthode assez souple, permet une certaine réactivité pour prendre en compte les aléas des différents projets.

L'une des recommandations de la précédente évaluation était la mise en au laboratoire d'un conseil scientifique. Ce conseil a été mis en place en 2014, mais il est rapidement apparu que cette structure était peu adaptée au fonctionnement du laboratoire. En effet :

- d'une part, la politique scientifique est
  - déterminée principalement par l'implication dans les projets, qui se décide, au niveau de la direction, après discussion en direction élargie
  - fortement conditionnée par les prospectives nationales (INSU / CNES) déclinée au sein des équipes
  - présentée à chaque séance du conseil de laboratoire, dont c'est également,

légalement, la prérogative
- d'autre part, le conseil scientifique était redondant avec la direction élargie et le conseil de laboratoire.

Dans ce contexte, le conseil scientifique ne s'est plus réuni depuis fin 2015.

Enfin, une assemblée générale est organisée en début d'année pour informer les personnels de l'unité sur l'évolution du contexte et sur les principales échéances de l'année à venir, présenter les nouveaux arrivants et aborder un thème scientifique d'actualité. Les autres assemblées générales sont organisées soit par la direction pour aborder des points spécifiques importants (perspectives « Paris-Saclay », prospective, campagne IT) soit à l'initiative du personnel (notamment pour des auditions des candidats à la direction de l'UMR).

A noter que l'IAS fait également partie d'un OSU (l'OSU Paris-Sud). Ce conseil gère toutes les actions en lien avec l'OSU, en particulier ce qui relève des services d'observation, les carrières des personnels CNAP, et le fonctionnement spécifique de l'OSU.

4.2 Animation scientifique et technique

L'animation scientifique et technique du laboratoire est assurée de manière thématique au sein des équipes par leurs différents responsables. A cette animation au sein des équipes s'ajoute une animation au niveau du laboratoire, principalement sous la forme de séminaires, dont une équipe assure la programmation et l'organisation. Cette équipe veille à un équilibre thématique et intègre régulièrement des séminaires à l'attention des personnels techniques, et de vulgarisation.

Le laboratoire possède également deux plateformes nationales (station d'étalonnage et IDOC) qui, bien que sous la responsabilité de la direction et appuyées par un service technique, possèdent leur propre organisation opérationnelle, afin d'assurer leurs missions.

4.3 Communication, diffusion des connaissances

4.3.1 Communication

Les actions de communication sont coordonnées par une équipe « communication » composée d'(enseignants)-chercheurs, de personnels techniques et d'un représentant de la direction qui coordonne cette équipe. Sur le plan opérationnel, nous avons également identifié une correspondante communication qui assure le suivi des actions et le lien avec les partenaires extérieurs. Cette équipe communication examine et formate les propositions de « nouvelles scientifiques » (news) mises à jour régulièrement (typiquement 20 par an) sur le site internet de l'IAS, validées par la direction. L'équipe communication est également impliquée dans l'organisation des événements

scientifiques dont l'IAS est à l'initiative ou auxquels il participe (Fête de la Science, expositions, manifestations...). Elle s'appuie sur un ensemble d'affiches, de maquettes et de modèles d'instruments spatiaux représentatifs des activités de l'IAS.

4.3.2 Diffusion des connaissances

Les activités de diffusion des connaissances de l'IAS ont pris une dimension nouvelle avec les actions entreprises dans le contexte du LabEx P2IO (« nuit des deux infinis et des origines » notamment) et du DIM ACAV.

4.3.2.1 Créations artistiques théorisées

Depuis 2016, l'IAS héberge dans ses murs (un petit espace au bâtiment 105) le SAS, une équipe « Science Art et Société » qui développe des projets qui font le lien entre art et science. Plusieurs projets ont été initiés, avec le soutien de la diagonale Paris-Saclay et on conduit à la création d'oeuvres magistrales telles « L'oeil de Mars » ou « Vois toi à travers moi ».

L'oeil de Mars : il s'agit d'une création artistique mettant en avant les différentes étapes majeures de l'évolution de la planète Mars au cours du temps. Le dispositif consiste en une sphère (diamètre 2 m) représentant Mars et sur laquelle sont projetées des simulations de l'environnement martien. Il a été notamment présenté lors de deux fêtes de la science (2016 et 2017, environ 200 visiteurs chaque année), lors de la nuit blanche (2017, Paris, 30 000 visiteurs), et lors d'évènements à destination des personnels et étudiants de l'université Paris Sud (2016 - 2018).

4.3.2.2 Films

- « **L'aventure Rosetta** » : film en deux versions (52 mn et 1h42), réalisateur J-C. Ribot, produit pour Arte France par Look art Sciences (2015)
- « **La mission Rosetta vers la comète Churyumov-Gerasimenko** » : vidéothèque du CNES (2016)
- « **Etalonnage de SIMBIO-SYS/BepiColombo à l'IAS** » : réalisation et vidéothèque CNES, durée 1H (2016)
- Las leyes de la termodinámica, dir. Mateo Gil, sortie : 20 avril 2018, contributions filmées

4.3.2.3 Émissions radio, TV, presse écrite

Équipe MIC-AMIS/COSM !X

- 2018-20-02 : J. Grain (reportage à l'IAS) à France Culture "La méthode scientifique"

- 2018-12-21 : H. Dole, RFI, Comment raconter de l'intérieur les avancées de l'astrophysique contemporaine ? L'exemple du satellite Planck, dans l'émission de RFI "Autour de la question"
- 2017-10-24 : J. Grain à France Culture "La méthode scientifique"
- 2017-10-09 : H. Tanimura dans the Newscientist
- 2017-05-23 : N. Aghanim à France Culture "La méthode scientifique"
- 2016-08-30 : J. Grain (reportage à l'IAS) à France Culture "La méthode scientifique"
- 2014-04-07 : H. Dole, Le satellite Planck et les débuts de l'Univers, dans l'émission de France Culture

Équipe Système solaire et systèmes planétaires

2018

- J-P. Bibring, « La méthode scientifique » de France Culture : « les origines du système solaire »
- J-P. Bibring, « La méthode scientifique » de France Culture : « Giordano Bruno, la Terre, le Soleil et l'infini »

2016

- J-P. Bibring, Série de 4 émissions de 50mn « Explorer l'Espace » pour France Culture
- J-P. Bibring, « La tête au carré » de France Inter, pour ses 10 ans
- J. Carter, Interview BFM
- F. Poulet, participation à l'émission « Tête au carré » de France Inter
- F. Poulet, Interview iTELE, TV espagnol

2015

- J-P. Bibring, « C'est pas sorcier » de France Inter : « la mission Rosetta »
- J-P. Bibring, « Les savanturiers» de France Inter
- J-P. Bibring, interviews F Inter, F. Info, France2
- M. Ollivier : Participation à l'émission « du grain à moudre » de France Culture 7 aout 2015

2014

- J-P. Bibring, « La tête au carré » de France Inter : « Philae sur la comète »
- J-P. Bibring, interviews F Inter, F. Culture, et Téléphone Sonne (F Inter)
- J-P. Bibring, interviews nombreuses presse écrite
- J-P. Bibring, film pour JT France2
- F. Poulet, Interview France Culture

Équipe Astrochimie et Origines

- L'article « Bardyn, Baklouti et al., MNRAS, 2017 » a fait l'objet d'un communiqué de presse conjoint des universités Paris Sud (Paris Saclay) et UPEC, du CNRS (INSU) et du CNES, et d'un communiqué de presse publié en Allemagne par le MPS (Max Planck Institute For Solar System Research), institut de rattachement de M. Hilchenbach, PI de COSIMA. Il a aussi été l'objet d'un article de vulgarisation publié sur le site « The Conversation » en français et en anglais (voir rubrique suivante). Cette dernière publication ainsi que les communiqués de presse ont ensuite été largement repris en France et dans le monde par :
  - différents sites de presse généraliste (Newsweek, Der Spiegel, Le Figaro)
  - des sites de vulgarisation scientifique (tels que phys.org, www.realclearscience.com, ou scitechdaily.com),
  - et aussi dans l'émission de radio « Sur les épaules de Darwin » du 16/12/2017 sur France Inter.
- L'article « Fray et al., Nature, 2016 » a aussi fait l'objet d'un communiqué de presse associant le CNRS (INSU), le CNES et plusieurs universités dont l'UPEC et Paris Sud (Paris Saclay)

Équipe Physique solaire et stellaire

- Plusieurs interviews pour la presse écrite et radio (et même TV allemande) à l'occasion des résultats de Fossat et al 2017 (P. Boumier)
- Citations dans Le Monde (E. Buchlin)
- Participation à un film documentaire sur le Soleil « A la conquête du Soleil » : F. Auchère et M. Janvier (durée : 52', 1ère diffusion le 14/06/18 à 20h50, Chaîne : RMC Découvertes)

4.3.2.4 Produits de vulgarisation : articles, interviews, éditions, vidéos, etc.

Équipe MIC-AMIS/COSM !X

- « Le coté obscur de l'Univers », H. Dole, 2017, Ed. Dunod
- BD (G)astronomie dans Le Monde, Mai 2018
- The conversation : «Voyage en galaxies : ce que Herschel et Planck nous ont appris » , H. Dole
- The conversation : « Accès à l'université et financement de l'enseignement supérieur et de la recherche : que faire ? (épisode 1) », H. Dole
- Pourquoi la nuit est-elle noire, TEDxEcole Polytechnique, 23 avril 2015, H. Dole
- Pourquoi la nuit est-elle noire? Qu'en a vu Planck? Quelle est l'origine de l'Univers? octobre 2015, H. Dole
- News INSU (U-PSUD, OMP, IRAP, IAS) sur l'article : "X-ray galaxy clusters abundance and mass temperature scaling" , Ilic, S ; Blanchard, A., Douspis, M, 2015, A&A, 582, id.A79, 14 pp
- La Recherche : M. Douspis (2015)
- Le souffle vital des étoiles. M. Langer, Esquisse(s) : Souffle 12, 23, 2017

- L'univers, d'un commencement à d'autres ? M. Langer, Esquisse(s) :Commencements 8, 41, 2015
- "Big bang et gravitation quantique" Barrau, Grain, Dossier Pour la Science intitulé Les Mystères duCosmos, avril-juin 2014
- "Un trop plein d'univers", Grain, Revue Esquisse(s), Trop(6), 79, mars 2014
- Press Releases sur la découverte avec Planck et Herschel de candidats protoamas de galaxie : ESA, NASA, INSU, IAS
- Interview filmée, N. Aghanim, F. Boulanger, pour CNRS image "le satellite Planck", septembre 2014 "La nouvelle vision de Planck de notre univers" ;
- Interviews pour la radio nationale Algérienne dans le cadre de l'année de la lumière, Avril 2015

Équipe Système solaire et systèmes planétaires

- « Les comètes », Jean-Pierre Bibring et Francis Rocard, De vive voix, 2014
- « Exploration spatiale planétaire : le choix du site d'atterrissage », François Poulet, Ciel et Espace, 2017

Équipe Astrochimie et Origines

- D. Baklouti, A. Bardyn, H. Cottin, "Les poussières de la comète Tchouri permettent de remonter l'histoire du Système solaire", The Conversation, version française, 9 janvier 2018
- D. Baklouti, A. Bardyn, H. Cottin, "How comet dust has enabled us to trace the history of the Solar System", The Conversation, version internationale, 22 janvier 2018

Équipe Physique solaire et stellaire

- Participation au projet du MESR « Infinités Plurielles » en Juin 2013 : exposition internationale itinérante de 145 portraits de femmes scientifique dans le cadre de l'égalité et de la lutte contre les discriminations (K. Bocchialini)
- Interventions scientifiques à la Médiathèque des Ulis - Avril 2015 (K. Bocchialini)
- Traduction de l'ouvrage de P. Brekke "Le Soleil, notre étoile", 2013, CNRS-Editions (J-C. Vial)
- Vidéo "La Planète mystérieuse" sur la découverte de Neptune avec J. Haïssinski et S. DellaNegra, producteur G. Benski (J-C. Vial)

4.3.2.5 Produits de médiation scientifique

Équipe MIC-AMIS/COSM !X

- Interviews filmées sur le CMB pour l'exposition "L'Odyssee de la lumiere", 2015 Année mondiale de la lumière

Équipe Astrochimie et Origines

- 1 membre du bureau de MISS (Maison d'Initiation et de Sensibilisation aux Sciences), Paris-Sud

Équipe Système solaire et systèmes planétaires

- Tour de réalité virtuelle « Go to Mawrth Vallis » (2017) (F. Poulet)
- Tour de réalité virtuelle « Exploring the comet 67P with Rosetta/Philae » (2018) (Responsable F. Poulet, en coopération avec le LAM)
- Interview filmée pour l'exposition CoRoT au musée de l'Air et de l'Espace en 2014 (M. Ollivier)

Équipe Physique solaire et stellaire

- Installation « des Mondes de Traverse » financée par un contrat de la Diagonale Paris-Saclay (porteur F. Baudin)
- Installation (réalité virtuelle) « Tempêtes solaires » financée par un contrat de la Diagonale Paris-Saclay (porteuse M. Janvier)

4.3.2.6 Débats science et société

Équipe MIC-AMIS/COSM !X

- Animation de la table ronde « la vie dans l'espace », opéra de Massy, 17 novembre 2017
- Animation du debat sur "Focus on Infinity" lors du festival de films scientifiques Pariscience, 4 octobre 2014
- H. Dole, N. Aghanim, Commissaires de l'exposition "L'Odyssee de la lumiere", Mars a Octobre 2015, Cite des Sciences de la Vilette

Équipe Système solaire et systèmes planétaires

2018

- J-P. Bibring, Conf, publique Université de Mons, « vers une nouvelle ère de l'exploration spatiale planétaire »
- J-P. Bibring, Conf, publique, BDL, « Mars, Rosetta, et l'émergence de la vie »
- J-P. Bibring, festival Sidérations, CNES 2018 : Mars et Rosetta

2017

- J-P. Bibring, Rencontres transdisciplinaires du Centre d'Etudes du Vivant, « Rosetta, Mars, la terre et l'émergence de la vie. Contingences et généricité »

- J-P. Bibring, Conférence publique, Festival d'Uzeste, « l'Univers en révolution ! »
- J-P. Bibring, Conf. Invitée Semaine de la Science, SOFRADIR Veurey, « Explorer de nouveaux mondes dans l'Espace »
- J-P. Bibring, Conf. CE Thales, « Rosetta, Exomars et l'émergence de la vie »
- J-P. Bibring, Salon Paris Photo 2017, « L'image en astrophysique »
- J-P. Bibring, Conf. Invitée « Les mardis de la philo », Paris, « Quand l'exploration spatiale du système solaire bouscule en profondeur des paradigmes ancestraux »
- J-P. Bibring, Conf. Invitée pour « Politistes Sorbonne », « Exobiologie : à la recherche des traces du vivant »
- M. Ollivier, Conférence publique IAS (fête de la science) : « 3600 exoplanètes : et nous et nous et nous, ...»
- M. Ollivier, Conférence invitée aux rencontres des clubs d'astronomie du Nord et de Est de la France « 2007-2017 : 10 ans de recherches d'exoplanètes »

2016

- J-P. Bibring, Conférence publique dans le cadre « FeteLeSavoir », Vincennes, « Philae »
- J-P. Bibring, Conférence publique Académie des Sciences « Rosetta, Mars : des clés pour l'origine du vivant ? »
- J-P. Bibring, Conférence publique Cité de l'Espace Toulouse, « Rosetta, Philae, RdV avec une comète »
- J-P. Bibring, Séminaire BNPP, « nouveaux modes de coopération : l'apport de l'astrophysique »
- J-P. Bibring, Conférence publique Rencontre du Ciel et de l'Espace, « Rosetta : mission et moisson »
- J-P. Bibring, Conférence publique, Sagamihara, « Mars, Rosetta, Hayabusa2 : planet diversity and life emergence »
- M. Ollivier, CE Air France, « CoRoT, un pionnier pour l'exoplanétologie et la sismologie stellaire»
- M. Ollivier, Conférence publique IAS (fête de la science) : « Dernières nouvelles des exoplanètes »

2015

- J-P. Bibring, Keynote lecture du Congrès d'Innovation spatiale, CNES, « Philae/Rosetta »
- J-P. Bibring, Conférence ONERA, « Philae/Rosetta : première exploration in situ d'une comète »
- J-P. Bibring, Conférence IAP, « Philae/Rosetta »
- J-P. Bibring, Conférence MTB, « Rosetta, Mars, et « l'émergence « de la vie

»
- J-P. Bibring, Conférence invitée SF2A, « Rosetta : premier rendez-vous cométaire »
- J-P. Bibring, Conférence CNES/ESA au salon du Bourget, « Rosetta : first comet rendez-vous »
- J-P. Bibring, Conférence publique dans le cadre EPSC/DPS, « la mission Rosetta »
- J-P. Bibring, Conférence invitée (keynotes) à l'EJC2015, « dernières nouvelles de Rosetta »
- J-P. Bibring, Conférence invitée SFE, « Philae : rebonds et résultats »
- J-P. Bibring, Conf. invitée TAS Cannes, « Exploring Mars today, with ExoMars »

2014

- J-P. Bibring, 3AF, Cité de l'Espace, Toulouse, « Rosetta : à la rencontre des origines du Système solaire »
- J-P. Bibring, maison d'arrêt de Bois d'Arcy, « L'exploration spatiale du système solaire »
- J-P. Bibring, Conf. CE Dassault, « L'exploration spatiale Mars : découvertes et enjeux »
- J-P. Bibring, Rencontres Science et Humanisme du Lazaret « Pluralité des mondes, unicité de la vie : seuls dans l'Univers ?»
- M. Ollivier : conférence publique ESPCI : « CoRoT, un pionnier pour l'exoplanétologie »

2013

- J-P. Bibring, Conférence UTL Essonne, « L'exploration de Mars : fenêtre sur Terre »
- J-P. Bibring, Conférence publique, IAP, « L'exploration spatiale de Mars : enjeux et découvertes »
- J-P. Bibring, Conférence publique, « AstroNomades », Aubenas, « L'eau dans le système solaire »
- J-P. Bibring, Conf. CE BNP, « L'exploration spatiale du système solaire : vers une nouvelle vision de la Terre »
- J-P. Bibring, Conférence publique, Rennes, « Mars : un monde « habitable » ? »
- J-P. Bibring, Conférence invitée à l'EJC2013, «50 ans d'exploration spatiale : Terre et vie en révolutions»

4.3.2.7 Animation et diffusion scientifique auprès du grand public

Équipe Astrochimie et Origines

- Participation à la manifestation internationale pour la promotion des sciences

auprès du grand public « Pint of Science 2017 ». Présentation à Paris d'une conférence autour des résultats de COSIMA/Rosetta (16/05/2017)
- Présentation d'une conférence grand public intitulée « Rosetta, un an de mission autour de la comète 67P/Churyumov-Gerasimenko» à l'invitation de « l'Association Astronomique de la Vallée » (Orsay) (24/11/2015)
- Participations à la manifestation grand public organisée par l'IAS le 12/11/2014 pour suivre en direct le largage de l'atterrisseur Philae par Rosetta, à la surface de la comète 67P
- Participation à la manifestation "Fête de la Science" dans laquelle l'IAS s'implique chaque année
- Organisation d'un séminaire/atelier à la maison d'arrêt du Bois d'Arcy intitulé « Astéroïdes et météorites » à l'invitation de l'association « Champ Libre » (novembre 2015)

4.4 Parité

Le respect de la parité est une préoccupation constante du laboratoire. Il ne s'agit pas uniquement de veiller à la parité dans les effectifs, que nous ne maitrisons pas complètement car nous sommes dépendants des instances de recrutements et leurs schémas variés (ITA, chercheurs, enseignants-chercheurs), mais surtout de veiller à l'égalité des chances de déroulement de carrière, de promotions et de possibilités d'accéder aux postes à responsabilité. Nous ne sommes cependant pas adeptes de la « discrimination positive » qui peut avoir des effets pervers dans des équipes où l'équilibre est plutôt bien établi naturellement. De plus, le règlement intérieur du laboratoire n'impose pas de critères de parité stricts.

Chercheurs / Enseignants-chercheurs
Parmi les 32 (enseignants)-chercheurs permanents, 9 sont des femmes, soit environ 28% ce qui correspond globalement à la moyenne de la discipline. En revanche, la répartition rang A / rang B est plus déséquilibrée. Sur les 14 rang A (DR, Pr, Ast), seules 14 % sont des femmes, tandis que sur les 18 rang B (CR, MdC, Ast. Adj.), 39% sont des femmes. Cet écart s'explique en partie par le fait que 4 des 9 MdC au laboratoire sont des femmes, et que l'évolution du statut de Maitre de Conférence vers le statut de Professeur est actuellement très difficile.

ITA
La parité chez les 54 ITA permanents est presque atteinte puisqu'il y a 44% de femmes au laboratoire. Cependant, il y a là encore un biais, puisqu'il y a des services très « féminins » (administration), et cela se traduit de fait dans la répartition dans les différentes catégories. En particulier, sur les 8 agents en catégorie B ou C, 5 sont des femmes. Force est de constater que ce biais risque de perdurer puisque les postes ouverts à l'administration, que ce soit à l'Université ou au CNRS sont encore principalement des postes en catégorie C et B, et à l'administration, attirent le plus souvent des candidatures féminines.

Postes à responsabilité
Comme mentionné en introduction, nous veillons à permettre l'égalité des chances dans les déroulements de carrière et d'accession aux postes à responsabilité. Côté équipe de direction, nous avons une directrice adjointe et une directrice technique. Côté chefs de services et plateformes, il y a 3 femmes sur 8 postes, mais l'ancienne cheffe du service « mécanique / thermique » a pris la responsabilité de cheffe de projet de MAJIS (instrument PI IAS), brisant la parité parfaite existant jusqu'à présent.

Concernant le conseil de laboratoire composé de 16 membres, la parité est stricte puisqu'il y a 8 femmes (5 élues, 2 nommées, 1 membre de droit), et 8 hommes (3 élus, 3 nommés et 2 membres de droit).

Promotions
Sur la période 2013-2017, il y a eu 18 promotions d'ITA au choix du directeur, dont 10 concernaient des femmes (55,5%). Un soin tout particulier est porté chaque année, à proposer un schéma de promotion au choix cohérent, qui s'appuie sur les compétences développées par les agents et leurs responsabilités dans l'unité. Nous n'avons pas eu besoin d'autres critères pour atteindre la parité.

Risques psychosociaux / harcèlement
La prévention des risques psychosociaux et de harcèlement se fait principalement par l'intermédiaire de l'encadrement hiérarchique (chefs de services, responsables d'équipes) et in fine la direction du laboratoire. Un effort tout particulier est fait pour permettre aux agents de s'exprimer, dans le respect de tous. Tous les cadres du laboratoire qui ont souhaité suivre la formation à la prévention des risques psychosociaux l'ont fait.

4.5 Intégrité scientifique

Le respect de l'intégrité scientifique passe par la tenue de cahiers de laboratoire pour tout ce qui concerne la recherche expérimentale et l'analyse de données et la rédaction d'une documentation impressionnante (et contractuelle) dans le cadre de la réalisation et de l'exploitation des instruments spatiaux. Concernant la politique de désignation des auteurs pour les travaux collectifs, elle est majoritairement définie au niveau des consortia scientifiques. C'est particulièrement vrai dans le cas des grandes collaborations (Planck, Euclid, ...) Pour les travaux réalisés au sein des équipes scientifiques, le respect des critères de l'éthique scientifique est assuré par le responsable de l'équipe qui agit en médiateur en cas de conflit. A noter que depuis 2017, et dans le cadre du nouveau décret relatif au déroulement de la thèse, les étudiants inscrits dans les écoles doctorales reçoivent durant leur thèse une formation à l'éthique scientifique.

4.6 Protection et sécurité

Le laboratoire n'a pas la culture du brevet ou de la valorisation par transfert de technologie, principalement du fait qu'il réalise des instruments dédiés à la recherche, au sein de larges consortia, et généralement pour le compte d'agences spatiales (le CNES) qui en sont les maitres d'ouvrage. Cependant, tous les instruments développés au laboratoire font l'objet de plusieurs publications dans les revues spécialisées.
Concernant la protection des données scientifiques et personnelles, le laboratoire incite fortement les agents qui disposent d'ordinateurs portables à crypter leur disque dur. Le service informatique du laboratoire a également mis en place toute une série d'outils pour protéger les accès et sauvegarder les données, de manière redondante, de manière à prévenir la perte d'informations en cas d'attaque informatique. Le laboratoire s'appuie sur des développements mutualisés avec d'autres unités au sein de l'université Paris-Sud.
Concernant les risques professionnels, un Document Unique d'Evaluation des Risques (DUER) est mis à jour tous les ans, présenté et validé par le conseil de laboratoire en début d'année. Cette année, nous avons ajouté au DUER une partie spécifique relative à la prévention des risques psychosociaux, basée sur une enquête réalisée au sein des équipes administratives, techniques et scientifiques. Les résultats de cette enquête sont en cours d'analyse mais révèle un niveau de stress élevé généré par la gestion des projets et les difficultés administratives du CNRS depuis plus de 2 ans qui ont un fort impact sur le bien-être des agents et en particulier ceux qui occupent des fonctions supports.

5 IMPLICATION DE L'UNITÉ DANS LA FORMATION PAR LA RECHERCHE

Sommaire

5.1 Produits des activités pédagogiques et didactiques 53
5.2 Productions scientifiques (articles, ouvrages, etc.) issues des thèses 54
5.3 Efficacité de l'accompagnement des étudiants et qualité de leur encadrement (financement, durée des thèses, taux d'abandon) . 54
5.4 Suivi des doctorants en liaison avec les écoles doctorales et attention portée à l'insertion professionnelle des docteurs 57
5.5 Accompagnement des séminaires de doctorants par des chercheurs ; degré de participation des doctorants à la vie de l'entité de recherche 58
5.6 Mobilisation des chercheurs dans le montage de formation de niveau master 58

5.1 Produits des activités pédagogiques et didactiques

Ouvrages

- "Relativité générale : Cours et exercices corrigés, 2e éd", J. Grain & A. Barrau, 2016, éd. Dunod
- The solar System, T. Encrenaz & J.-P. Bibring, Astronomy et Astrophysics library, Springer Science & Business Media, 2013
- Vial J.-C. & Engvold O., (éditeurs), 2015, Solar Prominences, Astrophysics and Space Science Library, 415

E-learning, moocs, cours multimedia, etc.

- Mise en place de travaux pratiques de sensibilisation à l'Astrochimie et à la spectroscopie IR dans le cadre d'un enseignement optionnel au niveau L2 (Paris Sud)
- Contributions (H. Dole, M. Langer) au MOOC Des particules aux étoiles de l'école doctorale PHENIICS, depuis 2015-2016
- MOOC : (N. Aghanim) dans le cadre du projet "De l'infiniment petit à l'infiniment grand", 2018
- Conférence de Nabila Aghanim dans le cadre du cycle "Une question un chercheur" organisé par L'Union des Professeurs de Classes Préparatoires Scientifiques, la Societé Mathématique de France , Societé Francaise de Physique, IAP, Janvier 2015
- Mise en place de travaux pratiques de sensibilisation à l'Astrochimie et à la spectroscopie IR dans le cadre d'un enseignement optionnel au niveau L2 (Paris Sud)

5.2 Productions scientifiques (articles, ouvrages, etc.) issues des thèses

Les doctorants, durant leur thèse, sont tenus de publier au moins un article dans un journal à comité de lecture, en plus du manuscrit de thèse. De plus, ils doivent avoir la possibilité de présenter leurs contributions lors de conférences internationales, sous la forme de posters, ou de présentations orales.

Le manuscrit de thèse proprement dit, fait l'objet d'un référencement dans les bases de données des thèses, ainsi qu'une publication d'un certain nombre d'exemplaires sous forme papier pour les doctorants qui souhaient diffuser leur travail sous cette forme. La diffusion papier a cependant tendance à fortement diminuer au fil du temps, du fait de la dématérialisation accrue des productions scientifiques.

- Publication de la thèse de J.-B. Durrive par Springer (2017) : Baryonic Processes in the Large-Scale Structuring of the Universe
- Publication de la thèse de Stéphane Ilis par Springer (2014) : The Large Scale Structures : a Window on the Dark Components of the Universe

5.3 Efficacité de l'accompagnement des étudiants et qualité de leur encadrement (financement, durée des thèses, taux d'abandon)

Conformément au règlement des écoles doctorales dans lesquels nos doctorants sont inscrits, tous les doctorants possèdent un contrat de travail et un financement

pour la durée normale de leur thèse (36 mois en général, 48 mois pour les contrats doctoraux du gouvernement chinois). Si la durée de la thèse dépasse (même légèrement) la durée du contrat initial, un avenant au contrat doctoral est signé, et les doctorants bénéficient d'un financement sur vacations, pour terminer leur travail. 29 thèses ont été préparées au laboratoire, et soutenues dans la période juin 2013 - juin 2018. L'origine des financements pour ces thèses est donnée dans le graphe 5.1 ci-dessous.

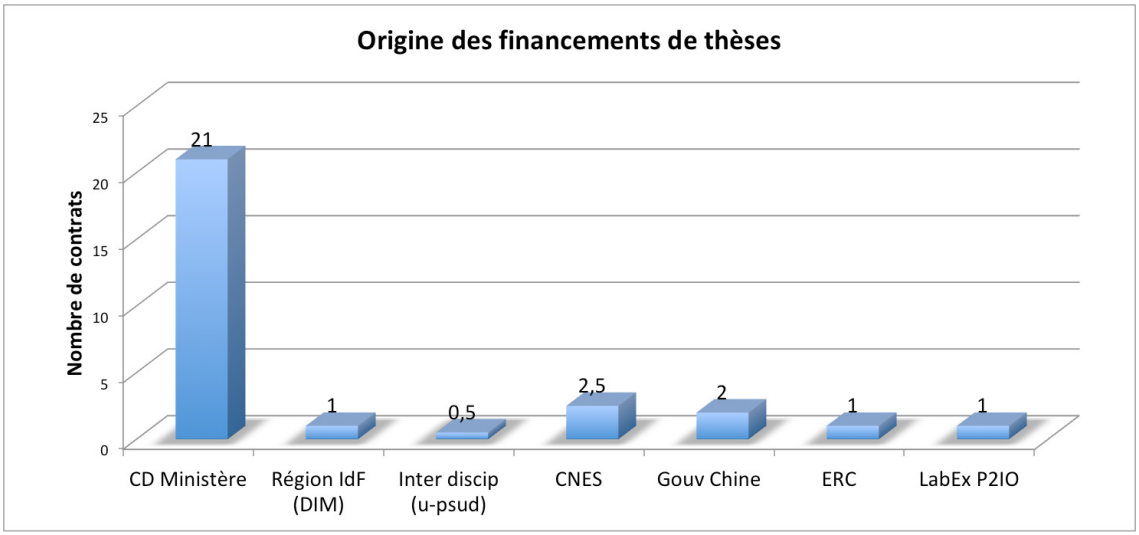

FIGURE 5.1 – Origine des financements de thèses

Sans surprise, la très grande majorité (plus de 70%) des thèses reste financée par des contrats de recherche du ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche. Cette proportion est très supérieure à la moyenne de l'ED 127 où 40% seulement des thèses sont financées sur contrat du ministère. Cela signifie que le laboratoire n'explore peut-être pas suffisamment la diversité des possibilités de financement et qu'un progrès doit être fait en ce sens. A noter que la généralisation des soutiens au niveau d'un 1/2 financement de contrat doctoral conduit à une complexification accrue du montage, au risque de fragiliser la construction. Cette tendance ne devrait cependant pas s'inverser dans l'avenir.

Le graphe 5.2 ci-dessous représente la statistique sur la durée des thèses soutenues. Si l'on tient compte de la spécificité des thèses chinoises (2 thèses ont été financées par un contrat chinois d'une durée de 4 ans), 21 des 27 thèses en 3 ans soutenues (soit près de 80%), l'ont été dans la durée nominale $\pm$ 3 mois, ce qui montre que dans la majorité des cas, la thèse se déroule de manière tout à fait satisfaisante. La durée moyenne d'une thèse sur cette période (hors thèses chinoises) est de 39 mois et 2 jours, avec une médiane à 37 mois. Pour les thèses qui ont été les plus longues, 4 des 6 thèses soutenues à plus de 3 ans et 3 mois sont des travaux à forte composante instrumentale. Dans ces cas, la durée de la thèse est fortement impactée par des contraintes liées au projet dans lequel le doctorant est impliqué, plus que par du retard dans l'avancement du travail du doctorant proprement dit. Il convient donc, lors

de la définition du sujet, de veiller à ce que les retards programmatiques potentiels des projets n'impactent pas négativement le déroulement de la thèse. Cela conduit à proposer des sujets peut-être moins ambitieux, mais moins risqués en termes calendaires. C'est une vraie problématique pour les laboratoires comme le nôtre qui forment des chercheurs instrumentalistes, une spécialité qui tend à se faire de plus en plus rare dans les laboratoires et qui est pourtant indispensable pour la conduite des futurs projets instrumentaux de la discipline.

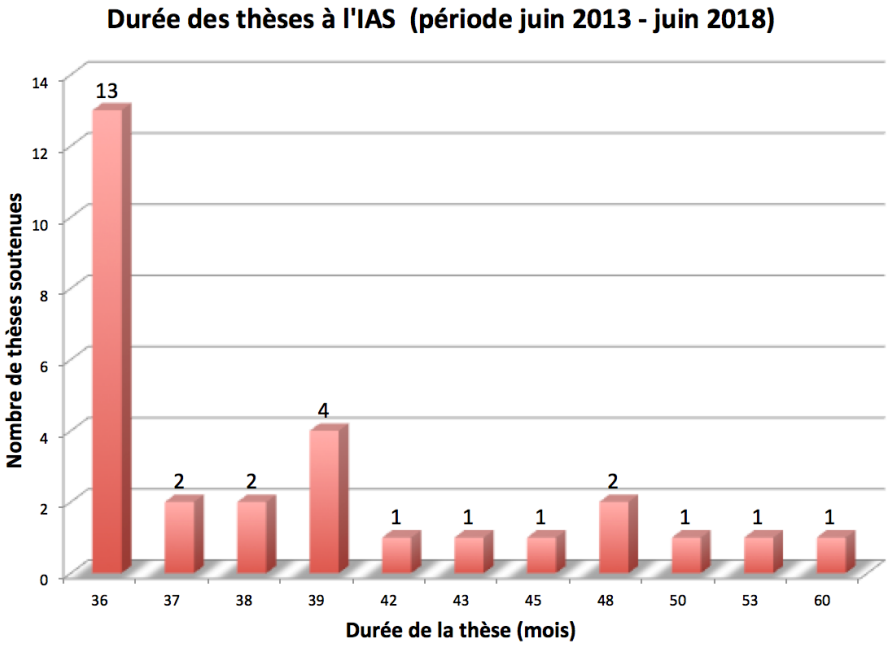

FIGURE 5.2 – Durée des thèses à l'IAS pour la période juin 2013 à juin 2018

Nous veillons attentivement à la qualité de l'encadrement des thèses, afin d'éviter des situations de bloccage. Les entretiens annuels, qui visent également à instaurer un climat de confiance entre les doctorants et les chargés de mission du laboratoire, de manière à faire remonter les éventuels problèmes de la thèse, avant qu'ils ne deviennent critiques. Durant le dernier quinquennal, nous n'avons pas eu à intervenir sur l'encadrement de la thèse. Une seule thèse n'a pas été ménée à son terme. Dans ce cas, l'arrêt de la thèse a été décidé avec le doctorant à l'issue de l'entretien de deuxième année avec le comité de thèse, après examen de l'avancement du projet, et le constat de difficultés insurmontables. Ce genre de cas restent heureusement très rares.

5.4 Suivi des doctorants en liaison avec les écoles doctorales et attention portée à l'insertion professionnelle des docteurs

L'article 13 de l'arrêté du 25 mai 2016 fixant le cadre national de la formation et les modalités conduisant à la délivrance du diplôme national de doctorat impose aux écoles doctorale la mise en place de comités de suivi de thèse. Dans la pratique, chaque école doctorale a défini sa règle propre. Le conseil de l'ED 127 (Astronomie et Astrophysique en Ile de France), où sont inscrits la majorité de nos docotrants, a reporté la responsabilité de mise en place des comités de thèse sur les unités de recherche qui accueillent les doctorants. Dans les faits l'IAS avait déjà mis en place en interne un processus de suivi des thèses par l'intermédiaire de 2 chargés de mission qui assuraient le suivi des doctorants. C'est ce processus qui a évolué vers les comités de thèse. Ainsi, chaque doctorant consititue en début de thèse son comité, composé d'un des deux chargés de mission au laboratoire (effectuant sa recherche en dehors de l'équipe du doctorant), et d'un parrain ou une marraine, choisie par le doctorant. Le comité de thèse se réunit 1 fois par an, en mai/juin pour la première année de thèse, en janvier/février pour la seconde année, et dans les premiers mois de la 3ème année, afin d'évoquer le plus rapidement possible le déroulement du travail de recherche, les progrès accomplis, les diffcultés éventuelles, et les perspectives d'après thèse. Pour les doctorants de l'ED 127, l'entretien de seconde année peut être confondu avec l'entretien à mi-parcours qu'organise l'ED, mais ce dernier ne le remplace pas. EDOM et PHENIICS gèrent directement le suivi de leurs doctorants, mais le processus mis en place au laboratoire ne s'en applique pas moins pour les doctorants inscrits dans ces ED. Chaque entretien fait l'objet d'un rapport écrit transmis à la direction de l'ecole doctorale du doctorant, et du laboratoire. L'objet de ce comité est de permettre à tous les acteurs de la thèse, doctorant, encadrant, laboratoire, école doctorale, d'avoir une vision la plus fidèle possible sur le déroulement de la thèse et l'insertion du docteur à lissue du processus.

La direction du laboratoire est ainsi en prise directe avec le devenir des doctorants, et peut anticiper les situations difficiles (nécessité de prolongation de la thèse ou de réorientation du sujet). Dans la pratique le processus est efficace, car sur le dernier quinquennal, 1 seule thèse initiée n'a pas été soutenue, interrompue en fin de 2ème année.

D'autre part, la direction du laboratoire est très impliquée dans la préparation de l'après-thèse. Avant d'être directeur de l'unité, M. Ollivier était responsable de la mise en place du programme de formations pour les doctorants et du suivi pour chaque doctorant de ces formations à l'ED 127. Dans ce cadre, un module de formation d'une semaine - « Préparer l'après thèse » a été mis en place et comporte une série de conférences sur la place des docteurs dans la recherche académique, mais aussi industrielle. En fil rouge, les doctorants effectuent un exercice de recrutement, avec réalisation d'un dossier écrit (CV, notice de titres et travaux ou lettre de motivation), et

simulation d'entretien d'embauche ou audition. Ce module attire entre 10 et 15 doctorants tous les ans. Cette année, nous avons accueilli des doctorants de toute la France.

5.5 Accompagnement des séminaires de doctorants par des chercheurs ; degré de participation des doctorants à la vie de l'entité de recherche

Comme tous les personnels du laboratoire, les doctorants sont associés à la vie de l'unité :

- Dans leur équipe scientifique de rattachement : il participe à l'animation scientifique et aux réunions d'équipes.
- Au niveau de l'unité : un représentant élu des doctorants siège au conseil de laboratoire.

Les doctorants bénéficient également d'un budget pour l'organisation d'activités scientifiques spécifiques : séminaires des doctorants.

L'unité veille également à offrir aux doctorants, la possibilité de présenter leur travail en interne lors de la journée des doctorants, et en soutenant des actions à plus forte visibilité (soutien à la conférence Elbereth).

5.6 Mobilisation des chercheurs dans le montage de formation de niveau master

L'ensemble de la filière « Master » de l'Université Paris-Sud, pour le domaine de la physique, a été restructuré sous l'égide du département de physique. Les enseignants-chercheurs de l'IAS qui dépendent du département de physique ont donc participé par ce biais à cette démarche globale et concertée, qui a abouti à la labellisation de 22 parcours différents.

- M. Ollivier, Membre du bureau et du conseil de l'ED 127 : membre du jury du concours de l'ED 127. Créateur et responsable du module « préparer l'après thèse » à l'ED 127
- François Poulet : responsable d'une unité d'enseignement dans le master Planétologie d'Ile de France
- Mathieu Vincendon : responsable Paris Saclay du parcours de master 2 ème année Outils et Systèmes de l'Astronomie et de l'Espace
- Mathieu Vincendon : responsable de trois unités d'enseignements au master mention physique de Paris Saclay (dont U.E. Systèmes et Méthodes d'Imagerie : montage de l'U.E., obtention de financements - 10 keuros - pour la mise en place des travaux pratiques)

– Laurent Verstraete : responsable du Master « Astronomie, Astrophysique et Ingénierie Spatiale » à Paris-Sud.

6 PROJET SCIENTIFIQUE À CINQ ANS

En toute logique, le projet scientifique de l'unité doit être défini et argumenté par l'équipe qui va le porter. A cette heure, le processus de renouvellement de l'équipe de direction pour le prochain mandat n'est pas initié. C'est donc l'équipe actuelle qui présente ce projet, construit à partir des prospectives et projets des équipes scientifiques, dans le contexte géopolitique actuel du laboratoire. A charge à la nouvelle équipe de direction de s'approprier ce projet, de le décliner, ou de l'amender.

Sans grande surprise, le projet scientifique du laboratoire à cinq ans s'inscrit dans la continuité des projets précédents, jalonné par les engagements du laboratoire via ses équipes dans les différents projets spatiaux de la discipline. Ce projet est détaillé dans les contributions des différentes équipes scientifiques.

Pour l'équipe « Astrophysique de la Matière Interstellaire », l'objectif principal est de réussir le début de l'exploitation scientifique du JWST. L'équipe est très impliquée dans l'un des programmes ERS (early realease science), dans le domaine des disques circumstellaires, pour comprendre la matière interstellaire et le gaz qui s'y trouvent et les processus associés à leur création et leur évolution. Il s'agira de concrétiser cette implication en développant les collaborations à cette occasion. Dans le même temps, l'équipe devra s'impliquer dans les futurs observatoires infrarouges en développement, et en particulier SPICA qui est l'un des projets candidats pour la mission M5 de l'ESA.

Pour l'équipe « Cosmologie et Extragalactique » les 5 prochaines années seront articulées autour de 3 projets principaux : finaliser la préparation scientifique d'Euclid, et commencer son exploitation scientifique après le lancement. Le laboratoire a beaucoup investi dans ce projet, à la fois sur le plan instrumental et pour le traitement des données. Il conviendra de valoriser cet investissement. L'autre enjeu principal de l'équipe est de faire émerger (ou tout au moins de participer aux activités qui feront émerger) le concept instrumental de la future mission pour l'étude du CMB, post-Planck. Ce besoin est une priorité de la communauté, exprimé dès le colloque de prospective du CNES en 2014. Plusieurs concepts sont proposés, mais aucun n'a encore pu se concrétiser par un projet approuvé par les agences spatiales. Dans ce contexte très prospectif, l'IAS a préféré développer des techniques incontournables

du futur projet, quels que soient les observables retenus. En particulier, il conviendra de pousser le plus loin possible en TRL le concept de réfrigérateur à dilution en cycle fermé, qui semble un élément nécessaire pour faire voler des plans focaux de grande dimensions, refroidis entre 50 et 100 mK, avec une autonomie de fonctionnement supérieure à ce qui est obtenu avec un technique cryogénique à fluide perdu. Le développement de l'expertise sur le comportement des chaines de détection du CMB soumises au rayonnement dans l'environnement spatial (ions lourds, protons, photons gamma, ...) fait également partie des expertises qui peuvent se décliner sur plusieurs concepts de missions. Le 3ème enjeu du prochain quinquennal sera la préparation de la mission ATHENA (mission L2 de l'ESA), encore une fois pour acquérir l'expertise qui permettra une bonne exploitation scientifique.

Pour l'équipe « Physique Solaire et Stellaire », la perspective scientifique est également bien jalonnée pour le futur quinquennal, avec le lancement, en principe en 2020 de Solar Orbiter et la responsabilité au laboratoire des opération de l'instrument SPICE. Entre temps, l'équipe continuera d'exploiter l'observatoire Solar Heliospheric Observatory, tant qu'il sera opéré par l'ESA. L'autre projet phare de l'équipe est PLATO. Il conviendra durant les prochaines années de remplir nos engagements dans le projet, à savoir étalonner 10 des caméras de vol de la mission et contribuer aux algorithmes du PLATO Data Centre. Dans le même temps, l'équipe devra réfléchir aux futurs concepts d'imageurs solaires spectraux, et finaliser les R&T en cours.

Pour l'équipe « Système Solaire et Systèmes Planétaires », là également, le paysage des prochaines années est riche. Dès l'été 2018, l'exploitation de la mission spatiale Hayabusa 2 commencera avec son arrivée à proximité de l'astéroïde Ryugu. A l'instar de ce qui s'est passé pour Rosetta, la rencontre sera un événement qui aura un rayonnement bien au-delà de la communauté scientifique. 2018 sera également l'année du lancement de BepiColombo, dont la contribution à l'instrument SymbioSys est l'une des plus belles réalisations instrumentales du quinquennal qui s'achève (livraison en 2016, après l'étalonnage à la station d'étalonnagede l'IAS). Les 3 prochaines années seront également celles de la finalisation de l'instrument MAJIS pour la mission JUICE (lancement en 2022 pour une arrivée sur Jupiter en 2030). Le laboratoire est PI de cet instrument et son développement est le plus gros projet actuellement en cours au laboratoire. Dans le même temps, il faudra préparer scientifiquement l'exploitation de cette mission, et la préparation de la phase de croisière. Tout en continuant l'exploitation scientifique d'OMEGA sur Mars Express, l'équipe finalisera également la préparation de la mission exomars qui permettra, grâce à MicrOmega, une analyse insitu à l'échelle du grain de poussière tout en se déplaçant à la surface de Mars avec un rover. Dans le même temps, l'équipe continuera le développement du spectro-imageur de la famille des OMEGA qui sera installé sur le projet de mission japonaise MMX pour explorer les satellites de Mars (lancement prévu 2025). Enfin, la contribution du laboratoire à ARIEL (mission M4 de l'ESA) vient de démarrer et sera l'un des enjeux majeurs pour l'équipe, avec un besoin absolu de renouveler l'équipe qui exploitera les données de cette mission : l'équipe actuelle n'étant constituée que d'un seul permanent...

Enfin dans ce paysage des projets spatiaux, l'équipe « Astrochimie et Origines » qui a dû faire face à 2 départs, devra focaliser ses activités sur ses forces et participer à l'accompagnement scientifique des missions d'exploration du milieu interstellaire et du système solaire primitif.

Si les projets scientifiques sont fortement articulés autour de projets spatiaux, la réciproque est également vraies, et durant les 5 prochaines années, comme durant chaque quinquennal, il faudra garder à l'esprit d'identifier les idées scientifiques et les projets associés dans lesquels les différentes équipes scientifiques souhaitent se positionner. Il faudra également positionner le laboratoire techniquement pour permettre aux équipes scientifiques de prendre des responsabilités importantes dans les projets. Cela suppose d'identifier dès maintenant les techniques instrumentales et expertises que nous souhaitons développer, ainsi que les concepts instrumentaux porteurs qui feront les missions de demain. Dans ce contexte, le laboratoire participera fortement aux exercices de prospectives menés par la communauté, que ce soit au niveau du CNRS (prospective INSU) ou au niveau du CNES, pour lesquels un exercice de prospective vient de démarrer. Il faudra également veiller à maintenir l'équilibre entre les projets en développement et exploitation et la R&T et études en amont qui feront les projets des quinquennaux suivant.

Sur un plan plus local et politique, l'événement phare du prochain quinquennal sera la disparition de l'Université Paris-Sud au 1er janvier 2020, qui se fondra dans l'Université Paris-Saclay dont elle deviendra la colonne vertébrale initiale (L'Université Paris-Sud sera le seul établissement à abandonner dès 2020 sa personnalité morale et juridique). Le laboratoire et sa direction sont fortement impliqués dans tout le travail de réflexion sur la structuration de cette université. En particulier, l'IAS est l'un des piliers du département SPU actuel, au sein duquel une partie de la réflexion s'effectue. Même si ce département peut être amené à disparaitre nous gardons en permanence à l'esprit le besoin d'assurer la visibilité de la discipline dans un contexte où l'on passe progressivement d'une structuration à l'échelle nationale à une structuration où les IdEx régionaux prennent une importance de plus en plus forte. Dans ce contexte encore complètement flou, la présence d'un OSU à Paris-Sud, dans lequel nous jouons un rôle central, est un atout important pour maintenir et accroitre notre visibilité dans ce paysage régional en évolution. Il conviendra de réfléchir à l'évolution de cet OSU, notamment du fait de la présence d'un autre OSU dans l'un des autres établissements qui rejoindra Paris-Saclay (l'Université Versailles Saint-Quentin). Ce sera certainement l'occasion de repenser son contour thématique, sa composition, et ses objectifs. Ce travail sera à mener par la directrice de l'OSUPS.

Pour ce qui concerne le laboratoire proprement dit, la question de l'emploi permanent sera un problème central à résoudre, sous peine de se retrouver rapidement dans l'incapacité à tenir les engagements qui ont été pris dans les projets. Il faudra tout d'abord inverser la tendance à la baisse de l'effectif (enseignant)-chercheur, en augmentant encore notre attractivité scientifique. Ce sont également les projets que nous aurons à proposer qui permettront à des chercheurs confirmer de rejoindre le

laboratoire. Sur le plan technique, il s'agira de maintenir nos métiers de coeur, sous peine de ne plus être compétitifs pour prendre le lead technique au sein des consortia. En particulier, il faudra identifier assez rapidement les projets sur lesquels nous souhaitons avoir une contribution importante, voire prendre le PIship. Plusieurs possibilités sont à étudier sérieusement, dont celle de constituer des équipes intégrées avec des laboratoires voisins qui partagent les mêmes objectifs scientifiques et qui ont des intérêts convergents dans les projets. Enfin, la question de l'emploi support (administration, infrastructures immobilières et informatiques) devra être prise en compte sérieusement. Si dans certains secteurs, un effort de mutualisation peut encore être fait, l'augmentation permanente du niveau des actes administratifs au niveau du laboratoire exige de pouvoir mettre en place une équipe administrative solide et adaptée en nombre et compétences.

7

RAPPORT D'ACTIVITÉ SCIENTIFIQUE PAR THÈMES DE RECHERCHE

Sommaire

7.1 Équipe MIC-AMIS/COSM!X 65
7.2 Équipe Astrochimie et Origines 108
7.3 Équipe Système solaire et systèmes planétaires 138
7.4 Équipe Physique solaire et stellaire 159

7.1 Équipe MIC-AMIS/COSM !X

7.1.1 Présentation de l'équipe

The five-year period that ends was exceptional for our "Matière Interstelaire et Cosmologie" (MIC) team, marked by the continuing success of the Planck mission and the central role and the multiple responsibilities of our team in the analyses of the HFI instrument. We were also very much involved in the scientific exploitation of several major Herschel programs and on the large ground instruments observations that we have conducted. The MIC team obtained outstanding results on the very broad range of domains covered by our expertise : (1) the analysis of the submillimeter polarized sky, (2) the physics of interstellar matter, (3) the physics of gas and the evolution of galaxies, (4) history of star formation, (5) the cosmology of large structures and (6) the cosmic microwave background. A special effort was made to develop tools for data processing, modeling and analysis, as well as for the dissemination of reference products and software for the community. We have pursued in parallel our multidisciplinary R & D actions in the field of bolometer matrices for future projects and the development of new sub-K cooler for space application. In addition we are deeply involved in current M/L-class missions of the domain and leading one of post-CMB projects.

During this five-year period, the team has evolved by focusing on its two main investigation areas with less and less links between the two. The Herschel-Planck sy-

nergy decreased with the end of the two missions, and in parallel, researchers working in between the two domains (dust cleaning for CMB, intercalibration, dusty galaxies) have left the lab. After many discussions in the team and with the direction of the lab we decided to create two teams, "Astrophysique de la Matière InsterStellaire" (AMIS) and "Cosmology and eXtragalactics" (COSM!X) in order to develop and focus on each science project with a new momentum, effective from March 2018. The current document is organised as follows : tables, the five-years period science summary and annexe 4 are presented for the full MIC team.

Permament staff :
Over the last 5 year period, the team has hired only one new permament member to CNRS (2014, AMIS) and one professor (chaire d'excellence IDEX, COSM!X). Six members have successfully applied to higher level positions (3 CR->DR, 1 DR2->DR1, 1 MdC->PR, and 1 AA->A). Unfortunately, during that time, 2 of our permanent researchers (1DR+1PR) became emeritus, 10 (8 CNRS + 2 CNAP) have left for other labs, leading to a net balance of -8 active researchers over the 5 years (for a final June 2018 number of staff of 16).

Non-permanent members :
The large number of post-docs at the beginning of the period was driven by the Planck and Herschel missions and the MISTIC ERC project. Since then, the two missions ended and the ERC MISTIC project has come to an end. The new ERC ByoPiC project just started in 2017 and is providing only 2 post-docs as of June 2018. In total 26 post-docs have been working in the team during the last 5 year period.

The number of PhD students is pretty stable, as well as the PhD student-to-HDR ratio : 11/12 in 2018 compared to 17/16 in 2013. During the period 17 PhD degrees have been obtained in the team as well as 5 new HDRs.

In the period 2013-2018 the team has supervised 56 interns from the L3 to the M2 levels (including interns from Engineering schools).

	2013	2018	2018 AMIS/COSM!X	2013-2018
Emeritius	1	3	1/2	+2
CNRS Researchers	11	5	2/3	-6
University Researchers	10	8	3/5	-2
Post-docs	16	10	2/8	-6
PhD students	12	11	4/7	-1
Total	50	37	12/25	-13

	2013-2018
PhD degrees awarded	17
Post-docs (>12 month)	26
Interns	56
HDR diploma awarded	5
Number of HDR (2018)/number of researchers	12/13

Budget :
On the one hand the team budget consists in the yearly « budget récurrent du CNRS » (rolling funds from the CNRS) distributed by the lab (more or less) propor tionally to the number of team members as well as in an equivalent amount of funds obtained through the many applications to the Programmes Nationaux (PNCG & PCMI). On the other hand, members of space projects apply to the CNES APRs and benefit from mission funds. Further applications have been succesfully submitted to CNES for hardware and R&D extra funding. During the same period a large number of applications has been also succesfully submitted to the DIM ACAV, the Labex P2IO, the ERC, the ANR, the ISSI and the IDEX. Students & post-docs are also encouraged to apply for grants when possible, to participate in conferences and schools.

7.1.2 Bilan scientifique

7.1.2.1 Planck & Herschel era

The Herschel-Planck cornerstone missions of the ESA scientific program launched in 2009 have been major IAS project in terms of instrument development and operations for 20 years. The science results have been mostly published during the last five years.

MIC involvement in Planck

The IAS has been the Planck-HFI lead institute for the development, in-flight operations in flight, and science analyses during the 2013-2018 period with the Principal Investigator (J.-L. Puget), the Ground Segment manager (L. Vibert), several Working Group leaders (H. Dole, N. Aghanim), product managers, and many paper leads.

This period covered the science analysis peak with three (2013, 2015 and June 2018) Planck Collaboration data and publication releases (2013, 2015 and June 2018). Over these three releases and intermediate result publications, MIC members have been lead almost 1/4 of all papers ($\sim$125 papers), making our team the first in terms of cosmological and Galaxy analyses of Planck data.

The management included the coordination of several hundred scientists in 15 main institutes in the world as well as the productions and releases to ESA of the data and the writing of the corresponding Explanatory Supplements. The production of the HFI frequency maps has been coordinated by our team as well as outcomes from the HFI maps (such as the SZ map, the CIB map and galaxy cluster catalogues including hundreds of newly discovered SZ galaxy clusters).

The HFI has very low noise detectors with high sensitivity (10^{-4} μK^2 in power spectra), so the systematic effects have been (and are still) carefully studied after the launch using first the intensity data, then the polarisation data analysis. The foreground residuals are the other limiting factor in the polarisation data especially at the largest scales. This led the first two Planck releases to focus on intensity at sub-degree scales.

The polarisation on large scales contains key information for the extraction of two cosmological parameters which could not be extracted from the WMAP data namely the reionization parameter τ (from the polarized E modes) and the tensor-to-scalar ratio of primordial fluctuations r (from the polarized B modes). The τ parameter was only accurately measured with the Planck data in 2016 [2016, A&A 596, A107, 2016 A&A 596, A108] and its low value is confirmed in the 2018 release. The best constraint on the r factor was obtained in 2016 by a collaboration between the Planck-HFI and the BICEP-Keck teams (after a tentative claim of detection of the primordial B modes by the BICEP team shown by the Planck HFI data to be due to the dust foreground [2016, A&A 586, A133]. A new map making software developed at the IAP has been used for the 2018 release which provided maps with a much better correction of the systematic effects for temperature and polarisation.

Over the 3 releases, the key contributions of the MIC team to the science analysis of Planck have been widely recognised in the fields of cosmology, large scale structures and interstellar medium.

Cosmology with Planck

After many years of leading and participating to the secondary anisotropies working group, MIC members where deeply involved in the analyses and publications of Planck results on the Integrated Sachs Wolfe (iSW) effect, cosmology with SZ clusters and reionization. This implication leads us also to participate in the pure CMB analyses. We proposed novel techniques and methods for iSW measurements (based on cross-correlations and the use of voids and polarisation [Ilic et al. 2011, Ilic et al 2013]) and implemented them for the 2 corresponding Planck publications [Planck XIX 2013, Planck XXI 2015]. We led the first cosmological analysis of SZ cluster counts and exhibited the tension between clusters and CMB using for the first time a sample of almost 200 clusters [Planck XX 2013, updated in Salvati et al. 2018]. We also led the first cosmological use of the Planck full sky SZ map (and angular power spectrum, and bi-spectrum) to constrain cosmological parameters based on our modelling [Taburet et al. 2009, Planck XXI 2013, Planck XXII 2015, Hurier & Lacasa 2017], as well as its cross-correlation with X-ray data [Hurier et al. 2015]. Finally, we applied our developments on reionization modelling [Douspis et al. 2015] in the Planck context in 2016. The Planck-HFI data have been the first to yield a highly significant value τ = 0.055 $\pm$-0.009 of the reionization optical depth to the CMB. This low value is confirmed in the 2018 Planck legacy results. For the first time, the measurement of τ with CMB data led to an agreement with the astrophysical determination. It points towards a slow beginning and fast ending of the reionization process [2016, A&A, 596, A108, Gorce et al. 2018]. As the cosmic variance value for half of the sky is still about a factor of 2 lower than current estimates, we expect new results with our new analyses in the coming month.

Large scale structures

The deep involvement of the team in the study of Large Scale Structures (LSS) allowed us to probe the structuring of the universe through Planck data and led to many Planck publications. In addition to the use of the full-sky SZ map for cosmological constraints, the SZ effect has been used to produce the first full-sky catalogue of SZ clusters (Planck 2011, then updated with Planck 2013, Planck 2015). The SZ map has also been used to unveil gas bridges between clusters [Planck intermediate results VIII 2013, Bonjean et al. 2018] and in many studies of individual structures or stacking for statistical studies [Tanimura et al 2018]. We also produced the first large scale map and power spectrum of the Cosmic Infrared Background [CIB, Planck 2013 XXX] and its correlation with the SZ effect [Planck 2015 XXIII] and lensing [Planck 2013 XXVIII]. After the discovery of potential proto-clusters thanks to the multiband observation of Planck [Planck intermediate results XXVII , XXXIX], many follow-ups have been (and will be) led by MIC members to confirm the nature and redshift of these objects [Canameras et al. 2017, Negrello et al. 2017].

The MISTIC ERC program on the interstellar polarized dust emission in the Planck data

The MISTIC (Mastering the Dusty and Magnetized Interstellar Screen to Test Inflation Cosmology) project represented a major contribution of IAS to the Planck data analysis, bridging Galactic astrophysics with the analysis of cosmic microwave background (CMB) data. Funding from the ERC (advanced investigators grant) supported a coordinated effort of a dozen researchers within the IAS MIC group. This activity triggered tight collaborations with researchers from other research laboratories in France (AIM, ENS/LERMA and IRAP).

The IAS MISTIC team played a major role in the Planck data analysis at IAS. We led the analysis of dust emission in total intensity (Planck 2013 results XI, Planck intermediate results XVII, XXIX) and polarisation (Planck intermediate results XIX, XX, XXI, XXII, XXXII, XXXIII, XXXIV, XXXV, XXXVIII, XLIV). We also made significant contributions to the analysis of the Planck data for cosmology, in particular the search for the polarisation of the microwave background (B modes) associated with primordial gravitational waves generated by cosmic inflation (Planck Intermediate Results XXX, XLIV, L, LIV). We outline our main scientific results within three main research topics.

Primordial gravitational waves goal (B modes)

The B-ware CNES APR and BxB ANR projects are dedicated to further analyses of the Planck data. The Planck collaboration will end with the 2018 release and the space agencies ended their funding in 2016 or 2017. For this last release, the data were frozen in January 2016. The SRoll map used for this release is not the final one in terms of the cleaning of systematic effects. A small sub team of the HFI consortium proposed to CNES and ANR to keep developing SRoll 2 with the goals of reaching the cosmic

variance for τ and giving the best upper limit on r from Planck alone. Furthermore the idea is to collaborate with the balloon borne experiment SPIDER and the ground based advanced-ACT (both lead at Princeton, USA) which will get better CMB polarized data than Planck but need the best High frequency data from Planck to clean the dust foreground (dominating for the reionization peak) and the lensing induced B modes. These projects have been funded and started in the second half of 2017. This will also rely on the Deep learning team lead by Stéphane Mallat at laboratoire de Physique at ENS (this lead François Boulanger and Jean-Loup Puget to join the new cosmology group at the Laboratoire de physique of ENS), still keeping a strong link with IAS to contribute with their expertise to the future CMB space projects.

The post Planck space projects PRISTINE and LITEBIRD have the measurements of the primordial B modes as their main objective which will provide a more direct insight on the physics of inflation and could extend the current understanding of physics beyond the Standard Model of particle physics.

Here we summarise the major results of the IAS interstellar medium (ISM) group over the last five years. During this time the work of the group was mostly focussed on the analysis and modelling of Planck and Herschel data. We characterised the statistical properties of the magnetic field in the Milky Way, and its correlation with the gas structures, studying how the magnetic field in the Milky Way traces the structure of the ISM and how its structure is determined by the magnetic field. We also highlighted the evolution of dust properties through the diffuse ISM in intensity and polarisation, providing new constraints for dust models. The Compiegne et al (2011) dust model was amended to conform to these new constraints. In parallel, we have developed a new dust model and elucidated how the interstellar dust and gas vary within and across galactic interfaces stretching from the diffuse ISM, through molecular clouds, dense star-forming cores and on into proto-planetary discs. We have applied our knowledge of dust evolution in the Milky Way to both nearby and distant galaxies. The specifics of some of the funded projects that this group has been closely involved with are described at the end of section 7.1.2.2.

7.1.2.2 The Interstellar Medium

People involved : A. Abergel, F. Boulanger, E. Dartois, V. Guillet, E. Habart, A. Jones, G. Pineau des Forêts, M.-A. Miville-Deschênes, J. Aumont, L. Verstraete, N. Ysard, M. Alves, J. Bernard-Salas, M. Bocchio, T. Boutéraon, R. Brauer, L. Fanciullo, T. Gosh, M. Köhler, A. Mangilli, E. Micelotta, E. Saury, J. Soler, T. Schirmer, F. Vansyngel

The IAS team has played a major role in the analysis of the Planck and Herschel mission data. As a member of the Herschel/SPIRE consortium, we led the Guaranteed time key project on the ISM in our galaxy. We analysed the structure of the ISM and studied dust evolution, at the interface between diffuse and dense media, over spatial scales smaller than those available to us through the Planck mission. We also produced detailed maps of several key gas lines (C^+, O^0, CO, CH^+, OH) in order to

probe the energetics and the formation of molecules across Photo Dissociation Regions (PDRs) (Parikka et al. 2017, Bernard-Salas et al. 2015, Koehler et al. 2014a). The database of our project has been developed and maintained at IDOC.

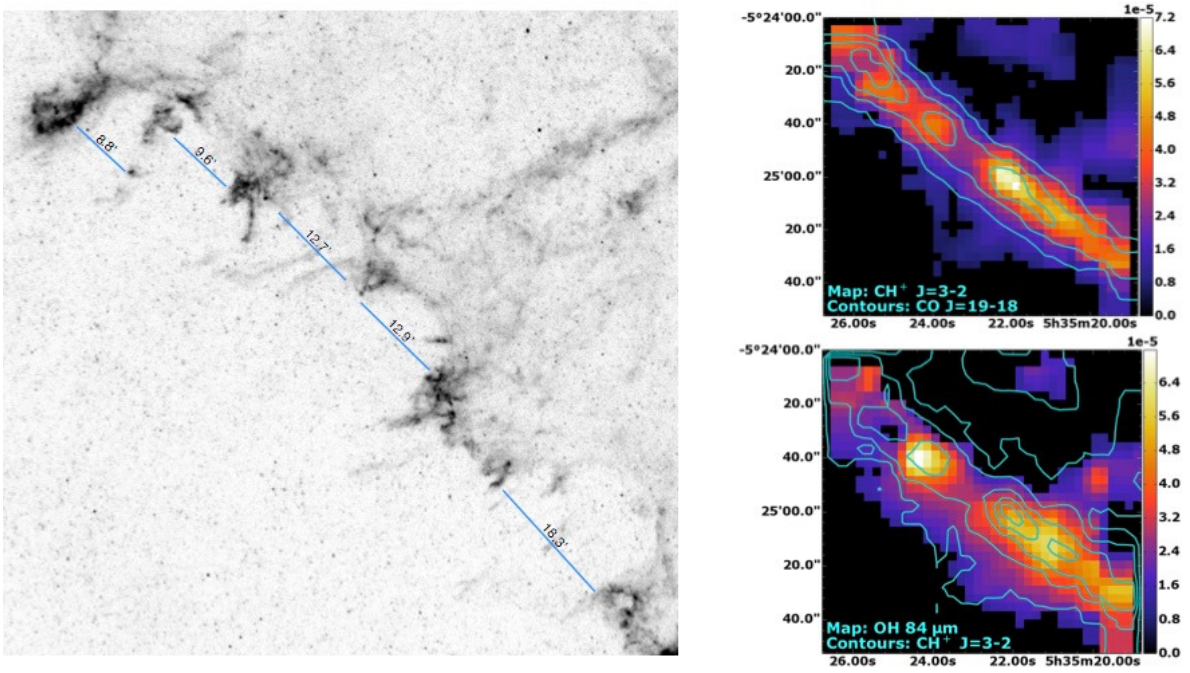

FIGURE 7.1 – Left : SPIRE-Herschel image at 250 microns of the Draco nebula. Rayleigh instability knots are clearly observed suggesting structure formation by a collision between clouds. Right : PACS-Herschel maps of CH^+ and OH in the Orion Bar. The correlation with the warm-CO emission confirms the endothermic formation route for CH^+ and OH formation. Differences between the CH^+ and OH maps have been ascribed to different amounts of UV-heated vibrationally excited H_2 (Parikka et al. 2017).

We studied the multi-scale structure of the multi-phase ISM using various tracers (dust emission, dust scattering and 21 cm) as well as numerical simulations, in order to characterise the properties of interstellar turbulence and the formation process of cold structures out of the warm ISM (Miville-Deschênes et al. 2017a, 2016, Saury et al. 2014, Robitaille et al. 2014). In addition we developed a new method to extract coherent structures from hyper-spectral data (21 cm, CO). This allowed us to produce an extensive catalog of molecular clouds within the Milky Way, revealing variations in the properties of the molecular gas and star forming regions over the whole Milky Way disc (Miville-Deschênes et al. 2017b). The method has also been used to study the properties of molecular clouds in extra-galactic systems using ALMA data (Salomé et al. 2017).

We have developed the technique of time-dependent modelling of magnetohydrodynamic shock waves (Lesafre et al. 2013, Flower & Pineau des Forêts 2013, 2015) to interpret molecular lines emission from outfow sources and supernovae remnants observed by Herschel (CO, SiO, H_2O, OH, NH_3, CH_3OH...), and also in the difuse inter-

stellar medium observed by SOFIA (Neufeld et al. 2015, Gusdorf et al. 2016, 2017). A particular attention has been paid to grain-grain processing which has been shown to be an indispensable ingredient of shock modeling in high density environments (Anderl et al. 2013). We have also studied under which conditions molecules survive in disk jets and winds, in order to interpret the composition and the dynamics of molecular jets observed by ALMA (Yvart et al. 2016, Tabone et al. 2017, 2018).

The IAS ERC MISTIC team used the Planck data to describe the interplay between the Galactic magnetic field, turbulence and the density structure of the interstellar medium. This work characterised the correlation between the magnetic field and the filamentary structure of the diffuse medium, showing that this can account for the asymmetry between the E and B signal of the Galactic polarisation discovered by Planck (Planck Collaboration XXXIII 2016). We constructed a model that relates statistical properties of the dust polarisation to the structure of the magnetised interstellar medium. We then used this to constrain the structure of the Galactic magnetic field within the solar neighbourhood and the properties of its turbulent component (Planck Collaboration XLIV 2016). We also explored the magnetic field structure in star forming molecular clouds (Planck Collaboration XXXIV 2016).

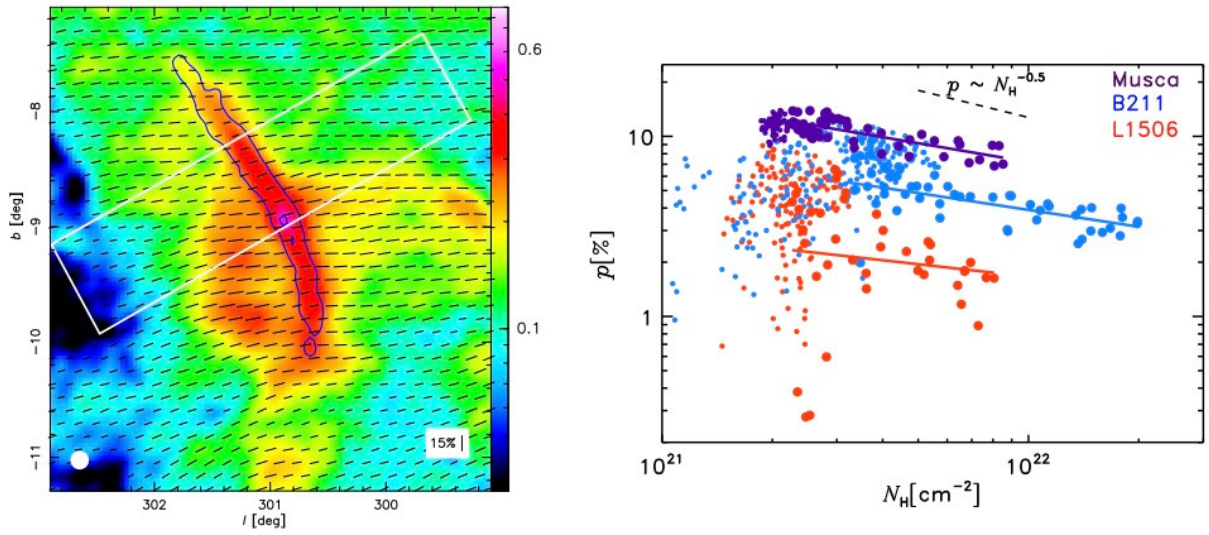

FIGURE 7.2 – Left : Intensity and polarization vector observed at 353 GHz by Planck in the translucent cloud Musca. Right : Trend of the linear polarization fraction with the amount of matter (column density) along the line of sight in various molecular clouds (Planck collab. XXXIII 2016).

The group has and will actively collaborate with many (astro-)physicists and mathematicians to advance our comprehension of the ISM (Bocchio et al. 2016, Boucaud et al. 2016, Orieux et al. 2013). Our main collaborators are from CSNSM, IPN, IAP, IRAP, ISMO, L2S, OBSPM, and DAp/AIM. For instance, F. Orieux (L2S, applied mathematics for inverse problems) collaborates with our team for the production of high-quality data images from future JWST observations.

7.1.2.3 The nature & evolution of interstellar dust

People involved : A. Abergel, E. Habart, V. Guillet, A. Jones, L. Verstraete, N. Ysard, J. Bernard-Salas, M. Bocchio, Boutéraon, R. Brauer, L. Fanciullo, M. Köhler, T. Schirmer

Dust is an integral part of interstellar matter and plays a key role in the physical and chemical evolution of the gas (by heating it and providing sites for molecule formation) from diffuse regions to star forming clouds. Herschel and Planck data opened up new perspectives for interstellar dust allowing us, for the first time, to characterise the emission properties of the large grains that make up most of the dust mass (Planck Collaboration XV 2014, Planck Collaboration XVII 2014). Further, using the Planck data we constructed all-sky dust emission maps at FIR-mm wavelengths, which allowed us to highlight the effects of dust evolution within the diffuse and the dense interstellar media (Planck Collaboration XXIX 2016, Ysard et al. 2015, Fanciullo et al. 2015, Planck Collaboration XI 2014). The angular resolution of Herschel has allowed the detailed analysis of individual objects (Koehler et al. 2014a, Ysard et al. 2013, Roy et al. 2013, 2014, Makiwa et al. 2016). The Planck mission also provided an unprecedented view of dust polarisation. We were able to uncover the limits to which dust emission at long wavelength range can be used as a tracer of interstellar matter. Our analyses led us to develop a dust model that is the first to take into account the constraints imposed by the Planck/Herschel observations in terms of both total intensity and polarisation (Guillet et al. 2018, Fanciullo et al. 2017).

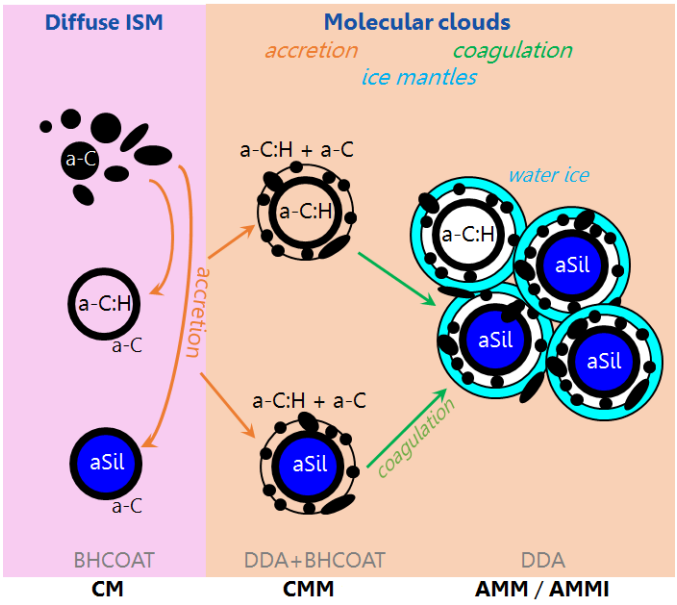

FIGURE 7.3 – Sketch of dust evolution across interstellar regions as proposed in the THEMIS model (Jones et al. 2017).

7.1.2.4 Dust modelling, radiative transfer and laboratory data

People involved : E. Dartois, A. Jones, L. Verstraete, N. Ysard, M. Bocchio, T. Bouteraon, L. Fanciullo, M. Köhler, E. Micelotta, T. Schirmer

Observations have long shown that dust is composed of amorphous carbonaceous and silicate materials and clearly show that dust is not the same everywhere but evolves across the interstellar medium. Until the recent work of our IAS team, dust models did not consider the fine details of evolutionary processes. In particular, the interstellar carbonaceous dust turns out to be more complex than the often-assumed graphite (Jones et al. 2014, Jones et al. 2013, Jones 2013). A new set of realistic optical properties for amorphous hydrocarbon solids, combined with laboratory-measured silicates and Fe/FeS nano-inclusions, were incorporated into a new dust model THEMIS (The Heterogeneous dust Evolution Model for Interstellar Solids, Jones et al. 2017, Koehler et al. 2014b). THEMIS has allowed us, for the first time, to derive a physically-realistic scenario for dust evolution that takes particle size, structure and surface effects into account. Comparison of the THEMIS model results and predictions with the observations from the Herschel and Planck space missions showed that the THEMIS model is consistent with the measured dust emissivity variations across the low to high density ISM within a coherent dust evolution framework (Jones et al. 2016, Ysard et al. 2016, Ysard et al. 2015, Fanciullo et al. 2015, Koehler et al. 2015, Jones & Habart 2015). Energetic processes leading to changes in the grain properties and size distribution were also evaluated (Bocchio et al. 2014, 2013). We have also used THEMIS to explore the dust properties in the Magellanic clouds (Chastenet et al. 2017) and more distant galaxies (DustPedia, Clark et al. 2018, Davies et al.2017).

To achieve a realistic analysis of observations of dust evolution from the diffuse to the dense media at any wavelength, it is mandatory to take into account the effects of radiative transfer. To do so, we have coupled our dust emission and extinction code DustEM to three state-of-the-art public radiative transfer codes : CRT (M. Juvela, University of Helsinki) designed for Galactic molecular cloud, SKIRT (M. Baes, University of Ghent) designed for galaxies, and MCFOST (C. Pinte, IPAG) designed for protoplanetary discs.

At the IAS our dust modelling efforts are complemented by experimental work on amorphous hydrocarbon solids (Gavilan et al. 2017, 2016). This includes studies of VUV photolysis and ion irradiation to simulate stellar radiative processing and the effects of cosmic ray interactions, respectively (Dartois et al. 2017, Augé et al. 2016, Martin-Domenech et al. 2016). Modelling these results showed that the photolysis of carbonaceous grains in PDRs leads to the formation of molecular hydrogen through C-H bond dissociation and also to the release small hydrocarbon species ; results that are consistent with observations (Alata et al. 2015, 2014). Through our simulations of cosmic ray ion irradiation we have been able to quantify the contribution of heavy ion cosmic rays to the release of species into the gas phase during carbonaceous grain radiolysis. We have also studied analogue high-energy cosmic ray irradiation of dense cloud icy materials (Dartois et al. 2015, 2013a).

We actively participated in the collection of Antarctic micrometeorites, extremely rich in carbonaceous material, which were recovered near the French-Italian CONCORDIA station (IPEV/PNRA) in Antarctica. These samples were subsequently analysed with infrared micro-spectroscopy, Raman and secondary ion mass spectrometry, which showed them to have high nitrogen and deuterium fractions, a signature of formation in a low temperature interstellar cloud environments. Following these analyses we were able to experimentally-determine the characteristic times necessary for the formation of such organic materials on solar system bodies (Dartois et al. 2018, Dartois et al. 2013b).

7.1.2.5 Dust foregrounds and the primordial B-modes

People involved : F. Boulanger, V. Guillet, M.-A. Millville-Deschênes, J. Aumont, M. Alves, G. Aniano, D. Arzoumanian, A. Bracco, L. Fanciullo, T. Gosh, A. Mangiilli, E. Saury, J. Soler, F. Vansyngel

With the Planck data the separation of the dust and CMB polarisations was a major challenge in the search for the primordial B-modes. The MISTIC team led the study that established dust as a significant B-mode all-sky signal and played a key role in the work with the BICEP team that dismissed their initial primordial B-mode detection claim. The IAS team completed the first statistical characterisation of the dust polarised foreground emission of the CMB. The MISTIC team also contributed a statistical model to simulate noise-free sky maps of dust polarisation (Ghosh et al. 2017, Vansyngel et al. 2017). This work extends to Galactic foregrounds the statistical approach available to simulate the anisotropies of the CMB and is essential to quantifying the potential of future CMB experiments.

7.1.2.6 Project and collaboration specifics

MISTIC

People involved : F. Boulanger, V. Guillet, M.-A. Millville-Deschênes, J. Aumont, M. Alves, G. Aniano, D. Arzoumanian, A. Bracco, L. Fanciullo, T. Gosh, A. Mangiilli, E. Saury, J. Soler, F. Vansyngel

The ERC-funded MISTIC (Mastering the Dusty and Magnetised Interstellar Screen to Test Inflation Cosmology) project played a major role in the Planck mission data analysis at the IAS, involving a dozen members of the MIC group working in close collaboration with other French research laboratories (AIM, ENS/LERMA and IRAP). The project studied dust emission in total intensity and polarisation and also contributed to the analysis of the Planck cosmology data. In particular, a search was made for the polarisation of the microwave background (B modes) associated with primordial gravitational waves generated by cosmic inflation. The work of the MISTIC project opened up new directions in astrophysics research, which have expanded well beyond the horizons of the Planck project.

Labex P2IO

People involved : A. Abergel, E. Dartois, E. Habart, A. Jones, L. Verstraete, N. Ysard, T. Boutéraon, R. Brauer, T. Schirmer

At the IAS we are also leading the flagship project "Evolution of the interstellar Matter from the interstellar medium to exoplanets with the JWST" (2016-2019) funded by the Labex P2IO of the Paris-Saclay University. This project combines the analysis of pre-JWST observations and the development of modelling tools and laboratory experiments essential for the preparation and interpretation of the JWST observations. Our objective is to integrate, within the Paris-Saclay structure, a leading multi-laboratory (IAS, DAp/AIM, CSNSM, ISMO) and to assemble a multidisciplinary team to enable the maximum scientific exploitation of the JWST mission data over the next decade.

JWST

People involved : A. Abergel, E. Habart, Boutéraon, R. Brauer, T. Schirmer

The IAS team is deeply involved in the preparation of the JWST mission. As a member of the MIRI European consortium, we are leading the Guaranteed time project on PDRs in a collaboration between the MIRI European and American teams and the NIRCAM team. We are closely involved with 2 of the 13 Early Release Science (ERS) programs recently selected and are conducting, jointly with IRAP, The University of Western Ontario (Canada), and with 120 collaborators in 18 countries, the program "Radiative Feedback from Massive Stars as Traced by Multi-band Imaging and Spectroscopic Mosaics". We are also participating in the program "Q-3D : Imaging Spectroscopy of Quasar Hosts with JWST Analysed with a Powerful New PSF Decomposition and Spectral Analysis Package".

Intimately associated with the JWST we are also participating in the development of the French MIRI Expertise Centre together with Dap/AIM, LESIA and LAM. The goal of this center is to aid the French community with its exploitation of the MIRI data : to bring instrument expertise, to develop pipelines for high value scientific data, to help in the preparation of observational programs, to support the scientific exploitation, and to archive data. We are in charge of the data management work package. We are also involved in testing the MIRI pipeline and in the definition of the observations to be performed during the commissioning of MIRI on the sky and before the first scientific observations. Further, we are collaborating with the Inverse Problem group at the Laboratory of Signals and Systems (L2S, Centrale Supelec) in order to provide high level pipelines based on instrument models and with the problem of inversion in the processing of combined imaging and spectroscopic data.

7.1.2.7 Laboratory simulations of interstellar dust analogues

People involved : E. Dartois

The IAS has an ongoing and fruitful collaboration with T. Pino (ISMO) to study experimentally, spectroscopically (VUV-IR) and theoretically the nano-structuration and the spectroscopy of carbon dust. Further laboratory work, within the SICAL (Amorphous Carbones Irradiation Simulator in Laboratory) project, is carried out in collaboration with Guillermo Muñoz-Caro (Astrobiology Centre in Madrid) and Marin Chabot (IPNO), cosmic ray ion interaction simulation studies with the GSI accelerator (Darmstadt) in collaboration with the Materialforschung and IPNO, ISMO and CSNSM (Orsay), and at GANIL in collaboration with CIMAP (Caen). Our work on Antarctic meteorites is in collaboration with the CSNSM, ISMO, LMCM-MNHN, SMIS/SOLEIL, CAMPARIS (Jussieu), NanoSIMS (MESR, MNHN) and GANIL. With K. Demyk (IRAP) we are studying the silicate dust optical properties, which are crucial for the development of THEMIS.

7.1.2.8 DustPedia

People involved : A. Jones, N. Ysard, M. Bocchio, M. Köhler, S. Roychowdhury, A. Remy-Ruyer, P. de Vis, G. Wagle

The IAS is an active participant in the European-funded FP7 project entitled DustPedia (2014-2018). This is a definitive survey, analysis and interpretation of the dust in 875 galaxies observed in 42 photometric bands spanning UV to mm wavelengths. As a key part of the DustPedia project at the IAS we have contributed our expertise on dust modelling and dust evolution. The THEMIS model was adopted as the dust model of choice for the DustPedia project and has now been incorporated into the hierarchical Bayesian approach HerBIE, the CIGALE galaxy SED modelling code and the CRT and SKIRT radiative transfer codes.

The cosmology group of the team has been successfully leading many research projects during the last five years, that led to outstanding achievements with the Planck results. In parallel, the group has secured and confirmed its involvement in Euclid and Athena, and is now leading one of the promising projects for the future CMB mission, PRISTINE. The hardware, development, management and ground segment implications are associated with a strong implication in the preparation and exploitation of scientific data analysis. The different project domains include theoretical aspects of the primordial universe, modelling and analyses of the secondary anisotropies of the CMB, observations of high redshift galaxies, statistical use of large optical surveys and the study of the physical processes involved in structuring the Universe.

7.1.2.9 Primordial Universe and CMB polarisation

People involved : N. Aghanim, J. Grain, B. Maffei, A. Ferté, M. Langer, M. Douspis, S. Ilic

The dominant paradigm for the physics of the primordial Universe is cosmic inflation. This corresponds to a very brief era of exponentially accelerated expansion of the Universe about 10^{-35} second after the Big Bang. During this phase, primordial density inhomogeneities are generated which later leave their imprint on the CMB anisotropies, and are the seeds for galaxies and large scale structures formation. In addition to these over- and under-densities, primordial gravitational waves (PGW) are produced during cosmic inflation. The former are now observationally well constrained thanks to the temperature anisotropies of the CMB. The latter however remains to be detected.

Our research cover different aspects of the physical questions raised by the inflationary paradigm. They range from the detection of the B-mode of the CMB polarized anisotropies as a probe of inflationary models, to theoretical issues in cosmic inflation, and modelling of pre-inflationary stages in quantum cosmology.

B-mode's detection

After the success of the Planck mission, which delivered an ultimate measurement of temperature anisotropies of the CMB and the best-to-date measurement of the E-mode of the polarized anisotropies, the next milestone in CMB observations is the detection of the primordial component of the B-mode of polarized anisotropies. This component is solely sourced by PGW. Detecting the primordial B-mode is then of primary interest : this is a smoking-gun signature of inflation, and it provides unique informations (e.g. the energy scale of inflation) potentially leading to a dramatic improvement in reducing the landscape of observationally-allowed models of inflation. Next generation of CMB observations are thus targeting the detection of the B-mode. The primordial component dominates only at large angular scales and needs to be dug out of the dominant galactic foreground emissions and the much more intense E-mode. Its detection is mostly to be done from space (Note : current observations from the ground focus on the secondary, lensing-induced B-mode peaking at smaller angular scale).

We have been very active in the quest for the B-mode by preparing future satellite missions. This capitalizes on our instrumental and data analysis expertise acquired on Planck. We first have been at the origin of the French contribution to the PIXIE mission (PI A. Kogut, French Co-I N. Aghanim), a spectropolarimeter design submitted for Midex NASA missions. Despite its non-selection by NASA, this has lead to funding by CNES for making the Closed Cycle Dilution Cooler to be space qualified (in collaboration with Institut Néel), a critical subsystem for any future CMB observations from space (see Instrumentation Sect.). Second, we are active members of the French and European contribution to the JAXA-lead space mission LiteBIRD [Susuki et al. 2018]. We already played a significant role through the Joint Study Group "Fo-

reground cleaning" capitalizing on our expertises on galactic emissions [Vansyngel et al. 2017, Ghosh et al. 2017] and on power spectrum estimation [Ph.D. thesis of A. Ferté defended in 2014, Ferté et al. 2013]. We will also have a significant role from an instrumental viewpoint (see Instrumentation section 7.1.2.12).

Finally, we also have been very active within the French CMB Roadmap lead by F. Bouchet (IAP). M. Douspis was a member of the first committee, and N. Aghanim is currently a member of the second committee.

Probing inflationary models with the B-mode

The amplitude of the primordial B-mode is directly related to the tensor-to-scalar ratio, r, amounting to the power of PGW relative to the power of density inhomogeneities. This key cosmological parameter is currently bounded from above, r<0.07 at 95% CL, and its measurement is the unique way to access the energy scale of inflation. In the context of the B-mode observations, this is the major targeted parameter and its S/N is the figure of merit to gauge any experimental design.

Capitalizing on our expertise on the reconstruction of the B-mode power spectra, we have performed a detailed study to forecast the ability of different instrumental design in constraining r taking into account realistic statistical uncertainties (Ferté et al. 2015). This study showed that space missions are needed to reach an r measurement precise enough for discriminating between large-field and small-field models of inflation.

Standard models of inflation predict that right-handed and left-handed PGW are equally produced. There exists however models of inflation in which the two helicity states of PGW are not equally generated (Note : this could also be the case through primordial magnetogenesis or through a fundamental parity breaking in gravity). These models can be tested thanks to measurements of non-zero cross-correlation between the B-mode and temperature/E-modes anisotropies (see figure 7.4). This would thus shed lights on the details of inflation and on the fundamental physics at play in the primordial Universe. We performed a detailed forecasting study of the ability of future B-mode observations to set constraints on such models, showing that a space mission is mandatory [Ferté & Grain 2014].

Stochastic formalism for inflation

The high precision of obtained and forthcoming data now calls for high precision calculations where all corrective effects to inflation must be incorporated or checked to be negligible. One such effect is the backreaction of the density inhomogeneities amplified during inflation, on the inflationary trajectory itself. This trajectory is shown to be an attractor but this picture could be spoilt by such a backreaction. We have addressed this question by generalizing the stochastic formalism to the full phase space. We have clarified many aspects of this formalism and we have shown that the inflationary attractor is immune to the backreaction of density inhomogeneities precisely (see fi-

gure 7.5) because such inhomogeneities are aligned with the attractor direction in the phase space [Grain & Vennin 2017].

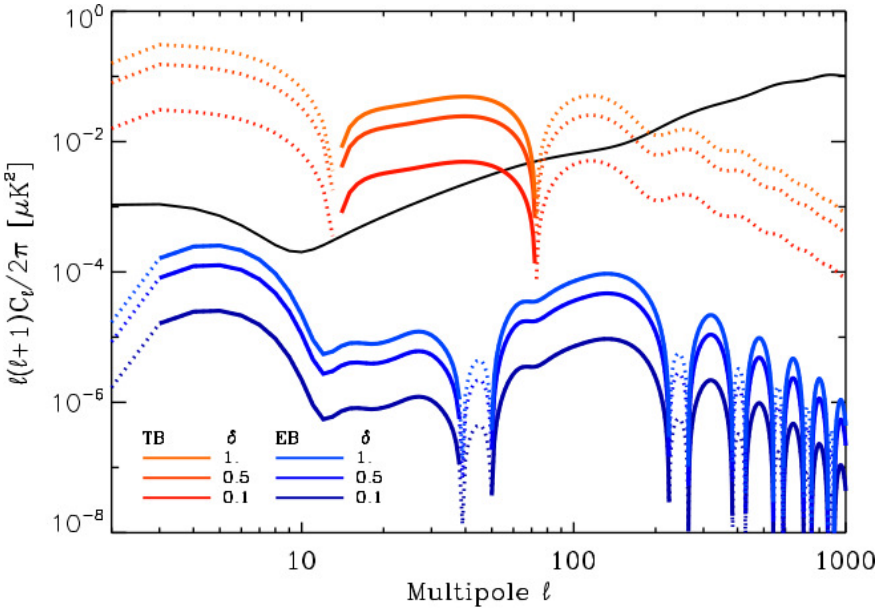

FIGURE 7.4 – TB and EB angular power spectra of the CMB polarized anisotropies (colored curves) in the case of parity breaking in gravity. The BB spectrum is shown in black for comparison (from Ferté & Grain 2014).

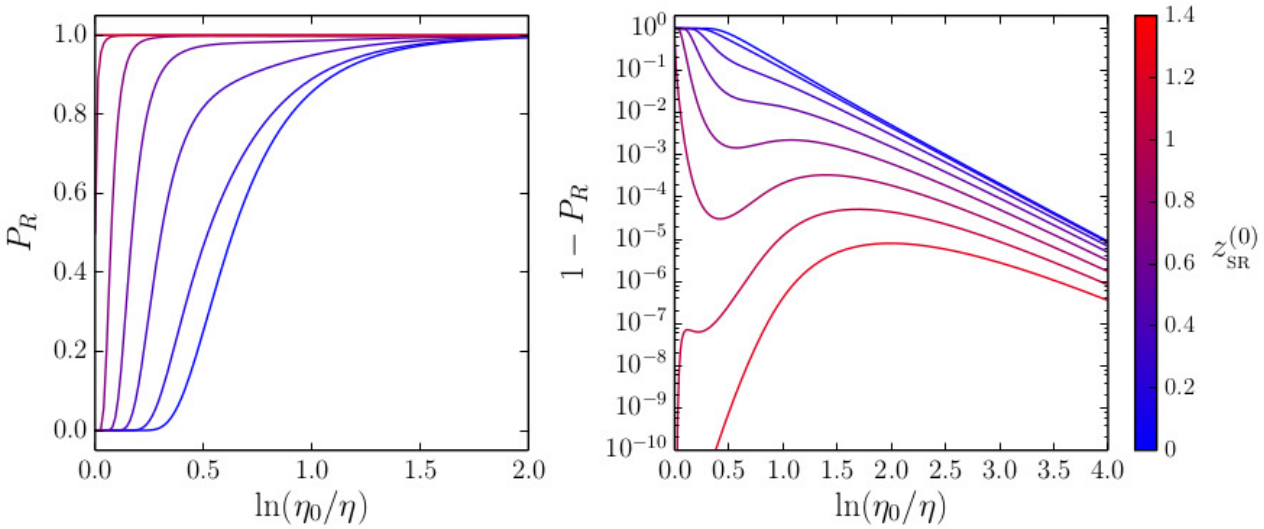

FIGURE 7.5 – Probablity for the early Universe to be in slow-roll inflation (left), and to be outside the inflationary regime (right) as a function of cosmic time, including backreaction, and for different initial conditions (different colors). This shows that despite backreaction and for a wide range of initial conditions, the early Universe rapidly enters in a phase of inflation (from Grain & Vennin 2017).

Phenomenology of quantum cosmology

Inflation solves many issues in the Big Bang cosmological model. It however does not address all the issues. In particular inflationary cosmologies do not evade the Big Bang singularity. The singularity theorem shows that prior to inflation, the Universe has to be described by a quantum version of general relativity. In the period 2008-2013, we developed a complete quantum-cosmological model (based on Loop Quantum Gravity) where the singularity is replaced by a regular bounce connecting a contracting branch to an inflationary one. We then built the theory of cosmological inhomogeneities propagating in such a quantum-bouncing universe.

In the period 2013-2018, we have applied this theoretical framework to explore the phenomenological consequences of this quantum model. We first performed an exhaustive computation of the primordial power spectrum of density inhomogeneities and PGW showing that the bounce prior to inflation leaves clear imprints [Linsefors et al. 2013, Bolliet et al. 2015, Schander et al. 2016]. Using these predictions, we have been able to show that a subclass of these quantum models of the Universe is already excluded by current data since the power of PGW is boosted by quantum gravity effects above the current upper bound set by the non-observation of the B-mode (Bolliet et al 2016). We note that this entire set of works has been summarized into two invited contributions to Class. Quant. Grav. [Barrau et al. 2014], and IJMPD [Grain 2016].

We have also explored alternatives and extensions of the above quantum cosmology models. First we have explored alternatives based on a slightly different approach to quantum gravity [Ben Achour et al 2015, Ben Achour et al. 2016]. Second, we have explored to what extent the granular structure of space-time expected in quantum gravity could lead to some small-scale modifications of the primordial power spectra [Martineau et al. 2017].

7.1.2.10 Cosmology with the Large scale structure of the Universe

People involved : N. Aghanim, V. Bonjean, C. de Boni, M. Douspis, G. Fabbian, G. Hurier, L. Guennou, M. Langer, E. Lecoq, L. Legrand, L. Salvati, H. Tanimura

Matter in the Universe is distributed in the form of a cosmic web with nodes (clusters and superclusters of galaxies) connected to filaments and walls, containing groups or isolated galaxies, separated by large voids. This large scale structure (LSS) grew and evolved from initial density perturbations seeded during inflation. The ordinary baryonic matter (<5% of the total mass of the Universe) flows in the gravitational potential wells of dark matter and forms collapsed objects. At the present epoch, we only see about 60% of the baryonic matter in the form of galaxies, observed mainly with optical and IR surveys, and hot (few keV) and ionised gas, emitting in the X-rays or seen through the Sunyaev-Zeldovich (SZ) effect.

We have extensively used the LSS tracers, in particular the SZ effect, to probe the cosmological model and structure formation [Planck XX, XXI, XXII, 2013, Hurier et

al 2015, Salvati et al. 2018]. This recognised expertise of the team has led, in 2017, to the winning of a senior ERC grant (PI N. Aghanim) on the detection and characterisation of the hidden baryons. Our team has conducted the first systematics limited measurements of the cosmological parameters based on several hundreds of SZ clusters showing, in the 2013 and 2015 Planck releases, a tension between the LSS and CMB probes confirmed later with weak lensing surveys [Planck XX, XXI 2013, XXII, XXIV 2015]. We have, in parallel, led the cosmological analysis of the SZ power spectrum measured down to 10' and of the higher-order statistics (bispectrum) confirming the tension [Hurier & Lacasa 2017]. We have recently revisited these analyses in two ways. We performed the first combined analysis of cluster number counts and SZ power spectrum together (we now use it for the 2018 Planck cosmology paper) which shows a reduced tension with CMB but remains yet to be explained [Salvati et al. 2018]. The tension being likely due to a cluster mass-calibration uncertainty, we combined 1, 2 and 3-point statistics of the SZ signal, i.e. counts, power spectrum and bispectrum, and showed that the favoured mass-calibration parameter is barely compatible with weak-lensing measurements.

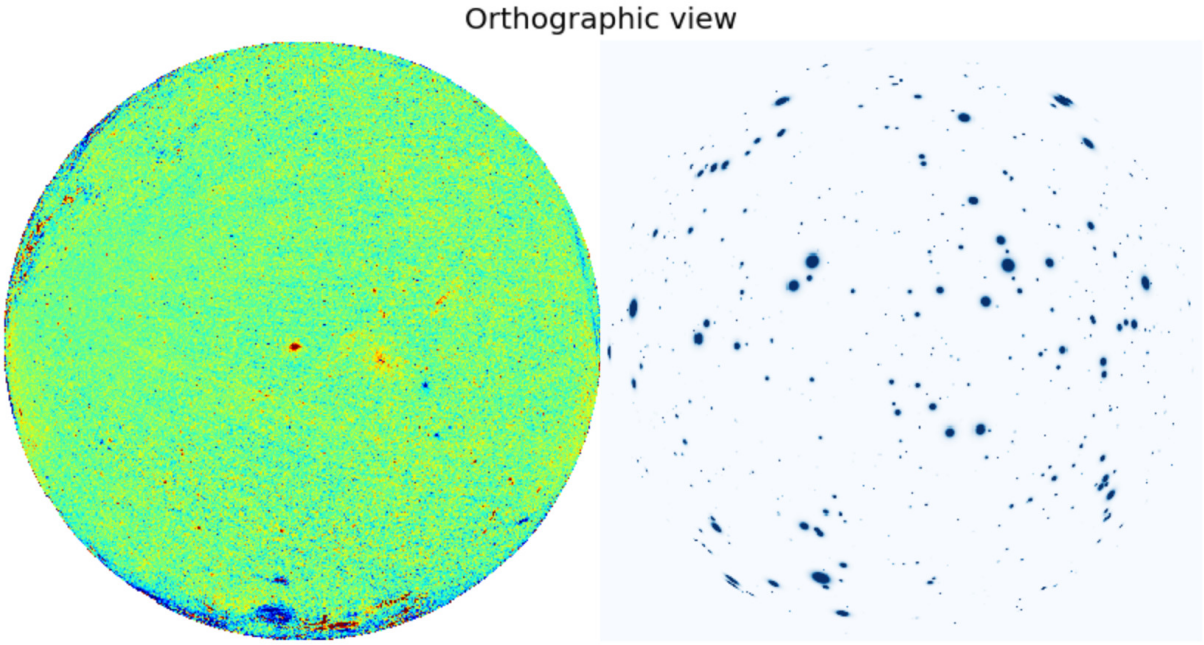

FIGURE 7.6 – Projection de la carte SZ et du catalogue d'amas SZ Planck sur les hémisphères Nord et Sud.

We have explored several extensions to the standard cosmological model using the SZ clusters from Planck. First, we have explored the dark sector of the Universe. We showed that the accelerated expansion is compatible with a cosmological constant. In addition, we constrained the mass of neutrino species to values competitive with those obtained from the CMB or Baryon Acoustic Oscillation (BAO). Finally, we explored al-

ternative models (e.g. decaying dark energy, ...) by providing the tightest measurement of the evolution of the black-body temperature of CMB with SZ [Hurier et al. 2014a]. We showed a very good agreement with the adiabatic cosmic expansion.

Through cross-correlations of the LSS tracers (galaxies, lensing, X-rays) with the CMB, the SZ and channel maps from Planck, we have further tested the cosmological parameters and the parameters driving the SZ signal. We have modelled the LSS signal from the hot gas both in X-ray and in SZ and measured their cross-power spectrum using the all-sky ROSAT survey showing that the effective mass- calibration parameter is higher than the value preferred by the CMB [Hurier et al. 2014b, 2015a]. We have extended the LSS model further by including the contribution from IR galaxies responsible for the CIB emission. We have shown that such a contribution is correlated to the SZ signal and we measured for the first time its power spectrum. We have also shown that it is one limiting factor to the reconstruction of the SZ map. It may significantly affect studies based on the correlation of the DM lensing potential, , and the SZ signal in particular if such a combined analysis is used to constrain the DM-to-hot gas relation [Hurier et al. 2015b]. In this perspective, we have shown that the use of the 3-point correlation involving both the thermal and kinetic (Doppler) SZ effects is more promising since it can break the degeneracies between cosmological parameters and the gas mass-calibration parameter [Lacasa et al. 2014]. We can use the galaxy distribution over the sky as a direct tracer of the LSS. We show, in this case, that the cross-correlation between the large scale SZ map and the overdensity of IR galaxies from the WISE catalogue traces the contribution of baryons outside galaxy clusters. Finally, the galaxy distribution at large scales traces the evolution of the super-horizon density perturbations. When correlated with CMB maps it allows us to measure the integrated Sachs-Wolfe effect and thus study the acceleration of expansion [Ilic et al 2014]. We have led the analysis, based on stacking super-clusters and cosmic voids, in the Planck collaboration [Planck XIX 2013, XXI 2015]. It measures the signal with high significance, confirmed with the recent DES data, but opens up the question of its interpretation which necessitates a full development of the modelling of void evolution.

Our team has constructed the successive catalogues of SZ sources and clusters from Planck in 2011, 2013 and 2015 (tests, detections, validation, Planck VIII 2011, XXIX 2013, XXVII 2015). We have set up a dedicated comprehensive metacatalogue of 2700 sources merging SZ catalogues from all present survey [szcluster-db.ias.u-psud.fr]. We have led and contributed to a large number multi-wavelength follow-ups programmes (with Chandra, XMM-Newton, MEGACAM, ENO, ATCA, etc.) for hundreds of SZ sources in total [eg. Radovitch et al 2015, van der Burg et al. 2016, Burenin et al. 2018], including PI a ESO Large Programme (PI N. Aghanim). From all these observations still currently being analysed, we confirm that Planck provides a unique all-sky based catalogue of the most massive clusters with the rarest and most exceptional objects especially at z>0.5. The clusters selection based on SZ provides hundreds of new confirmed clusters. First results show that the Planck catalogue contains many morphologically-disturbed clusters but their fraction is not significantly different compared to X-ray (optical) selected catalogues [Andrade-Santos etal 2017].

However, the SZ catalogue from Planck contains significantly smaller fractions clusters with cool-core and significantly larger fraction of clusters with radio halos than X-ray selected samples. These differences could be due to selection effects or to intrinsic effects. The careful multi-wavelength study will be necessary to settle this and use the SZ as a probe of present/past dynamics. We have already started some analysis of specific clusters or systems. In a recent analysis of a cluster pair using SZ, X-ray, optical and IR data we have shown the evidence of a cosmic bridge of matter between A401-A399 [Bonjean et al. 2018]. Using data from our ESO-LP and from a MUSE DDT, we have discovered the brightest giant gravitational arc of the sky corresponding to a galaxy at z= 2.39 magnified by a massive Planck cluster at z=0.44 [Dahle et al. 2016]. In parallel to these single object studies, we performed statistical analysis based on stacking of large number of sources. In this way, we have reported the first high significance detection of the relativistic corrections to the SZ effect consistent with X-ray deduced gas temperatures [Hurier 2016] . Using a large sample of super-clusters, we have detected the SZ signal from low temperature unbound gas outside clusters of galaxies [Tanimura et al. 2018 submitted]. These analyses are key to better understand the evolution and distribution of matter in the LSS.

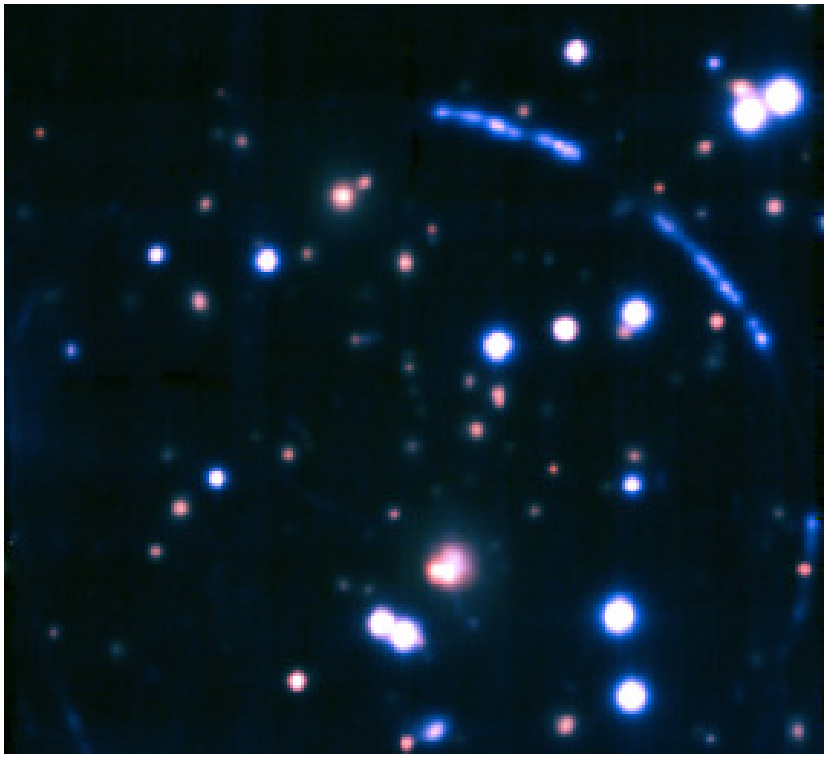

FIGURE 7.7 – RVB image of a lensed galaxy around one of the galaxy cluster of the LP-ESO (PSZ1-G311.65-18.48), reconstructed from MUSE observations at the VLT. [Aghanim et al. in prep]

During the past years and owing to the increasing quality of the data, we have developed and successfully used sophisticated statistical analysis tools. We have invested time and effort in the development and use of machine learning. Using a random decision forest algorithm, we are now able to estimate star formation rate and stellar

masses on the whole sky in order to characterise galaxies in the cosmic filaments and super-clusters [Bonjean et al. 2018 submitted]. Using an Artificial Neural Network algorithm, we assess the quality of SZ sources, validate them as clusters or candidates and select optimally the sources for follow-up observations methods [Aghanim et al. 2015]. We have also developed an optimised matched-multi-filter method to aggregate data from different experiments and optimally detect the SZ sources and measure their fluxes, sizes or masses. Finally, we are now investing energy in the development of detection and reconstruction method for the cosmic web that will be used further in our projects for the next five years.

7.1.2.11 Structuring the universe

People involved : A. Beelen, F. Boulanger, R. Cañameras, C. Collet, H. Dole, J.-B. Durrive, D. Guery, G. Lagache, M. Langer, C. Martinache, N. Nesvadba, J.-L. Puget

The origin of cosmological magnetic fields and the Cosmic Web

Magnetic fields seem to be ubiquitous in the Universe, at virtually all scales and all epochs, including in the Intergalactic Medium (IGM). Observations of blazars suggest that magnetic fields in intergalactic filaments could be at least as strong as 10^{-17}-10^{-15} Gauss, but these numbers depend on numerous physical and astrophysical systematic uncertainties, whereas the anisotropies and spectral distortions of the Cosmic Microwave Background suggest an upper limit of-order 10^{-9} Gauss. Yet, whether the fields on cosmological scales are of astrophysical or cosmological origin remains a major open problem of cosmology.

Several non-standard extensions to the Standard Model are able to magnetize the Universe at large. However, much less recognized is the fact that the same is true for matter-radiation interactions within standard, classical physics. We proposed that the momentum exchange between hard UV photons and electrons in an inhomogeneous IGM can create magnetic fields of relevant strength in the neighbourhood of ionizing sources during the Epoch of Reionization, on scales comparable to the distance between these sources (Durrive & Langer 2015, Durrive 2016). By summing up the contributions of all ionising sources and taking into account the distribution of gas inhomogeneities naturally present in the IGM, we have also computed the average magnetic energy density injected into the IGM by this mechanism. We have shown that it leaves the IGM, at the end of Reionization, with a level of magnetisation that might account for the current magnetic fields strengths in the cosmic web, as turbulent motions associated with the subsequent structure formation process take over and amplify the seed magnetic fields (Durrive et al. 2017). Traces of such magnetic fields might be detectable with deep-field polarimetry with the upcoming SKA towards star-forming and normal galaxies at intermediate redshifts (z$\sim$1-2), and low-luminosity AGN at high redshift (Taylor et al. 2015).

Their detectability will depend, among other things, on the smoothness of the baryonic gas. In a first step, we have addressed the long-lasting question of gravitational

stability of stratified media, common to the interstellar and cosmological contexts. We developed an approach which, for the first time entirely analytically, allows us to compute to an arbitrary precision the instability rate of stratified baryonic sheets as a function of wavelength, for an arbitrary polytropic index and for a set of realistic boundary conditions (Durrive 2016, Durrive & Langer 2018). We also constructed a phenomenological model of cosmological filaments that fragment into a biphasic turbulent stream after penetrating the virial radius of galaxies or galaxy clusters that lie at the nodes of the cosmic web (Cornuault et al, 2018).

High-redshift galaxy clusters and protoclusters

One of the greatest challenges of observational cosmology is mapping and understanding the formation and growth of structure, from the early Universe to today. To understand how and when massive galaxy clusters, their galaxy populations, and overall baryonic component formed and evolved, we must collect samples of their progenitors, "proto"-clusters, likely not yet fully relaxed structures found at earlier cosmic time, and compare their properties with more mature relaxed clusters. Identifying high-redshift cluster candidates directly by the signatures of their total star formation is a very useful complement to the diagnostics used to identify galaxy clusters so far. Using Planck (in collaboration mainly with IRAP) we have selected putative high-redshift objects at $z \sim 2$-4 with spectral energy distributions (SEDs) of warm dust, peaking between observed frequencies of 353 and 857 GHz. We refer to these as "cold" sources of the Cosmic Infrared Background (CIB), which have a red and thus potentially redshifted SED. The CIB (Puget et al. 1996 ; Hauser et al. 1998 ; Hauser & Dwek 2001 ; Dole et al. 2006) is the integrated relic emission in the infrared, typically 8μm to 1mm, where the emission reaches a maximum (Dole et al. 2006). Physically, such objects correspond to galaxy and AGN formation and evolutionary processes, and more generally to the history of energy production in the post-recombination Universe. Our program is successful, since we completed the Planck detection by exquisite Herschel/ SPIRE and Spitzer/IRAC detailed and sensitive observations for tens of structures, and millimeter or optical spectroscopy for a few, leading to 3 thesis projects, many Master 2 projects completed and many publications, conferences proceedings and press releases.

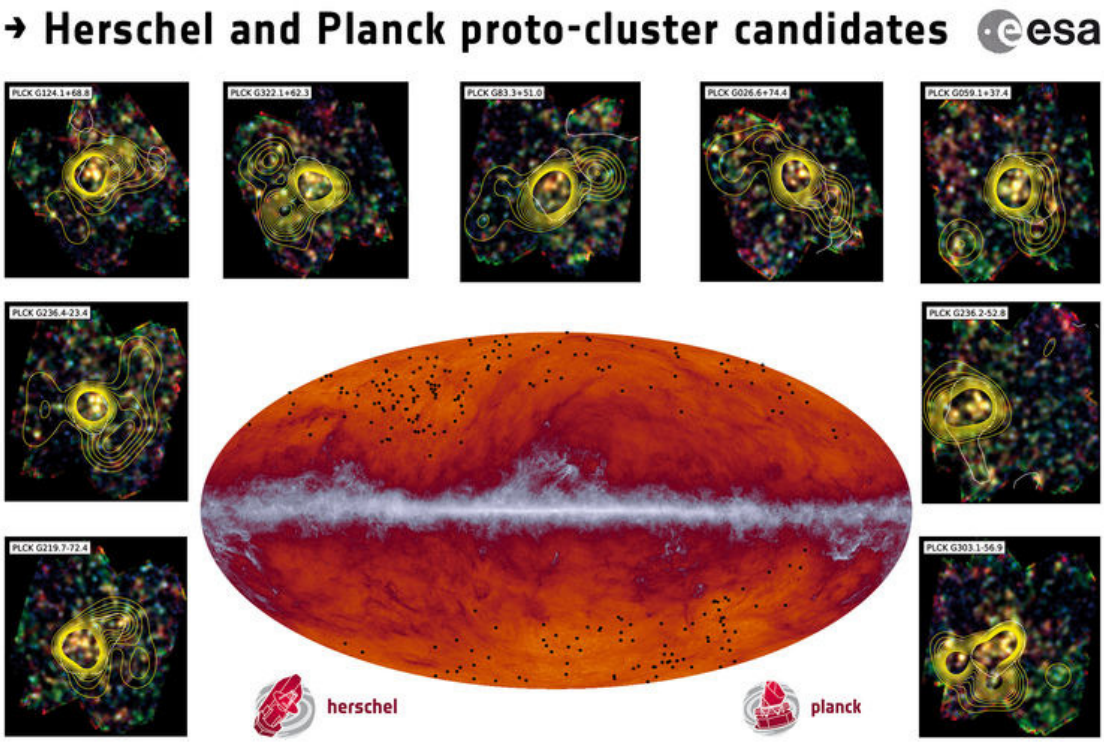

FIGURE 7.8 – A joint Planck and Herschel analysis led to the discovery and study of hundreds of high-redshift highly star-forming sources candidates (Planck Collab, 2015, XXVII). Herschel allowed to measure that most of them turn to be galaxy overdensities, and a few are the brightest background lensed galaxies at redshifts z> 2, the so-called GEMS (gravitationally enhanced submillimeter sources, Canameras et al., 2015). This illustration, taken from the ESA press release, shows the Planck sky in the center with about 200 candidates, and on the edges 9 Herschel/SPIRE observations showing huge overdensities of red star-forming galaxies.

The most vigorous starbursts at high redshift seen on sub-kpc scales

Massive galaxies at high redshift formed most of their stars in only a few dynamical times during the first 2-3 Gyrs after the Big Bang. What mechanisms governed and limited these vigorous starbursts ? At IAS we are studying the brightest, strongly gravitationally lensed (by factors $\gg$10) dusty starburst galaxies from the Planck all-sky survey on small spatial scales, $\sim$100-1000 pc ("Planck's Dusty GEMS"). We use ALMA and NOEMA, SMA, CFHT, HST, VLT, amongst others, to measure the local gas, dust, and stellar mass surface densities and gas kinematics in individual star-forming regions, and to infer whether and how star formation can be regulated through radiation pressure and mechanical energy injection in the most intense ("maximal") starbursts (Cañameras et al. 2015, 2017a). With 0.1" ALMA interferometry we showed that even in the strongest starbursts feedback may create an equilibrium between gravity and turbulence that is not so dissimilar from nearby galaxies. We have also detected the first

C^+ absorption outside the Milky Way (Nesvadba et al. 2016), enabling direct studies of the gaseous environments and accretion onto the most intensely star-forming clumps in the early Universe, and provided the first direct (lensing) constraint for a bottom-heavy ("Salpeter") initial stellar mass function at redshift $z \gg 1$, challenging common assumptions of cosmological models of galaxy formation (Cañameras et al. 2017b).

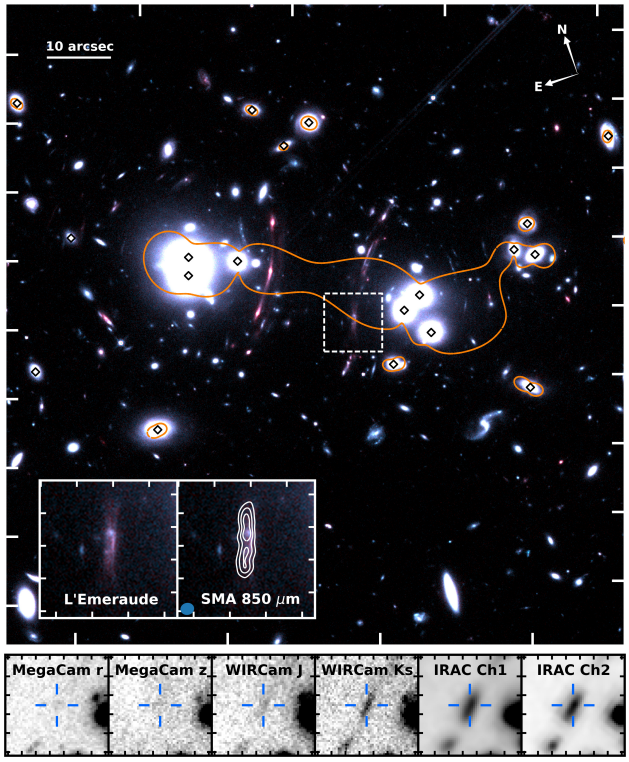

FIGURE 7.9 – Near-infrared two-color image of "the Emerald", one of Planck's Dusty GEMS, the brightest gravitationally lensed high-redshift galaxies on the sub-millimeter sky (Canameras et al. 2015), at a spectroscopic redshift of z=2.236. The image was obtained with the WFC3 camera on board the Hubble Space Telescope (HST). The orange solid line shows the critical line of the gravitational lensing potential for z=2.236. Insets show zooms onto the sub-millimeter source itself, the rest-frame optical counterpart seen with HST in stellar light to the lest, and the infrared emission from warm dust heated by star formation as seen with the sub-millimeter array at 850 microns to the right (contours). The blue arrow shows the position of the brightest clump of star formation. The bottom panel shows the Emerald in various optical and near-infrared bands obtained with the Canadian French Hawaiian Telescope CFHT and the Spitzer satellite of NASA at 3.6 and 4.5 microns, respectively.

Truncation and suppression of star formation through powerful radio-loud AGN

AGN feedback is amongst the most widely accepted scenarios today to explain why galaxies formed so inefficiently - their baryon fraction falls behind the cosmic value by factors 4 and more. At IAS, we focus in particular on the role of turbulence in addition to galactic outflows, which are much more widely recognized. With Herschel/SPIRE

spectroscopy at low redshift we have further corroborated that turbulence suppresses star formation in powerful, gas-rich, low-redshift galaxies by studying their star formation rates and properties of [CII] emission. This highlights the importance of turbulence in understanding why massive galaxies evolved mainly passively for the last Hubble time (Guillard et al. 2015). Using VLT/SINFONI imaging spectroscopy of warm ionized gas, we also found that turbulence, rather than outflows, dominates the gas kinematics in the most common radio-loud AGN at redshifts z∼2 (Collet et al. 2016), in contrast to the most widely accepted AGN feedback scenarios. This has important consequences for galaxy evolution, because only gas that escapes from the host galaxy lowers the galactic baryon fraction and enriches the circumgalactic medium with metals. Our systematic survey of 49 radio-selected AGN at z∼2, the first of this kind at high redshift, however, shows clearly that over 3 orders of magnitude in radio power, all AGN inject typically a few 0.1 to a few percent of their energy and momentum into the gas (Nesvadba et al. 2017a), but only above luminosities $\sim 10^{13}$ L do they also drive strong, galaxy-wide outflows. Spitzer and Herschel far-IR photometry reveals that the radio jets are the main drivers of the gas kinematics, star formation and radiative ('quasar') feedback do not inject sufficient energy and momentum (Nesvadba et al. 2017b).

7.1.2.12 Instrumentation

People involved : F. Pajot, Z. Jiaqiang, A. Miniussi, S. Stever, N, Coron, R. Janssen, B. Maffei, G. Rouillé, V. Sauvage, N. Aghanim, A. Roussafi, P. Lami, P. de Marcillac (until 2015), T. Redon, J.P. Dubois, B. Crane

R&D programme

Development of superconductive detector arrays for Astrophysics

The IAS has contributed to the development of TES (Transition Edge Superconductive) bolometric detectors in collaboration with the CSNSM and the APC, which led to the inclusion of such arrays in the QUBIC instrument. Moreover, a long-standing collaboration with the Purple Mountain Observatory Submillimeter Laboratory (China), led to the commissioning of a readout electronic chain developed by the APC, demonstrating the feasibility of a far infrared camera for their Dome A (Antarctica) submillimeter telescope.

Study of systematics on low temperature detection chains

In addition to the Planck post-launch study, led by IAS, on particle-detector interactions to understand the cosmic rays glitches on HFI detectors, the SYMBOL facility has also been used to explain HFI temperature perturbations observed during the flight through the measurement of heat transfer due to desorbed helium at 100 mK. These studies were reported to the ESA workshop / assessment exercise "Lessons learnt from Planck".

These studies have lately taken another dimension in the framework of a PhD pro-

ject in collaboration with LAL in order to develop a Physical model of particle-detector interactions, built on experimental measurements on a specific bolometer which will then be extended to new generations of bolometers (see section on projects). To complement and take these studies further, a new mobile cryogenic test setup, to become a national facility, co-funded by Île-de-France region (DIM-ACAV awarded in 2016) and CNES has been commissioned at IAS in March 2018 in collaboration with other regional laboratories (CEA, APC, CSNSM and LAL). The first tests on a reference detector are being performed and a performance review in front of CNES has taken place in May 2018. This new system will allow for interaction measurements in front of a linear accelerator for detectors, detectors arrays and focal planes.

Development of new sub-K cooler for space application

Following the successful development of the 100 mK open cycle dilution refrigerator for Planck HFI, result of the collaboration of CRTBT, IAS and Air Liquide, CNES sees its natural evolution (Close Cycle Dilution Refrigerator - CCDR) as a strategic development for national contributions to future cryogenic space missions (see CMB post-Planck section). The development of an EM for this system allowing for much longer mission duration (not limited to quantity of liquid cryogens) is a new join-venture between the IAS and Institut Néel funded by CNES, which started in 2017.

Massive double scintillating bolometers (and mini-bolometers)

Contributions to the development and optimization of massive double scintillating bolometers (with heat and light detection) have been performed within the ANR-LUMINEU programme (study of $0\nu\beta\beta$ decay), which resulted in 9 publications. We have measured the scintillation efficiency of several crystals (LiMoO, ZnMoO,...) at 4K, by using our specially designed cryogenic photometer (Degoda et al. 2015).

In collaboration with CSNSM we have worked on the optimization of the large diameter (40 to 50mm) optical bolometers ; in particular for the design of an anti-microphonic suspension.

We have performed tests at 4K and 20mK on Ge-NTD sensors (entirely made in France) as part of our collaboration with X.F. Navick (CEA /DSM/IRFU ; Navick et al. 2016 and 2018).

We have adapted our very sensitive and large (Ø40mm) optical bolometer to a 150g $Li_2M_oO_4$ bolometer (from CSNSM), which has then been used in Gran Sasso underground laboratory (Bekker et al. 2016).

We have pursued (until 2016) research and tests to optimize and select the tantalum absorber for X-ray bolometers, by using our mini-bolometers with electrical calibration ; their target can be easily changed and the conversion energy-heat efficiency can be measured (Tests at 20mk with a double Ta^+Cu target).

Projects

CMB Post-Planck missions preparation : emphasis on PIXIE/PRISTINE and LiteBIRD

For several years our team has been involved in the preparation of a future post-Planck mission (B-Pol/COrE/PRISM proposed to ESA). More recently the IAS has driven the efforts for a French contribution to the project PIXIE (see B-mode's detection section). CNES is funding and has started a phase A study to develop strategic key components/systems that could also be provided for other missions : IAS in collaboration with Institut Néel is developing an EM of a new CCDR and IAS is developing a national facility for particle-detector interaction studies (see R&D sections).

Similarly, based on these experimental activities, we are a major contributor (instrument coordinator) to a CNES proposal for a French participation to one of the instrument (HFT) of the Japanese-led mission LiteBIRD (phase A), where the IAS (French convener of Instrument Joint Study Group) would also lead the calibration. A LiteBIRD European consortium is taking shape in order to take charge of the whole HFT. Here again our team is very active by taking part to CdF sessions recently organised by ESA.

PILOT

The IAS is responsible for the PILOT (CNES balloon borne project to measure the polarisation properties of nterstellar dust) photometer, including development, test and calibration as well as support to the flights. The first flight in September 2015 took place at Timmins (Canada). The very successful second flight in April 2017 with improved performances was from Alice Springs (Australia). Data are under analysis still and a third flight might occur from Kiruna (Sweden) in August/September 2019.

QUBIC

F. Pajot has provided support to the QUBIC instrument (ground based bolometric interferometer) through the development of the TES detectors (R&D). B. Maffei is one of the originators of this project when working in the UK and has contributed to its concept, and in particular has designed the feedhorns. The IAS is now participating to the calibration of the instrument.

NIKA / NIKA 2

The group has contributed to the development of a calibration source and to the characterisation of KIDs in the SYMBOL facility between 2013 and 2015.

7.1.3 Profil d'activités

The team has developed a multi-faceted expertise that ranges from dust particle physics in our galaxy to the theoretical developments of the first moments of the Universe.

The group develops its activities on the instrumentation of detectors and the cold chain, in connection with millimetre and submillimetre instruments, on observations (imaging and spectroscopy) accompanied by the development of appropriate data analysis methods, on observables modelling (including comparisons with observations), as well as theoretical developments on the primordial universe and the structuring of matter. The team is also very involved in software development for the mission ground segment as well as tools for value-added data creation and data distribution (in and out of collaboration).

7.1.4 Produits et activités de recherche de l'équipe

During the last 5 years, team members have been rewarded by numerous prizes and grants that show the high quality of the research, the many publications, the hard work and leadership and the implications in the science management of the full team. With more than 400 publications in refereed journals, including the outstanding results from Planck and Herschel, the team is leader at European level on many domains (cosmology, large scale structures, galactic dust). The team is also very active in the dissemination of science, both in the community (conferences and workshop organisation, web-services) and to the public (journal and radio interviews, books). Obviously, the team participates actively to the teaching from Licence to Ecole doctorale.

7.1.5 Projet scientifique à cinq ans de l'équipe

The scientific production of the team Matière Interstellaire et Cosmologie as a whole over the period 2013-2018 has been described in the previous sections. From March 2018, the team has split into two new teams « Astrophysique de la Matière Inster-Stellaire (AMIS) » et « COSMologie et eXtragalactique (COSM!X) » in order to be consistent to the two separate projects (presented hereafter). Only the instrumental group (formally attached to the COSM !X team) shows a prospective of interest for the two teams. This section is thus divided in two prospectives.

7.1.5.1 AMIS team project

1. **Introduction**

People involved : A. Abergel, E. Habart, V. Guillet, A. Jones, N. Ysard, L. Verstraete, T. Boutéraon, R. Brauer, T. Schirmer

The interstellar medium (ISM) encompasses a multitude of environments differing widely in terms of gas density and temperature, radiation field and dynamics. The research of the AMIS team (Astrophysique de la Matière InterStellaire) at the IAS encompasses observational, laboratory analytics and spectroscopy, modelling and theoretical studies concerning diverse aspects of the evolution of the gas and dust properties in the ISM, ranging from the low density diffuse ISM to the densest clouds where stars and planetary discs are formed. In the following we describe the AMIS team's planned activities for the coming years.

2. **JWST - Diffuse ISM to discs, evolution on small spatial scales**

People involved : A. Abergel, E. Habart, N. Ysard, A. Jones, L. Verstraete, Boutéraon, R. Brauer, T. Schirmer

In the interstellar gas, typical velocities of a few km/s are measured, which is equivalent to distances of a few 0.01 pc traversed in a few 10^4 yrs. In dense, star forming regions such scales correspond to the attenuation length of visible-UV radiation and to the timescale for molecule (H_2) formation. The study of these processes that are key to star formation can thus only be carried out at spatial scales of a few 0.01 pc, requiring observations at high angular resolution (a few arcseconds for nearby star forming regions).

The James Webb Space Telescope (JWST) should be launched in 2020. Fully optimised for observations in a spectral range from 2 to 10 μm, it will offer the possibility to observe down to 0.6 m and up to 28 μm with sensitivity and angular resolution one to two orders of magnitude better than ISO and Spitzer. It will also provide unprecedented spectral and imaging capabilities, including coronography. Our team has been involved in the preparations for the JWST mission for several years (see above), and with the exploitation of the scientific data to be received six months after the launch date is one of our top priorities for the coming years.

The AMIS team is leading JWST Guaranteed Time observations (GTO) and Early Release Science (ERS) programmes that aim to observe regions of our Galaxy located at the interfaces between the dense clouds, where stars are born, and the diffuse ionised regions. These interfaces, which are the photon-dominated regions (PDRs) where critical gas and dust evolutionary processes occur, dominate the IR spectra of star-forming galaxies and provide a unique

tool for a detailed study of the physical and chemical processes that are pertinent to most of the mass of the matter in interstellar and circumstellar media. These interfaces are the places where the excitation conditions vary on as yet unresolved spatial scales. They are therefore the ideal targets to study the evolution of the dust and gas components as a function of the local physical and excitation conditions.

Recently considerable progress in advancing our understanding of PDRs has been made possible through detailed observations, however, and at the same time, these observations have challenged the prevailing view and have shown that many of the details still escape us, such as, the dynamical aspects of and influence on the physical structure and chemistry of PDRs and the role of dust evolution and its synergy with the gas. The global PDR emission results from an intricate combination of physical, chemical and dynamical processes and it is essential to spatially resolve these and so access to high spectral resolution data is essential to fully understand the underlying processes.

The GTO and ERS programs will allow us to resolve and directly observe, for the first time, the response of the gas and dust components of interstellar matter to the local physical conditions in several key zones : the diffuse region facing the PDR, the ionisation front, the HI/H_2 photodissociation front and the molecular regions with unprecedented spectral and spatial detail over the full 0.6-28 μm range. We will access the chemical composition and the physical conditions of the smallest and densest structures (with sizes < 0.002 pc or < 4000 AU, e.g., entangled filaments, evaporating globules or externally irradiated discs) through the key interfaces or fronts, thereby opening up an entirely new window into the physical structure of PDRs, where the main radiative heating and photo-chemical stellar feedback processes occur. Thus, we will be able to explore some of the most fundamental processes and unresolved problems, such as how star formation feedback regulates the evolution of interstellar clouds and how this affects star and planet formation.

These programs, that highlight the scientific potential of three of the four scientific instruments on-board JWST (MIRI, NIRSPEC and NIRCAM), will allow us to rapidly deliver template datasets, as well as data processing and analysis tools for PDRs, which will be crucial for both Galactic and extra-galactic studies. Knowledge gained from our decomposition studies of spatially resolved nearby PDRs will be needed in order to provide predictions and interpretations for unresolved sources whose IR emission is dominated by PDR signatures, e.g. distant star-forming regions, but also proto-planetary discs, which will be some of the most studied objects with JWST. The outputs of the ERS program will be delivered quickly and will guide the preparation of the Cycle 2 GO proposals (one year post-launch submission) on the star formation regions in our Galaxy and beyond. Our involvement in the GTO and ERS programs is a decisive advantage for making convincing proposals for the open time call. We are heavily involved

in several GO programs for Cycle 1 on PDRs, dense cores (grain growth), and proto-planetary discs around low and intermediate-mass young stellar objects.

In parallel, our team is developing state-of-the-art dust models (see below) to analyse the data and ensure a fast publication of the data and results. As a part of this project we have an on-going and long-term collaboration with the team in charge of the Meudon PDR code at LERMA.

The team has and will continue to actively collaborate with many (astro-)physicists and mathematicians in order to advance our understanding of the ISM within the context of the JWST space telescope mission. In France our principal JWST project collaborators are members of the CSNSM, IPNO, IAP, IRAP, ISMO, L2S, OBSPM, and DAP/AIM. For instance, F. Orieux (L2S, applied mathematics to inverse problems) collaborates with our team for the production of high-quality data images from the future JWST observations. Our team also has a fruitful collaboration with T. Pino and E. Dartois (ISMO) to study in the lab and theoretically the nano-structuration and the spectroscopy of carbon dust. With K. Demyk (IRAP) we are working on incorporating new laboratory data on interstellar silicate dust analogues, which will be crucial for all of our future development of the THEMIS model.

The AMIS group is currently actively collaborating with numerous other research groups within the Orsay area and beyond, including : DAP/AIM (Saclay), ISMO, CSNSM, IPN (all in Orsay), IRAP (Toulouse), LERMA. In the future we will also continue our collaboration with E. Dartois (previously at the IAS and now at ISMO) on the VUV photolysis (an analogue of ISRF photo-processing in the ISM) and radiolysis (an analogue of cosmic ray ion irradiation) of amorphous hydrocarbons.

3. **Dust modelling - THEMIS updates and extensions**

People involved : A. Jones, N. Ysard, L. Verstraete, V. Guillet, T. Boutéraon, T. Schirmer

The new laboratory-constrained optical properties for interstellar amorphous hydrocarbon solids used in THEMIS clearly highlight our need to also better constrain and model the interstellar amorphous silicates, again using the constraints imposed by new laboratory data. The application of THEMIS to interpret dust observations in PDRs, dense filaments and in edge-on galaxies all indicate that the current THEMIS model silicate data are less emissive than is indicated by new laboratory measurements on amorphous silicates at long wavelengths. We will therefore continue to work in close collaboration with K. Demyk (IRAP, astrochemist) to incorporate these new data on interstellar amorphous silicate dust analogues into an updated version of THEMIS. Such an extension to THEMIS is crucial for all of our future work using the THEMIS mo-

del.

The high spatial and spectral resolution JWST observations will allow us to test the predictions of the THEMIS model and will allow us to fine-tune the model. These data will, in particular, also allow us to better probe the spatial and spectral evolution of the dust across interstellar interfaces.

A testing and fine-tuning of the THEMIS carbonaceous nano-particle model, using dust observations in proto-planetary discs, will be carried in a collaboration with our colleagues at the ISMO and DAP/AIM at the Université Paris-Saclay, using recent laboratory mid-IR to VUV spectroscopic data.

Following the incorporation of new amorphous silicate laboratory data the model will be updated (THEMIS II) to include dust polarisation in the diffuse and translucent regions of the ISM. This will entail a complete re-calculation of all dust optical properties using the DDA (discrete dipole approximation) method, this is an exact but time-consuming approach but currently the only one that will allow us to achieve our aim of constructing a THEMIS model that predicts dust polarisation at all wavelengths.

During the course of the next few years we will extend our modelling of the physics and chemistry of carbonaceous nano-particles to take into account the constraints from latest laboratory data, in a continuing and deeper collaboration with T. Pino et al. (ISMO). The goal of this work will be to refine the model in order to better confront and interpret JWST data. Further, and in conjunction with this more sophisticated modelling, we will extend THEMIS to predict the emission from its spinning, dipolar nano-particles and compare this to the observed anomalous microwave emission in the 10-30 GHz region.

In parallel to the development of THEMIS, we will continue to update the DustEM modelling tool. In particular, as THEMIS II will provide dust properties for polarisation DustEM will be upgraded to allow any user to model polarisation observations. We also plan to couple THEMIS/DustEM to the POLARIS code (University of Kiel, R. Brauer) designed to model dust polarised emission in molecular clouds.

4. **Dust, discs and carbons - Observations, laboratory and theory**

People involved : E. Habart, N. Ysard, A. Jones, L. Verstraete, T. Boutéraon

Proto-planetary discs are the cradles of planet formation. Dust is the primary reservoir of matter available to form terrestrial planets and the cores of giant planets. Dust evolution and its link with the gas content which represents over 90% of the total mass in young discs is thus crucial to understand the pathways to planet formation. With modern large ground instruments (VLT, ALMA), the

wealth of the recently identified structures in discs (cavities, rings, spirals, dust traps, gas condensation, etc.) reveals a complex spatial distribution of dust and gas. In order to interpret these structures, dynamical and physico-chemical processes are currently investigated. However the dust properties are still poorly constrained because of the lack of spatially resolved observations in the IR. A better knowledge of the properties of dust (composition, structure, size, opacity) which forms the basis of any viable disc model is needed.

In the field observable by the JWST, we will study the various signatures of the thermal emission of the (sub-)micron dust, the stochastically heated nano-sized carbon grains, as well as, the scattered light of the star and the internal disc, and their respective contribution function of the dust properties, the stellar spectrum and the disc structure. A detailed study of the photochemical evolution of the carriers of the multiple IR bands in response to local physical conditions in discs will be undertaken. Current dust models without evolution have reached the limit of their applicability to interpret IR spatially and spectrally resolved data. Thus, we will work with our laboratory and theoretical colleagues at ISMO (T. Pino, E. Dartois and P. Parneix) to integrate the latest work on nano-particles into the THEMIS model and with those at the IRAP in Toulouse (K. Demyk, C. Meny) to do the same for silicate and oxide dust analogues. The structure, size and composition of the grains in the first coagulation phases, as well as, the role of the nano-metric dusts very efficiently coupled to the gas and that have a significant impact on the thermochemical state of the irradiated upper layers of the discs will be investigated. We will work in collaboration with DAP/AIM and IPAG to integrate the microphysical modelling of nanometre-sized and (sub-)micron grains into a disc radiative transfer code within the context of planet formation in discs. Simulated maps in the multi IR features will be used to study the potential to go back to the dust properties, the disc structure, and the potential presence of proto-planets from JWST data.

5. **Polarisation - Dust in extinction and emission**

People involved : V. Guillet, N. Ysard, A. Jones, L. Verstraete, A. Abergel

In order to interpret the ever-growing quantity of data and to confront the upcoming polarisation data in extinction (catalogues of starlight polarisation towards millions of stars by the PASIPAHE and SOUTHPOL projects) and in emission (Planck, ALMA, NIKAPOL, SOFIA, SAFARI-POL) the use of state-of-the-art models is absolutely essential. In the near future our updated dust-modelling framework (THEMIS II) will incorporate polarisation using all known alignment mechanisms, as well as updated dust properties characteristic of diffuse, translucent and dense interstellar media. This is a necessary step towards a better understanding and characterisation of the polarised dust emission, which is a contaminating screen in CMB polarisation studies.In order to confront our models with the observations of discs seen in polarisation, we will also upgrade the

DustEM tool so as to predict dust polarisation by scattering using the THEMIS II models.

6. **JWST Centre d'Expertise - High-level data processing and analysis**

   People involved : A. Abergel, E. Habart, N. Ysard, L. Verstraete, T. Boutéraon, T. Schirmer

   We are participating in the development of the French MIRI centre of expertise, in collaboration with DAP, LESIA and LAM and with the support of CNES. One key aims of this centre is to help the French community to reduce and to analyse MIRI data (limited to imager observations). The IAS is in charge of the "data management" work package. We will implement this within a dedicated infrastructure, test and run the MIRI data reduction pipelines developed at the STScI (which is the JWST mission operations centre). The produced data will be locally archived and distributed. Further, we will also participate in the commissioning of MIRI post-launch, and will test the pipelines running at IAS on real data sent before the first scientific observations are released. The "Centre d'Expertise" is mainly focused on the imager of MIRI, but our plan is also to develop this expertise for the MIRI IFU spectrometer, which will be extensively used in our own programs and by the community at large.

   We will also add high-level data reduction modules that go beyond what will be available from STScI. We are collaborating with the Inverse Problem group at the Laboratory of Signals and Systems (L2S, Centrale Supelec) in order to provide high level pipelines based on instrument model. Our plans are (1) to process imaging data taking into account the spectral variations of the Point Spread Function (PSF) of the telescope and (2) to jointly process imaging and spectroscopic data for the inversion of the combined imaging and spectroscopic data.

7. **Other projects :**

   (a) **EUCLID**

   People involved : N. Ysard, A. Jones, L. Verstraete

   Euclid will observe the sky at high-Galactic latitude in the visible and near-IR. As per Planck observations, our team will work on the dust foreground emission ; in this case we will in particular focus on scattered light. To this end with M.-A. Miville-Deschênes we have started collaboration with P.-A. Duc (Obs. Strasbourg) using ground-based observations (CFHT) combined with Planck data to be able to predict the level of scattered light from the Planck all-sky maps (ANR LOSURF).

(b) **SKA**

People involved : N. Ysard, L. Verstraete, A. Jones, T. Boutéraon, T. Schirmer

The interest of our team for SKA comes from the so-called “Anomalous Microwave Emission” (AME), discovered in the 1990s and detected in various environments : diffuse and dense clouds, compact HII regions, star forming regions. A number of models have been proposed to explain the AME and so far, even if still questioned, the most plausible is electric dipole radiation from rapidly spinning small carbonaceous grains. With a frequency coverage up to 24 GHz and an angular resolution down to a few arcseconds, the SKA1-MID is perfectly suited to study AME. Combined with higher frequency data (e.g. ALMA band 1 at 30 GHz and Spitzer IRAC in the mid-IR), it would be possible to establish the full spinning dust SED for a variety of targets and to use this original tracer of dust as a new probe of the ISM. Indeed, the grain rotational excitation depends on parameters otherwise difficult to constrain : grain size and electric dipole moment distributions, radiation field, H^+ and C^+ densities, photoelectric emission, and H_2 formation.

(c) **SPICA : Dust and gas in discs, galaxies and beyond**

People involved : A. Abergel, E. Habart, V. Guillet, A. Jones, N. Ysard, L. Verstraete

SPICA, a joint JAXA/ESA M-class mission, is a mid to far-IR space observatory with an actively-cooled (<8K) 2.5m telescope with a planned 3 year mission (5 year goal) and launch date in the late 2020’s. The SPICA instruments include the SPICA mid-IR instrument (SMI), SPICA far-IR instrument spectrometer (SAFARI/SPICA) and SPICA far-IR instrument : polarimeter spectrometer (SAFARI/POL), covering the spectral range from 12 to 230 microns. The a gain in sensitivity of more than two orders of magnitude over Spitzer and Herschel represents a major leap in sensitivity and spectroscopic capability. SPICA will allow us to probe the fine details of the dust thermal emission and, at the same time, observe the dust polarisation at the same wavelengths. Such detailed observations will be both a challenge and a boon to dust modelling. A challenge to current dust models and a boon because we will resolve the key evolutionary changes in the grain properties, by spectroscopically mapping them across the interstellar interfaces in PDRs, dense cores and filaments, whilst at the same time having the dust polarisation data as an in-tandem constraint. These combined data will provide the most stringent constraints on any dust model. Using THEMIS II we will be able to predict the likely observed dust properties for both the JWST and SPICA missions.

7.1.5.2 COSM !X team project

1. **Introduction**

People involved : N. Aghanim, T. Bonnaire, V. Bonjean, N. Coron, H. Dole, M. Douspis, G. Fabbian, D. Galarraga, C. Gouin, A. Gorce, J. Grain, R. Janssen, A. Kolodzig, M. Langer, E. Lecoq, L. Legrand, N. Lemarchand, B. Maffei, , N. Malavasi, N. Nesvadba, L. Pagano, J.-L. Puget, A. Roussafi, L. Salvati, S. Stever, H. Tanimura, M. Ullmo.

The COSM !X team will continue to build on its expertise on cosmology and structuration of our Universe from Inflation to low redshift with a multi-wavelenght approach. The team is involved in R&D and instrumental developments for future missions (microwave and X), ground segment activities for upcoming missions (Optical and NIR), science analyses, modelling, theoretical and statistical development for current observations (multiwavelenght). Our current and future studies will tackle the primordial universe to better understand inflation and hopefully measure B modes, will focus on the detection and understanding of the missing baryons (and their link to the visible ones) using top statistical techniques, and also decipher the physical processes which structure the matter from the star formation to large scales magnetic fileds.

2. **Primordial Universe and CMB polarisation**

Our projects for the coming years are mostly in line with the research done during the last five years. We will be involved in the preparation of future satellite missions for the B-mode's detection. On the theoretical side we will focus on the stochastic formalism to address issues raised in the inflationary paradigm and in alternatives to it. In addition, this formalism is tightly related to the puzzling quantum-to-classical transition and we also plan to explore this question.

(a) **B-mode's detection**

People involved : N. Aghanim, B. Maffei, M. Douspis, J. Grain ; collaboration : C-Lab Nagoya

We will continue our involvement in the scientific preparation of future satellite missions for detecting the B-mode of the CMB polarized anisotropies. We plan to be involved in two different projects, LiteBIRD and PRISTINE (see Instrumentation Sec. for details). In this context, the scientific question to be explored are : constraining the models of inflation with the B-mode, potentially in combination with direct observations of stochastic gravitational waves ; setting tight constraints on the optical depth to reionization thanks to the E-mode and thanks to the spectral distortions of the CMB ; using the latter in combination with small-scale observations of the CMB (e.g. thermal Sunyaev-Zel'dovich of clusters, or weak lensing) to constrain the neutrino

masses and/or a time varying equation of state of dark energy.

(b) **Stochastic effects in the primordial Universe**

People involved : J. Grain ; collaboration : APC

We will make use of our extension of the stochastic formalism in the phase space to explore (i) the question of the quantum-to-classical transition of cosmological perturbations, and (ii) the backreaction of such perturbations on the background evolution. This will be explored for inflation and for bouncing cosmologies. The former has already been investigated but open issues remain. The latter have been less explored and are interesting in many respects : they are either an alternative to, or an extension of inflation (depending on the peculiar model considered), and many of them emerge from quantum cosmology thus creating a link between the Planck era and Planck-scale physics.

Extending the stochastic inflation formalism to the phase space was a mandatory step for its use to bouncing cosmologies. It is however not the only one. A key condition is the so-called quantum-to-classical transition of the cosmological perturbations. We will perform a thorough analysis of this transition in bouncing cosmologies to fully set up the use of the stochastic formalism. The quantum-to-classical transition is a fuzzy notion, and it cannot be entirely disconnected from the considered observables in the phase space. Already in the inflationary context, the question of the quantumness of cosmological perturbations and its potential observation is posed. Exploring this in the different context of bouncing cosmologies will shed lights on this providing clues to such questions as : is there a criterion for the quantum-to-classical transition independent of the cosmological context (inflation vs. bounce) ? Could this highlight some key observables revealing the quantum nature of cosmological perturbations, and how is this related to canonical transformations ? Could this be used to discriminate between different cosmic histories in the primordial Universe ?

With the stochastic formalism at hand, we will investigate the backreaction of stochastic perturbations on the large-scale dynamics of the Universe. This will be done at different orders both for inflation and for bouncing cosmologies. The questions that will be addressed are : is there an alignment mechanism with a potential attractor in bouncing cosmologies making the background dynamics immune to stochasticity ? Can this be generalized to the stress-energy tensor in both inflation and bouncing cosmologies ? Could stochasticity leads to a significant amount of anisotropic stress, and hence, to stochastic anisotropies at large scales ? Is this related to anomalous alignments of the CMB fluctuations ?

3. Large scale structures

People involved : N. Aghanim, V. Bonjean, T. Bonnaire, M. Douspis, D. Galarraga, A. Gorce, J. Grain, C. Gouin, , A. Kolodzig, M. Langer, E. Lecoq, L. Legrand, N. Malavasi, L. Salvati, H. Tanimura, M. Ullmo.

During the next five years, we will focus our work on several key projects. We will conduct and finalise the ERC Advanced project ByoPiC (2017-2021) ; we will prepare and participate to the exploitation of the data from the Euclid survey (launch $\sim$2021) and we will prepare the future space and ground-based large projects Athena, PRISTINE (or other CMB missions), and SKA. These central activities will lead us to an increased involvement in the development of sophisticated statistical tools based on Machine learning and dealing with Big and Complex data.

(a) Missing baryons

The ByoPiC project aims to detect and characterise the hidden/missing baryons at the largest cosmic scales in order to derive their contribution to the total budget. The hot ionised baryons embedded and hidden in the cosmic web need to be tracked in the cosmic skeleton using galaxy surveys and then to be detected and characterised through their gas content with SZ effect from Planck, ACT(pol) and SPT(pol) and possibly with X-ray and radio data. Unveiling these baryons is the sole way to answer a central question in cosmology and astrophysics : How, where and in what form does structure formation hide half of the ordinary matter at late times ?

We will undertake a systematic and comprehensive study of the reservoir of hidden baryons in the LSS. Already in a stacking analysis of a sample of about 600 superclusters (SC) detected in SDSS data we find that roughly 10% of baryons are in the form of diffuse gas lying outside clusters in larger structures. We will extend this kind of analysis to existing catalogues of SC and filaments. In addition, we will collaborate with different teams to have access and to use large hydrodynamical simulation in order to characterise the physical properties of the hidden baryons within the different cosmic web elements (SC, nodes, filaments, sheets, etc.). This will provide us with references to compare with data and study the impact of the large-scale cosmic environment on structure formation and to calibrate the key properties (density, temperature, pressure, turbulence, etc.). With simulations, we will further be able to build realistic, physical models of the filaments that will be fed into detection algorithms. Finally, we will use simulations to construct mock observables such as maps of lensing, SZ signal, and X-ray emission that we will use to explore the detectability of the missing baryons in future experiments in which we are involved like Athena, PRISTINE, and SKA in combination with Euclid lensing data.

(b) **Euclid exploitation**

The preparation to, and then, the exploitation of the Euclid data will also be a central focus of the next five years. Two major main aspects will be addressed in our team : Probing cosmology with Euclid's cluster of galaxies and through CMB cross-correlations.

For the galaxy clusters, we will build the likelihood tool needed to perform the cosmological analysis of the Euclid cluster abundance. This will take advantage of the heritage from our Planck analysis however the specificities of an optical survey of galaxies and their impact on the selection function will necessitate several developments (purity as a function of the galaxy membership, photometric redshift errors, complex mask, etc.). With the likelihood in hand, we will be able to probe and constrain the dark sector of the cosmological model in particular the equation of state of dark energy.

For the CMB cross-correlation, several estimators and probes will be used to take advantage of the CMB cross-correlation to probe modified gravity. We will not only finalise the development of a coherent framework to model (and include in the likelihood) the CMB, the CMB lensing, the shear and the galaxy clustering terms which exist in currently available tools, but we will also focus on the secondary CMB anisotropies such as thermal and kinetic SZ effects. Furthermore, we will include the non-diagonal terms of the covariance matrix for the cross-correlation terms since their effect is degenerate with the cosmological parameters and may thus bias the interpretation of data.

(c) **Cosmostatistics**

Our team has always invested effort and energy in the use and development of statistical techniques such as non-Gaussianity estimators, power-spectra estimators, Matched Multi-filter detection algorithms, stacking toolboxes, neural networks and machine learning.

Within the ByoPiC project, we will develop even further sophisticated statistical tools by investing more efforts into Machine-Learning techniques and reconstruction methods. We will adapt and optimise detection methods aimed at identifying cosmic web elements (nodes, filaments, voids) and classifying them. We will use up-to-date Machine Learning methods such as Generative Adversarial Networks for this purpose. These methods will be tested on numerical simulation before being applied on actual data (SDSS, PANSTARRS and Euclid) to construct complete catalogues. In parallel, we will devise reconstruction techniques in order to infer the full distribution of the cosmic web from incomplete catalogues of clusters of galaxies, multiple systems and filaments. Such methods exist but we will optimise them to account for heterogeneous catalogues of web elements. Again, we will use

numerical simulations to construct the tools that will then be applied to data. Finally, we will use the Machine Learning techniques in order to produce large numbers of mock data and simulations which will be needed in our various cosmological analysis to estimate the covariance of LSS data.

(d) **Reionization**

Following our involvement in using CMB and astrophysical measurements of the ionised fraction of hydrogen we will continue to probe the history of reionization in light of new CMB measurements and high redshift galaxy observations. We will further develop the modelling of the observed signal in millimetre domain (CMB EE polarisation at large scale and kSZ signal at small scales) as function of the reionisation history. Such modelling also depends on the different biases between the dark matter and the baryons and/or the (inhomogeneous) ionised fraction. Collaborations with colleagues (Observatoire Strasbourg and Paris) developping simulations will also help in calibrating the modelled kSZ signal. The reionization history will then be confronted at the same time to CMB data as well as to observations of the high z galaxy luminosity functions in order to derive informations on the sources of reionization and constraints on statistical descriptions of the reionization process (escape fraction, clumpiness).

4. **Evolution of the structures of the universe**

People involved : N. Aghanim, V. Bonjean, M. Douspis, H. Dole, A. Kolodzig, R. Janssen, M. Langer, E. Lecoq, N. Nesvadba

(a) **Protoclusters**

Searching, detecting and studying high-redshift (z > 2) protoclusters will be done with new ground-based and space infrared data (in hand and to be taken e.g. JWST), optical and millimetre data (to be gathered). Also Euclid (and ancillary data like Spitzer on deep and calibration fields) will shed new light on this very competitive research. Finally, our collaboration of a few tens of colleagues scattered in more than 10 countries, is covering every aspect, from multiwavelength observations to theoretical or simulation analysis.

(b) **Regulation mechanisms of star formation and galaxy growth**

We will continue to study the regulation mechanisms of star formation in massive galaxies at low and high redshift, including galaxies with intense star formation as well as powerful AGN. In the next several years, we will in particular study these galaxies with JWST and in the sub-millimetre and millimetre regime with the IRAM/NOEMA and ALMA interferometers. With the JWST, we will be able to penetrate the dusty environments of intensely star-forming regions with sub-arcsecond resolution in the mid-infrared for the first

time. This wavelength range is a particularly interesting regime to study stellar populations, the co-evolution of AGN and star formation, and the warm ionized and molecular gas in strongly dusty-enshrouded galaxies. We will include galaxies at low and intermediate redshifts as well as at high redshifts in this analysis, whose potential will be boosted by our unique sample of exceptionally bright, strongly gravitationally lensed, high-redshift galaxies, Planck's Dusty GEMS, whose global multi-wavelength gas, dust, and star-formation properties we have already characterized in the last few years. IAS is also part of the Q3D Early Release Science project, an international collaboration led by D. Wylezalek at ESO, which will fully explore the novel capabilities of JWST imaging spectroscopy with NIRSPEC and MIRI to study the cosmic evolution of AGN host galaxies by investigating the properties and kinematics of their gas, and their AGN and stellar populations. This program will ideally be complemented by our already started work to study the limits of AGN feedback from the most common populations of fairly low-power radio sources. This work includes samples of nearby 'hybrid' radio galaxies, which show signatures of star formation as well as radio-loud AGN activity, contrary to the standard scenarios of radio-loud AGN feedback, which should show no signs of star formation, as well as samples of relatively low-power radio galaxies at redshifts z$\sim$2-3, the main epoch of cosmic star formation.

(c) **Cosmic Web and Magnetic Fields**

Contributing to the regulation of star formation, the flow of baryonic matter from the cosmic web sheets and filaments to its nodes is a rather poorly known process. Recently investigated predominantly through the lens of numerical simulations, its physical properties remain unclear. Is the flow - and has it always been - smooth or intermittent ? Laminar or turbulent ? Cold or hot ? Mostly anisotropic or spherically symmetric ? Large scale cosmological simulations, focussing on the densest parts of the density field, are unable to provide unambiguous answers to such and similar questions. We will prolong our analytical efforts by extending the studies we recently initiated. The gravitational instability of stratified media we started with is admittedly only one of the actors at play. Nevertheless, a lot remains to be clarified. We will complete our analytical study of sheet-like self-gravitating structures and obtain the shape of the eigenfunction(s) associated to the unstable mode. This will allow us to determine where exactly in the sheets baryonic fragments are likely to form, and with which shapes and masses. We will generalize this study to the case of filamentary (cylindrical) structures. We will also include obvious ingredients that will render our studies even more physically relevant for the cosmic web : anisotropic expansion, coherent accretion flows, background dark matter, etc. At each step, a comparison with numerical resolutions of the involved higher differential order equations will be performed.

An additional ingredient is magnetic fields. On smaller scales and during the formation of the first stars, they may have played a major regulating role.

We will explore analytically how instabilities such as the Magneto-Rotational Instability may have developed in the thicker, warmer and partially ionised protostellar disks in the pristine universe, and how they may have contributed to setting the properties of the very first stars (IMF, luminosity). We will collaborate with experts of numerical MHD simulations, both local (DAp/CEA) and international (M. Machida, Kyushu University). On large cosmological scales however, given the current observational bounds on their present-day strengths ($10^{-18} < B < 10^{-9}$ G), it is unlikely that magnetic fields contributed in any noticeable way to shaping the distribution of baryons. On the contrary, they have evolved in an essentially passive way together with the cosmic web. Combining the laws of weak-field magnetohydrodynamics and cosmology, we will compute analytically the power-spectrum and other statistical properties of magnetic fields evolved until today from early times through the formation of the cosmic web. This will allow us to formulate predictions that will be testable with the forthcoming SKA and its precursors. We will collaborate notably with experts in Faraday Tomography techniques and prepare SKA observations of Fast Radio Bursts, distant AGN and radio-galaxies (S. O'Sullivan, POSSUM project, Hamburg Observatory ; T. Akahori, NAOJ, Tokyo) and formulate predictions for correlations with Athena observations of the cosmic web. These are indispensable steps towards meeting the objective of the Cosmic Magnetism Science Working Group of the SKA.

5. **Instrumentation**

People involved : B. Maffei, R. Janssen, A. Roussafi, S. Stever, G. Rouillé, V. Sauvage.

Part of the R&D program developed so far (see previous sections) on Cryogenics and study of systematics on detection chains which will be followed up in the coming years combined with our new additional field of research (see R&D program below) is driven by the need of technology developments for our multi-wavelength scientific interests and our will to contribute significantly to new projects in key areas.

PRISTINE and LiteBIRD

In the event of CNES funding a 3-year Phase A study (which might also be include within an ESA Phase A study), our group intends to lead two work-packages : one on the CCDR development, the other on the calibration.

If PRISTINE were to be selected for either a CNES Phase 0 study or an ESA phase A F-mission, the IAS present coordinator of the French and European efforts, will lead these studies.

Post-Herschel mission preparation : SPICA-SAFARI-Pol

SPICA has been recently selected as one of three projects for the future ESA M5 mission. One of its instruments, SAFARI-Pol is being led by CEA-Saclay. The IAS has been invited to contribute to this instrument, with particular tasks to work on the optical design and prototyping as well as studying the impact of cosmic ray particles on its future detectors.

Athena / X-IFU

The IAS has formally integrated the Athena/X-IFU consortium in September 2017 with the particular instrumental task to study the susceptibility of its detectors to cosmic ray hits. Modelling of these effects have already started in collaboration with SRON (The Netherlands) and GSFC (NASA). The future program includes the irradiation of prototype detectors with particles at different energies and the study of these systematics on the signal.

BINGO

This new Radio telescope project to observe the Baryon Acoustic Oscillations has been originated by The university of Manchester. It has received funding for a first phase in Brazil where the telescope will be located (site recently selected). We are designing the optics (telescope and feedhorns) and contributing to the prototyping and overall design of the instrument. Our aims in the next few years will be to support the development of the telescope and its receiver through the final design and contribution to the hardware test, followed by the analysis of the optical performance.

Additional R&D program

As previously stated, in addition to the continuation of some of our present program (cryogenics and detector studies), we are starting a new program on optics, calibration and systematic effect studies.

Through the renewed combined expertise of IAS on quasi-optics (developed previously at The university of Manchester) and optics (Planck and PILOT optics), we are starting a new R&D program of development of new quasi-optical components and systems in collaboration with the university of Cardiff, CEA-Saclay and IRAP to support new projects such as SPICA, PRISTINE/LiteBIRD and PILOT (or Co-PILOT).

In parallel, we are studying new calibration techniques and facilities for future space missions. This is notably performed in the frame of the LiteBIRD French proposal for which the IAS could provide the calibration facility based on the existing facilities and expertise (Station d'étalonnage).

These programs, including dedicated equipment such as a new Vector Network Analyser, are co-funded by île-de-France region (DIM-ACAV+ awarded in July 2017), CNES (R&T to start in 2018) and Paris-Saclay (Chaire d'excellence).

7.2 Équipe Astrochimie et Origines

7.2.1 Présentation de l'équipe

Les thématiques de l'équipe « Astrochimie et Origines » sont centrées sur l'étude de l'origine, la nature et l'évolution des matériaux primitifs du Système solaire et leur « filiation » aux matériaux du milieu interstellaire et du disque protosolaire. Ainsi, notre équipe fait le lien entre certains aspects thématiques des équipes « Astrophysique de la Matière InterStellaire » et « Système Solaire et Systèmes Planétaires ». Notre activité principale est l'étude des processus physico-chimiques conduisant à l'évolution de la matière solide extraterrestre observée dans différents environnements astrophysiques. Nous analysons en laboratoire des matériaux extraterrestres (météorites et poussières d'astéroïdes et de comètes) et nous menons des expériences sur des matériaux analogues (glaces, minéraux et matériaux organiques), en utilisant des techniques de caractérisation telles que la spectroscopie visible et infrarouge, la spectroscopie Raman, la spectrométrie de masse, la microscopie électronique, ainsi que la photolyse UV et l'irradiation/implantation ionique pour simuler certains processus énergétiques. En plus de la caractérisation physico-chimique, les diagnostics spectroscopiques sont utilisés : (1) pour interpréter les observations des instruments spatiaux ou télescopes au sol, (2) pour susciter de nouvelles observations, et (3) pour modéliser des processus en jeu dans les environnements astrophysiques. Ces travaux impliquent des instruments et dispositifs se trouvant à l'IAS, ainsi que de nombreux développements sur des plateformes (synchrotrons, accélérateurs de particules) et des collaborations interdisciplinaires, nationales et internationales, pour analyser une large gamme d'échantillons d'intérêt astrophysique.

Tableau des effectifs :

Le tableau ci-dessous prend en compte les membres permanents et non permanents qui font partie de l'équipe Astrochimie et Origines. Depuis le 01/01/2018, il a été décidé que les membres de l'équipe A&O peuvent aussi faire partie de l'équipe Système Solaire et Systèmes Planétaires. On remarque le départ de deux chercheurs CNRS, ce qui représente pour l'équipe une perte d'environ 40% du potentiel "recherche" et d'un AI affecté à nos expériences. Avec la prévision d'un départ en retraite de O. Mivumbi, dans le prochain quinquennat il se pose l'urgence d'un recrutement AI/IE affecté à l'A&O, avec un profil "instrumentation scientifique et techniques expérimentales".

	2013	2014	2015	2016	2017	2018
CNRS	3	3	3	3	2	1
CNAP	0	0	0	0	0	0
Enseignant-chercheurs	3	3	3	3	3	3
Doctorants	2	1	0	1	2	2
Postdoc	1	2	2	0	0	2
ITA affectés à l'équipe	2	2	2	2	2	1
Total (permanent)	11 (8)	11 (8)	10 (8)	9 (8)	9 (7)	9 (5)

Tableau des moyens (intégral sur 2014-2018)

INSU	CNES	Univ./Obs.	Idex/Labex	ANR	H2020	Région
~ 130 k€	~ 60 k€	~ 15 k€	54 k€	~ 350 k€	8 k€	180 k€

Moyens de laboratoire, équipements et plateformes utilisés

Projet	Instrument	National/Local	Heures /an
SOLEIL/SMIS	Microscopes IR et Raman sur la ligne SMIS	National	4 semaines/an avec faisceau synchrotron + 4 semaines/an avec sources conventionnelles
SOLEIL/autres	Lignes UV DESIRS et DISCO, et ligne X PSICHÉ	National	2 semaines/an en moyenne
Instrumentation Astrochimie	Différents montages de spectroscopie, altération, analyses, synthèse d'analogues	Local	6 mois/an en moyenne
Irradiation ionique	Accélérateurs et implanteurs (SIDONIE, GANIL)	National	2 semaines/an en moyenne
Analyses microscopiques	Microscope électronique à balayage à haute résolution de l'ICMMO (Orsay) Microscopes électroniques à transmission de l'IMPMC (Paris)	National	3 jrs/mois en moyenne
Préparation échantillons	FIB de l'IEMN (Lille) (Collaboration D. Troadec)	National	5 jrs/an en moyenne

Profil des activités

Recherche académique		Diffusion des connaissances	Enseignement et formation
Expériences/Analyses/ Exploitation de données	Développement instrumental/Suivi projet		
40%	25%	5%	30%

7.2.2 Bilan scientifique

L'équipe "Astrochimie et Origines" (A&O) étudie l'origine, la nature et l'évolution des poussières depuis le milieu interstellaire et le disque protosolaire jusqu'aux petits corps du Système solaire. De nombreux champs de l'astrophysique sont abordés dans cette équipe puisqu'elle propose un lien thématique entre la physique et la chimie du milieu interstellaire et celles du Système Solaire. Elle se base sur un ensemble expérimental qui regroupe des techniques de spectroscopie, de simulation de production d'analogues de matière extraterrestre et de diverses méthodes de caractérisations physico-chimiques. Des analyses d'échantillons et des simulations expérimentales sur des analogues de poussières extraterrestres sont effectuées afin de produire des diagnostics spectroscopiques, qui sont utilisés pour comprendre la composition et l'évolution physico-chimique de la matière solide dans notre Galaxie et lors de la formation de notre Système solaire ainsi que, par extension, d'autres systèmes planétaires.

Dans les cinq dernières années, plusieurs activités interdépendantes ont été menées, qui peuvent être structurées autour de deux grands axes :

(1) l'étude des processus énergétiques sur les grains interstellaires/protoplanétaires et sur les surfaces des petits corps du système solaire ;
(2) l'analyse en laboratoire ou in situ (sondes spatiales) de la matière extraterrestre collectée (météorites, poussières cométaires et astéroïdales) et ses analogues produits en laboratoire.

7.2.2.1 Processus énergétiques sur les grains interstellaires/protoplanétaires et sur les surfaces des petits corps du système solaire

Les simulations en laboratoire des processus induits par les rayonnements observés dans l'espace permettent de mieux comprendre l'évolution de la matière interstellaire et planétaire, et apportent des contraintes pour les modélisateurs des milieux astrophysiques. Les expériences sont réalisées par l'équipe grâce à des montages instrumentaux propres à l'IAS et/ou via des collaborations sur accélérateurs en France et à l'étranger.

1. **Glaces interstellaires et planétaires et leur évolution sous rayonnements ionique**

   Des chercheurs de l'équipe A&O en collaboration avec le CIMAP, l'IPNO, le GANIL, et l'Université PUC (Brésil) ont caractérisé en laboratoire l'effet des rayons cosmiques lourds sur la structure et la pulvérisation de glace d'eau dans des environnements interstellaire et planétaire (Dartois et al. 2013, Mejía et al. 2015, Dartois et al. 2015). Dans ces simulations expérimentales, un dispositif mis au point par le CIMAP permet de condenser de la vapeur d'eau sous forme d'une fine couche de glace sur un substrat maintenu à une température à laquelle la glace produite est cristalline ou amorphe. Les effets de l'irradiation par les ions lourds de l'accélérateur du GANIL (similaires aux rayons cosmiques galactiques) sont alors étudiés in situ en fonction de la température par spectroscopie IR, qui présente le double avantage de permettre de suivre l'évolution structurale de la glace et de déterminer le nombre de molécules émises vers le vide. Sous irradiation par des ions lourds, quel que soit l'état initial de la glace, cristallin ou amorphe et poreux, l'irradiation conduit vers un même état : une glace amorphe compacte, la compaction étant cependant trois fois plus efficace que l'amorphisation de la phase cristalline. Que ce soit les mécanismes de formation de la glace d'eau en surface des grains interstellaires, l'irradiation UV ou l'irradiation par les rayons cosmiques, la structure des glaces dans l'espace évolue vers une phase compacte, qui permet d'expliquer le fait qu'aucune glace amorphe poreuse n'ait été observée jusqu'à présent. Ces expériences montrent que parmi les particules présentes dans le rayonnement galactique, les ions lourds de très grandes énergies, bien que minoritaires en abondance, ont un impact majeur du fait de leur très grande efficacité. Les taux de pulvérisation élevés sont, en particulier pour la glace d'eau, importants par rapport à d'autres mécanismes de réinjection comme la photodésorption par les photons UV présents dans l'espace. Ils fournissent un mécanisme de réinjection dans la phase gazeuse efficace d'une partie des manteaux de glace présents dans les nuages moléculaires.

   Un deuxième dispositif, dénommé INGMAR (IrradiatioN de Glaces et Météorites Analysées par Réflectance VIS-IR), monté en collaboration entre l'équipe A&O de l'IAS et le CSNSM (Centre des Sciences Nucléaires et des Sciences de la Matière, Orsay), permet l'étude spectroscopique de glaces planétaires et la fabrication de résidus organiques sous irradiation ionique. Le montage est relié à l'implanteur SIDONIE (40 keV) du CSNSM. Ces activités fourniront un support à l'interprétation des données des missions qui ont pour cible des objets glacés. En particulier la mission JUICE (Jupiter Icy Moon Explorer, ESA), qui aura pour cible les satellites de Jupiter, dans laquelle l'IAS est fortement impliqué grâce à la responsabilité de l'instrument MAJIS, aura besoin d'un support de laboratoire pour la mesure des spectres d'échantillons cryogéniques (irradiés et non). Nous avons démarré une collaboration sur le sujet avec des collègues de l'équipe "Système Solaire et Systèmes Planétaires" de l'IAS et

avec d'autres laboratoires en France et en Italie (visite de G. Strazzulla "prof. invité" en 2015), qui a mené à la publication de deux articles sur les surfaces des satellites joviens (Boduch et al. 2016, Ligier et al. 2016).

2. **Photochimie et résidus organiques : chiralité**

Un dispositif expérimental appelé MICMOC (Matière Interstellaire et Cométaire, Molécules Organiques Complexes) a opéré à l'IAS pendant les années 2003-2017 et a été dans les dernières années modernisé grâce aux financements croisés de l'ANR et du CNES. Il permet la production continue de résidus organiques à partir de la photochimie UV d'analogues de glaces astrophysiques (voir figure 7.10). MICMOC a été conçu pour être modulable et facilement transportable dans différents environnements, comme par exemple sur la ligne DESIRS du synchrotron SOLEIL (Chiral-MICMOC). Le montage de l'expérience sur DESIRS a la particularité d'utiliser, pour effectuer cette photochimie, un faisceau de lumière polarisée circulairement, fournie par un rayonnement synchrotron. Cela induit une sélectivité énantiomérique sur les acides aminés formés lors de la production du résidu organique. Grâce à une collaboration avec l'ICN-Université de Nice, les échantillons produits sur Chiral-MICMOC sont ensuite analysés par chromatographie en phase gazeuse multidimensionnelle couplée à la spectrométrie de masse (GCxGC-TOFMS).

FIGURE 7.10 – Résidus organiques produits par l'expérience MICMOC et vus à travers un microscope visible. L'image représente environ 3x3 mm (© P.Modica).

Sur Terre, le vivant utilise des acides aminés chiraux présentant la forme énantiomérique L pour la fabrication des protéines (homochiralité). L'origine physico-chimique de cette asymétrie est encore mal connue mais il est généralement

admis un processus en deux étapes : l'apparition de faibles excès énantiomériques (e.e.s) dans un matériau organique chiral, suivi par un mécanisme d'amplification menant à la sélection complète d'un seul énantiomère. L'une des hypothèses pour expliquer l'apparition des e.e.s initiaux provient de l'interaction de lumière circulairement polarisée (CPL) avec la matière. Faisant suite aux résultats obtenus en 2011 sur l'alanine, Chiral MICMOC a obtenu de nouveaux résultats sur cette problématique (Modica et al. 2014) en élargissant la mesure à cinq acides aminés (α-alanine et valine, protéiques ; acide 2,3-diaminopropionic, acide 2-aminobutyric et norvaline, non-protéiques) qui montrent un comportement identique au rayonnement UV circulairement polarisé. Ces excès sont toujours faibles (inférieurs à 2%) mais comparables à ceux observés dans certaines météorites primitives et renforcent le scénario astrophysique : l'irradiation de glaces inter/circumstellaires par UV-CPL mène à la formation d'acides aminés mais également à un certain degré d'enrichissement énantiomérique, source d'asymétrie nécessaire à la chimie prébiotique pour déclencher l'apparition de l'homochiralité sur la Terre primitive. Concernant l'alanine, des expériences plus poussées ont été réalisées dans lesquelles l'hélicité (polarisation gauche et droite) ainsi que la longueur d'onde (6.6 eV et 10.2 eV) des photons utilisés ont été changées. Un lien direct a été observé entre ces paramètres et le signe des excès mesurés, suggérant un effet de dichroïsme circulaire à l'origine du phénomène. De plus, des excès de même signe ont été obtenus en irradiant uniquement les glaces ou uniquement le résidu organique obtenu à température ambiante. Ce résultat indique tout d'abord la formation d'espèces chirales dans la phase glacée, précurseurs des acides aminés contenus dans le résidu organique final, espèces qui pourraient être présentes dans les nuages moléculaires et se retrouver par la suite dans les corps parents des météorites.

3. **Sucres et ribose dans une simulation en laboratoire de matière organique interstellaire**

Dix aldéhydes, dont deux sucres (le glycolaldéhyde et le glycéraldéhyde) potentiellement importants pour la chimie prébiotique, ont été pour la première fois identifiés en collaboration avec l'ICN dans les résidus organiques produits en laboratoire par l'expérience MICMOC/SUGARS de l'IAS (de Marcellus et al. 2015). Selon une expérience récente de chimie prébiotique, ce sont des précurseurs possibles de ribonucléotides, eux-mêmes briques de base de l'ARN, comme les acides aminés le sont pour les protéines. La détection de ces molécules dans nos échantillons permet donc de renforcer l'hypothèse selon laquelle la matière organique extraterrestre aurait permis d'ensemencer la Terre primitive en molécules essentielles pour le fonctionnement de la chimie prébiotique menant à l'origine de la vie. Enfin, si le glycolaldéhyde est déjà détecté dans le milieu interstellaire, ce n'est pas encore le cas du glycéraldéhyde, qui constitue donc une cible intéressante pour les instruments tels que ALMA. Cette molécule pourrait être également recherchée dans les météorites primitives.

Plus récemment, la détection de ribose, molécule utilisée dans le squelette de l'ARN, ainsi que de toute une famille de sucres de structure comparable, a été réalisée par la collaboration ICN-IAS dans les résidus de MICMOC (Meinert et al. 2016). Il s'agit là de la première synthèse réellement prébiotique du ribose, étant entendu que cette molécule a été recherchée par défaut et non synthétisée. Mais l'originalité de ce résultat va bien au-delà. En effet, la diversité des sucres observés dans l'analyse et leur abondance extrêmement importante (en valeur absolue) suggèrent la présence d'une réaction chimique insolite qui survient de manière non dirigée, la réaction dite « de formose ». Cette réaction est bien connue des chimistes prébiotiques, qui ont toujours recherché une telle voie de synthèse naturelle des sucres. En effet, cette réaction nécessite une préparation soignée et l'usage d'un catalyseur basique fortement concentré, une voie de réaction injustifiable sur un plan prébiotique. La réaction de formose observée dans l'évolution de ces glaces en laboratoire est, elle, due à la polymérisation par réaction en chaîne du formaldéhyde libéré dans la sublimation des glaces lors du réchauffement progressif de l'échantillon, utilisant le glycolaldéhyde et le glycéraldéhyde pour produire, par une réaction autocatalytique, une cascade de produits, dont le ribose. Pas de catalyseur basique dans cette réaction, celui-ci étant possiblement remplacé par la présence d'électrons solvatés dans la glace irradiée et mobiles lors de la sublimation de celle-ci. Finalement, la présence d'aldopentoses tels que l'arabinose, le thréose et le lyxose, mais aussi la présence de glycéraldéhyde, montre bien les nombreuses possibilités qui s'offrent à la chimie prébiotique avant (ou parallèlement à) la synthèse de l'ARN. Ces sucres pourraient être à l'origine de nombreux acides nucléiques autres que l'ARN. La mise en évidence d'une réaction autocatalytique naturelle menant à la production de ribose peut être considérée comme une avancée importante en chimie prébiotique, obtenue dans des conditions physico-chimiques compatibles avec celles connues dans les comètes par exemple. Elle propose un élément de réponse en ce qui concerne l'apport exogène de matériaux prébiotiques à la Terre primitive.

4. **Matière carbonée réfractaire**

Dans les dernières années, l'équipe a mené plusieurs études sur la formation et l'évolution de matériaux carbonés "réfractaires". Avec MICMOC, nous avons observé la formation de matière organique insoluble dans le traitement photothermochimique en laboratoire des glaces "astrophysiques" (de Marcellus et al. 2017). En partant d'une faible dose d'irradiation aux UV sur des glaces à 77 K, on obtient d'abord une forme totalement soluble de matière organique à température ambiante. Une fois ce résidu organique formé, l'irradier davantage sous vide entraîne la production d'une fine croûte foncée altérée sur le matériau soluble initial. L'ensemble du résidu est étudié par microspectroscopie IR. Après l'extraction à l'eau de la partie soluble, une fraction insoluble reste sur le porte-échantillon, ce qui donne un spectre IR très différent de celui de l'échan-

tillon soluble. Par conséquent, à partir du même traitement UV et thermique des glaces initiales, nous produisons d'abord un matériau soluble à partir duquel une dose d'irradiation beaucoup plus importante conduit à une structure insoluble. Il est intéressant de noter que cette fraction insoluble présente des similitudes spectrales avec des échantillons naturels de la matière organique insoluble (IOM) extraits de deux météorites (Tagish Lake et Murchison), choisies comme exemples de matériaux primitifs. Cela suggère que la diversité moléculaire organique observée dans les météorites peut, en partie, provenir du traitement photothermique des glaces interstellaires/circumstellaires aux derniers stades de l'évolution des nuages moléculaires vers la formation du Système solaire.

D'autres matériaux carbonés réfractaires ont été produits et étudiés à l'IAS grâce au montage SICAL. Une source plasma radiofréquence (SICAL-ICP), a servi de réacteur chimique pour la production de carbones amorphes hydrogénés, analogues des poussières interstellaires. L'étude de la dépendance des paramètres optiques de ces matériaux, associée aux différentes structures accessibles par ce réacteur, a été confrontée aux observables astrophysiques. Ces matériaux carbonés analogues, dont les spectres sont en excellent accord avec les observations dans le domaine observationnel IR, doivent être quantifiés sur l'ensemble du domaine spectral. En particulier, le domaine de l'UV lointain (190-250 nm) et de l'UV du vide (100-190 nm) est d'une grande importance pour les matériaux carbonés, car il couvre les transitions électroniques associées aux liaisons sp3 et sp2 du carbone, et représente la deuxième signature spectroscopique astrophysique observée à comparer à ces analogues. Des études en absorption ont ainsi été menées sur la ligne DISCO du synchrotron SOLEIL. Les analogues produits à l'IAS sous forme de carbone amorphe et de suies produites à l'ISMO ont été mesurés en transmission de 1000 à 50 nm. Cela a permis de démontrer la pertinence des suies comme analogue des poussières circumstellaires, en faisant le lien entre porteurs des AIBs et l'absorption interstellaire vers 217 nm (Gavilan et al. 2016). Les rayonnements énergétiques présents dans le MIS, tels que les photons (UV, X) ou les rayons cosmiques, ont aussi un impact important sur l'évolution de ces poussières. Ainsi, la matière carbonée est sensible à l'irradiation UV qui va modifier sa structure (rapport aliphatique/aromatique) mais aussi sa composition. Des simulations menées sur SICAL ont montré que cette irradiation peut conduire à la formation efficace de H_2 et de petits hydrocarbures (Alata et al. 2014, 2015).

5. **Altération spatiale de surface**

Une partie des activités de l'équipe est centrée sur l'interprétation des observations des petits corps du Système solaire, en particulier de ceux qui sont riches en matière carbonée. La majorité des ces corps (astéroïdes, objets trans-Neptuniens et de Kuiper, comètes, satellites) subit une altération de surface (space-weathering, SpWe) due au bombardement par micrométéorites et à l'ir-

radiation par les particules du vent solaire et du rayonnement cosmique de plus haute énergie. Cette altération spatiale induit une modification de la structure des grains (amorphisation), des variations chimiques de la composition (radiolyse) et une érosion de la surface (pulvérisation). Les propriétés spectrales des surfaces sont ainsi significativement modifiées. L'interprétation des spectres en réflectance observés exige de comprendre les mécanismes déterminant l'évolution de telles surfaces, pour remonter au matériau originel de la subsurface et placer cette évolution dans une perspective dynamique du Système solaire. Ces processus ont été étudiés pour la Lune et les astéroïdes de type S, et ils sont actuellement à l'étude pour d'autres types d'astéroïdes (Brunetto et al. 2015). Notre contribution à l'étude du SpWe de Mercure est décrite dans le bilan de l'équipe "Système Solaire et Systèmes Planétaires".

Ces études sont menées par l'équipe sur des montages en collaboration avec des chercheurs étrangers (Kanuchová et al. 2015, Melita et al. 2015, Fulvio et al. 2016) et/ou in situ à Orsay grâce au montage INGMAR. C'est pour combler le manque de données expérimentales sur les analogues des objets à faible albédo, que l'équipe a démarré en 2013 l'expérience INGMAR (collaboration IAS-CSNSM, Orsay) grâce au soutien du PNP et du labex P2IO. Ce projet porte sur l'irradiation ionique en laboratoire de glaces et matériaux extraterrestres riches en carbone, et leur analyse par réflectance/transmittance Vis-IR. Le montage est constitué d'une chambre à vide avec l'échantillon solide à étudier, placée sur la ligne d'irradiation SIDONIE du CSNSM. Afin de suivre en temps réel l'évolution du spectre et d'explorer une large gamme de fluences (équivalent à une large gamme de temps d'exposition dans l'espace), le montage permet simultanément d'irradier la cible et de l'analyser *in situ*, en transmittance (0.35-17 μm) et en réflectance (0.35-2.5 μm), et en conditions de température variable (20-300 K). Avec INGMAR, nous avons pu étudier de manière systématique la réflectance Vis-IR de météorites de différentes classes (CV, CM, CO, CI, etc.) en fonction de la dose d'irradiation avec des faisceaux d'He et Ar à 40 keV simulant l'irradiation des astéroïdes primitifs par le vent solaire (Brunetto et al. 2014, Lantz et al. 2015, Lantz et al. 2017). Nous avons utilisé des fluences ioniques entre 10^{14} et 10^{16} ions/cm2. Elles correspondent à des temps d'exposition de quelques milliers d'années dans la Ceinture principale. Les analyses spectroscopiques ont ensuite été complétées sur la ligne SMIS du synchrotron SOLEIL pour la partie MIR-FIR et Raman.

Dans la partie Vis-NIR du spectre, pour les météorites riches en chondres et pauvres en matrice et en carbone, on observe un rougissement spectral accompagné d'un assombrissement (diminution d'albédo) global du spectre, en accord avec la tendance observé pour certains astéroïdes C en Ceinture principale. Le comportement opposé est observé pour les météorites hydratées, pour lesquelles l'irradiation mène aussi à la disparition de la contribution des phyllosilicates à 2.7 μm et au déplacement du centre de bande vers les régions spectrales correspondant aux serpentines plus riches en fer. Une amorphisa-

tion des minéraux et de la matière carbonées a été observée en spectroscopie Raman. Une modification importante est observée sur les bandes à 10 et 20 µm des silicates de tous les échantillons : après irradiation elles changent de forme et se décalent vers des longueurs d'onde plus grandes. Récemment, grâce à un micro-spectromètre FTIR avec détecteur FPA (Focal Plane Array, voir plus bas) installé à SMIS-SOLEIL, nous avons acquis de nouvelles données d'imagerie spectrale IR des chondrites irradiées (Brunetto et al. 2018). Les cartes spectrales ont permis de caractériser l'hétérogénéité des météorites à l'échelle spatiale micrométrique. Dans les zones irradiées, nous avons observé des modifications spectrales des silicates anhydres et hydratés (voir figure 7.11). L'hétérogénéité de la composition des matériaux vierges et les effets de l'irradiation ont été comparés les uns aux autres en fonction de la dose d'irradiation, afin de déterminer les caractéristiques spectrales les plus sensibles au SpWe. Ces effets pourraient être observés à distance ("remote sensing") sur une surface astéroïdale présentant des terrains anciens et jeunes.

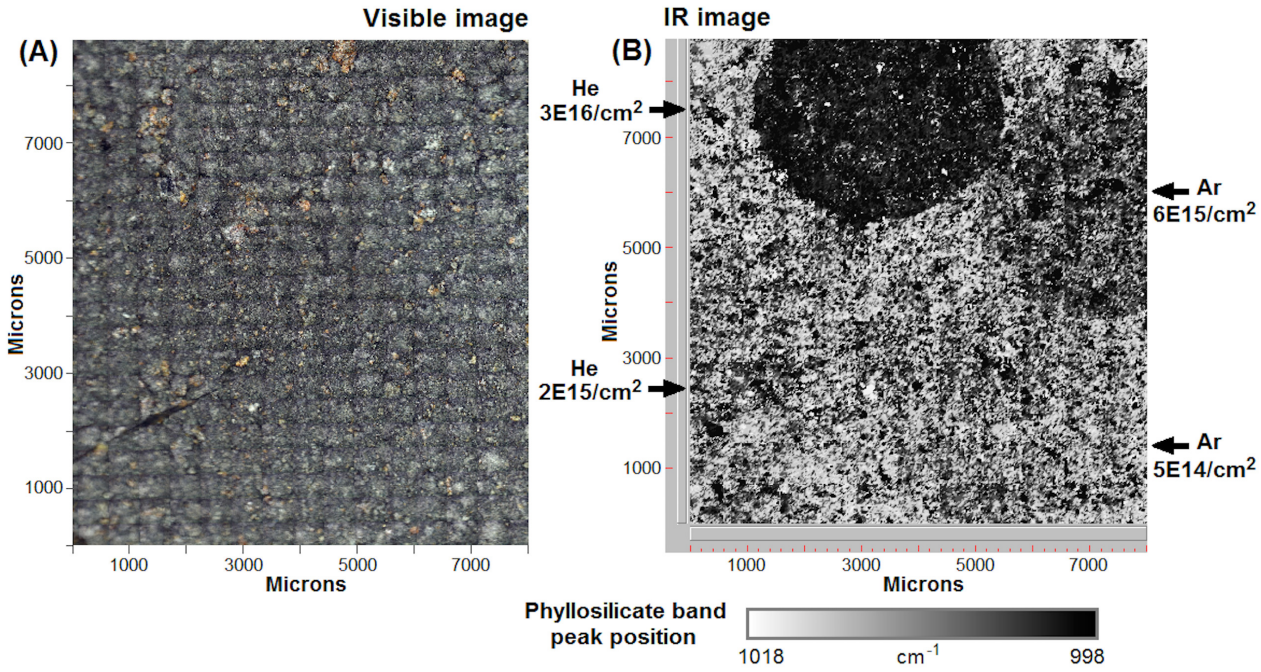

FIGURE 7.11 – Spectro-imagerie de la surface de la météorite Murchison vue en infrarouge moyen, avec quatre spots d'irradiation à des doses différentes. Panneau (A) : image visible montrant l'hétérogénéité de composition typique de la pastille de météorite, observée ici avec une taille de pixel d'environ 20 µm. Panneau (B) : Carte de la spectroscopie IR montrant la position du pic de la bande à 10 µm associée aux silicates hydratés en échelle de gris, avec le blanc pour une position dans les basses longueurs d'onde et noir dans les plus grandes longueurs d'onde

6. **Preuves directes du SpWe à partir des échantillons d'Itokawa**

   L'étude directe du SpWe a été possible grâce aux particules collectées sur l'astéroïde Itokawa par la mission Hayabusa/JAXA. L'analyse de ces particules par les équipes japonaises avait déjà constaté qu'au moins la moitié d'elles montre une modification des couches de surface due au vent solaire. Les particules Hayabusa représentent ainsi une opportunité d'étudier les effets du SpWe sur des surfaces astéroïdales « jeunes ». En collaboration avec l'IPAG (Grenoble) et le CSNSM (Orsay) nous avons publié les résultats des mesures de micro-spectroscopie IR, visible et Raman sur trois particules d'Itokawa (Bonal et al. 2015). Après avoir caractérisé la minéralogie en Raman (sans préparation spécifique mais sur particules brutes), nous avons mesuré les spectres en réflectance bidirectionnelle diffuse des particules individuelles ($\sim$30 μm) dans le Vis-NIR, avec le but de faire le lien avec les observations astronomiques. Les spectres obtenus ont confirmé la présence d'olivine et pyroxène, identifiés en Raman. De plus, deux particules ont montré un spectre très proche de celui de l'astéroïde Itokawa, aussi bien en termes de profondeur de la bande à 1 μm que de la pente spectrale. La troisième particule était caractérisée par un spectre de pente spectrale nettement supérieure (plus rouge). Nous avons donc suggéré que cette particule ait accumulé un temps d'exposition au SpWe plus long que la moyenne de la surface d'Itokawa. La différence de pente spectrale pourrait s'expliquer par la présence de nanoparticules riches en fer et soufre, formées par le vent solaire. Ces nanoparticules pourraient ainsi être plus abondantes dans la troisième particule que dans la majorité des grains à la surface d'Itokawa. L'estimation faite, via un modèle de Hapke, de l'abondance de nanoparticules à partir des spectres va dans ce sens, avec un temps d'exposition au vent solaire environ 4 fois plus long que la moyenne. Les processus de mélange du régolithe peuvent prolonger les temps de maturation. Pour donner suite à notre travail et pouvoir confirmer notre interprétation des spectres en réflectance des particules, nous avons soumis une nouvelle demande lors du troisième appel à participation de la JAXA (mars 2015), en collaboration entre l'IPAG, l'IAS et l'UMET. Notre projet a été sélectionné et les particules ont été analysées en 2016-2018 avec une approche multi-analytique couplée (réflectance VIS-NIR, spectroscopies IR et Raman, et microscopie électronique à transmission MET) supportée par des expériences d'irradiation (INGMAR) et les résultats seront publiés en 2019.

7.2.2.2 Analyses non-destructives en laboratoire de matière extraterrestre

L'étude in situ et/ou en laboratoire de matériaux extraterrestres provenant d'objets ayant peu évolué depuis leur formation est fondamentale pour améliorer notre connaissance sur les débuts de notre système et les processus physico-chimiques liés à l'évolution de ces matériaux dans différents environnements astrophysiques. Ainsi, notre l'équipe met en place une convergence entre les analyses en laboratoire de la matière extraterrestre (et de ses analogues) et les missions spatiales vers les

petits corps (Rosetta, Hayabusa 2, etc.) dans lesquelles l'IAS est très impliqué. Nos analyses de grains extraterrestres sont réalisées avec les outils disponibles à l'IAS et à SMIS-SOLEIL (spectroscopie Visible et IR, Raman, etc.) ou disponibles grâce aux collaborations que nous avons développées (microscopie électronique, chromatographie, spectrométrie de masse à temps de vol, etc.). Cette activité est menée en collaboration avec plusieurs laboratoires en France et à l'étranger. Plus spécifiquement, nous avons focalisé nos analyses sur différents types d'échantillons extraterrestres : des fragments de météorites primitives, des particules de poussières interplanétaires, des échantillons de la comète Wild 2 (mission Stardust, NASA) et des grains l'astéroïde Itokawa (mission Hayabusa, JAXA).

1. **Micro-imagerie et micro-tomographie FTIR**

   L'analyse d'échantillons extraterrestres et l'étude d'analogues de laboratoire couplée aux observations *in situ* d'objets primitifs permettent de contraindre les liens de filiation entre les matières interstellaire, astéroïdale/cométaire et interplanétaire. Dans ce contexte, le retour d'échantillons de petits corps représente un axe important pour avancer dans la compréhension de ces liens. Dans le cadre d'une collaboration pluriannuelle entre l'IAS et les collègues des observatoires de Naples et Catane, nous avons analysé des grains de la comète 81P/Wild2 collectés par la sonde Stardust (Rotundi et al. 2014). Ces analyses ont continué en 2015-2017 avec l'analyse de deux nouvelles particules (visite de A. Rotundi "prof. invitée" en 2017). L'expérience acquise tout d'abord sur les IDPs (poussières interplanétaires) puis sur les grains de Stardust nous a permis de réfléchir au développement d'une chaîne multi-analyses pour la matière extraterrestre, qui aille des techniques les moins destructives aux plus destructives, en essayant de maximiser le retour scientifique à chaque étape.

   Plus spécifiquement, pour ouvrir de nouvelles possibilités analytiques à des échelles (sub-)micrométriques il est nécessaire d'acquérir des outils spectroscopiques qui permettent de coupler une bonne imagerie spectrale des échantillons à la détermination de leur structure chimique et physique. Le synchrotron SOLEIL représente un outil performant pour cela. En plus de produire une source de lumière de l'IR aux rayons X, la faible divergence des faisceaux permet la mise en oeuvre de micro-spectroscopie aux échelles (sub-)micrométriques. L'accès à de telles échelles spatiales est indispensable pour l'analyse des poussières interplanétaires, astéroïdales et cométaires (tailles 1-100 μm). Nous avons développé depuis plusieurs années une fructueuse collaboration avec l'équipe de la ligne SMIS-SOLEIL pour l'analyse par micro-spectroscopie de « cosmo-matériaux » incluant l'IR proche et lointain, ainsi que la spectroscopie Raman. Les analyses effectuées sont exploitées pour comprendre la composition et la structure de la matière extraterrestre, les types de liaisons chimiques associées et leur environnement, et en interpréter la diversité et l'évolution dans les observations astronomiques. Dans ce cadre, nous avons récemment acquis un nouveau micro-spectromètre FTIR équipé d'un détecteur

FPA (Focal Plane Array, pour Matrice Plan Focal) permettant d'obtenir simultanément un très grand nombre de spectres (imagerie spectrale très rapide). Ce projet a été financé par la Région Île de France (DIM-ACAV) et par SOLEIL, et l'équipement est maintenant installé sur la ligne SMIS (voir figure 7.12). Les activités ont démarré en fin 2016.

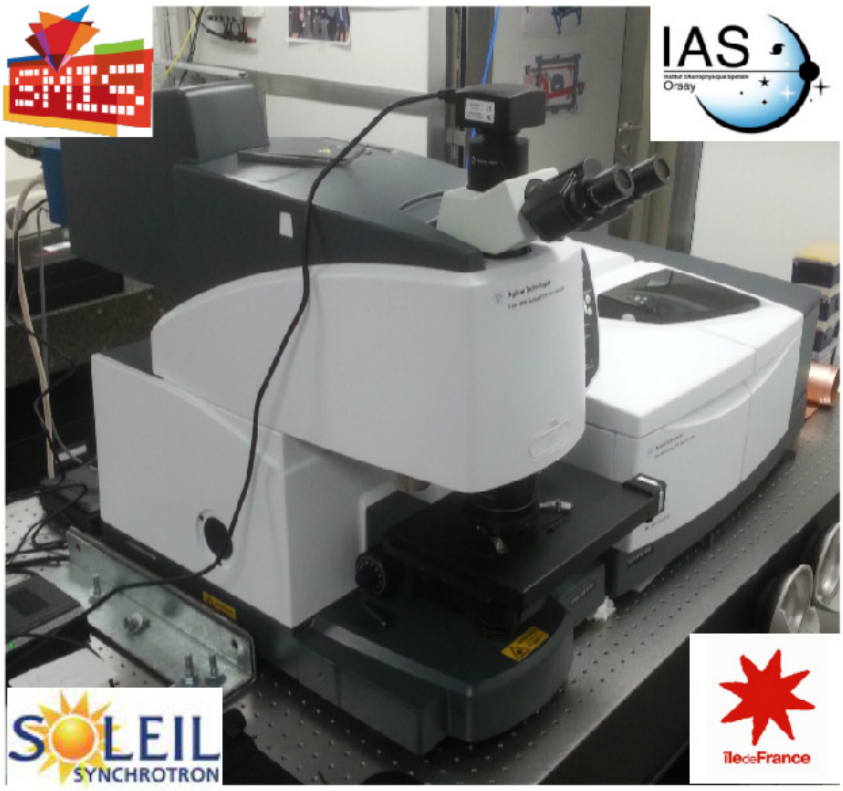

FIGURE 7.12 – L'imagerie hyperspectrale FTIR est effectuée sur un microspectromètre Agilent Cary 670/620 équipé d'un détecteur matriciel (FPA) de 128x128 pixels et installé sur la ligne SMIS du Synchrotron SOLEIL

La rapidité de ce type de détecteurs permet aussi d'implémenter une nouvelle méthode d'analyse : la micro-tomographie 3D FTIR. Cette technique, développée au Synchrotron Radiation Center (USA) en 2013, est innovante et non destructive, donnant la possibilité de caractériser d'un point de vue chimique et minéralogique un échantillon micrométrique et d'étudier la distribution tridimensionnelle de ses différentes composantes, celle organique en particulier, sans avoir à le modifier physiquement ou chimiquement. Les poussières astrophysiques sont des cibles parfaites pour ce type d'analyses. Ces échantillons rares et fragiles sont particulièrement délicats à analyser sans les détériorer. Leur composition et grande hétérogénéité révèlent de nombreuses informations sur les processus à l'oeuvre lors de la formation de notre Système solaire (processus de turbulence et de transports de matière, irradiation ce ces matériaux par le soleil jeune, influence de la chimie gaz-grains, etc.). L'utilisation de la micro-

tomographie 3D constitue donc une avancée majeure dans ces analyses, en permettant d'étudier les distributions spatiales et les liens entre phases minérales et organiques dans les grains. Pendant les années 2017-2018, dans le cadre de la thèse de Zélia Dionnet, nous avons implémenté cette technique sur la ligne SMIS et démarré l'activité d'analyses par μ-tomographie FTIR couplée à la μ-tomographie X (sur la ligne PSICHÉ de SOLEIL) d'un ensemble de matériaux extraterrestres (météorites, poussières astéroïdales et cométaires, analogues, etc.). Les premières publications sont en cours.

2. **Une chaîne multi-analyses pour la matière extraterrestre**

L'étude de la minéralogie de la matière extraterrestre a longtemps été limitée par les techniques analytiques. Les nouvelles techniques de préparation et d'analyse d'échantillons qui sont aujourd'hui à notre disposition permettent d'aller plus loin dans la compréhension de ces objets par leur étude à l'échelle micrométrique à nanométrique. Pour ce faire, il est nécessaire de coupler plusieurs techniques d'analyse de pointe à l'échelle sub-micrométrique. Lorsque des microphases sont repérées dans des échantillons (par ex. par tomographie IR), il est nécessaire de préparer des sections ultra-minces dans ces zones d'intérêt (à l'aide de la technique de faisceau d'ions focalisé - FIB) puis de les analyser avec différentes méthodes permettant d'accéder à la composition chimique, à la cristallographie des phases à une échelle micro à nanométrique (Microscopie électronique à transmission-MET, Microscopie électronique à balayage avec canon à émission de champ-MEB-feg, microscopie électronique par balayage en transmission-STEM, spectroscopie IR), et à leur orientation les unes par rapport aux autres (Diffraction des électrons rétrodiffusés-EBSD). La préparation de sections FIB permet également de coupler ces techniques minéralogiques avec l'analyse isotopique par NanoSIMS. Une étape cruciale est ainsi de déterminer la meilleure préparation des échantillons pour permettre le couplage de toutes ces techniques.

Pour cela, nous avons développé une nouvelle méthode de préparation de ces grains (Aléon-Toppani et al., in prep.). Le grain est tout d'abord soudé à une pointe de tungstène pour être cartographié en 3 dimensions grâce à la tomographie IR. Cette technique permet une première caractérisation de la structure et de la minéralogie des grains, nécessaire pour pouvoir décider de la suite des analyses à effectuer sur les grains. Nous avons montré que les grains peuvent alors être récupérés et découpés en 3 parties à l'aide du FIB. Chacune des trois parties peut alors être analysée à l'aide de différentes techniques (spectroscopie IR, MET ou NanoSIMS). Les premiers résultats obtenus dans le cadre de la thèse de Dan Levy (2016-2019) sur les CAIs montrent qu'il est possible de faire de la spectroscopie IR, de la NanoSIMS et du MET sur une même section FIB, ce qui néa pour l'instant jamais été réalisé et a limité l'étude des échantillons extraterrestre.

En parallèle de la spectroscopie IR (outil phare de notre équipe) et des autres techniques mentionnées ci-dessus, nous avons commencé à explorer, à développer et à étudier les possibilités offertes par la spectrométrie de masse ; cela afin de complémenter les informations chimiques et structurales données par l'IR et le Raman lors de l'analyse de la composante organique, en particulier. Sur cet axe d'étude, nos activités se sont focalisées sur la technique du TOF-SIMS, la spectrométrie de masse à ions secondaires couplée à un temps de vol. Cette technique présente deux atouts majeurs pour la conduite de nos analyses : (1) elle ne nécessite pas d'extraction chimique et permet ainsi d'analyser la composante organique *in situ*, en même temps que la matrice minérale qui en général l'entoure ; (2) l'analyse n'affecte quasiment pas l'échantillon mesuré, puisque seules les premières monocouches atomiques/moléculaires sont pulvérisées par les ions primaires. Pour l'analyse de météorites en laboratoire, nous nous sommes appuyés sur une collaboration étroite avec S. Della Negra et son équipe (IPN, Orsay), dans le cadre de l'Equipex Andromède dont il est porteur et dont nous sommes partenaires principaux. Le projet a débuté par l'analyse en multi-techniques (visible, IR, Raman, PIXE, RBS et TOF-SIMS) d'un fragment brut et millimétrique de la météorite Paris (Noun, Baklouti et al. en révision, voir le point 4 de 7.2.2.2). De plus, l'expertise acquise en travaillant avec S. Della Negra sur les données TOF-SIMS, a permis à l'une des membres de l'équipe (D. Baklouti) de devenir Co-I de l'instrument COSIMA (Rosetta). COSIMA est une sorte de mini-laboratoire qui avait pour tâche de collecter les poussières sub-millimétriques éjectées par le noyau de la comète 67P/Churyumov-Gerasimenko, de les photographier (microscope COSISCOPE, dont Y. Langevin est responsable), puis d'en analyser une partie par TOF-SIMS (voir le point 6 de 7.2.2.2).

3. **Les premiers solides**

Les inclusions réfractaires (ou CAIs pour Calcium Aluminium rich Inclusions), datées de 4,567 Ga sont les objets les plus âgés du système solaire. Ce sont des objets formés à haute température (~1500 à 2000 K) dans la partie interne chaude du disque protosolaire. Il est maintenant bien admis qu'elles peuvent avoir subi, avant leur incorporation dans le corps parent, plusieurs étapes de fusion, condensation, cristallisation en interaction avec le gaz du disque. La compréhension de leurs différentes étapes de formation permet donc directement de remonter à l'évolution des conditions physico-chimiques du jeune disque interne (e.g. conditions d'oxydo-réduction, température...). Cependant, les CAIs sont des objets très variés, complexes et bien qu'étudiées depuis de nombreuses années, leurs modes et conditions de formation ne sont pas encore bien compris.

Il est souvent admis que les CAIs à grains fins, constituées de nodules micrométriques ayant une structure en couches monominérales concentriques, aient directement condensé à partir de la phase gazeuse. Cependant, aucune étude

de minéralogie à l'échelle micrométrique à nanométrique n'a été effectuée pour vérifier le mode de formation de ces inclusions qui sont à la fois les plus abondantes et présentes dans toutes les familles de chondrites. Nous avons entrepris d'en faire une étude multi-technique. Les premiers résultats nous ont amené à découvrir deux nouveaux types de CAIs à grains fins : un CAI à grain fin contenant des xénoliths très particuliers suggérant des conditions oxydantes très tôt dans le disque (stage M2- 2016 Jérémy Vincent dit Mahaut), un CAI à grain fin contenant des minéraux d'une dizaine de nanomètres issus directement de la condensation du gaz nébulaire. Ces deux études sont en cours et devront être complétées par des mesures IR et isotopiques.

La plupart des CAIs contiennent des micro-phases d'altération remplaçant les minéraux primaires. La similitude entre ces phases secondaires et celles observées dans les chondres et les matrices ainsi que leur stabilité thermodynamique indiquent qu'elles se sont très probablement formées lors de circulations hydrothermales sur les corps parents. Certaines CAIs composées de plusieurs proto-CAIs coagulées dans le disque montrent néanmoins des phases d'altération piégées dans des proto-CAIs ayant partiellement réagi lors de la coagulation et qu'il est difficile d'attribuer à des circulations de fluides post-accrétionnelles. Ces phases sont donc potentiellement héritées d'une phase d'hydratation très précoce dans le disque. Comprendre la formation des phases altérées et l'origine de l'eau d'altération dans ces CAIs composées pourrait donc permettre de remonter aux conditions d'oxydo-réduction et à la présence d'eau dans le système solaire le plus interne, alors que disque protoplanétaire est encore en formation et que l'enveloppe continue de s'accréter sur le disque. Remonter à la présence d'eau dans le système solaire à ce stade très précoce permettrait de comparer notre Système solaire aux observations des étoiles jeunes et de leurs matériaux planétaires qui atteindront bientôt une sensibilité et résolution inégalées avec le James Webb Space Telescope. Dans ce contexte, Dan Levy a commencé sa thèse en 2016 par l'étude microscopique, IR et isotopique d'une CAI composée de la météorite primitive Efremovka. Les premiers résultats sont en faveur de conditions oxydantes très tôt dans le disque.

4. **Assemblages organiques-silicates et leur évolution**

Nous avons mené des analyses systématiques de micro-spectroscopies IR et Raman sur près d'une trentaine d'IDPs (voir figure 7.13) parmi lesquelles 12 se sont révélées anhydres (considérées les plus primitives). Notre étude sur les IDPs anhydres s'est focalisée sur les deux principales composantes, à savoir la composante organique et la minérale, jusqu'alors peu étudiées conjointement dans les IDPs (Merouane et al. 2014). Cette étude a révélé une corrélation entre la minéralogie des grains et la longueur des chaînes carbonées aliphatiques associées. Les IDPs riches en olivine ont des longueurs de chaînes aliphatiques plus longues que les IDPs riches en pyroxènes. L'analyse des données issues des deux techniques analytiques nous a permis de proposer que ces deux fa-

milles d'IDPs résulterait de processus pré-accrétionnels, nous avions écarté les effets des processus secondaires sur les corps parents. Cette étude soulève alors la question du lien existant entre les deux phases (minérale et organique) et du rôle joué par les minéraux dans la synthèse et/ou l'évolution des organiques.

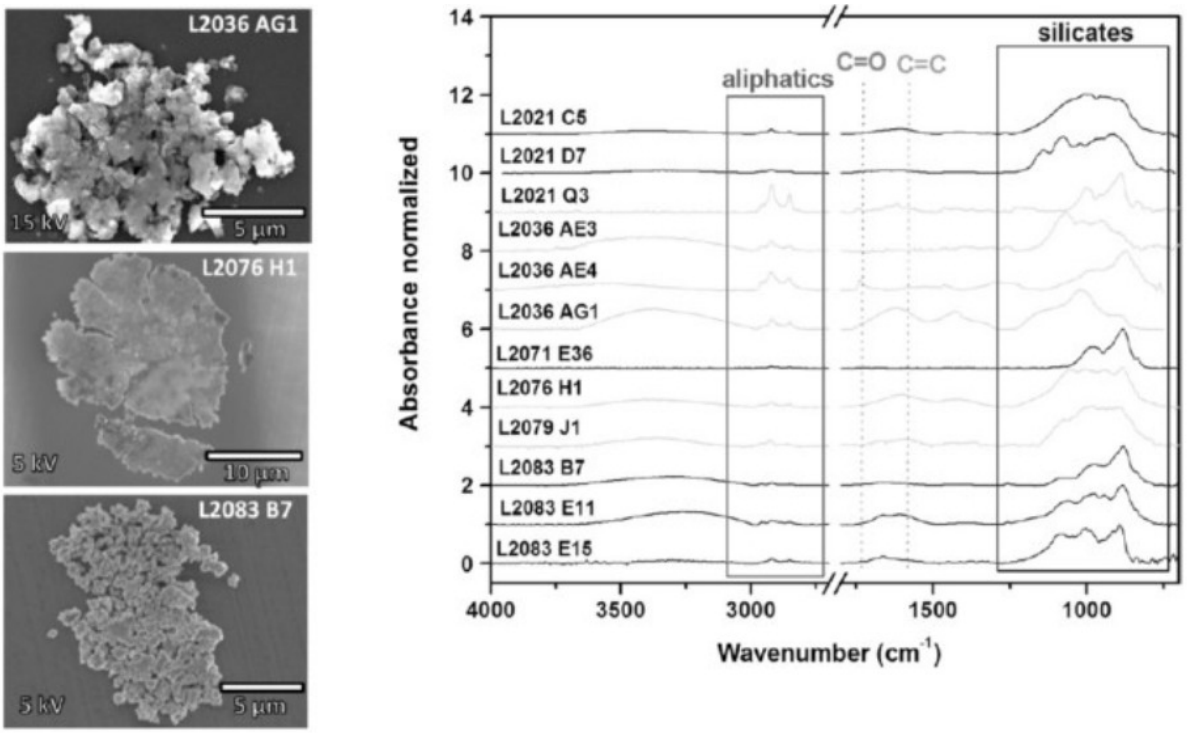

FIGURE 7.13 – Gauche : images MEB de trois particules IDPs. Droite : spectres micro-IR des IDPs montrant les composantes silicatée et aliphatique

De plus les données IR de la partie minérale de ces IDPs ont été utilisées dans le cadre d'une collaboration menée avec le LAM (voir le point 5 de 7.2.2.2). Ces travaux ont montré le grand intérêt d'étudier en laboratoire des IDPs et ont stimulé différents développements de nouvelles expériences (synthèse de résidus organiques sur substrats de minéraux) et de techniques analytiques ; extension de nos analyses à la gamme Visible-proche infrarouge (Vis-NIR), que nous allons effectuer dans le cadre d'une thèse qui va démarrer en octobre 2018 (voir plus bas).

Mis à part les IDPs, nous avons analysé des fragments de la météorite Paris, une chondrite carbonée qui pour le moment est la moins altérée des CM (type 2.7 - 2.9) jamais étudiées. Deux types de fragments ont été analysés, l'un fait quelques dizaines de micromètres et a été essentiellement analysé par micro-spectro-imagerie IR en transmission et microscopie Raman (Dionnet et al., en révision), et l'autre, est un échantillon millimétrique analysé par plusieurs

techniques (microscopie et micro-spectro-imagerie IR en réflexion, microscopie Raman, TOF-SIMS et micro-PIXE) (Noun*, Baklouti* et al., en révision). Grâce à la micro-spectro-imagerie IR, ces deux études permettent de suivre et de cartographier à deux échelles différentes l'altération aqueuse de la composante silicatée qui domine la matrice de Paris. Les deux études permettent aussi de caractériser la composante organique de Paris in situ en lien avec les phases minérales qui l'entoure. Dans la cas de la deuxième étude, le TOF-SIMS permet en plus de révéler une grande richesse de la phase organique en différent hétéroatomes, métaux et fonctions chimiques, polaires et apolaires. Cette richesse était attendue, mais à part le développement très récent du XANES, très peu, si ce n'est aucune autre technique ne permet de l'observer sans extraction chimique et donc altération du matériau de départ et perte de l'information de localisation spatiale.

5. **Liens des météorites et IDPs avec les astéroïdes**

Des recherches récentes ont montré que la matière sombre primitive (types C, P et affines) représente plus de la moitié des astéroïdes en masse. Il a été suggéré à plusieurs reprises que les chondrites carbonées (CC) sont connectées avec des classes spécifiques d'astéroïdes sombres (C, D, P, B), mais une correspondance non équivoque est difficile à montrer. Ces corps sont des restes des premiers planétésimaux et l'étude de leurs composition et évolution peut nous apporter d'importantes informations sur les phases initiales du Système solaire. Récemment, grâce à une collaboration menée par P. Vernazza (LAM) et P. Beck (IPAG), nous avons pu réaliser une étude comparative (Vernazza et al. 2015) des spectres IR des IDPs obtenus à l'IAS (Merouane et al., 2014) avec ceux de différents astéroïdes primitifs (types B, C, P et D) mais aussi avec ceux de comètes comme Halley et Hale-Bopp. Tous ces objets sont caractérisés par de très faibles albédos et sont riches en carbone et matière organique. Ils contiennent également des silicates et pour certains une composante glacée.

Cette étude montre une remarquable correspondance entre les spectres d'IDPs anhydres riches en pyroxène et ceux des astéroïdes de type BCG, qui représentent $\sim$ 53 % en masse de la ceinture principale. Les astéroïdes de type P et D (représentant $\sim$13 % en masse de la ceinture principale) seraient, eux, mieux représentés par des IDPs anhydres mélangeant des olivines et des pyroxènes, tout comme les spectres des comètes de Halley et Hale-Bopp. Nous montrons, par ailleurs, que seules les poussières interplanétaires anhydres ont des propriétés spectrales compatibles avec celles des astéroïdes riches en glace. Ce constat remet en cause le statut de référence des météorites dans la connaissance de la ceinture d'astéroïdes, et cela au profit des poussières interplanétaires. Alors que les météorites permettent d'échantillonner la composition des surfaces de la plupart des astéroïdes rocheux métalliques et hydratés, les plus importants en proportion, les astéroïdes glacés, ne sont eux pas représentés

par les différentes météorites présentes dans les laboratoires. Nous avons ainsi éclairci les corrélations entre différents petits corps du système solaire avec les météorites et les IDPs. Cette représentation des données montre que la fraction la plus importante de la matière accrétée par la Terre, les poussières interplanétaires, est représentative de la fraction la plus importante des astéroïdes formant la ceinture principale que sont les astéroïdes primitifs. D'autre part, elle conforte à nouveau l'idée d'une frontière de plus en plus ténue entre astéroïdes glacés et comètes. Toujours dans le cadre de cette collaboration, nous avons ensuite pu étudier plus en détail la variété de compositions de différents objets de la classe C (Vernazza et al. 2017).

6. **L'analyse in situ dans l'espace : spectres de masse de la poussière cométaire**

Les 5 dernières années (2014 - 2018) ont été marquées par une très forte implication de membres de l'IAS dans l'analyse, le traitement et l'interprétation des données spatiales recueillies par l'instrument COSIMA de la mission Rosetta (Schultz et al. 2015, Hilchenbach et al. 2016, Fray et al. 2016, Hilchenbach et al. 2017, Fray et al. 2017, et Bardyn*, Baklouti* et al, 2017, pour les principaux résultats concernant les mesures en TOF-SIMS). Nos travaux au sein du groupe COSIMA nous ont entre autre permis de publier tout récemment la composition élémentaire des particules de poussière cométaire de 67P et de déterminer en particulier, leur teneur en carbone (Bardyn*, Baklouti* et al. MNRAS, 2017 - * Deux premières auteures à égales contributions). Cette publication était le résultat le plus attendu de l'instrument COSIMA au sein de la communauté scientifique. Il a eu en particulier un large écho au sein du groupe de scientifiques impliqués dans la mission Rosetta. En effet, grâce à ces travaux, COSIMA est pour le moment, le seul instrument de Rosetta qui ait été capable de déterminer par une mesure directe la quantité de matière carbonée dans la poussière cométaire. D'après nos mesures, elle représente un peu moins de 50% de la masse d'une particule cométaire submillimétrique (voir figure 7.14) ; le reste étant essentiellement composé de silicates anhydres. Ce résultat a bien sûr plusieurs implications : d'abord, pour les autres instruments de Rosetta (en particulier, VIRTIS, CONSERT, GIADA) qui par leurs mesures, cherchent aussi à déterminer la composition de la comète (surface, noyau ou poussière), et ensuite, plus largement, pour notre connaissance de 67P et des comètes, en général. Ainsi, notre étude montre que les particules de poussière de 67P sont parmi les plus riches en carbone jamais mesurées. Le rapport élémentaire C/Si de cette poussière est même très proche de celui du Soleil. Ce résultat ainsi que l'absence de signature de minéraux hydratés sur les spectres de COSIMA, indiquent la nature primitive et non altérée de la comète. Celle-ci a préservé quasiment intacte la matière qui s'est accrétée et lui a donné naissance. De plus, étant donné que les gaz et les glaces sublimées qui en sont à l'origine ne représentent qu'une faible fraction de la matière carbonée cométaire totale, l'essentiel de cette dernière se trouve dans les poussières, sous la forme

d'un matériau de structure macromoléculaire désordonnée, tel que déterminé précédemment à partir des mesures de l'instrument (Fray et al. Nature, 2016).

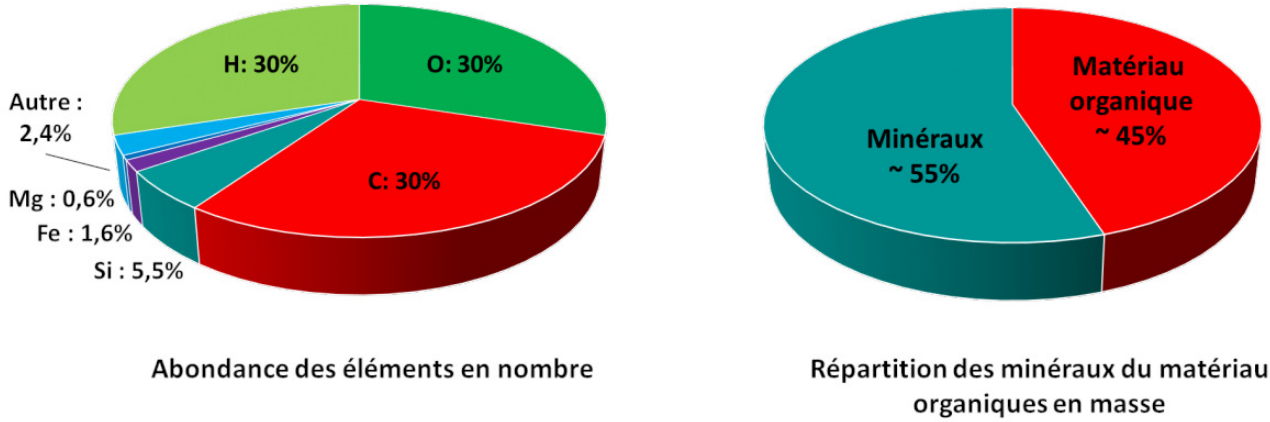

FIGURE 7.14 – À gauche : la composition élémentaire moyenne des particules de poussière de la comète 67P. À droite : la répartition moyenne en masse des minéraux et du matériau organique dans ces poussières. Crédits : ESA / Rosetta / MPS for COSIMA Team MPS / CSNSM / UNIBW / TUORLA / IWF / IAS / ESA / BUW / MPE / LPC2E / LCM / FMI / UTU / LISA / UOFC / vH&S

7.2.2.3 Equipe A&O comme "service"

L'équipe A&O offre régulièrement ces moyens de laboratoire et une petite partie de son temps aux projets scientifiques du laboratoire (fonctionnement "service"). Dans les dernières années, nos instruments et nos expertises ont été utilisés par des projets tels que : MAJIS/JUICE, MIRI/JWST, SYMBIOSYS/Bepi-Colombo, EUI/Solar Orbiter. On peut notamment citer l'étalonnage du filtre infrarouge LVF de l'instrument MAJIS qui est en cours de réalisation sur notre micro-imageur FTIR avec détecteur FPA monté sur la ligne SMIS de SOLEIL.

7.2.2.4 Faits marquants

2014 :

- mise en évidence d'une relation entre la composition silicatée et organique dans les IDPs anhydres
- finalisation du montage INGMAR et premières expériences d'irradiation de chondrites carbonées
- identification d'aldehydes et de sucres dans les résidus organiques issus de la photolyse des glaces

2015 :

- publication des premières images et analyses de poussières de la comète 67P collectées par COSIMA

- mesure en laboratoire des premiers spectres Vis-NIR des grains d'Itokawa et détection des effets de SpWe
- différentes études sur les carbones amorphes hydrogénés, de la photolyse à la spectroscopie VUV

2016 :

- études sur la partie soluble et insoluble de la matière organique des météorites et ses analogues
- découverte de deux nouveaux types de CAIs à grains fins
- détection par COSIMA de matière organique macromoléculaire dans les poussières de 67P
- nouveau montage d'imagerie hyperspectrale FTIR au synchrotron SOLEIL

2017 :

- différentes résultats significatifs sur la composition et l'évolution de surface des astéroïdes primitifs
- détermination de la composition élémentaire et de l'abondance de C dans la poussière de 67P par COSIMA
- première micro-tomographie combinée IR et X de grains extraterrestres

7.2.3 Projet scientifique à cinq ans

Nos objectifs scientifiques s'inscrivent dans le contexte des instruments d'observation et des missions d'exploration des disques protoplanétaires et du Système solaire. La mission Rosetta se clôt en 2019 (décision ESA). D'ici-là, la moisson de données mesurées par les différents instruments continuera d'être analysées et traitées par les différentes équipes impliquées, et au-delà, car l'ensemble de ces données sont maintenant publiques. De plus, les 5 prochaines années verront le retour sur Terre de grains collectés sur les astéroïdes primitifs Ryugu (Hayabusa2, JAXA) et Bennu (OSIRIS-REx, NASA) prévus en 2020 et en 2023 respectivement. En parallèle, la nouvelle génération de télescopes permettra une meilleure compréhension de l'évolution physico-chimique de la matière solide dans l'Univers. Parmi ceux-là, le télescope spatial IR James Webb (JWST) jouera un rôle clé et son lancement est prévu en 2020. L'ensemble de ces missions spatiales seront au coeur de nos travaux dans le futur proche et structureront en grande partie nos activités autour de la matière extraterrestre primitive et des simulations expérimentales menées en laboratoire. Ainsi, en continuité avec le bilan décrit plus haut, les deux thématiques principales de nos projets pour les cinq prochaines années seront les suivantes :

- La formation et l'évolution de la matière solide (poussières et glaces) à partir des nuages moléculaires (passage de l'interstellaire au disque protoplanétaires).

- L'évolution post-accrétionnelle de cette matière primitive sur les petits corps du Système solaire (astéroides, TNOs et comètes). Étude des effets d'altérations

hydrothermales et de ceux du vent solaire et du rayonnement cosmique sur la surface de ces petits corps.

Plus spécifiquement, nous souhaitons contribuer à l'effort plus général de compréhension de l'origine et de l'évolution de la matière dans les systèmes planétaires, en nous orientant plus maintenant vers l'étude de l'hétérogénéité de la matière extraterrestre et de sa structuration des petites aux grandes échelles. Pour affiner nos travaux axées sur ces thématiques scientifiques, nous allons d'une part améliorer les stratégies d'analyses, en particulier celles de la matière organique contenue dans la matière extraterrestre, afin de mieux la caractériser (avant et après extractions chimiques). Et nous allons d'autre part nous focaliser sur les interactions entre phases minérales et organiques (intimement mélangées dans les cosmo-matériaux primitifs à des échelles sub-micrométriques) pour mieux comprendre la physico-chimie qui les relie.

Parallèlement à ces expériences de laboratoire, nous serons fortement impliqués dans les deux prochaines missions d'exploration d'astéroïdes et de retour d'échantillons (Hayabusa2 et OSIRIS-REx) et participerons à l'interprétation de certaines données d'observation IR du téléscope spatial JWST. Cela permettra d'asseoir notre implication dans les missions spatiales ; implication qui s'appuie surtout sur notre expertise en spectroscopie IR et en caractérisation de matière primitive. La chaîne d'analyses et de caractérisations allant des simulations expérimentales s'appuyant sur les observations à distance, jusqu'à la caractérisation en laboratoire d'échantillons extraterrestres retournés sur Terre, en passant par la caractérisation in situ des poussières et des surfaces extraterrestres, sera bouclée.

Les prochaines missions spatiales ouvrent la voie à l'étude approfondie de la physico-chimie moléculaire dans différents environnements astrophysiques. Dans ce contexte, notre "regard astrochimique", complémentaire à celui des équipes "Système Solaire" et "AMIS" de l'IAS, se base sur le développement d'approches convergentes entre astrophysiciens, chimistes, physiciens et géologues, utilisant des méthodes analytiques variées, pour une étude complète des solides extraterrestres des petites échelles jusqu'à la diversité des surfaces planétaires. Nos activités du prochain quinquennat seront ainsi structurées sur trois axes de recherche interdépendants :

1. **Observations et mesures** *in situ*

   Poussière cométaire de 67P
   A partir des résultats obtenus par l'instrument COSIMA sur la composition de la poussière (Bardyn*, Baklouti* et al. 2017) et leur albédo (Langevin et al. 2017), les premières tentatives de corrélations entre contenu en carbone et facteur de réflectance sur un ensemble de particules de 67P ont montré que le lien entre ces deux propriétés n'était pas simple et direct. Une étude plus approfondie est nécessaire pour réellement mieux comprendre et distinguer différents facteurs à l'origine du faible albédo des poussières de 67P et de sa surface. En particulier, du côté de la composition chimique, un élément

majeur, le soufre, reste à quantifier dans les spectres de masse de COSIMA. Cet élément permettra de mieux estimer le contenu en sulfures des grains de poussières. En effet, ces minéraux souvent présents à l'échelle nanométrique dans les cosmo-matériaux primitifs contribuent à l'assombrissement des albédos des matrices qui les contiennent. Par ailleurs, le facteur de réflectance des poussières est clairement aussi le résultat des propriétés structurales physiques de ces grains. Assez peu de mesures en laboratoire sur des poussières extraterrestres similaires (IDP en particulier) sont disponibles pour pouvoir approfondir cet aspect et améliorer les modèles. Du fait des instruments que nous avons à disposition et de l'expertise de l'équipe dans l'étude des IDPs, notre équipe à l'IAS devrait grandement aider à élucider ces questions. Cette activité sera menée en lien avec l'étude en laboratoire des IDPs (voir plus bas).

Surfaces d'astéroïdes et support aux missions de retour d'échantillons

Des membres de notre équipe sont impliqués dans l'interprétation des spectres (Vis-IR) mesurés par les instruments à bord des orbiteurs (arrivée des premiers spectres de Hayabusa2 en juillet 2018, et de ceux d'OSIRIS-REx en fin 2018), et de l'atterrisseur MASCOT (Hayabusa2) et dans les choix des sites de collectes pour les retours d'échantillons sur Terre. En particulier, notre contribution portera sur l'étude des processus d'altération spatiale (SpWe) qui affectent ces corps sans atmosphère. Cette modification de surface varie en fonction de la composition de surface, mais également selon l'emplacement dans le Système solaire, d'où l'importance d'une approche comparative. Les études sur le SpWe des objets primitifs riches en carbone sont en cours mais il n'existe pas encore de modèle unifié décrivant les effets d'altération sur les surfaces carbonées et possiblement hydratées. Les derniers résultats expérimentaux que nous avons publiés proposent un début de réponse (Brunetto et al. 2014, Lantz et al. 2015, Lantz et al. 2017). Nous avons montré que le SpWe des objets primitifs dépend de la composition initiale et nous avons proposé un modèle de SpWe à partir de ces nouveaux résultats issus de mesures en spectroscopie qui serviront à l'interprétation des données des missions pour la détection du SpWe sur les astéroïdes Ryugu et Bennu. En particulier, nous avons récemment montré que la spectro-imagerie dans l'IR sera un outil puissant pour séparer l'hétérogénéité de composition des effets du SpWe (Brunetto et al. 2018). Nos résultats fourniront des critères spectraux sur la façon de distinguer l'altération spatiale des effets d'hétérogénéité de composition à l'astéroïde et nous permettront ainsi d'interpréter les observations IR des instruments à bord d'Hayabusa2 et OSIRIS-REx. Les nouveaux indices spectroscopiques que nous proposons peuvent suffire pour détecter les zones altérées à la surface des astéroïdes cibles, ce qui sera utile en vue de la sélection des sites de collecte pour le retour des échantillons.
Nous participerons aussi activement aux opérations d'observation in situ par l'instrument MicrOmega (détaillé dans la perspective de l'équipe "Système

Solaire et Systèmes Planétaires"). De plus, nous souhaitons contribuer à la préparation de la prochaine génération de mission de retour/analyse in situ, comme par exemple la mission MMX de la JAXA. En effet, grâce au recrutement de Cateline Lantz qui renforce cet axe de recherche, nous allons pouvoir jouer un rôle clé dans la cartographie de l'altération spatiale et par conséquent dans la détermination des âges et temps d'exposition sur petits corps et satellites visités par les missions futures.
En parallèle, d'autres projets telles que le réseau français FRIPON ou les expériences de collecte en ballon portées par V. Della Corte et A. Rotundi (Univ. Naples), pourraient représenter d'autres opportunités de retours d'échantillons auxquels nous pourrions participer à différents niveaux.

Observations avec JWST
Au cours des dernières années, l'idée d'un Système solaire statique s'est transformée vers celui d'un système en changement dynamique et en mélange. En particulier, il y a deux populations de petits corps dans le système solaire interne (les astéroïdes de la ceinture principale de type P/D et les Troyens de Jupiter) qui sont prédits par les modèles développés à OCA-Nice comme ayant été formés dans le disque primordial trans-Neptunien (>10 AU) et comme étant génétiquement liés aux objets du Système solaire externe tels que les centaures et les petits KBOs. Pourtant, il manque actuellement une preuve directe d'un tel lien. Le JWST permettra de répondre à ces questions et d'élucider les liens génétiques entre objets qui pourraient provenir d'un seul réservoir, en collectant de nouvelles données sur leur composition de surface. Plus précisément, nous participerons à des observations spectroscopiques coordonnées par des collègues en France, en Italie et aux USA : dans la plage de 0.6-5 μm avec NIRSpec pour contraindre la composition des composés volatiles et organiques ainsi que la nature des silicates (anhydre versus hydraté) et dans la plage de 7-28 μm avec MIRI pour fournir des contraintes détaillées sur la composition des silicates. Nos mesures au synchrotron SOLEIL en microscopie IR sur la matière "primitive" et nos expériences à Orsay sur les analogues (voir en bas) seront un soutien à l'interprétation des mesures obtenues avec JWST, non seulement sur les petits corps mais aussi sur disques protoplanétaires (thématique développée dans l'équipe "AMIS" de l'IAS). Ensemble, observations et expériences fourniront de nouvelles informations sur l'héritage protoplanétaire et sur la formation et évolution du Système solaire.

2. **Analyses en laboratoire**

Préparation d'échantillon et séquence multi-analytique
En parallèle, l'analyse de cosmo-matériaux est une activité qui restera prépondérante dans notre groupe. Nous poursuivrons le développement de techniques de préparation des échantillons qui permettent de les étudier par la combinaison de différents techniques (Visible, IR, Raman, MEB, MET,

TOF-SIMS, Nano-SIMS) dans un protocol multi-analytique qui va des techniques les moins destructives aux plus destructives. Notre méthode de préparation innovante (voir le point 2 de la section 7.2.2.2) sera appliquée aux grains d'IDPs et à ceux des missions de retour d'échantillons (en particulier les grains d'Hayabusa2 en 2021). Ce développement permettra une avancée significative puisque la méthode permettra l'analyse multi-techniques de très petites quantités de matière. Elle permettra l'analyse de microphases repérées dans des échantillons macroscopique (ex. météorites) mais également l'analyse de grains d'une dizaine de microns de diamètre (ex. IDPs). Par ailleurs, en collaboration avec l'IPN (Orsay) et PRISM (Lille), nous travaillerons sur la mise au point de procédés de micro-extractions des composés organiques solubles (dans différents types de solvants) afin de pouvoir les identifier en relation avec la matrice minérale qui les entoure.

Couplage FPA - Synchrotron pour la micro-tomographie IR

Dans le cadre de la thèse de Z. Dionnet (2015-2018), nous avons pu rendre opérationnel notre montage de micro-tomographie IR sur SMIS-SOLEIL, en utilisant la source interne du spectromètre FTIR. Soulignons que nous sommes actuellement la seule équipe au monde à pouvoir réaliser des études combinées de micro-tomographie IR et X sur les grains extraterrestres, une position remarquable dans le contexte international. Néanmoins, la plus forte densité de photons produite par la source synchrotron reste un élément indispensable à la réalisation de tomogrammes IR de bonne qualité sur les particules de taille micrométrique. Dans le futur très proche, nous allons compléter le couplage du micro-spectromètre/FPA avec la source IR du synchrotron, avec le but d'utiliser la source synchrotron pour la micro-tomographie IR des grains IDPs et ceux de la mission Hayabusa2. Cela permettra une augmentation significative du signal/bruit et une réduction des temps de mesure et ainsi d'accéder rapidement à des informations telles que la composition, la structure, la porosité des grains, paramètres qui sont en lien direct avec les processus de formation et croissance des grains, turbulence et transports, et éventuellement irradiation par le soleil jeune.

Mesures Vis-NIR sur grains de poussières

Dans la continuité des travaux effectués en collaboration avec le LAM, nous avons décidé d'étendre la gamme d'analyse des IDPs au visible proche infrarouge (Vis-NIR). Nous avons installé dans notre salle blanche un spectromètre fibré fonctionnant dans la gamme 0.4-1.1 μm. Le spectromètre est couplé à un microscope optique et une source de lumière, ce qui permet d'acquérir des spectres en réflectance diffuse (incidence =45°, émergence = 0°) d'échantillons microscopiques. A l'aide de ces analyses Vis-NIR, qui seront utiles dans le cadre de la comparaison avec les données des observations des surfaces des petits corps de Système solaire, nous tenterons de procéder à une classification des IDPs selon leur composition (olivine vs pyroxène) ou nature (anhydres vs hydratés) avant des analyses plus fines

et poussées auprès du synchrotron. Nos mesures seront ainsi de support à la fois aux mesures télescopiques des astéroïdes mais aussi à celles des grains cométaires de 67P/C-G (voir plus haut).

Spectrométrie de masse pour la caractérisation in situ et ex situ

La collaboration avec l'équipe de S. Della Negra sur les mesures en TOF-SIMS a permis d'analyser un échantillon « brut » de la météorite Paris, une CM assez peu altérée depuis la formation de son corps parent. Ces travaux ont aussi permis d'explorer les possibilités offertes par les différentes sondes ioniques disponibles et de sélectionner les pistes de recherche vers lesquelles nous nous dirigeons actuellement. Il s'agit maintenant de généraliser ces analyses TOF-SIMS à un ensemble plus large de cosmo-matériaux, à commencer par des météorites carbonées de diverses classes, et de rendre possible l'analyse TOF-SIMS à Orsay d'échantillons astéroïdaux. Le but est de se focaliser sur la phase organique. Il s'agit d'en déterminer la composition et la structure chimique en cherchant d'éventuelles corrélations avec les classes minéralogiques des météorites, et en localisant le plus précisément possible la phase organique au sein des différentes matrices minérales. Ces informations devraient permettre de mieux comprendre le lien entre phases organiques et minérales et de contribuer à la reconstitution de la chimie à l'origine de la formation de cette matière organique primitive.
Ce travail d'analyse va s'appuyer sur l'instrument Andromède (voir le point 2 de la section 7.2.2.2) qui est entré dans sa phase de fonctionnement. Parmi les innovations apportées par Andromède, il y a la capacité d'analyser des nano-domaines par spectrométrie de masse SIMS et la possibilité d'utiliser comme ions primaires des nanoparticules (par exemple, des agrégats d'or jusqu'à Au_{10000}^{n+} , ou des fullerènes, C_{60}^{n+}) accélérées dans le domaine du MeV. Ces nanoparticules seront plus efficaces que les ions habituellement utilisés en TOF-SIMS (Cs^+ , Bi^{3+} etc...) dans le domaine du keV, pour l'analyse de la partie macromoléculaire des phases organiques que l'on souhaite étudier. Elles ont entre autre pour avantage d'impacter les surfaces analysées d'une manière plus douce et de pouvoir arracher les molécules et macromolécules d'un échantillon en minimisant leur fragmentation. Les rendements d'ionisations sont élevés et permettent d'accéder à la masse moléculaire pour de faibles quantités de matières se trouvant dans des micro-domaines. Cette information est autrement inaccessible pour les macromolécules organiques que l'on cherche à étudier ici et qui constituent plus de 80% de la phase organique des météorites carbonées et autres poussières cométaires ou astéroïdales.
En parallèle de ces mesures faites directement sur l'ensemble de l'échantillon, nous venons de démarrer une collaboration incluant aussi le laboratoire PRISM (Lille) et qui va nous permettre de compléter nos caractérisations par des mesures de spectrométrie de masse (MALDI-Orbitrap et MALDI-TOF) sur les nano/micro-échantillons organiques qui seront extraits

en différentes zones de matrice (Cf. rubrique "Préparation d'échantillon"). Alors que les mesures sans extraction donnent la composition de la matière organique totale, celles faites sur les extraits caractériseront la matière organique soluble dans le solvant choisi, ce qui permettra d'étudier l'hétérogénéité locale de cette composante en fonction de son environnement minéral direct.

Inclusions réfractaires et processus de condensation

Dans la suite de ce qui a été fait ces dernières années, il est prévu que D. Levy complète sa thèse sur les inclusions réfractaires. La technique de mesure du D/H dans des minéraux faiblement hydratés étant au point, le D/H des phases amorphes et d'altération des inclusions réfractaires sera analysé (collaboration J. Aléon). Leur analyse en spectroscopie IR et en MET sera finalisée. Cette analyse, couplée à l'étude minéralogique par MET et spectroscopique en IR permettra de proposer un scénario de formation des phases oxydées/hydratées observées dans les inclusions réfractaires. Nous appliquerons ensuite la même méthode aux CAIs enrichies en volatils au-delà des concentrations chondritiques, comme la CAI "Curions Marie" (collaboration F. Tissot).

En parallèle de cette étude des phases d'altération des CAIs, nous continuerons l'observation minéralogique et isotopique de CAIs primitifs témoins des processus de condensation dans la nébuleuse. L'ensemble des observations effectuées permettra de mieux appréhender la physico-chimie du disque proto-stellaire. Enfin, leur mesure en IR servira de référence pour aller les rechercher dans d'autres systèmes en formation.

Interaction des volatils et en particulier de l'eau avec la matière minérale dans le disque protoplanétaire

L'expérience acquise d'une part sur les inclusions réfractaires et d'autre part sur les objets extraterrestres permettra l'étude de l'interaction des volatils avec les silicates amorphes, composants majoritaire de la poussière interstellaire et un composant majeur des disques protoplanétaires. Nous nous intéresserons, de la même façon que pour les CAIs à (i) la minéralogie de ces silicates amorphes par MET, (ii) la signature moléculaire de l'eau qu'ils contiennent par spectroscopie IR sur synchrotron (hydroxyls, eau constitutive, etc.) ainsi que leur signature IR et (iii) la teneur en eau et la composition isotopique de H par NanoSIMS (collaboration J.Aléon, MNHN). La signature IR des silicates amorphes sera, par la suite, comparée aux observations obtenues par JWST. Il est à noter que l'hydratation potentielle de ces amorphes pourrait représenter une source d'eau non négligeable et jouer un rôle sous estimé dans l'évolution des planétésimaux formés à l'intérieur de la ligne de glace, et pour lesquels l'accrétion à partir de matériaux anhydres ou hydratés fait l'objet d'un intense débat.

3. **Simulations expérimentales et synthèse d'analogues en laboratoire**
   À travers des expériences de laboratoire sur les matériaux "analogues", nous ouvrons au laboratoire des voies d'analyses et de prédiction des processus en jeu dans les milieux astrophysiques. En particulier, les résultats mentionnés dans la partie "Bilan" montrent l'importance du couplage des données des analyses en laboratoire de la matière extraterrestre dite primitive, à des expériences de simulation pour tenter d'élucider l'évolution physique et chimique des poussières. Dans les prochaines années nous allons centrer nos efforts sur :

   – Élargir la palette des expériences de production et évolution des matériaux carbonés pour reproduire les conditions de différents milieux astrophysiques (MIS, surfaces planétaires, comètes, TNOs...)
   – Analyser les résidus organiques d'irradiation ionique de glaces, en particulier le mélange complexe de molécules et macromolécules, pour contraindre l'héritage protoplanétaire
   – Étudier les effets du rayonnement particulaire sur les assemblages silicates/glaces/organiq

   Nous étudierons les effets physico-chimiques de l'irradiation ionique et l'implantation sur les solides. Supportée par de la modélisation spectrale, cette activité appuie l'interprétation des observations des surfaces des petits corps. Une partie de nos activités sera ainsi centrée sur l'irradiation ionique pour comprendre les processus d'évolution énergétiques (microphysique) et thermiques (20 - 300 K), et leurs liens avec la production et l'évolution de la matière organique extraterrestre. Nous poursuivrons l'irradiation de glaces et matière extraterrestre riches en carbone, et leur analyse par réflectance/transmittance VIS-IR (projet INGMAR, IAS-CSNSM). INGMAR donne accès à tout le domaine de température des petits corps du Système solaire et permettra d'étudier la réflectance de glaces planétaires irradiées. Pendant le prochain quinquennat, cette chambre servira pour irradier de nombreux types d'échantillons, dont des glaces fabriquées directement à l'intérieur (H_2O, CH_3OH, NH_3, CO_2, etc.). Ces simulations seront effectuées en liaison avec l'approche expérimentale réalisée sur l'irradiation VUV de glaces (expérience MICMOC, L. d'Hendecourt) menant à une chimie organique complexe qui peut avoir joué un rôle dans la chimie prébiotique. Cela rentre dans le cadre d'un projet ANR (RAHIIA_SSOM) en collaboration avec plusieurs laboratoires français (PIIM, IPAG, IMPMC, ICN).

   Nous avons jusqu'à présent très peu exploré les propriétés microscopiques de la matière extraterrestre poreuse à basses températures quand elle est intimement mélangée avec des glaces et en présence d'irradiation. Cette configuration est la plus réaliste du point de vue de la simulation astrophysique, par exemple, de la surface d'un astéroïde glacé, d'un Centaure ou d'une comète. L'analyse des grains montre d'ailleurs que dans la matière plus primitive les différents composants (minéraux, métaux, sulfures, matière organique) se trouvent mélangés à l'échelle du micron (voir sub-micrométrique). Dans les grains à porosité élevée issus des comètes ou des astéroïdes glacés ces matériaux réfractaires auraient pu se trouver mélangés avec des glaces à l'échelle

micrométrique. Pourtant l'interprétation des spectres de surface des petits corps primitifs se base sur des modèles de diffusion (Hapke, Shkuratov...) qui présentent des limites dans les mélanges à une échelle plus petite que la longueur d'onde. De plus, ces modèles ne rendent pas très bien compte des effets de mélanges au niveau micrométrique, dès lors que des modes peuvent apparaître dans de tels ensembles. Il apparaît ainsi important d'étudier expérimentalement de tels mélanges intimes à l'échelle micrométrique.

Afin d'élucider le potentiel rôle catalytique joué par les silicates dans la synthèse et l'évolution de la matière organique dans les matériaux extraterrestres solides (à l'échelle sub-micrométrique), nous allons nous intéresser à la synthèse des résidus organiques (produits par irradiation ioniques de glaces de compositions interstellaires) sur des substrats constitués de minéraux (cristallins et amorphes) et aux effets sur les spectres IR obtenus. Ces expériences seront menées sur INGMAR. Ce type d'échantillons est alors analogue au modèle de poussière cosmique le plus couramment admis : un grain constitué d'un coeur silicaté solide et de composés carbonés, le tout enrobé d'un manteau de composés volatils (glaces). Ces travaux entrent dans le cadre d'une thèse qui démarrera en octobre 2018 (dans le cadre de l'ANR RAHIIA_SSOM). L'idée est de partir de ce modèle simple (couche de résidu sur couche de minéral) puis d'aller progressivement vers un modèle plus représentatif des grains en reproduisant cette interaction à l'échelle micrométrique, grâce à notre nouveau microscope-imageur FTIR équipé d'un détecteur matriciel et monté sur la ligne SMIS de SOLEIL. Ces travaux entrent dans le cadre d'une autre thèse qui devrait démarrer en octobre 2019 (dans le cadre de l'ANR CLASSY en collaboration avec IPAG, LESIA, MNHN, UMET).

De manière plus générale, l'Astrochimie de laboratoire jouera un rôle clé dans l'étude des processus d'adsorption, désorption, catalyse et irradiation dans les régions de formation et les surfaces planétaires. Nous nous intéresserons à la diversité des environnements astrochimiques, dans le cadre plus vaste de l'étude des conditions et contextes astrophysiques d'apparition de la vie, qui fédère plusieurs laboratoires en Ile-de-France.

Notre participation à la préparation de la mission Bepi-Colombo et l'étude du SpWe de la surface de Mercure sont décrits dans le document de l'équipe "Système Solaire et Systèmes Planétaires". De même pour la préparation de la mission JUICE, dans laquelle nous pourrons faire valoir les trois rôles des mesures de laboratoire : la simulation expérimentale des processus physico-chimiques, la production de spectres et constantes optiques de support à l'interprétation des données de la mission, et le rôle de l'équipe comme "service" avec des mesures et étalonnages en support au projet.

Moyens et développements instrumentaux

Nous listons ici les principaux moyens d'analyses et de simulation expérimentale. Cer-

tains sont disponibles à l'IAS, d'autres sur le campus d'Orsay et d'autres sur des plateformes nationales accessibles grâce à un fructueux réseau de collaborations :

Montages à Orsay :

- Montage de spectroscopie UV-Vis-NIR et μ-manipulation de grains extraterrestres en salle blanche (IAS)
- Montage de production et altération thermique de silicates (IAS)
- Montage ProNEXT : spectroscopie FTIR et altérations gaz/thermique (IAS)
- Expérience d'altération aqueuse (IAS)
- Analyse et séparation HPLC (IAS)
- Montage de dépôt de matériaux organiques par plasma (IAS)
- Montage INGMAR : spectroscopie Vis-IR et irradiation ionique (collaboration IAS-CSNSM)

La rénovation du bâtiment 105 du campus d'Orsay, que nous poussons depuis plusieurs années et qui servira à plusieurs projets et services de l'IAS, nous donnera l'opportunité de concentrer nos expériences dans un seul bâtiment, avec le but à plus long terme d'en faire un pôle pour l'Astrochimie et l'Astrobiologie qui profitera de la proximité de la Station d'étalonnage de l'IAS. Cela nous permettra de participer plus activement aux développements futurs de l'IAS pour l'espace (instrumentation spatiale) et le sol (expériences de laboratoire).

Plateformes nationales :

- Ligne SMIS (IR, Raman) du synchrotron SOLEIL (avec contribution instrumentale IAS, accès garanti)
- Lignes PSICHÉ, DESIRS et DISCO du synchrotron SOLEIL (accès par AO)
- Accélérateur Andromède, dont la ligne EVE sert à l'analyse par TOF-SIMS couplé à l'imagerie ionique (IPNO, l'IAS est partenaire principal)
- Accélérateur d'ions lourds GANIL (accès par AO)
- Microscopie électronique à balayage à haute résolution (ICMMO)
- Microscopie électronique à transmission (IMPMC)
- Préparation d'échantillons au FIB (IEMN)

Si jusqu'ici, nos analyses se sont concentrées surtout dans le domaine UV-VIS-IR, dans le futur nous souhaitons réaliser une ouverture vers les rayons X, avec les lignes PSICHÉ, TEMPO, ANATOMIX, et la future ligne UV-X de SOLEIL. Cela toujours dans le cadre de notre approche multi-analytique pour l'analyse de la matière extraterrestre.

Évolutions des profils RH

L'équipe A&O contribue à la formation d'un vivier de jeunes chercheurs d'horizons divers, grâce à la variété et complémentarité des profils des membres de l'équipe, de leurs compétences et de leurs sensibilités scientifiques, qui vont de la physique/astrophysique,

à la chimie, à la géologie et à l'instrumentation. En se formant sur les thèmes propres à l'équipe qui sont larges et transverses, nos jeunes chercheurs bénéficient aussi d'un vaste réseau de collaborations internes et externes. Toutefois, avec le départ récent de deux chercheurs CNRS (L. d'Hendecourt et E. Dartois), l'équipe perd environ 40% du potentiel "recherche", ce qui n'est que très partiellement compensé par le recrutement CNAP de C. Lantz (à cheval sur deux équipes, à l'interface thématique "Petits corps du Système solaire"). D'où la nécessité de recrutements futurs, notamment d'un/e jeune chercheur/se dans le futur très proche, avec un profil "Astrophysique de laboratoire". Cela dans le but de renforcer l'interface thématique avec l'équipe AMIS, en particulier sur l'étude des processus physico-chimiques des disques et des systèmes protoplanétaires, sur la compréhension de l'origine et évolution pré-accrétion des solides extraterrestres et de l'interaction entre phase gaz et phase solide.
La modalité de fonctionnement « Projet » de l'équipe a jusqu'ici produit une sollicitation modeste des autres services de l'IAS, mis à part les deux AIs affectés à nos expériences. Mais avec le départ de Ph. Duret et la prévision d'un départ en retraite de O. Mivumbi, dans le prochain quinquennat il se pose l'urgence d'un recrutement AI/IE affecté à l'A&O, avec un profil "instrumentation scientifique et techniques expérimentales". Cela permettra aussi de maintenir un fonctionnement de l'équipe en modalité « Service » qui bénéficie aussi à d'autres projets de l'IAS.

7.3 Équipe Système solaire et systèmes planétaires

7.3.1 Présentation de l'équipe

Les activités scientifiques de l'équipe sont orientées selon trois axes principaux qui ont structuré nos recherches depuis près de 20 ans : étude des processus d'évolution des corps planétaires du Système Solaire, étude des exoplanètes, et étude des conditions initiales du Système solaire. Plus spécifiquement, il s'agit d'étudier :

- les processus d'évolution par observation des corps différenciés (planètes terrestres et géantes, satellites). Ces activités se font grâce à des moyens spatiaux qui permettent des observations depuis des plateformes orbitales ou in situ ;
- les planètes extra-solaires par une approche théorique mais également observationnelle à travers les missions COROT, PLATO et ARIEL ;
- les conditions initiales de la formation du Système Solaire à travers l'observation spatiale in situ d'objets « primitifs », et l'analyse en laboratoire d'échantillons de matière extraterrestre : grains cométaires, météorites.

Notre démarche consiste à coupler l'observation, réalisée essentiellement par des moyens spatiaux qui sont en partie conçus et développés avec l'appui technique du laboratoire, le dépouillement de données observationnelles, la modélisation et la simulation de laboratoire. Cette volonté de contribuer aux différentes étapes de la recherche s'appuie ainsi sur une participation directe à la réalisation d'instruments embarqués, avec le souci constant d'associer défis scientifiques et technologiques.

Tableau des effectifs

Le tableau ci-dessous ne prend pas en compte les membres (permanents et non permanents) de l'équipe astrochimie. Depuis le 01/01/2018, il a été décidé toutefois que les membres de l'équipe astrochimie font partie intégrante de l'équipe, et participent à leurs activités.

	2013	2014	2015	2016	2017	2018
CNRS	1	1	1	1	0	0
CNAP	2	2	3	3	3	3
Enseignant-chercheur	3	3	2	1	2	2
Doctorant	3	3	2	3	1	2
Postdoc	1	3	2	1	0	2
Emérite	1	1	1	2	3	3
Total (permanent)	11 (6)	13 (6)	11 (6)	11 (5)	9 (5)	12 (5)

Tableau des moyens

CNES	Univ./Obs.	Idex/Labex	ANR	H2020	JPL
8700 k€	20 k€	200 k€	100 k€	150 k€	30 k€

Bilan scientifique

- 2013-18 : Sélection de MAJIS sur JUICE, Phase B puis C/D en cours
- 2013-14 : SIMBIO-SYS/BepiColombo : Livraison de l'électronique/Etalonnage de l'instrument à la station d'étalonnage
- 2013 : Découverte de roches anorthositiques sur Mars
- 2014 : Cartographie de l'inertie thermique de la surface de Mars
- 2014-16 : Aventure Rosetta/Philae. Premières images in situ d'une comète par les caméras CIVA et de grains de la coma analysés par COSIMA.
- 2015 : Sélection d'ARIEL pour phase A/M4
- 2015 : Cartographie globale des profils d'altération de surface sur Mars
- 2015-2016 : Fin de l'exploitation scientifique de CoRoT / ouverture de l'archive finale / sortie du « CoRoT Legacy Book »
- 2016 : Nouveau processus de formation des ravines martiennes par sublimation de la glace de CO_2
- 2016 : Labélisation du service PSUP
- 2016 : Sélection du projet H2020/PTAL
- 2017 : Livraison du QM/MicrOmega/ExoMars
- 2017 : Sélection de MacrOmega sur MMX
- 2017 : adoption de PLATO (fin de phase B1)
- 2018 : Sélection d'ARIEL comme mission M4
- 2018 : Livraison du FM/MicrOmega/ExoMars

– 2018 : Opérations *in situ* de MicrOmega/Mascot/Hayabusa2

Profil des activités

Recherche académique		Diffusion des connaissances	Enseignement et formation
Exploitation/Analyse	Développement instrumental/Suivi projet		
42%	40%	5%	13%

7.3.2 Produits et activités de recherche de l'équipe

7.3.2.1 Etude des processus de formation et d'évolution des corps planétaires du Système Solaire

La période a été marquée par deux axes majeurs de recherche : Mars dans la continuité des études précédentes débutées il y plus de 10 ans et l'aventure conjointe Rosetta/Philae.

1. **Mars**

   (a) **Analyses de données spatiales**
   Les activités concernant Mars se sont articulées autour de plusieurs axes de recherche en utilisant notamment les données issues des instruments OMEGA et CRISM dont les opérations ont été étendues jusqu'en 2020.

   Etude de processus d'altération aqueuse de Mars
   L'équipe est impliquée dans la caractérisation des assemblages minéralogiques anciens de Mars qui tracent des processus d'altération chimique par de l'eau liquide, dans des conditions géochimiques qui ont variés dans le temps. Une approche multi-échelle a été mise en place : depuis l'étude systématique (statistique) à l'échelle planétaire, à l'étude minéralogique et géologique détaillée de régions d'intérêt à l'échelle locale (sub km). Un des produits issus de ces études est distribué à la communauté scientifique, il s'agit de la base de données des terrains hydratées la plus complète au monde à ce jour. Cette base a été en partie publiée et mise à disposition sur le site PSUP. Ces terrains sont d'un intérêt majeur notamment en raison de leur potentiel astrobiologique. Un des résultats majeurs a été la mise en évidence de profils d'altération de surface dans des régions bien spécifiques de Mars révélant une période unique de l'histoire de Mars (avant 3.6 gy) pendant laquelle une altération surface/atmosphère a pu avoir lieu. Nous couplons ces travaux d'identification et de cartographie globale, à une activité de modélisation visant à quantifier les abondances des minéraux présents dans ces terrains. Ceci permet notamment de mieux comprendre les conditions géochimiques qui ont prévalu lors de la formation de ces terrains, et également d'estimer la teneur en H2O stockée dans ces minéraux, en complément de

ce qui l'est sous la forme de glaces et de givres, pour aboutir à une évaluation globale du « réservoir aqueux » martien. C'est d'ailleurs dans ce contexte que nous avons gagné un appel d'offre de la NASA/JPL pour la fourniture de cartes globales de composition minérale et d'abondance des réservoirs surfaciques d'eau piégée dans ces minéraux.

Sélection des sites d'atterrissage

Nous avons activement participé à la sélection des sites d'atterrissage des missions Mars2020 et ExoMars2020. Nous étions responsables du site Mawrth Vallis retenu pour les deux missions et co-responsable d'Oxia Planum qui a été retenu pour ExoMars. A ce jour, seuls Mawrth Vallis et Oxia Planum restent en compétition pour ExoMars2020, avec une décision prioritaire prévue pour Novembre 2018. En revanche, pour la mission NASA Mars 2020, Mawrth Vallis n'a finalement pas été retenu lors du 3eme meeting (décision très controversée) qui a fait passer la sélection de 8 à 3 sites. Ce type d'activité de proposition puis caractérisation de sites d'atterrissage se poursuit actuellement via d'autres missions (notamment HX-1, rover envoyé par la Chine prévu pour 2020).

Etude des terrains ignés de Mars

La surface de Mars est largement dominée par des terrains de composition ignée. Ces terrains sont des traceurs de l'activité magmatique et volcanique au cours du temps. De la même manière que pour les terrains hydratés, nous avons conduit une étude systématique et globale de ces terrains afin de contraindre leur composition modale à partir des données OMEGA. C'est d'ailleurs dans ce cadre d'étude qu'un cube 3D unique de la surface de Mars dans le proche-infrarouge a été élaboré et sera mis à disposition de la communauté. Ce type de produits est unique et fait clairement partie de l'héritage d'OMEGA. Au-delà de la caractérisation des roches volcaniques effusives, un nouveau type de roche a été découvert. Ces terrains de composition très particulière ont été mis en évidence grâce aux données CRISM et OMEGA : il s'agit de terrains de type anorthositique interprétés comme étant des reliquats d'une croûte très ancienne, peut-être primordiale. Cette découverte a ensuite été confortée par un faisceau d'observations allant dans le sens d'une évolution crustale complexe, et apportés peu après par la découverte d'une nouvelle météorite martienne sur Terre et l'observation in-situ de roches plutoniques par MSL/Curiosity.

Caractérisation des processus contemporains

L'activité observée aujourd'hui à la surface de Mars est dominée par les phénomènes éoliens et par les cycles saisonniers des espèces volatiles. Nous avons travaillé au cours des 5 dernières années à caractériser ces processus en confrontant les contraintes observationnelles sur la surface contemporaine et l'atmosphère de Mars apportées par l'imagerie spectrale visible et proche infrarouge aux modélisations numériques du climat et du transfert

du rayonnement, selon plusieurs axes. D'une part, nous avons caractérisé à l'échelle de la planète différents paramètres physiques qui traduisent l'état actuel des couches superficielles de la surface de Mars (hydratation globale, albedo solaire, inertie thermique), en exploitant l'accumulation de données OMEGA sur plusieurs années martiennes pour mettre en évidence les dynamiques journalières, saisonnières et interannuelles de ces caractéristiques. Cela a conduit à créer des produits globaux qui constituent une partie du leg d'OMEGA et qui peuvent être utilisées pour des études comparatives avec d'autres jeux de données. Ils ont été mis à disposition de la communauté sur PSUP.

Nous avons d'autre part mené des études sur le comportement des espèces solides de l'atmosphère de Mars qui effectuent des cycles entre surface et atmosphère (nucléation des nuages d'eau et de CO_2, transport des poussières) et sont responsables d'une partie des dynamiques précédemment observées à différentes échelles de temps en surface. Enfin, nous avons mené des études localisées sur les structures d'écoulement actuellement actives sur Mars, afin de déterminer les types de mécanismes (eau liquide, mouvement de poussières, sublimation de la glace carbonique) capable de produire aujourd'hui une altération mécanique de la surface de Mars et identifiable en tant que ravines martiennes.

Etude in situ avec MSL

L'IAS a également contribué à l'expérience Chemcam (PI : LANL, USA, co-PI : IRAP, France) embarqué sur le rover Mars Surface Laboratory. Cet instrument détermine la composition élémentaire par spectrométrie LIBS en effectuant des tirs laser sur des cibles (sols, roches, trous de carottage) situées jusqu'à 5 m du rover. La caméra RMI qui effectue des images des zones analysées met en oeuvre un détecteur intégré fourni par l'IAS sur la base des caméras CIVA-P de l'atterrisseur Philae de la mission Rosetta. Suite à la panne du système d'autofocus du laser fin 2015, un algorithme d'optimisation d'entropie des images RMI a été développé à l'IAS. Il a permis d'ajuster la distance focale à partir de 2016 avec précision, ce qui était indispensable à la poursuite des opérations scientifiques car le rendement d'ionisation du tir laser dépend de manière critique de la densité d'énergie déposée en surface.

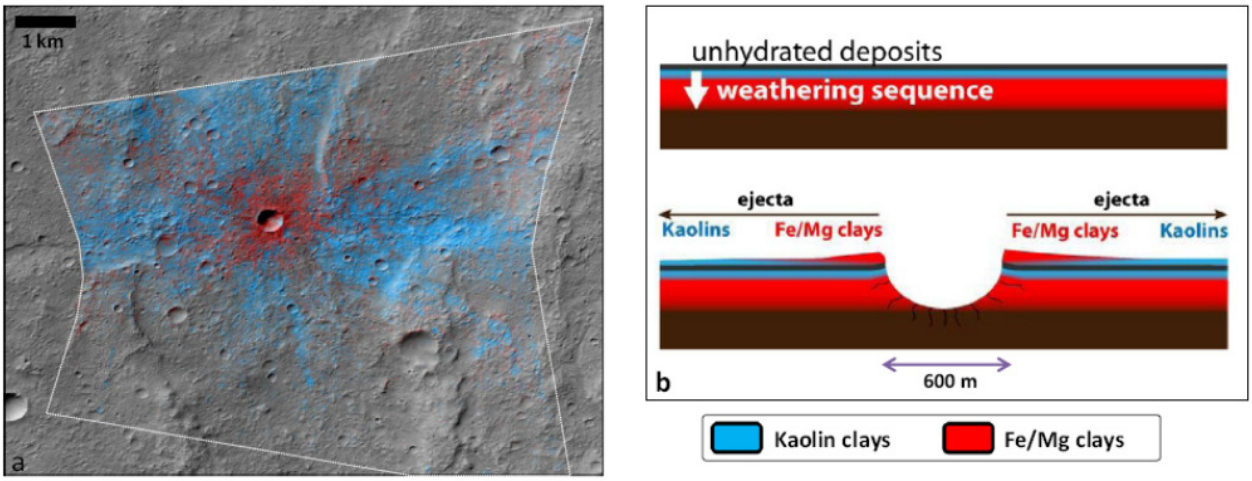

FIGURE 7.15 – (a) Distribution des minéraux dans les éjectas d'un cratère (diamètre ~600 m) de Mars. La composition a été obtenue grâce à l'instrument CRISM à bord du satellite Mars Reconnaissance Orbiter. (b) Vue schématique de la stratigraphie permettant d'expliquer la composition des éjectas (Carter et al. 2015). Cette stratigraphie est représentative d'un horizon d'altération d'origine atmosphérique.

(b) **Analyse en laboratoire d'échantillons extraterrestres**
De par l'évolution de l'exploration spatiale du système solaire, la détermination des propriétés d'une surface planétaire à partir des mesures par télédétection se fera de plus en plus couramment en combinaison avec des mesures in situ à l'échelle du grain et la collecte d'échantillons qui sont ensuite étudiés en laboratoire. Les expériences futures de Micromega (voir plus loin) rentrent parfaitement dans cette logique. Nous accompagnons ces évolutions par des observations microscopiques en laboratoire d'échantillons analogues martiens et de météorites. Ces travaux sont appuyés par un projet européen H2020 (démarrage en 2016). Nous sommes responsables de la partie française (en collaboration avec des collègues des universités d'Oslo, de Valladolid et de Toulouse). Ce projet européen permet également de développer un banc de mesure d'analogues martiens avec un des modèles de rechange de MicrOmega. Ces analogues sont d'ailleurs observés avec d'autres techniques (Raman et LIBS), fournissant une opportunité unique d'avoir des observations d'un même échantillon avec les mêmes techniques (et dans certains cas avec des modèles de rechange) qui seront à bord des futurs rovers martiens ExoMars2020 et Mars2020.

2. **Petits corps**

(a) **Comète 67P vue par Rosetta/Philae**
Un point d'orgue des activités de notre groupe au cours des dernières années a été l'aventure Rosetta/Philae.

Nous étions associés en tant que co-investigateurs au spectromètre imageur VIRTIS (VIS-IR), qui a cartographié la surface du noyau et étudié les

caractéristiques spectroscopiques des grains cométaires dans la coma.

Un chercheur de l'IAS a également assumé la lourde coresponsabilité scientifique de Philae, ainsi que la responsabilité scientifique du complexe instrumental CIVA, qui comportait notamment deux caméras stéréo et cinq caméras panoramiques, Les images du noyau de 67P/Churyumov-Gerasimenko acquises par ces caméras à bord de Philae ont révélé un paysage singulier, inattendu, très irrégulier et dominé par des matériaux consolidés. Ce site d'atterrissage environnant Philae s'est révélé être unique pour contraindre les conditions passées et présentes à la surface de la comète. Les fractures observées (jusqu'à plus de 10 cm de longueur) sont interprétées comme étant le résultat des variations d'insolation conduisant à une fatigue thermique et/ou à la sublimation lente de matières volatiles. Cette fragmentation superficielle pourrait générer une érosion macroscopique qui est observée à plus grande échelle par Rosetta. La distribution de taille des particules résolues par CIVA est très significativement différente de celles des particules présentes dans la coma de la comète observées par différents instruments de Rosetta et peut difficilement être expliquée par des processus modernes de surface. Ceci nous amène à suggérer que ces petits galets pourraient être des vestiges de l'accrétion primordiale du système solaire. Si c'est le cas, cela favorise le modèle d'accrétion de galets (« pebble accretion » en anglais). Les images du matériau cométaire obtenues avec les caméras CIVA appuient les résultats obtenus depuis l'Orbiter, indiquant un rapport grains/glace très élevé (>5), contrastant avec le modèle précédent de « dirty ice ball » : la matrice des noyaux cométaires serait faite non de glace mais de ce matériau sombre, où dominent des grains carbonés réfractaires, cimentant et piégeant des grains minéraux et de glace. Ces objets, qualifiés pour cela d'ORGANICeS » pourraient avoir joué un rôle majeur après immersion dans des océans planétaires primordiaux.

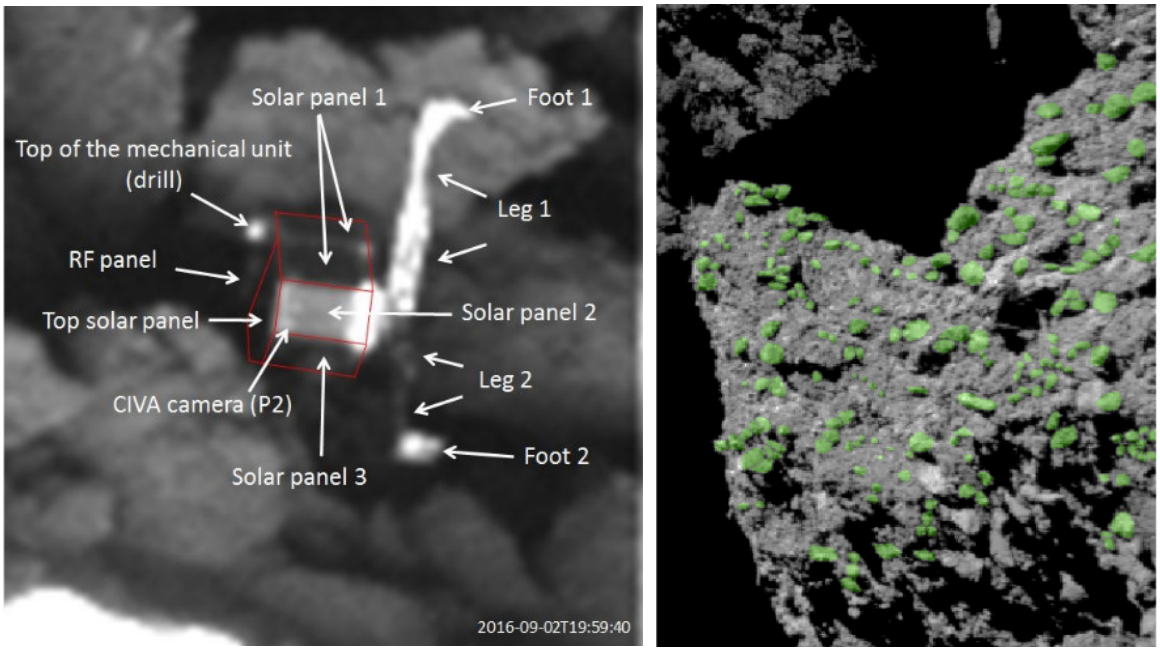

FIGURE 7.16 – A gauche, image de Philae acquise le 2 septembre 2016 par Rosetta (crédit CNES/SONC). A droite, un zoom d'une image CIVA (caméra 3) indiquant la présence de particules (en vert) potentiellement indicatrices des processus d'accrétion du système solaire (Poulet et al. 2016).

L'équipe de l'IAS a aussi été associée au niveau co-PI à l'instrument COSIMA. Cet instrument à bord du satellite Rosetta est un spectromètre de masse à haute résolution (M/DM > 1000) dédié à l'étude des particules cométaires collectées à proximité du noyau de la comète pendant la phase orbitale de la mission ROSETTA (Août 2014 - Septembre 2016). L'IAS a assumé la responsabilité de la réalisation du microscope optique CosiScope chargé de détecter les particules collectées en obtenant des images des cibles de 10 x 10 mm^2 avec une résolution par pixel de 14 μm. Les modèles prévoyaient un petit nombre de particules collectées en début de mission, avec un échantillon dominé par les particules de taille inférieure au pixel, ce qui a conduit à sélectionner un éclairage par deux LED de part et d'autre des cibles à incidence rasante. Le microscope a rempli sa mission au-delà des attentes, avec plus de 40000 particules identifiées sur les cibles. Dès les premiers mois, de nombreuses particules de taille supérieure à 100 μm avaient été collectées. Ces images résolues, améliorées par acquisition de séries de 4 images décalées de 1/2 pixel dans les deux directions ont démontré que les particules présentaient des morphologies très différentes, depuis des particules "compactes" posées sur les cibles jusqu'à des agrégats de plus en plus dispersés sur la cible, en lien avec la cohésion de la particule parente. L'éclairage rasant est optimal pour la détection, mais il présente des difficultés pour la photométrie, la radiance étant principalement contrôlée par l'incidence. Il a cependant été possible d'obtenir des contraintes sur l'albédo des particules et de les comparer avec les observations macro-

scopiques du noyau par la caméra de Rosetta (OSIRIS). Cosiscope a ainsi effectué la première caractérisation optique de particules cométaires collectées à très faible vitesse (quelques m/s) à proximité du noyau. La comparaison avec la matière extraterrestre collectée dans l'atmosphère terrestre ou à la surface renforce l'hypothèse d'une origine cométaire pour les "Interplanetary Dust particles" (IDP) et les micrométéorites antarctiques. Les analyses par spectrométrie de masse des particules détectées par Cosiscope ont permis à COSIMA d'obtenir des résultats sur la composition chimique et isotopique de la matière cométaire, auxquels l'IAS a fortement contribué (voir section 7.2 "astrochimie").

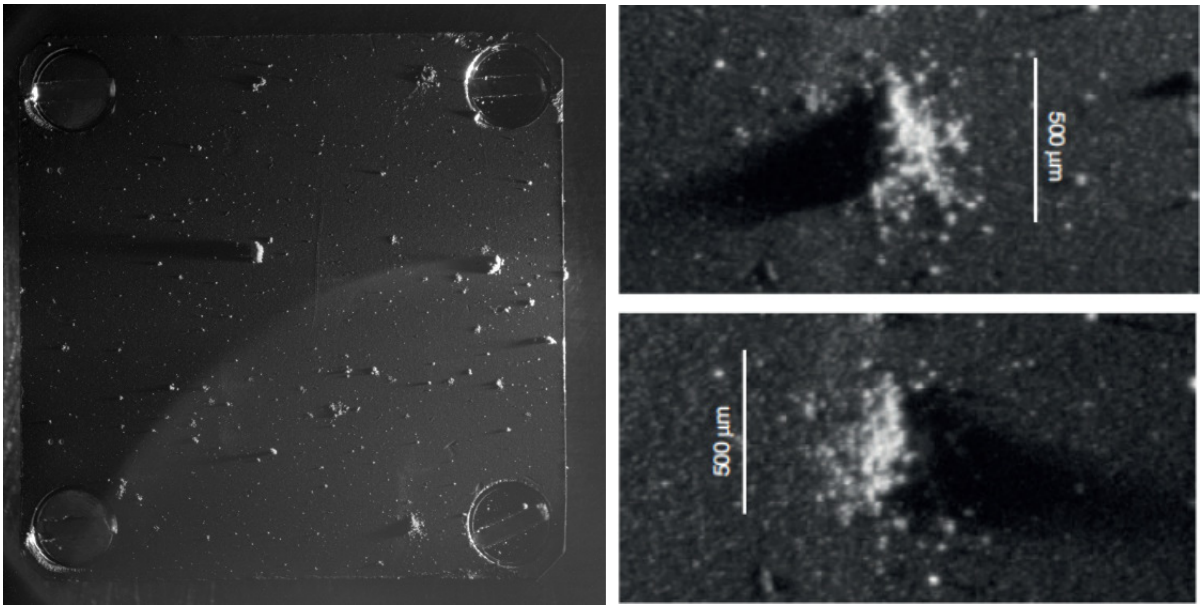

FIGURE 7.17 – (Gauche) Exemple de cible COSIMA instrument à bord du satellite Rosetta. Des grains de différentes tailles sont identifiés. Leur taille et leur typologie peuvent être étudiées (droite) (Langevin et al. 2016).

(b) **Vesta/Dawn**
Nous avons participé à l'analyse des données du spectro-imageur VIR (développé sous la responsabilité de l'IAPS de Rome) qui a permis d'obtenir une couverture complète de Vesta en 2012. Un des résultats étonnants des analyses réalisées par l'équipe Dawn était la présence très rare de l'olivine à la surface de cet objet. En appliquant un modèle de transfert radiatif, nous avons pu montrer que l'olivine est en fait présente quasiment partout et identifier le groupe de météorites qui est analogue à Vesta.

(c) **Satellites des planètes géantes**
Ce champ de recherche a pour cadre la mission Cassini à laquelle l'IAS est associé (deux « team members ») et la mission JUICE. L'activité de l'équipe concernant Cassini a été relativement modeste depuis plusieurs années,

compte tenu de la priorité donnée aux d'autres champs de recherche notamment Mars, Rosetta/Philae et JUICE. Cependant, l'équipe a été associée à la publication de plusieurs papiers sur les satellites glacés de Saturne avec le consortium VIMS.

Dans le cadre de la préparation de l'instrument MAJIS (détection de régions d'intérêt et modèle radiométrique de MAJIS), nous avons initié un programme d'observations des satellites joviens avec deux instruments du VLT. Cette campagne permet d'optimiser la préparation instrumentale en affinant les modèles photométriques des cibles scientifiques qui sont injectés dans et modèle radiométrique de MAJIS. Ce programme d'observations au long court des satellites joviens utilise trois instruments du VLT (SINFONI, SPHERE et NACO) couvrant une large partie de la couverture spectrale de MAJIS. Les données concernant Europe, Ganymède et Callisto sont d'une qualité sans précédent depuis les observations de la sonde Galileo. Nous avons pu cartographier certains composants chimiques à l'échelle globale d'Europe et mettre en évidence la possible présence de sels chlorés qui pourraient tracer une activité interne. La publication des données concernant les autres satellites glacés sont en cours. Cette campagne a également été un point d'entrée pour une collaboration scientifique avec les équipes de la prochaine génération d'instruments au sol sur l'ELT et qui seront opérationnels avant ou pendant les activités MAJIS.

7.3.2.2 Contributions instrumentales

Au cours de ces dernières années, l'équipe a été très impliquée dans les développements d'instruments qui font/feront partie de plateformes d'observations de télédétection et in situ du système solaire mais aussi des observations des systèmes planétaires. Nous décrivons ci-dessous ces activités en fonction des instruments.

1. **MicrOmega/Hayabusa-2**
   Nous avons été sélectionnés pour développer l'instrument MicrOmega sur l'atterrisseur MASCOT de la mission Hayabusa-2 (H-2). Celle-ci, sous la responsabilité de la JAXA, consiste en un rendez-vous avec un astéroïde C (1999JU3), dont elle effectuera une analyse détaillée, et à la surface duquel elle prélèvera des échantillons pour les rapporter sur Terre. Un petit atterrisseur de 11 kg, MASCOT, développé par la DLR avec une forte contribution du CNES, embarque un petit nombre d'instruments, dont MicrOmega, pour en analyser in situ les grains après atterrissage.

   MicrOmega est un microscope hyperspectral, capable d'obtenir des « cubes-images » tridimensionnels (x,y,λ) d'échantillons de la surface de l'astéroïde en acquérant, sur chaque pixel, le spectre de 1.0 à 3,5 μm : dans ce domaine spectral, la plupart des constituants d'intérêt, minéraux et organiques, ont des signatures diagnostiques. Une telle identification, à la surface même d'un astéroïde,

jamais réalisée jusqu'à aujourd'hui offre la perspective de pouvoir contraindre très fortement les processus à l'origine de la formation et de l'évolution de ces petits corps primitifs. La sonde a été lancée en 2015 et suit une trajectoire nominale. Les premières images détaillées de l'astéroïde obtenues de la sonde auront lieu fin juin. Le suivi de l'instrument MicrOmega a été effectué au cours de la croisière et nous sommes en train de préparer les séquences d'observations entièrement automatisées qui auront lieu en octobre 2018 sur un site d'atterrissage dont la sélection aura lieu en août après cartographie complète de la surface en juillet. C'est d'ailleurs dans ce cadre, que nous sommes également impliqués sur le spectromètre ponctuel PIR NIRS3 qui est sur la sonde H-2.

2. **SIMBIO-SYS/BepiColombo**
La mission dont le lancement est prévu en octobre 2018 sera principalement dédiée à l'étude de la surface et de l'intérieur de Mercure. L'IAS a été responsable de la fourniture de l'électronique principale (ME) et de l'étalonnage de l'ensemble d'imageurs SIMBIO-SYS composé d'une caméra haute résolution (HRIC), d'une caméra stéréoscopique (STC) et d'un imageur hyperspectral visible et proche-infrarouge (VIHI). Les activités concernant la ME ont subi les aléas des développements de la mission et de l'instrument, ce qui a repoussé la livraison du modèle de vol à 2014 et l'étalonnage en 2015. La phase de l'étalonnage qui a duré environ 2 mois a monopolisé l'ensemble du personnel de la station. Par ailleurs, cela a nécessité de planifier les procédures et de coordonner les activités avec trois équipes scientifiques différentes et deux équipes techniques (IAS et industriel italien). Les données obtenues lors de l'étalonnage ont fourni des contraintes sur l'évolution des réponses instrumentales en fonction des différents flux illuminant chaque instrument. Des tests ont également mis en évidence la présence de lumière parasite. La caractérisation de ces artefacts est en cours afin d'évaluer leurs effets potentiels sur les futures observations de la surface et de l'exosphère de Mercure. Suite à cet étalonnage, l'instrument est alors parti à l'ESTEC pour intégration sur le satellite ce qui a nécessité d'accompagner des tests fonctionnels.

Par ailleurs, les résultats MESSENGER ont conduit à réévaluer la composition de la surface de Mercure. De nombreuses questions sont apparues notamment sur les minéraux présents à la surface (possiblement dominée par des plagioclases et de l'olivine pauvre en fer, mélangés à certains endroits avec des sulfures). C'est dans ce cadre que nous avons initié une collaboration avec des collègues italiens et du LESIA afin de mettre en place une série de tests et de mesures d'analogues de la surface de Mercure. Avec l'aide de l'équipe astrochimie, une série d'expériences en laboratoire a été mise en place afin de mesurer certains effets (haute T°, implantation de C) sur les spectres de matériaux analogues de Mercure.

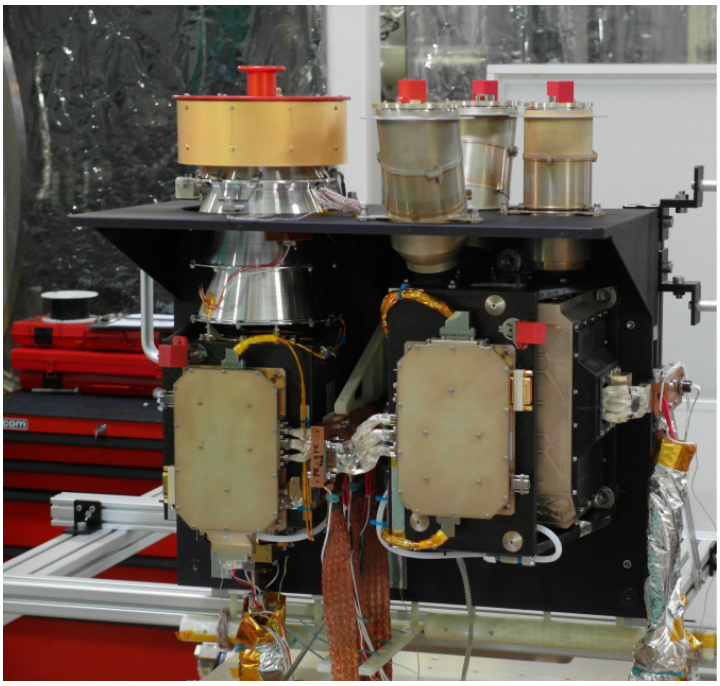

FIGURE 7.18 – L'instrument SIMBIO-SYS avec ces 3 canaux juste avant son intégration dans la cuve Jupiter de la station d'étalonnage de l'IAS. Les ouvertures de la caméra haute résolution à gauche, de la caméra stéréoscopique au milieu, et du spectro-imageur visible et proche-IR à droite sont visibles.

3. **MAJIS/JUICE**
   L'équipe a obtenu en février 2013 la responsabilité scientifique et technique du spectromètre imageur MAJIS. MAJIS est une expérience majeure de la mission JUICE (lancement en 2022) dédiée au système de Jupiter ; elle jouera un rôle essentiel pour atteindre les objectifs scientifiques de la mission concernant la cartographie de différents composés à la surface des satellites, la caractérisation de leurs exosphères et la composition de l'atmosphère jovienne. La contribution à cette expérience représente l'axe le plus important du plan de charge de l'IAS de 2014 à 2020. L'instrument a passé les différentes revues mises en place par l'ESA dont la plus récente à savoir la PDR en juin 2017. L'équipe scientifique assiste très activement l'équipe technique en charge du développement de l'instrument en participant notamment à i) la sélection du plan focal (architecture, détecteurs, filtres interférentiels), ii) l'élaboration du cahier des spécifications du logiciel de bord, iii) la mise en place des tests en radiation et l'analyse de ces mesures, iv) l'élaboration des spécifications du logiciel de despiking, v) la mise en place des bancs d'étalonnage, vi) la gestion des I/F avec les partenaires italiens et belges. Ces activités sont ponctuées par les réunions ESA (PM, SWT et les SOWG) auxquelles nous devons participer.

4. **ARIEL (phase A, sélection 2018)**
   Notre équipe est impliquée, depuis sa création, dans le développement et l'exploitation de méthodes d'observation et de spectroscopie pour étudier la diversité des environnements exoplanétaires, et leur possible habitabilité. Après avoir développé en laboratoire le concept d'interférométrie annulante, l'avoir poussé jusqu'à atteindre par l'expérience les besoins scientifiques (démonstrateur PERSEE), nous avons dû nous convaincre que sa mise en oeuvre pratique dans l'espace serait difficile, faute de développements spécifiques au niveau industriel, sur les plateformes d'observation, et leur contrôle en formation. Dans ce contexte, nous avons alors privilégié une technique plus immédiate, la spectro-photométrie des transits. Exploitant les savoir-faire acquis lors du développement et l'exploitation scientifique de CoRoT, nous nous sommes impliqués dans Echo, candidat malheureux à la mission M3 de l'ESA, non sélectionné à l'issue de la phase A compétitive. Encore une fois, l'expérience acquise en phase A d'EChO a permis de proposer un concept plus abouti comme candidat M4, sélectionné pour phase A en 2015, puis comme mission M4 à l'issue de la phase A en 2018 (mission ARIEL). Dans les deux projets, un des membres de l'équipe a été membre de la « science Study Team » de l'ESA, le groupe scientifique en charge de l'étude scientifique de la mission et la rédaction du Yellow book). Le savoir-faire du laboratoire est reconnu, puisque l'IAS sera responsable du design optique, du design thermo / mécanique de l'instrument AIRS principal d'ARIEL (spectro-photomètre à 2 canaux entre 1.95 et 7.8 micron). Ce positionnement permettra à l'équipe de jouer un rôle de tout premier plan dans l'exploitation des données issues d'ARIEL.

5. **Instrumentation en laboratoire**

   – Des activités en soutien aux instruments, notamment MAJIS se font en coordination avec le groupe astrochimie et certains de leurs outils de mesure. Elles sont décrites en détail dans le rapport du groupe astrochimie.

   – Une piste privilégiée depuis maintenant une dizaine d'année consiste à utiliser des filtres acousto-optiques (AOTF) comme système de dispersion dans le proche-infrarouge. Des activités récentes de R&T menées à l'IAS ont montré la capacité de ces systèmes à réaliser du filtrage en maintenant les performances d'imagerie. C'est notamment le concept de l'instrument MacrOmega, proposé pour la mission MMX (Mars Moon eXplorer) de la JAXA (voir plus loin). Dans ce cadre, nous avons obtenu un soutien CNES pour le développement d'une maquette d'un spectro-imageur basé sur un AOTF à transmission. Ces activités font l'objet d'une thèse instrumentale.

7.3.2.3 Identification et caractérisation de systèmes planétaires

1. **COROT/PLATO**
   Outre une participation au développement de l'instrument (décrite dans les pré-

cédents rapports d'activité du laboratoire), l'équipe de l'IAS, au sein du CoRoT Exoplanet Science Team a participé, durant les 5 dernières années, à l'intégralité de l'exploitation scientifique de la mission. Nous avons co-rédigé et co-signé toutes les publications relatives aux 31 systèmes planétaires, découverts caractérisés et publiés par CoRoT, appuyé par des instruments au sol. Nous avons également contribué, via une thèse au développement des méthodes d'identification de planètes dans les courbes de lumière par la méthode des chaines de Markov et Monte Carlo (MCMC) qui consiste à adapter un modèle multi paramètres aux données observationnelles. Plus le nombre de paramètres est élevé, plus le modèle reproduit fidèlement les observables, mais plus le processus de détermination des paramètres est complexe (taille de l'espace des paramètres à explorer). Les chaines de Markov sont une approche convergente pour identifier une solution optimale à partir d'hypothèses a priori sur l'objet et sa physique. Ce travail trouvera son prolongement logique dans les futures missions de (spectro)-photométrie des transits (PLATO, CHEOPS, ARIEL...) dans lesquelles le laboratoire est impliqué et dans l'exploitation des données du JWST.

2. **JWST**
   Dans le cadre de la préparation scientifique à l'exploitation des données de spectro-photométrie du JWST et la préparation des futurs projets d'observatoires spécifiques (EChO, puis ARIEL), nous nous sommes investis, avec l'équipe du CEA/DAp dans le développement des méthodes de reconstruction de spectres atmosphériques. Nous avons accueilli pendant 2 ans, conjointement avec le CEA, et dans le cadre du LabEx P2IO, une postdoc qui venait d'effectuer sa thèse sur le sujet à UCL au sein de l'équipe de la PI d'EChO puis ARIEL. Le travail a porté principalement sur la correction (ou tout au moins de la caractérisation et de la prise en compte) de l'activité stellaire dans les courbes de lumière monochromatiques. Pour cela, nous avons travaillé sur la chromaticité de l'activité stellaire et montré que l'observation conjointe en vis et IR, avec un choix judicieux des domaines spectraux permettait de caractériser l'activité stellaire et la dissocier du spectre planétaire. Ce travail a eu un impact direct sur la définition de l'instrument visible-NIR d'ARIEL (senseur de pointage fin, photomètre et spectromètre NIR, sous responsabilité polonaise dans ARIEL). Les premières données du JWST devraient permettre de consolider ce travail et le systématiser à l'ensemble de la diversité stellaire que seront les cibles d'ARIEL.

7.3.3 Projet scientifique à cinq ans

7.3.3.1 Conditions initiales de la formation du Système Solaire à travers l'étude des petits corps

Certains de ces travaux se feront en coopération avec le groupe astrochimie.

1. **Hayabusa2/Mascot : analyses in situ d'échantillon**
   Initiée il y a 7 ans, une coopération entre le CNES et la DLR, a permis la réalisation d'un petit lander de 10 kg « Mascot », intégrée à la mission Hayabusa2 de l'ISAS/JAXA : destinée à la première caractérisation globale d'un astéroïde carboné, Ryugu, cette mission couple les 3 approches complémentaires : caractérisation globale à distance, caractérisation in situ jusqu'à l'échelle microscopique (Mascot), collecte et retour d'échantillons pour analyses en laboratoire. Au sein de Mascot, MicrOmega, microscope hyperspectral ultra-miniaturisé développé à l'IAS, opérant dans le proche infrarouge (1-3.7 μm), va réaliser les premières identifications de la composition du matériau astéroïdal de surface (grains ignés et altérés, phases organiques), jusqu'à l'échelle de leurs grains individuels (25 μm). Nous préparerons les opérations de Mascot/Micromega dont l'atterrissage est prévu en Octobre 2018, puis nous analyserons les données Micromega en le remettant dans un contexte global fourni par les résultats de l'orbiteur Hayabusa-2 et à plus long terme par l'analyse des échantillons sur terre.

2. **MMX**
   Prolongeant la coopération avec l'ISAS/JAXA mise en place pour la mission Hayabusa2, le CNES participe à la mission Mars Moon eXplorer (MMX) de cette même agence, prévue pour un lancement en 2024. L'objectif premier est de caractériser l'origine de Phobos et Deimos, qui fait encore l'objet de controverses majeures : leur identification constituera un apport décisif pour la caractérisation des processus dynamiques qui ont modelé les évolutions distinctes des objets du système solaire.

   Trois participations sont envisagées : fourniture d'un imageur hyperspectral dans le proche infrarouge (MacrOmega) ; contribution du CST au niveau « flight dynamics » ; développement par le CST d'un rover instrumenté.

   MacrOmega, dont l'IAS a la responsabilité globale, scientifique (PI) et technique (PM), constitue un instrument de toute nouvelle génération. MacrOmega opérera dans un domaine spectral (0.9 - 3.6 μm) où l'essentiel des composés de surface envisagés pour Phobos et Deimos possèdent des signatures diagnostiques, clés de leur origine. Il utilise comme système dispersif un AOTF à double transducteurs, maintenant les qualités d'imagerie. Son développement tire largement parti de l'expérience acquise sur les instruments MicrOmega, par la même équipe. Il s'appuie également sur un programme R&D du CNES (« ExoCam ») que notre équipe développe en parallèle, destiné à l'intégration et aux tests d'un démonstrateur intégrant les systèmes de MacrOmega, pour en valider les principes techniques.

   Un montage coopératif avec nos partenaires japonais a été élaboré, dans lequel l'ISAS est responsable de l'électronique d'interface avec l'orbiteur. La phase 0 s'est conclue avec succès par une revue tenue en janvier 2018, ouvrant une

phase A d'un an.

7.3.3.2 Processus d'évolution des corps différenciés (planètes terrestres, satellites)

1. **Préparation de l'exploration de Mercure**
   Le lancement est prévu en octobre 2018 pour une arrivée à Mercure en 2025. Les activités techniques se poursuivront à un niveau a priori beaucoup plus modeste pendant la phase de croisière. L'exploitation scientifique sort du cadre du prochain quinquennal. Cependant, l'équipe scientifique SIMBIO-SYS est maintenant structurée autour de groupes de travail au nombre de 9. Ceux qui sont directement en adéquation avec les responsabilités ME et étalonnage sont pour l'instant privilégiés. Une montée en puissance sur les opérations nous parait nécessaire afin d'être plus impliqué dans la mission. Par ailleurs, comme évoqué en section 2 de 7.3.2.2, les propriétés spectrales dans le visible et l'infrarouge proche de la surface de Mercure restant finalement très peu contraintes, nous avons mis en place une série de mesures afin de mesurer certains effets sur les spectres de matériaux analogues de Mercure. Nous utiliserons intégralement les moyens de l'IAS qui sont mis à disposition par l'équipe astrochimie. Ce travail se fait en collaboration avec cette équipe.

2. **MAJIS/JUICE**
   JUICE constituera la mission de référence pour l'exploration du système de Jupiter tout comme Cassini l'a été pour l'exploration du système de Saturne. La livraison de l'instrument MAJIS dont nous sommes responsables est prévue au cours du 2ème semestre de 2020. D'ici là, nous continuerons à assumer le développement de l'instrument en collaboration avec nos partenaires italiens et belges. Les activités majeures seront la préparation de la CDR (fin 2018), le suivi de la fourniture des 2 plans focaux munis de leur filtre et de leur électronique de type SIDECAR puis de leur caractérisation au cours du 1er semestre 2019, la mise en place et la validation du banc d'étalonnage de MAJIS pour un étalonnage planifié au 1er semestre 2020, l'analyse des données d'étalonnage, l'étude des effets des radiations sur le retour scientifique à partir des tests spécifiques réalisés à Liège et du développement du logiciel de vol de despiking, la mise en place du contrôle/commande de l'instrument au niveau des électroniques de proximité et principale, la définition du planning d'observations et des opérations associées, l'interface scientifique avec l'ESA et les autres instruments (notamment en tant que CoI de JANUS et de MISE), Une fois le lancement effectué, les opérations de commissioning et d'étalonnage lors des survols (notamment Terre) seront également suivis.

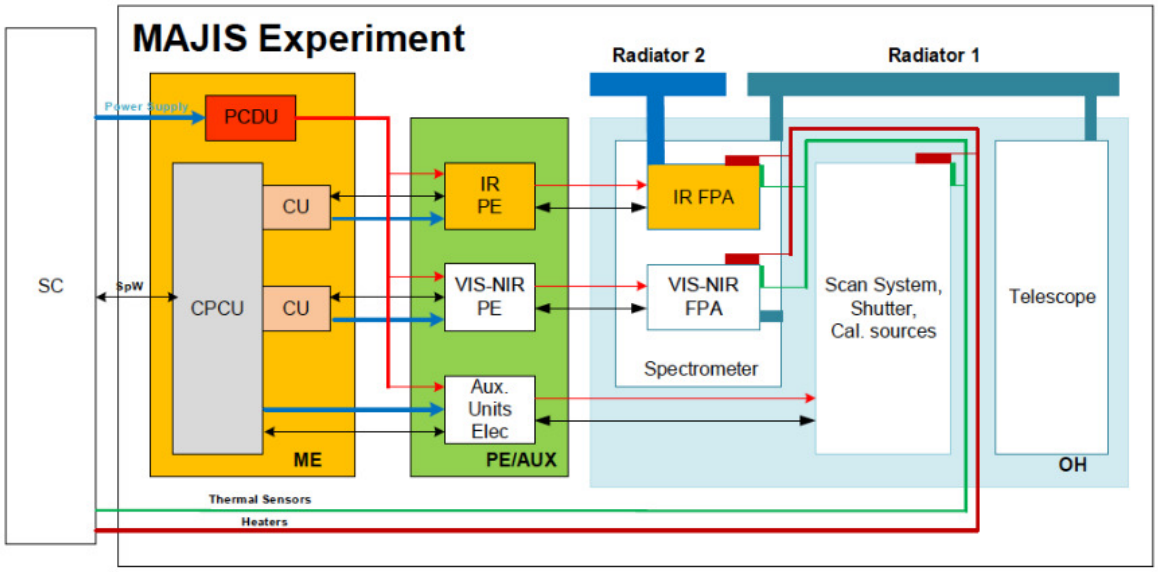

FIGURE 7.19 – Diagramme fonctionnel de l'instrument MAJIS en cours de développement.

En parallèle de ces activités, nous continuerons à analyser et publier les données ESO des satellites glacés de Jupiter. La collaboration avec les futurs instruments ELT prendra plus d'ampleur avec une préparation des observations scientifiques, une optimisation des capacités techniques de ces instruments, et l'obtention de temps d'observation.

3. **Mars orbitale : OMEGA/CRISM**
La poursuite des opérations des missions Mars Express (avec les expériences OMEGA et CRISM programmées jusqu'à 2020) va permettre de compléter la couverture par télédétection dans le domaine du visible et du proche infrarouge, et d'étudier les évolutions temporelles de l'atmosphère. Nous poursuivrons nos analyses de données selon plusieurs axes :

Projet MOCCAS

Une décennie d'études orbitales de Mars par l'équipe a permis la création d'une base de donnée globale des minéraux aqueux sur Mars, dénommée « Mars Orbital Catalogue of Chemical Alteration Signatures ». Ce produit scientifique est conçu de façon évolutive et a vocation à être mis à jour périodiquement par l'équipe mais aussi par la communauté en général de par sa dimension collaborative (produit partagé). En l'état, MOCCAS permet des études qualitatives de l'échelle globale à l'échelle sub-kilométrique, et les objectifs scientifiques permis sont nombreux. L'enrichissement de cette base de donnée est prévu qui permettra cette fois une approche quantitative robuste de l'étude des minéraux aqueux de Mars, le but étant une meilleure caractérisation des réservoirs d'eau actuels et passés, et d'en contraindre les conditions de formation (géochimie). Pour ce faire, trois observables se-

ront nécessaires : la distribution spatiale (surface), l'épaisseur des dépôts (via des fenêtres stratigraphiques qui seront étudiées avec des modèles 3D de terrain), et l'abondance volumique des minéraux constitutifs de ces dépôts. Ce dernier aspect sera traité en parallèle avec le projet M3 décrit ci-dessous.

PROJET M3
M3 est l'acronyme de Modal Mineralogy of Mars. Il s'agira de fournir des cartes globales des abondances des minéraux de la surface de Mars. Un modèle de transfert radiatif a été pour cela mis en place et optimisé pour les terrains mafiques et hydratés de Mars. Ce projet utilise des moyens du contrat obtenu avec le JPL (voir plus loin). L'avantage de cette approche est qu'elle révèle la présence de constituants difficiles voire impossibles à détecter dans le proche-infrarouge et fournit des informations quantitatives qui pourront ensuite être utilisées dans le cadre de l'exploration future de Mars par l'homme.

Etude de l'atmosphère
La caractérisation des composants atmosphériques actuels de l'atmosphère de Mars (composition, concentration, dynamique temporelle, répartition spatiale) est utile à la fois pour maitriser la météorologie d'une cible majeure de l'exploration spatiale, mais également pour comprendre l'évolution climatique d'une planète ayant connue des conditions comparables en certains points à celles de la Terre lorsque la vie y est apparue. Le satellite Trace Gas Orbiter (TGO) de la mission ExoMars de l'ESA embarque la suite de 3 spectromètres Atmospheric Chemistry Suite (ACS) couvrant la gamme spectrale 0,7 μm - 17 μm. ACS observe en particulier la lumière solaire transmise et/ou diffusée par l'atmosphère avec un échantillonnage en heure locale sans précédent. Notre participation à l'analyse de ces mesures portera sur la détermination des variations spatio-temporelle des composés solides (glace et poussière) de l'atmosphère de Mars, dans la continuité des travaux précédemment menés avec OMEGA et CRISM.

Coordination avec les mesures in situ
Nos analyses de données orbitales fournissent un contexte pour les mesures in situ qui seront effectuées par ExoMars2020 et Mars2020. Inversement, les données in situ fournissent la vérité terrain de nos analyses orbitales. Notre participation à toutes ces missions nous permettra donc de fusionner les données orbitales avec les mesures in situ et de préciser les liens entre les analyses à différentes échelles spatiales.

4. **Mars in situ : ExoMars et Mars2020**
L'étape prioritaire à l'horizon 2020+ se décale vers l'exploration in-situ de la planète. Nous avons contribué'significativement à en définir les axes. Les résultats d'OMEGA et de CRISM, en particulier l'observation de minéraux signant la pré-

sence d'eau liquide dans les terrains les plus anciens, ont représenté l'élément essentiel pour définir la stratégie de recherche des conditions « d'habitabilité » éventuelle de la planète Mars. C'est pourquoi, tout en participant à la définition de ces missions notamment à travers la sélection et la caractérisation des sites d'atterrissage, nous avons orienté notre expertise instrumentale vers des systèmes miniaturisés de caractérisation des échantillons (composition minérale, moléculaire et organique), dont l'instrument MicrOmega (similaire à celui embarqué sur la mission Mascot/Hayabusa2) est le plus achevé.

La prochaine étape majeure pour l'IAS sera l'atterrissage du rover ExoMars dont le laboratoire d'analyse des échantillons comporte trois instruments, dont MicrOmega. La livraison du modèle de vol s'effectuera en 2018. MicrOmega opérera dans le domaine (0.5 - 3.7 μm), par l'adjonction de 4 LEDs visibles à un système d'éclairement hyperspectral des échantillons entre 0.9 et 3.7 μm, basé sur un AOTF comme système dispersif. Le principe même d'analyse de cet instrument, parfaitement non destructive, lui confère une double capacité : offrir la caractérisation, à l'échelle des grains individuels (échantillonnage spatial de 20 μm), de la composition des échantillons martiens prélevés par la foreuse du rover ; identifier et localiser, parmi ces échantillons, les grains dont la composition justifiera qu'ils soient, après MicrOmega, analysés séquentiellement par le spectromètre Raman, puis par spectrométrie de masse. Tant la capacité d'analyses à l'échelle microscopique, que celle de coupler trois techniques complémentaires pour caractériser la composition de mêmes grains, constituent une spécificité essentielle de la mission ExoMars.

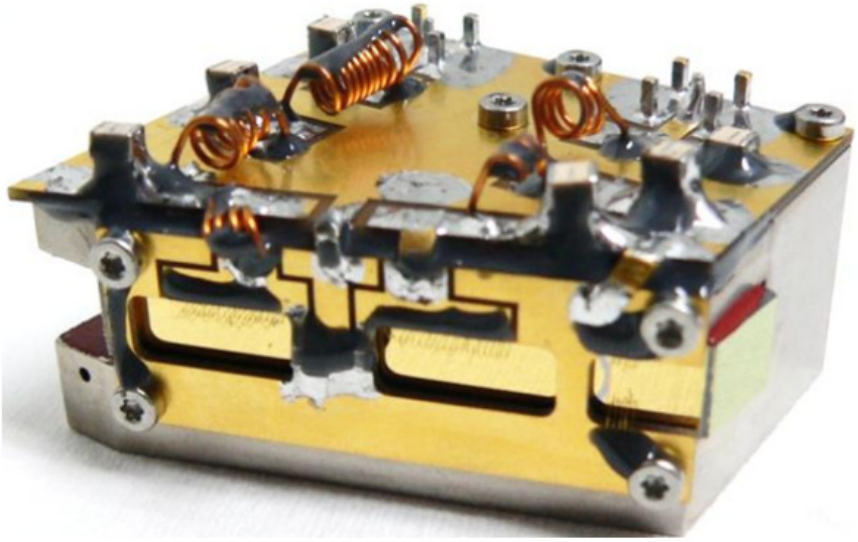

FIGURE 7.20 – Image du monochromateur AOTF (Acousto-Optic Tunnable Filter) développé pour MicrOmega. Ce monochromateur fournit un faisceau monochromatique d'une largeur de 20 cm^{-1} sur une plage spectrale comprise entre 0.95 μm et 3.6 μm, ce qui correspond à 2 nm à 0.95 μm et 25 nm à 3.6 μm.

Un modèle de rechange de MicrOmega sera également développé, testé et étalonné. Il pourra soit être livré pour intégration au cas de défaillance du modèle de vol, soit utilisé afin de simuler certaines opérations sur Mars et de reproduire des observations vol, en utilisant le banc développé à l'IAS dans le cadre du projet PTAL. En tant que responsable de l'instrument, nous assumerons les vérifications de l'instrument et les interfaces techniques et logiciels avec le système de distribution des échantillons, lors des opérations. Celles-ci seront définies sur la base des résultats acquis en temps réel, et implémentées en coordination avec la sélection des sites d'intérêt de forage, auxquelles nous participerons également comme membres de l'instrument ISEM (spectromètre PIR ponctuel sur le mât d'ExoMars).

Nous sommes également membres de l'équipe SuperCam, système de 4 instruments à bord du rover Mars2020/NASA, qui participe à la préparation du retour d'échantillons martiens par un « caching » éventuel d'échantillons. En tant que responsable de l'étalonnage du spectromètre PIR ponctuel IRS dont le système dispersif est à base d'AOTF (similaire à celui de la génération MicrOmega), nous avons mis en place un banc d'étalonnage validé sur l'EQM d'IRS en février 2018. Nous dirigerons l'étalonnage du FM à l'automne 2018 et fournirons la fonction de transfert de l'instrument. Le projet nous a également demandé d'être impliqués autant que possible dans les opérations du rover qui seront très prenantes et complexes.

5. **Missions d'opportunité**
   Des contacts potentiellement très féconds ont été établis avec de nouveaux partenaires tels que la JAXA et l'académie chinoise. Si la collaboration avec les japonais est déjà très avancée avec la participation à Hayabusa-2 et MMX (voir plus haut), missions auxquelles la caractérisation d'objets Troyens pourrait succéder, de nouvelles possibilités sont apparues avec les laboratoires de l'Académie des Sciences de Chine, responsables des programmes d'exploration de la Lune et de Mars.

7.3.3.3 Etude des systèmes planétaires

Le lancement du JWST en 2020, et la préparation des missions de l'ESA PLATO (lancement 2026) et ARIEL (lancement 2028) sont les différents jalons qui pavent le projet de l'équipe pour la prochaine décennie. Cette équipe, actuellement réduite à sa plus simple expression pour la partie purement « exoplanètes » devra en parallèle s'étoffer, au risque de ne pouvoir valoriser les investissements consentis dans les différents projets.

1. **JWST/PLATO**
   Dans le prolongement des activités liées à CoRoT, nous poursuivrons notre implication dans les missions JWST et PLATO :

JWST
Les courbes de lumière obtenues avec les instruments MIRI, NIRSPEC, NIRIS permettront d'avoir accès à la composition atmosphériques de quelques exoplanètes (typiquement une douzaine). En lien avec l'équipe du CEA/DAp, nous participerons à la reconstitution des spectres à partir des données photométriques. En lien avec l'équipe française impliquée dans ARIEL, nous participerons également à l'interprétation scientifique de ces spectres en terme d'environnement planétaire. Le caractère très pluridisciplinaire de cette thématique va nécessiter une coordination entre tous les acteurs du projet et les laboratoires en particulier de la région Ile de France. Une action de coordination est envisagée au sein du DIM-ACAV.

PLATO
A l'instar de CoRoT, ce projet est particulier, puisqu'il fédère plusieurs communautés, dont celle de la physique stellaire et des exoplanètes. Au laboratoire, c'est clairement l'équipe de physique solaire et stellaire qui pilote scientifiquement le projet, avec des implications importantes en termes de fournitures hard et soft (voir la section 7.4). L'équipe exoplanète, en l'état, aura du mal à s'investir fortement dans ce projet, la priorité ayant été mise sur ARIEL. Cependant, la caractérisation fine des systèmes planétaires par PLATO sera un atout, pour l'interprétation des données d'ARIEL, à condition que cette caractérisation puisse être faite complètement avant l'exploitation des données d'ARIEL.

2. **ARIEL**
ARIEL (voir figure 7.21), sélectionné par l'ESA en mars 2018 comme mission M4 permettra d'obtenir le spectre atmosphérique, les profils de température et de pression de plusieurs centaines d'exoplanètes chaudes et tempérées, des géantes aux super-terres, avec une résolution spectrale suffisante pour permettre d'appréhender au premier ordre l'environnement planétaire associé. Avec une grande expérience acquise et reconnue en photométrie des transits grâce à la participation technique et scientifique à CoRoT, il était logique que le laboratoire soit fortement impliqué dans ARIEL. C'est le cas, puisque nous sommes responsables du design optique, thermique et mécanique de l'ensemble du spectrographe, l'instrument principal d'ARIEL. De plus, un des membres de l'équipe est instrument scientist de l'instrument et de la mission. Ce positionnement nous permettra d'acquérir une très bonne connaissance de l'instrument, indispensable à l'interprétation correcte des données d'observation et nous placera au coeur de l'exploitation scientifique de la mission, au sein du consortium français et européen. Il faudra cependant veiller à ce que cet effort instrumental soit reconnu à son juste niveau par les instances et permette d'étoffer l'équipe scientifique au laboratoire, qui est largement sous-critique compte-tenu de l'activité.

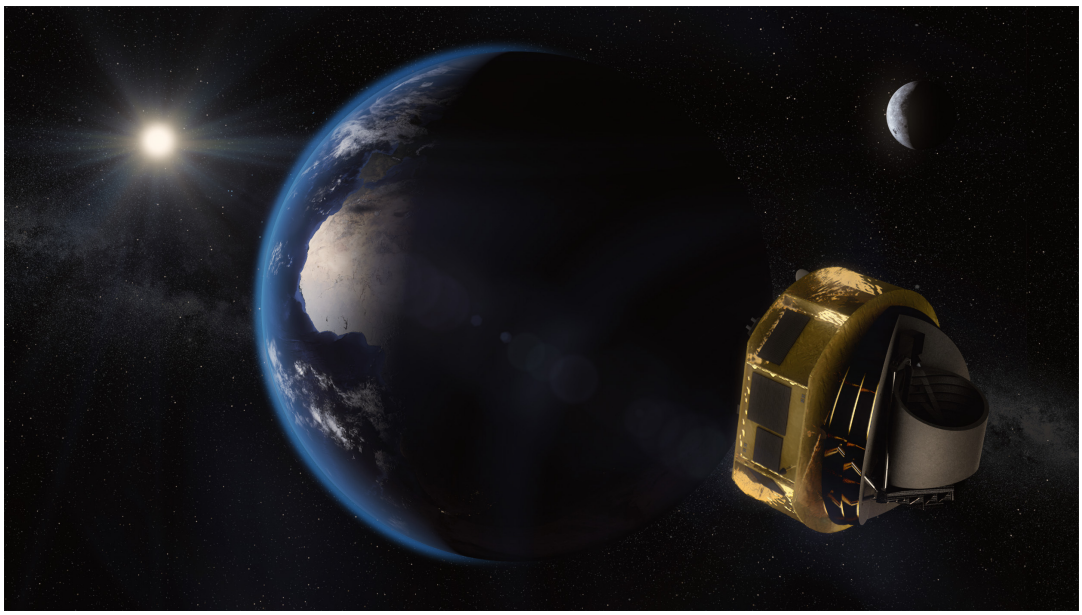

FIGURE 7.21 – Vue d'artiste de la mission ARIEL

7.4 Équipe Physique solaire et stellaire

7.4.1 Présentation de l'équipe

Les progrès continus en matière d'observations, en particulier spatiales, amènent des questionnements autrefois hors de portée. Certes, des problèmes anciens demeurent : la structure et la dynamique de l'atmosphère solaire restent encore incomprises. Cependant, l'approche multi-longueurs d'onde, la résolution spatiale toujours meilleure et la continuité des observations ont levé le voile sur l'acteur principal derrière ces anciennes questions : le champ magnétique. Comprendre l'atmosphère solaire ouvre vers d'autres directions de recherche : le Soleil est un objet unique par la richesse des informations que son observation fournit, richesse indispensable à notre compréhension des processus observés dans d'autres systèmes stellaires. Même si ces systèmes montrent des phénomènes éruptifs assez gigantesques pour être détectés depuis la Terre, le Soleil nous enseigne que les phénomènes de chauffage, d'accélération ou même d'éruption sont liés à des petites échelles spatiales.
L'atmosphère du Soleil reste la seule à permettre une analyse détaillée des processus physiques qui la structurent de manière très hétérogène et très dynamique, que ce soit en température ou en densité, et qui donnent lieu au flux de particules formant le vent stellaire. Comprendre cette hétérogénéité et cette dynamique passe d'abord par un diagnostic complet des structures observées. Etant donné les grandes différences de température rencontrées dans l'atmosphère solaire, des diagnostics basés sur une large gamme de longueurs d'onde couvrant l'ultra-violet et les parties extrêmes de ce spectre UV sont nécessaires. C'est en effet dans ce domaine que le plasma coronal émet du fait de ses températures, et c'est ainsi qu'il est possible de décrire la dynamique de ce plasma multi-composantes (en densité, en température, en vitesse).

Bien des phénomènes observés à la surface ou dans le Soleil se retrouvent dans d'autres étoiles. Cependant, les étoiles fournissent une grande variété dans les phénomènes physiques observés due à la multitude d'objets considérés, en termes de masse, d'âge, de composition chimique, etc... Les progrès à la fois récents et immenses apportés par le développement de la sismologie des étoiles élargissent les investigations jusqu'au coeur des étoiles. Cette variété offre donc un cadre plus large en termes de conditions physiques dans lesquelles certains de ces phénomènes sont observés, et donc une vision plus globale menant à une meilleure compréhension. A l'inverse, le Soleil, comme mentionné ci-dessus, fournit une richesse d'observation inégalable. Les échanges mutuels entre les travaux en matière de physique solaire et de physique stellaire sont donc nombreux et prometteurs de nombreuses avancées dans notre compréhension de ces objets.

Tableau des effectifs et des moyens
8 personnels permanents (1MdC , 2 CR, 1 Ast. Adj.,1 Pr, 1 DR, 2 Ast.) ; 3 émérites ; 8 doctorants ; 5 post-doctorants

7.4.2 Bilan scientifique

7.4.2.1 Structure interne du Soleil, des étoiles

En ce qui concerne le Soleil, la recherche des modes dits de gravité (ou g) constitue toujours une importante question ouverte, par sa difficulté et ses conséquences sur la connaissance de la structure interne centrale. Le résultat marquant de la période récente est sans conteste l'estimation de la vitesse de rotation du coeur solaire : 3.8 ± 0.1 fois plus élevée que celle de l'enveloppe radiative. Ce résultat fut obtenu grâce à une analyse originale des données GOLF/SoHO, coordonnée par Eric Fossat (de l'OCA), Co-I historique de GOLF : l'idée repose sur le fait que la propagation des modes acoustiques (modes p) est perturbée par les déformations du coeur engendrées par les modes g (Fossat et al. 2017). Il s'agit alors de rechercher une signature de ces derniers dans les profils spectraux des modes p qui eux, bénéficient d'un rapport signal sur bruit très élevé. Notre analyse conduit à la détection collective de quelques dizaines de modes g, révélant une rotation rapide du coeur du soleil. Ce résultat est sensiblement différent de ceux publiés dans le passé (entre une rotation égale à celle de la zone radiative et une rotation très rapide). De nombreux media se sont fait l'écho de la nouvelle (un minimum de 30 apparitions dans la presse internationale recensés) et plusieurs interviews par la presse écrite et audiovisuelle européenne du PI de GOLF, membre de notre équipe.

Des liens semblaient avoir été démontrés entre les oscillations acoustiques du Soleil et des événements éruptifs qui seraient à l'origine d'une excitation partielle de ces modes. Nous avons montré tout d'abord dans le cas des oscillations acoustiques de bas degré (grande échelle spatiale) que le lien observé par Karoff & Kjeldsen (2008) est en fait dû à un traitement des données qui est à l'origine de la corrélation artificielle entre amplitude des oscillations et les événements éruptifs. Pour les modes de haut

degré, Maurya et al. (2009) a observé le même type de corrélation au moment d'une des plus puissantes éruptions du cycle solaire précédent ("Halloween flare" en Novembre 2003). Notre ré-analyse des données a montré la complexité des corrections nécessaires pour estimer les amplitudes des modes. Il semble que ce soit des lacunes dans les données qui sont à l'origine de la corrélation observée (Baudin et al. 2018).

En ce qui concerne l'astérosismologie, notre équipe a continué son implication dans l'exploitation des données des missions Corot et Kepler. Nous avons coordonné les travaux d'analyse sismique d'un système stellaire multiple (HD43587) observé par Corot (Boumier et al. 2014). Nous avons établi que l'étoile principale du système était de même nature que le Soleil (masse quasiment identique et rayon proche de 1.3 $R_\odot$), mais avec une luminosité plus élevée (1.58 $L_\odot$) et un âge un peu plus canonique (5.6 milliards d'années) mais qu'elle présentait une abondance en lithium d'une étoile nettement plus jeune. Cette étoile ainsi qu'une autre cible Corot, encore plus similaire au Soleil (HD42618) a fait l'objet d'un autre travail (au sein de la collaboration avec l'université de Natal). Cela a permis de rechercher des explications à l'abondance en lithium observée. Une solution serait qu'un mélange plus ou moins important soit à l'oeuvre à l'intérieur de l'étoile. Ainsi, le lithium est plus ou moins brûlé selon qu'il est amené dans des couches profondes et chaudes. Cependant, la modulation de ce mélange peut être dû à plusieurs facteurs, comme l'épaisseur de la tachocline ou la rotation de l'étoile au début de son évolution, rotation qui peut elle aussi moduler le mélange (Castro et al. 2018).

L'étalonnage de nos modèles stellaires peut aussi s'effectuer à grande échelle par l'observation de plusieurs centaines d'étoiles. C'est la technique de l'astérosismologie d'ensemble (Chaplin et al. 2011). Les relations dites d'échelle permettent notamment d'obtenir des valeurs approchés du rayon et de la masse des étoiles, mais aussi de l'âge des étoiles (Appourchaux et al, 2015). Ces méthodes censées être indépendantes des modèles stellaires montrent clairement leurs limites en incluant des corrections issues de comparaison avec des modèles. La seule manière indépendante des modèles est d'utiliser des étoiles pour lesquelles la distance et l'âge sont communs. C'est notamment ce qui est fait avec les amas ouverts. Mais cela s'applique aussi aux étoiles multiples : l'équipe s'est focalisée sur des étoiles binaires et multiples qui sont de véritables étalons de la physique stellaire. Appourchaux et al. (2015) a découvert de manière fortuite une binaire sismique pour laquelle les deux signatures sismiques du système ont pu être détectées, ainsi que l'orbite du système. Après cette détection, nous avons continué à chercher des binaires sismiques dans les données Kepler. Marcadon et al. (2018) ont ainsi pu trouver un système constitué de 3 étoiles pour laquelle une double signature sismique est détectée, ainsi qu'une orbite visuelle et des mesures de vitesses radiales des étoiles de ce système (voir figure 7.22).

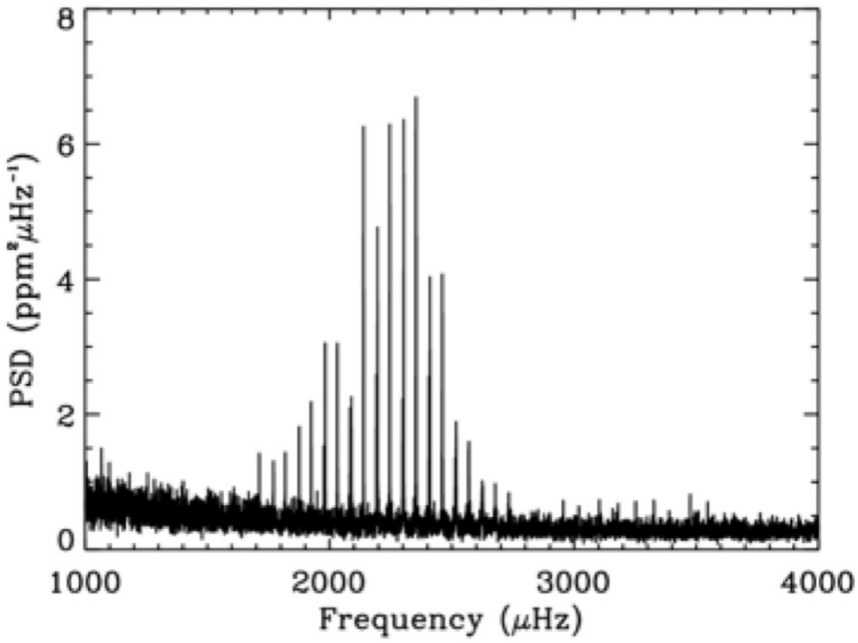

FIGURE 7.22 – Spectre de puissance de KIC6469154 montrant les deux signatures sismiques à 2300 μHz et 3300 μHz.

Pour ces deux étoiles, nous avons pu en déduire de manière précise les rayons, masses et âge commun des étoiles de ces systèmes. De plus grâce aux mesures de vitesses radiales, nous pouvons aussi réduire les biais sur les mesures de parallaxes effectuées avec Gaia sur ces binaires. En effet, il faut plusieurs années pour que l'effet de l'orbite soit pris en compte correctement par le système de réduction de données de Gaia pour obtenir une parallaxe avec des biais réduits.

Le problème de la rotation interne des géantes rouges est toujours d'actualité. En effet, le coeur des sous-géantes et géantes rouges tourne bien plus lentement que prévu par les modèles théoriques de transport de moment cinétique.
Nous avons montré que le transport de moment cinétique par les modes mixtes peut être très efficace dans les géantes rouges évoluées. Ce mécanisme peut donc expliquer la rotation relativement lente du coeur des géantes rouges. Par contre, il est inefficace dans les sous-géantes. Un autre mécanisme de transport de moment cinétique doit être actif dans ce cas. Nous avons aussi étudié le problème de l'évolution du moment cinétique des étoiles de type solaire. Ces étoiles sont freinées par l'interaction d'un vent magnétisé avec le champ magnétique. Ce freinage dépend de l'évolution du champ magnétique et du vent. Nous avons étudié comment ces deux ingrédients évoluent pendent la vie de l'étoile. Nous travaillons à l'intégration de ces mécanismes de freinage dans un code d'évolution stellaire.

7.4.2.2 Structure interne des planètes géantes

L'IAS s'est impliqué dans ce nouvel objectif dès la mission JUICE, avec la proposition DSI/ECHOES, finalement non retenue dans la charge utile. Mais cela nous a permis d'être co-proposants du projet JOVIAL (Jupiter : Oscillation through Velocity Image at severAl Longitudes), accepté en 2015 comme programme blanc de l'ANR, dont le PI est François-Xavier Schmider (OCA). Le projet propose d'observer les modes d'oscillations de Jupiter, puis de Saturne, en réalisant et en utilisant un imageur Doppler. Cette sismologie appliquée aux planètes géantes est à l'heure actuelle la seule méthode permettant de sonder la structure interne des géantes gazeuses, et donc en passe d'ouvrir une fenêtre d'étude des conditions de formation et d'évolution du système solaire. La conception et la réalisation d'un prototype de l'instrument ont été réalisées sous financement CNES en préparation de la mission JUICE. Cet instrument est sur le ciel à l'Observatoire de Calern.

Dans le cadre des travaux sur les relations étoile-planètes et des systèmes stellaires en général, la question de la rareté des naines brunes en orbite proche autour d'étoiles froides (types GKM). Une hypothèse est que les relations avec l'étoile en termes de froces de marée et/ou de freinage magnétique pourrait entrainer l'engloutissement des naines brunes à court-moyen terme. Cette hypothèse est compatible avec les observations pour les étoiles G et K, mais pas des étoiles M. Un effet de biais observationnel ou un processus physique lors de la formation du système pourrait l'expliquer (Damiani & Diaz, 2016).
Un important travail de classification a été finalisé à l'IAS dans le cadre de la mission Corot : la caractérisation des plus de 160 000 cibles de la mission en termes de température effective et de classe de luminosité. Ce travail est indispensable pour l'exploitation scientifique de Corot et a servi à renseigner ces paramètres dans la version finale des données de la mission (Damiani et al. 2016).
Cette classification peut être utilisée pour des analyses diverses, comme celle menée pendant sa thèse par un étudiant de la collaboration avec l'université de Natal au Brésil. Il a pu ainsi mesurer l'activité magnétique de cibles Corot (en exploitant les variations dans les courbes de lumière) et estimer ainsi comment cette activité varie avec le type spectral (da Silva, 2017).

7.4.2.3 Structure externe du Soleil

Le chauffage de la couronne à des millions de degrés reste un des plus grands défis de la physique solaire actuelle. Alors que certains des nombreux mécanismes proposés depuis plus d'un demi-siècle ont pu être exclus, nous ne savons toujours pas de façon certaine où le chauffage se produit ni comment il évolue dans le temps. Il est cependant devenu clair au cours des dernières années que les gros événements de chauffage ne suffisent pas à chauffer l'ensemble de la couronne. Des petites structures doivent donc être formées et dissipées, au cours de très petits événements appelés «nanoflares». La turbulence pourrait jouer un rôle pour transférer l'énergie injectée à grande échelle au niveau de la photosphère (mouvements de la granulation) à des petites échelles auxquelles elle peut être dissipée, et cette dissipation pourrait être

suffisante pour expliquer les propriétés observables de la couronne. Du point de vue observationnel, nous avons travaillé à la détection de micro-événements de chauffage coronal dans les données de SDO/AIA et à leur caractérisation énergétique (Joulin et al. 2016), dans le but d'obtenir une meilleure précision sur les distributions d'énergie de ces événements et de déterminer la contribution des petits événements dans le total de l'énergie dissipée dans la couronne. Nous avons ainsi utilisé 5 bandes coronales de SDO/AIA pour détecter des embrillancements, que nous avons caractérisés. Ce travail s'est appuyé sur les cartes de mesure d'émission et de températures, produites suite au travail de thèse de Chloé Guennou (en 2012) en utilisant les mêmes données de SDO/AIA, pour calculer l'énergie thermique et la puissance des pertes radiatives. Les statistiques obtenues ainsi montrent des distributions d'énergie en lois de puissance, sur plusieurs décades en énergie, de pentes inférieures à 2 en valeur absolue. Ces distributions semblent indiquer que la puissance dissipée détectée ainsi dans les petits événements de chauffage (même ceux de taille inférieure aux plus petits événements résolus) reste minoritaire dans la puissance totale de chauffage nécessaire pour maintenir la couronne aux hautes températures observées. La puissance manquante pourrait provenir de processus de chauffage continus ou à haute fréquence, de termes de l'équation d'énergie qui n'ont pas pu être évalués à partir des observations, ou de la sous-estimation de la mesure différentielle d'émission en dehors des intervalles de températures couverts par les canaux coronaux d'AIA.
Une autre approche du problème du chauffage est l'utilisation du non-équilibre thermique comme traceur de la distribution spatio-temporelle du chauffage coronal. Dans le modèle classique de tressage des lignes de champ de E. N. Parker, on peut s'attendre à ce que le chauffage soit très stratifié, c'est à dire concentré aux pieds des boucles coronales. Si de plus le chauffage est quasi-constant, c'est-à-dire variant lentement (ou impulsif avec un haut taux de répétition) par rapport au temps de refroidissement du plasma, les simulations numériques montrent que les boucles sont susceptibles d'entrer dans un régime dit de non-équilibre thermique (thermal non-equilibrium en anglais, ou TNE) dans lequel aucun équilibre n'existe, ce qui résulte en un comportement intrinsèquement dynamique. Une boucle coronale chauffée à ses pieds se remplit progressivement de plasma chaud. La masse de plasma augmente jusqu'au point où la conduction thermique n'est pas suffisante pour transporter assez de chaleur pour maintenir la température en son apex. Comme aux températures coronales les pertes radiatives augmentent quand la température décroît, le plasma devient instable localement et le moindre apport de masse supplémentaire amorce un emballement thermique. La condensation qui s'ensuit se développe rapidement et tombe le long de la boucle dans la chromosphère. Le tube de flux retourne ainsi à son état initial de faible densité. Si la géométrie de la boucle et les conditions de chauffage sont suffisamment stables, le processus se répète avec une période allant d'une à quelques heures. Ce procédé est invoqué pour expliquer la formation des protubérances ainsi que le phénomène appelé "pluie coronale". De façon surprenante, la caractéristique la plus frappante des modèles de TNE, la périodicité prédite de la température et de la densité, et donc de l'émissivité du plasma, n'avait jusqu'alors pas été recherchée dans les observations. Après avoir traité plus de 13 ans d'observations à 19.5 nm avec le télescope EIT de la sonde SOHO, nous avons découvert des centaines d'événements

de pulsations de longue période (3 à 16 heures) dans des boucles coronales, certains durant pendant plusieurs jours (Auchère et al. 2014, 2016b). Pendant sa thèse à l'IAS, C. Froment, a ensuite découvert plusieurs milliers de ces événements dans les observations de SDO/AIA, puis en a analysé trois en détail (Froment et al. 2015). En utilisant les méthodes de diagnostic plasma développées par C. Guennou pendant sa thèse à l'IAS (Guennou et al. 2013), elle a pu mettre en évidence des variations périodiques de la mesure d'émission et de la température cohérentes avec des simulations récentes de TNE (Froment et al. 2016). Ces résultats ont par ailleurs été corroborés par une ré-analyse des propriétés spectrales des séries temporelles d'intensité correspondantes (Auchère et al. 2016a 2016b). C. Froment a résolu le problème principal levé par nos observations : pourquoi n'observons-nous ces pulsations que pour un petit nombre des boucles coronales visibles à chaque instant ? En effectuant une exploration systématique de l'espace des paramètres avec un code hydrodynamique 1D, elle a pu mettre en évidence le fait que, toutes choses égales par ailleurs, une boucle donnée ne rentre dans des cycles d'évaporation/condensation que pour des combinaisons bien particulières de géométrie et de paramètres de chauffage. Ainsi, même si le processus de chauffage est le même partout il suffit de petites variations des conditions locales pour que des pulsations d'intensité apparaissent ou non.
Au début de sa thèse, G. Pelouze a tenté de détecter par effet Doppler les écoulements prédits par les modèles numériques dans les données du spectromètre-imageur EUV Hinode/EIS. Cependant, EIS est rarement utilisé pour observer une même structure sur des durées qui permettent détecter ces pulsations et seulement 9 jeux de données ont au final pu être utilisés. Les vitesses prédites par les simulations n'ont pu être identifiées dans aucune des régions étudiées. Cependant, les densités mesurées avec EIS présentent la signature de pulsations, mais avec une amplitude bien plus faible que celle prédite par les simulations. Nous avons pu confirmer avec des simulations de Monte-Carlo que la contamination du signal provenant des boucles est contaminé par des avant- et arrière-plans, au point rendre indétectables les pulsations en vitesses. Nous avons cependant récemment réussi à unifier ce phénomène de pulsations observées dans l'EUV avec celui déjà connu de pluie coronale. Les modèles numériques indiquaient effectivement que ces deux phénomènes sont simplement deux manifestations du même processus physique sous-jacent de TNE et prédisaient donc la possibilité d'observer simultanément des pulsations EUV et de la pluie coronal périodique. Or nous venons justement de découvrir plusieurs événements de pluie coronale périodique se produisant simultanément et en phase avec des pulsations d'intensité EUV (Auchère et al. 2018, voir figure 7.23). Ces nouvelles observations indiquent de manière indubitable que, dans les cas de pluie coronale, et/ou de pulsations EUV, le chauffage des boucles est très stratifié et quasi-constant.
Notre objectif est donc maintenant d'utiliser les observations de pulsations EUV et de pluie coronale pour contraindre de manière forte la distribution spatio-temporelle de chauffage dans les boucles, ce qui est l'objet du deuxième volet de la thèse de G. Pelouze.

Les observations, confrontées aux modèles théoriques suggèrent que l'énergie à l'origine du chauffage se dissipe à petite échelle pour produire de très hautes tempé-

ratures. Les mouvements de la photosphère déplacent constamment les pieds des boucles magnétiques, ce qui créé à la fois un entortillement des lignes de champ et la propagation d'ondes le long de celles-ci. L'énergie ainsi injectée dans les boucles se dissipe soit par reconnexion des lignes de champ, soit par dissipation des ondes (Zuccarello et al. 2013). Des résultats récents ont identifié l'existence d'une émission faible à très haute température ($\sim$10 MK) pendant des périodes d'absence d'activité d'éruptions, ce qui est unique au chauffage à petites échelles. Mais la difficulté d'observer cette faible émission a empêché, jusqu'à récemment, sa caractérisation spatiale et temporelle au sein des régions actives. Avec un plan d'observation dans les EUV dédié à ce problème on a pu établir de manière quantitative la distribution spatiale et temporelle de ce plasma. Un exemple de nos résultats est illustré dans les figures SP1 et SP2 (Parenti et al, 2017) avec en particulier la distribution de la quantité de plasma en fonction de la température. Cette figure montre que plusieurs régions à différentes hauteurs de la surface du Soleil présente une émission très chaude (8-10 MK) et qui correspondent à seulement 0.1% de la quantité de plasma à 3 MK et qui dominent dans le coeur des régions magnétiques.

La "Differential Emission Measure" utilisée par exemple par Parenti et al. (2017) est un puissant moyen de diagnostic s'il est utilisé rigoureusement. Cela s'applique à d'autres moyens de diagnostics, tous importants pour traiter le problème du chauffage. Notre attention a été attirée sur des résultats surprenants obtenus dans les 2 raies de résonance de C IV 1548 et 1550 Å formées à moins de 100 000 K et observées avec SUMER. Dans certaines régions actives les profils des deux raies différaient si notablement qu'il était impossible de les interpréter par des effets d'opacité, de mélange de raies ou de polarisation. Nous avons donc été amenés à introduire des contributions radiatives venant de structures émissives épisodiques situées soit à l'intérieur des pixels étudiés soit à proximité.

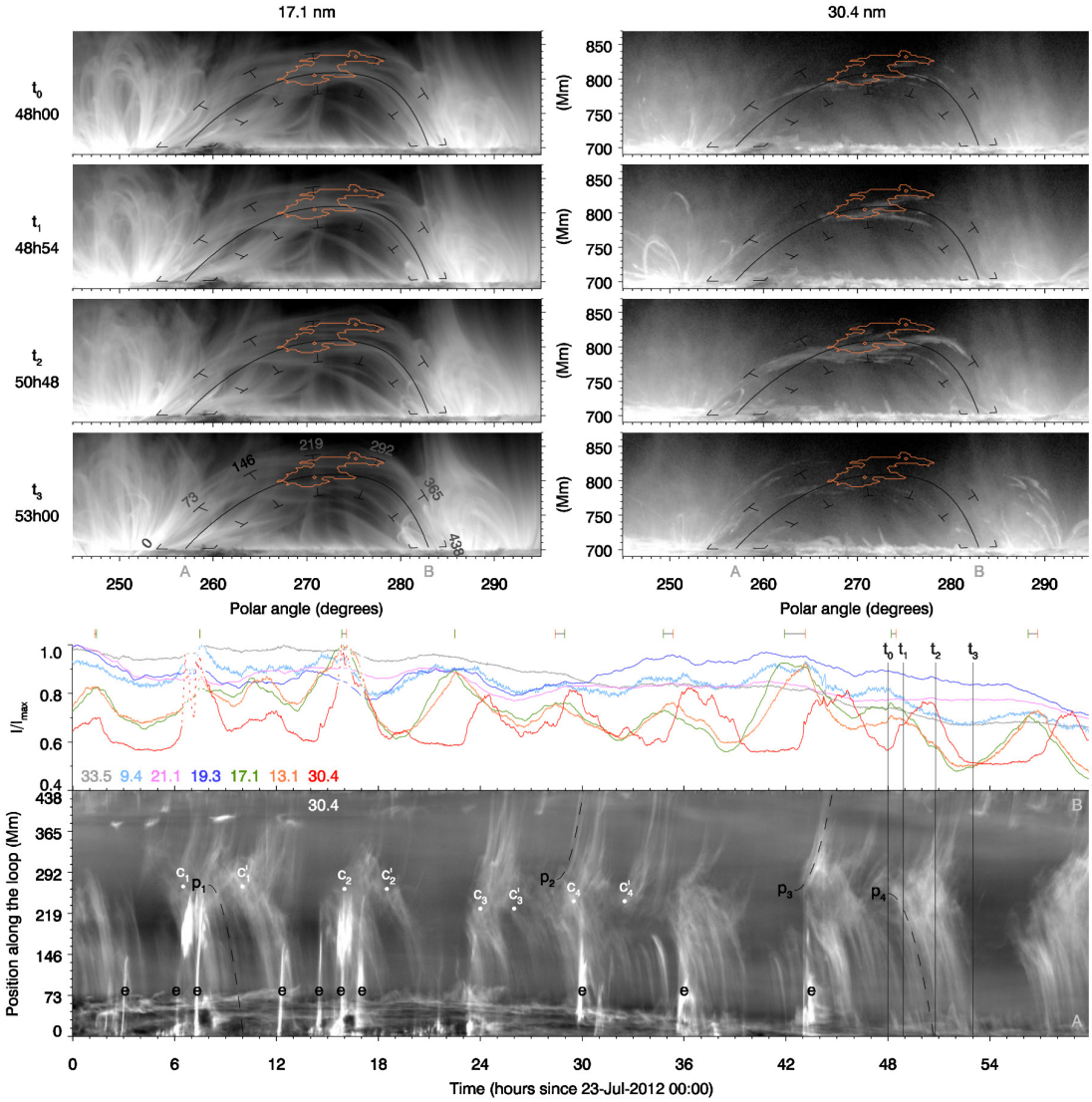

FIGURE 7.23 – Pulsations d'intensité et pluie coronale périodique observée avec SDO/AIA (Auchère et al. 2018).

Les profils observés ont ainsi pu être interprétés avec un modèle combinant effets radiatifs et vitesses différentielles dans deux boucles de plasma voisines (Gontikakis et Vial, 2016). Pour confirmer cette interprétation, l'analyse d'observations IRIS des deux raies de Si IV à 1394 et 1403 Å et formées à 80 000 K a été focalisée sur le rapport des deux raies, "normalement" voisin de 2 si les deux raies sont optiquement minces et formées par collisions électroniques. Nous avons montré l'existence de deux populations "anormales", l'une dont le rapport de raies est bien inférieur à 2 et dont l'analyse permet de déduire l'opacité et la densité électronique ; l'autre dont le rapport de raies est bien supérieur à 2 et dont l'interprétation repose ici encore sur des effets radiatifs. Cela nous a conduit à établir une carte de ces rapports à comparer avec le magnétogramme HMI. Il faut donc être prudent lors de l'utilisation des outils de diagnostic uniquement collisionnels (Gontikakis et Vial, 2018).

Magnétisme solaire

En dépit de son rôle fondamental pour la physique du Soleil et de l'héliosphère, le champ magnétique dans l'atmosphère de notre étoile reste largement méconnu. C'est en effet une quantité très difficile à mesurer. Nos connaissances sont basées sur des extrapolations de mesures faites au niveau de la photosphère et non sur des mesures directes dans l'héliosphère. Ces extrapolations fournissent de précieux renseignements, mais comme elles requièrent de fortes hypothèses sur des grandeurs critiques bien que non observées, ainsi que de délicates mesures du champ transverse, elles n'arrivent pas à reproduire correctement les topologies complexes et la dynamique déduites des observations télescopiques : elles ne peuvent simplement pas remplacer les mesures. La communauté héliophysique internationale a, à plusieurs reprises, identifié l'absence de mesures directes du champ magnétique coronal comme un verrou limitant fortement nos capacités de diagnostic.
La mission fusée sonde CLASP (Chromospheric Lyman alpha Spectropolarimeter) représente un pas important en ce sens. Son objectif est de dériver le champ magnétique dans la chromosphère solaire à partir de mesures spectro-polarimétriques de la raie Lyman alpha de l'hydrogène neutre (121.6 nm). Les observations de CLASP sont les premières permettant de mesurer le champ magnétique directement dans les couches élevées de l'atmosphère solaire, ouvrant ainsi la voie à un nouveau champ d'étude. L'IAS (co-PI de l'instrument) a fourni plusieurs contributions majeures : le concept optique du spectro-polarimètre a été initialement développé à l'IAS ; la technologie des polariseurs à haute réflectivité a été développée à l'Institut d'Optique ; enfin, le laboratoire a fourni le réseau de diffraction. Le lancement par une fusée sonde en septembre 2015 a été un succès. L'instrument a pu acquérir toutes les données prévues et leur qualité est parfaite menant là des premiers résultats prometteurs (Gordino et al. 2018, Ishikawa et al. 2017, Ishikawa et al. 2017, Schmidt et al. 2017, Giono et al. 2017, Kano et al. 2017, Narukage et al. 2017, Kubo et al. 2016)

Les protubérances sont des structures constituées de matière froide ($\sim$ 7000 K) confinée par le champ magnétique coronal. Elles constituent la large fraction de la masse éjectée durant les éruptions solaires (CME) qui se propagent jusqu'à la Terre et peuvent produire des perturbations de l'environnement terrestre. Plusieurs revues on été écrites sur ce sujet au sein de notre équipe (Parenti 2014, Parenti 2015).
Un travail s'appuyant sur un jeu très complet de données a été mené pour diagnostiquer au mieux les conditions physiques régnant dans ces structures. Une protubérance observée au limbe solaire par SDO/AIA, par STEREO/SECCHI et par IRIS au début de son éruption a été sélectionnée. Une étude cinématique de l'éruption (qui a donné lieu à une CME observée par LASCO) a d'abord permis de caractériser l'accélération de la protubérance, et de donner l'évolution des vecteurs vitesse en 3D, par l'effet Doppler dans les spectres et un algorithme de flot optique dans les images. Nous avons ensuite entrepris un travail de modélisation, en utilisant les codes de transfert de rayonnement hors équilibre thermodynamique récemment mis à jour dans le cadre de MEDOC, pour réaliser un diagnostic du plasma de la protubérance éruptive (no-

tamment en utilisant les raies du Mg II observées par IRIS). En cherchant à obtenir dans chaque pixel un spectre modélisé aussi proche que possible des observations, nous avons pu produire des cartes de température et de densité. Ces dernières, avec les cartes de vitesse, permettent de connaître les flux de masse complexes existants dans la protubérance au cours de son éruption.

L'atmosphère solaire est le siège d'évènements violents et soudains : les éruptions solaires. Celles-ci sont associées à une libération soudaine d'énergie magnétique, entraînant de forts embrillancements ("flares" en anglais), ainsi que d'éruptions solaires ou CME (pour "coronal mass ejection" en anglais). La caractérisation des régions dites actives, à l'origine de ces embrillancements, peut être faite grâce à la batterie d'instruments spatiaux et au sol. Notre étude de l'évolution de la distribution du champ magnétique des régions actives en collaboration avec Dacie et al. (2016) a permis de comprendre le rôle des supergranules de la surface solaire dans la re-génération continue du champ magnétique. Les données d'observations de vitesses en spectroscopie (Baker et al. 2017) nous ont permis de montrer les caractéristiques intrinsèques des écoulements de plasma dans les régions actives, en particulier des vitesses grandes pour des régions dominées par des éruptions.
Afin de comprendre le rôle de la reconnexion magnétique comme principal moteur des éruptions solaires, nous analysons les données de simulations numériques 3D et identifions les structures topologiques les plus pertinentes associées à l'évolution des éruptions dans les observations en Extrême Ultra-Violet. Par exemple, nous avons analysé les conséquences observationnelles de la reconnexion magnétique en étudiant le mouvement apparent des lignes de champ grâce aux observations à très hautes cadences temporelle et spatiale de SDO ainsi que les forts jets de plasma qui accompagnent cette dynamique (Dudik et al. 2016, Polito 2017). Récemment, nous avons apporté la première étude de comparaison de la physique de la reconnexion (les traces de la nappe de courant électrique) et de la topologie du champ à partir de données observationnelles (Janvier et al. 2016), qui me permettent de valider les simulations 3D. Ces résultats ont permis de faire évoluer la compréhension de l'évolution des structures magnétiques lors des éruptions et du rôle de la reconnexion magnétique en 3D (Janvier 2017). Cette compréhension est des plus importantes si l'on veut pouvoir appréhender au mieux les éruptions stellaires (Harra et al. 2016).
Les CMEs interplanétaires (ou ICMEs) sont détectées par des sondes interplanétaires ; nous nous intéressons ainsi à leurs structures globale et locale. Celles-ci sont d'une grande importance pour la météorologie de l'espace, puisque leur connaissance permettra de prédire leur impact à la Terre ainsi que leurs conséquences. Les modèles proposés jusqu'à présent restent incomplets et les mesures in-situ ne fournissent que la mesure le long de la trajectoire de la sonde au travers de la structure 3D des nuages, et donc une vision très locale. Dans nos travaux, nous proposons des méthodes statistiques originales afin de déterminer ces structures génériques globales comme l'axe magnétique et le choc des ICMEs. Ces méthodes statistiques ont permis l'analyse des propriétés génériques des magnétogaines qui se trouvent entre le choc et le nuage magnétique (Démoulin et al, 2016). Nous avons également travaillé sur la caractérisation, par une technique statistique dite de séries de temps superposées, des nuages

magnétiques (Rodriguez et al., 2016) et en particulier de la magnétogaine. Nous avons montré que la vitesse de propagation des ICMEs, et donc le profile plus ou moins relaxé de la magnétogaine, influait sur l'écrantage des rayons cosmiques observés à la Terre (Masias et al., 2016).

Relations Soleil-Terre (voir figure 7.24)

Une étude multi-critères a été menée sur toute la chaîne du Soleil à la Terre, reposant notamment sur les signatures radio et le temps de propagation des Ejections Coronales de Matière (CME) au Soleil, des comparaisons de vitesses, les propriétés du plasma et le sens de rotation du champ magnétique à L1 à partir de la liste des 32 Storm Sudden Commencements (SSC) répertoriés au niveau de la Terre en 2002. Nous avons ainsi relié sources solaires, structures à L1 et SSC, et identifié des réponses des environnements neutre et ionisé terrestres (Bocchialini et al. 2018).
Les interactions complexes entre plusieurs CME ou entre les CME et le milieu ambiant, ainsi que les modifications de leurs trajectoires ont été examinées, notamment en exploitant conjointement des observations en lumière blanche et en radio. Cette approche a permis l'association de 28 SSC à 44 CME, parmi une liste de 60. Nous avons constaté qu'en termes de géoeffectivité, en général, les CME avec des vitesses au Soleil supérieures à 1000 km.s^{-1} ont de plus fortes probabilités de déclencher des orages modérés à intenses.
Les structures à L1 ont été classées en Magnetic Clouds (MC), Interplanetary CME (ICME) sans MC, Miscellaneous structures, Co-rotating/Stream Interaction Regions (CIRs/SIRs), et événements « shock-only » d'après leurs propriétés physiques observées.
Tous les MC sont associés à des SSC, 92% sont associés à des émissions radio de Type IV, et déclenchent 92% des orages intenses à modérés. Ce sont les événements les plus géoeffectifs.
Les événements géoeffectifs déclenchent une augmentation de l'activité des « auroral kilometric radiation » (AKR) et du « non-thermal continuum » (NTC) dans la magnétosphère, ainsi qu'une augmentation de la convection dans l'ionosphère et une forte réponse de la thermosphère. Les orages magnétiques intenses ont une signature à la fois dans l'ionosphère et la thermosphère.
Nos résultats soulignent la difficulté d'identifier les paramètres pertinents à mesurer au Soleil pour pouvoir prédire l'heure d'arrivée d'une CME à la Terre et pour estimer la probabilité de son impact. Ils montrent la nécessité de développer un outil de propagation permettant de relier correctement une ICME observée L1 avec une CME.

Solar Orbiter

Avec un lancement prévu en février 2020, Solar Orbiter emportera une charge utile de dix instruments dédiés à l'étude du Soleil et de l'héliosphère, la bulle creusée par la pression du vent solaire dans le milieu interstellaire local. Comprendre l'héliosphère ainsi que les perturbations qui s'y propagent depuis le Soleil jusqu'à ses confins représente un des prochains défis à relever alors que nos sociétés dépendent aujourd'hui

fortement de technologies sensibles à l'environnement spatial. Par extension, à l'heure où des planètes de tailles comparables à celle de Terre sont découvertes, ce sont les conditions d'habitabilité en général qui sont concernées. L'héliosphère est aussi un milieu privilégié dans lequel des processus fondamentaux de physique des plasmas peuvent être étudiés dans des conditions non reproductibles sur Terre, et avec un luxe de détails inaccessible sur des objets astronomiques.

La vision moderne du système Soleil/héliosphère a été largement alimentée par les résultats obtenus par une série quasi ininterrompue de missions spatiales lancées à partir des années 1960. Cependant, aucune de ces sondes n'était conçue pour explorer de façon unifiée les relations qui existent entre notre étoile et son environnement. Pour ce faire, trois conditions doivent être remplies. Il faut aller proche du Soleil pour analyser le vent solaire avant que ses propriétés ne soient modifiées par sa propagation dans l'héliosphère. Il faut sortir du plan de l'écliptique pour pouvoir observer les pôles d'où s'échappe le vent solaire rapide. Enfin, il faut une combinaison de mesures in situ et d'observations télescopiques de manière à pouvoir établir la connexion entre les structures de l'atmosphère solaire et les propriétés locales du vent.

L'orbite de Solar Orbiter a été spécialement conçue pour permettre pour la première fois d'amener une batterie complète d'instruments in situ et de télédétection proche du Soleil et hors du plan de l'écliptique. En plus de vues à haute résolution (environ 100 km sur le Soleil) et la possibilité d'observer les pôles, cette orbite réduit la rotation apparente du Soleil durant les passages au périhélie, permettant ainsi des observations prolongées des régions sources qui produisent les perturbations mesurées in situ. Plusieurs manoeuvres d'assistance gravitationnelle seront utilisées pour finalement placer la sonde sur une orbite elliptique autour du Soleil de 168 jours de période avec un périhélie à 0.28 U.A., soit légèrement plus proche que Mercure (0.3 U.A.). La gravité de Venus sera utilisée pour augmenter progressivement l'inclinaison. La mission nominale s'achèvera sept ans après le lancement alors que la sonde aura atteint 25˚ d'inclinaison par rapport à l'équateur solaire. Une extension de la mission devrait permettre d'atteindre plus de 35 degrés d'inclinaison.

La sonde et son instrumentation seront soumises à un environnement très rude nécessitant des solutions spécifiques. La densité de rayonnement solaire atteinte à 0.28 U.A. (environ 13 fois celle au niveau de la Terre) impose l'utilisation d'un bouclier thermique. Les panneaux solaires doivent être orientables pour pouvoir fonctionner dans les conditions de température et d'illumination très variables entre le périhélie et l'aphélie. Le flux de particules est aussi très contraignant pour certains composants optiques ou électroniques qui doivent être spécialement qualifiés.

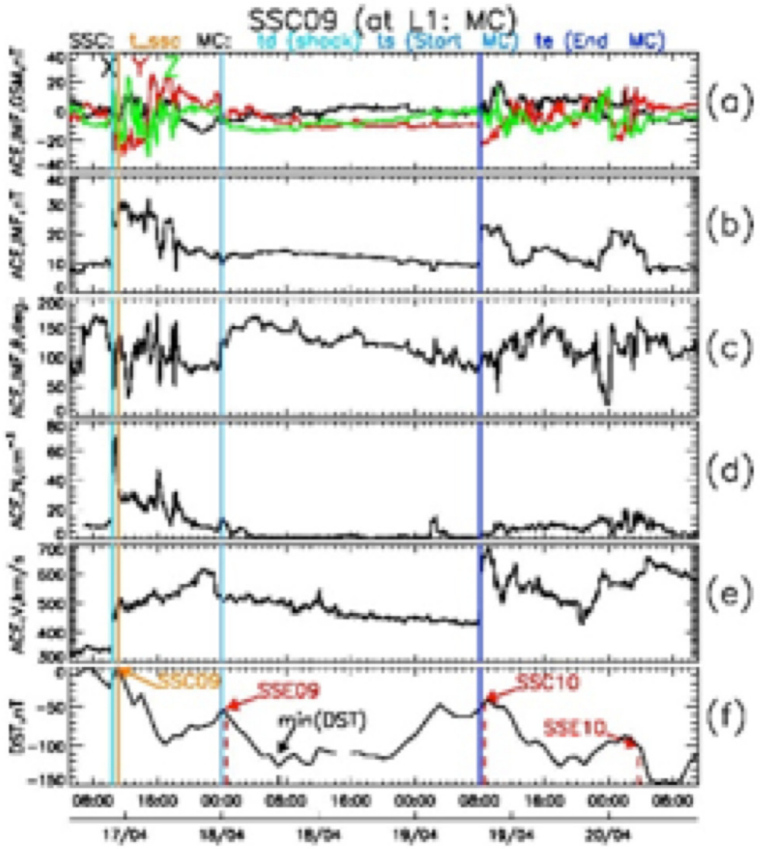

FIGURE 7.24 – Observation à L1 (données ACE) d'un exemple de MC et des observations au sol du Dst, le 17 Avril 2002. Le IMF est décrit dans les 3 premiers panneaux par (a) ses 3 composantes, (b) par son intensité, (c) son inclinaison par rapport à l'axe z. La densité du vent solaire est décrite dans le panneau (d) et sa vitesse dans le panneau (e). Les observations simultanées des variations du Dst sont dans le panneau (f). La ligne orange indique le début d'un SSC (SSC09), les lignes pointillées verticales indiquent le début d'autres SSC observés dans la fenêtre temporelle. Le minimum de Dst lié au SSC09 est indiqué par une flèche noire.

L'équipe de physique solaire et stellaire contribue à 3 instruments de Solar Orbiter dont les objectifs scientifiques font partie des thématiques principales de l'équipe : l'étude de la couronne solaire et de l'intérieur du Soleil. En ce qui concerne la couronne, l'équipe est impliquée dans deux instruments : l'Extreme Ultraviolet Imager (EUI, voir figure 7.25) et le Spectral Imaging of the Coronal Environment (SPICE).

Le laboratoire est co-PI de EUI et ses responsabilités pour cet instrument sont :

- Responsabilité du canal Full Sun Imager (FSI, imageur grand champ)
- Fourniture de toutes les optiques asphériques hors axe EUV de FSI et du canal HRI (High Resolution Imager)
- Fourniture de deux roues à filtres.

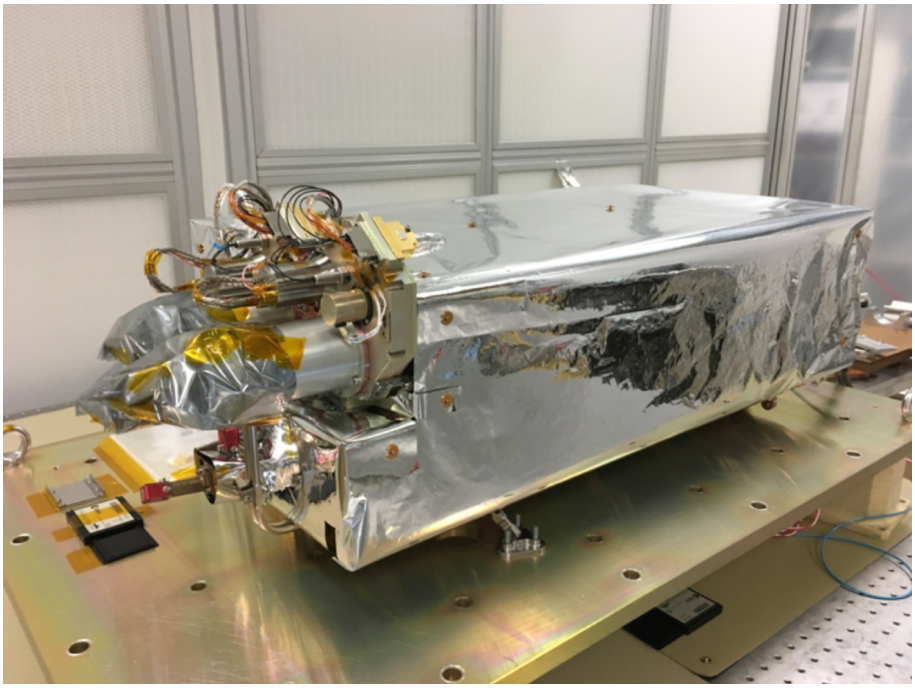

FIGURE 7.25 – L'instrument EUI intégré prêt à être livré à l'ESA.

Les miroirs (substrats et dépôt de multi-couches) ont été fabriqués par l'Institut d'Optique, puis intégrés dans des montures conçues par le laboratoire. Le développement de EUI a largement bénéficié de développements R&T soutenus par le CNES et effectués en amont :

- Réalisation de filtre métalliques minces (100 nm)
- Optimisation des mécanismes
- Etude de la lumière diffusée par les optiques EUV
- Etude de l'impact de la contamination sur les optiques EUV

L'IAS a aussi effectué les flat-fields des caméras de vol et a largement contribué à l'étalonnage radiométrique de l'instrument.

Pour SPICE, le laboratoire fournit un réseau de diffraction torique à pas variable intégré dans une monture 5 axes conçue par le laboratoire (voir figure 7.26). Le développement du spectromètre SPICE a été effectué sous responsabilité de l'ESA, mais le rôle de l'agence s'arrêtera à la recette en vol. Le consortium international mené par l'IAS a remporté l'appel d'offres de l'ESA pour la phase d'opérations de l'instrument, laquelle débutera en 2019. L'IAS est donc maintenant PI de l'instrument SPICE avec pour tâche de mener à bien le développement du segment sol en un temps très court. L'IAS est ainsi responsable du management du consortium dans son ensemble ainsi que du développement des logiciels nécessaires à la planification des observations.

En ce qui concerne l'intérieur du Soleil, l'équipe est impliquée dans le Polarimetric and Helioseismic Imager (PHI) et fournit le Filtergraphe (FG) qui réalise l'analyse spectrale d'une raie de Fraunhöfer pour obtenir les vitesses radiales solaires et le champ magnétique dans la photosphère (voir figure 7.26). Tous ces sous-systèmes ont été conçus,

intégrés et testés au laboratoire sous la direction scientifique des instrumentalistes de l'équipe. Les instruments ont été livrés en mai 2017 et sont maintenant intégrés sur le satellite, lequel est développé par Airbus Defense Space UK.

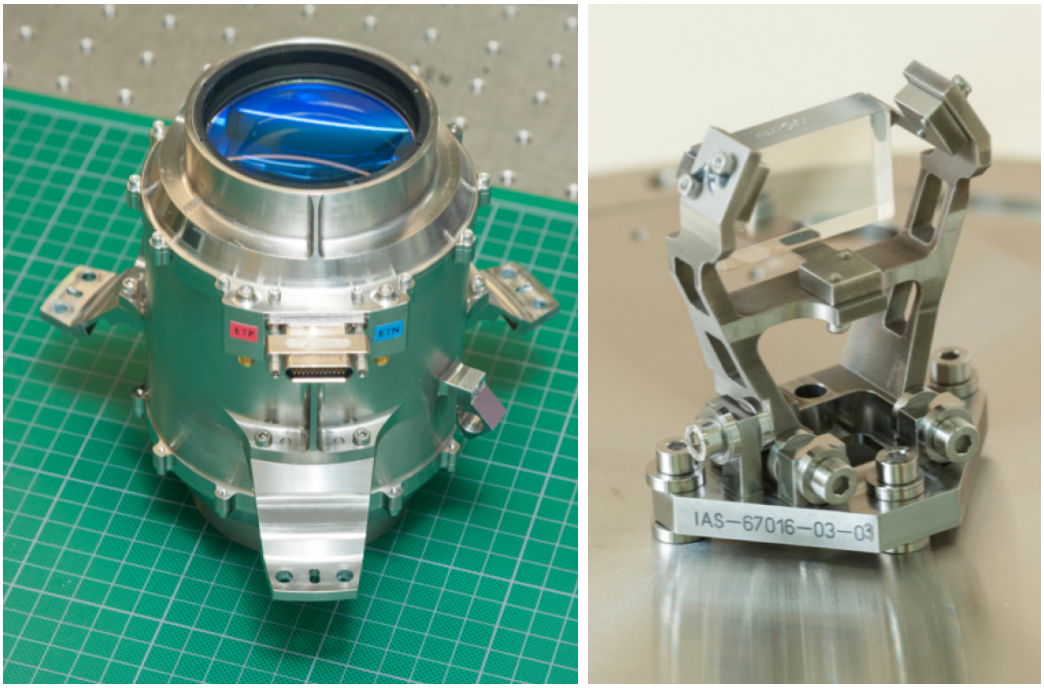

FIGURE 7.26 – PHI & SPICE : à gauche, le filtregraphe de PHI ; à droite le réseau de diffraction de SPICE.

MEDOC

MEDOC est le centre d'opérations et de données pour les missions spatiales solaires, mis en place en 1996 par le CNES, l'INSU et l'Université Paris-Sud, dans le cadre de la mission SoHO. Il a depuis accueilli les données d'autres missions, dont STEREO, TRACE, PICARD et SDO.

Depuis 2014, en plus de l'ajout des nouvelles données des missions en activité, on notera l'ouverture de l'archive PICARD (dont MEDOC est l'archive pérenne pour l'ensemble des instruments), et l'inclusion des données de SDO/HMI. Plus de 460 To de données d'observation sont archivés et rendus librement disponibles à MEDOC.

MEDOC met également à disposition des produits à valeur ajoutée, créés à partir des données d'observation, dont des cartes synoptiques du Soleil en extrême UV (dérivées de SoHO/EIT) et des cartes de mesure d'émission différentielle (dérivées de SDO/AIA) pour un diagnostic en température et en densité. Des résultats de simulations numériques (simulations hydrodynamiques du vent solaire par le code VP, et simulations MHD d'une éruption solaire par le code OHM) sont aussi accessibles par MEDOC, ainsi que des codes de transfert de rayonnement en UV.

La plupart des jeux de données d'observation peuvent être visualisés grâce au système HelioViewer, dont une instance du serveur et un miroir complet des données sont installés à MEDOC (véritable « Google Maps » du Soleil).

De 2015 à 2017, MEDOC a participé au projet H2020 FLARECAST, dont l'objectif était de développer un système de prévision d'éruptions solaires en temps réel. MEDOC a fourni l'infrastructure et les données utilisées par le projet, MEDOC prévoit de maintenir opérationnels le système et l'interface de prévision d'éruptions, qui sont en cours de finalisation.

La stratégie de collaboration et de rapprochement avec les partenaires naturels que sont le BASS2000 et le CDPP se poursuit. Des services d'Observatoire Virtuel, interopérables, sont en développement (pérennisation du Heliophysics Feature Catalogue issu du projet FP7 HELIO avec BASS2000, fourniture de données au CDPP, notamment pour le PropagationTool). MEDOC prévoit par ailleurs de fournir de nouveaux produits utiles à la météorologie de l'espace dans le cadre du programme Space Situational Awareness de l'ESA, et s'implique dans le couplage entre observations et simulations, notamment dans le cadre de l'Initiative de Recherche Stratégique SPACEOBS de l'Université Paris-Saclay.

Ces collaborations ont vocation à se renforcer dans le cadre de la mission Solar Orbiter, dont les objectifs scientifiques nécessitent de comprendre la connexion entre les événements solaires, observés à distance (MEDOC et BASS2000), et les événements héliosphériques, observés *in-situ* (CDPP).

7.4.3 produits et activités de recherche de l'équipe

En termes de publications, les plus marquantes portent (sans ordre d'importance) sur l'exploitation des missions de sismologie stellaire et celles dédiées à la physique solaire coronale. En particulier, il faut noter la détection de modes g solaires, les résultats des expériences fusées sur la mesure du champ magnétique chromosphérique, sur les pulsations observées dans la couronne solaire, et sur les relations Soleil-Terre ainsi que des travaux plus théoriques sur la rotation interne des étoiles.

A noter : une membre de l'équipe vient de recevoir le prix Jeune Chercheuse de la SF2A.

Parmi les autres « produits et activités », notons l'activité de l'équipe liée à l'instrumentation (conceptions et réalisations pour Solar Orbiter par ex., PI- et CoI- ship de plusieurs instruments), et celle liée aux centres de données (MEDOC, Corot) sans oublier la préparation de missions futures (Imaging Fourier Transform in the UV, CLASP2, PLATO). Certaines de ces activités ont été financées par des contrats européens H2020 (Flarecast, prédiction d'éruptions solaires) ou ANR (IDEE - liens étoiles-planètes, JOVIAL - sismologie jovienne).

L'équipe est aussi beaucoup impliquée dans la communauté à travers ses instances (secrétariat de la section 17 du CoNRS, jurys de sélection universitaire, comité CNES, PNST...).

Pour finir, à noter aussi un fort investissement de l'équipe dans la diffusion des connaissances (en plus de son engagement dans l'enseignement classique au sein de Paris-Sud et ailleurs).

7.4.4 Projet scientifique à cinq ans

7.4.4.1 Structure interne du Soleil, des étoiles et des planètes géantes

En ce qui concerne les modes g solaires, nous travaillons à la confirmation de ces résultats qui mettrait alors fin à la longue controverse sur l'identification de ces modes g. Cela ouvrirait des perspectives d'approfondissement de l'analyse et de travaux théoriques très intéressants. En particulier sur la question du transport de moment cinétique à l'intérieur du Soleil, question qui se pose pour toutes les étoiles.

Suite aux travaux sur les étoiles analogues au Soleil, des questions ont émergé à la lumière de l'analyse des étoiles similaires au Soleil : comment une étoile de ce type (analogue solaire) peut-elle avoir une abondance de lithium 10 fois plus élevée que celle du Soleil ? Pourquoi cette étoile ne montre pas d'activité magnétique : est-ce le devenir prévisible du Soleil ?
Le travail portant sur les étoiles multiples (Appourchaux et al. 2015, Maracadon et al. 2018) est simplement une ébauche de ce qui sera possible de réaliser avec des centaines de binaires que TESS (Transiting Exoplanet Survey Satellite, NASA) pourra observer. L'équipe de physique solaire et stellaire est responsable du groupe de travail de TESS sur les étoiles de type solaire, et a pu ainsi contribuer à l'établissement du catalogue d'observation notamment en soulignant l'importance de ces binaires. Un catalogue de plus d'une centaine d'étoile a été établi, la plupart de ces étoiles ayant des orbites bien déterminées ainsi que des mesures de vitesses radiales. La mission TESS sera lancée en mars 2018, et permettra de faire un travail de plus grande envergure qu'avec les seules deux étoiles disponible pour l'instant. Les premières données seront disponibles en Juin 2018. L'équipe solaire et stellaire sera impliquée pour les 5 prochaines années dans l'analyse des données de TESS avec l'objectif d'étalonner avec ces binaires nos modèles stellaires.
PLATO sera bien sûr l'autre mission incontournable pour approfondir les questions relatives à la physique stellaire. L'IAS assume plusieurs responsabilités dans la préparation de la mission (responsabilités de la partie stellaire du segment sol, le "Stellar Analysis System" ainsi que des tests instrumentaux). Pour ce qui est de l'exploitation scientifique, PLATO se prêtera comme TESS aux travaux sur les étoiles multiples, et de manière plus générale sur la compréhension fine de l'évolution stellaire (influence de la rotation, de la composition chimique...) pour mieux évaluer l'âge des étoiles observées, ce qui est d'importance pour ensuite comprendre les systèmes exoplanétaires dans leur globalité. L'autre question d'importance est celle du magnétisme. Décrire précisément les mécanismes de dynamo passera certainement par une des-

cription du magnétisme à travers le diagramme HR, pour des étoiles massives ou pas, jeunes ou pas, riches en éléments lourds ou pas. Ce magnétisme pourra être mesuré (ainsi que la rotation, ingrédient fondamental de la dynamo) grâce aux données photométriques de TESS et PLATO dans lesquelles on peut remonter à la signature des taches sombres transitant à la surface des étoiles (méthode dite du "spot modelling").

Nous allons continuer l'étude des mécanismes de transport de moment cinétique dans les intérieurs radiatifs des étoiles. Nous avons étudié la propagation d'ondes internes de gravité et leur transport de moment cinétique, il reste l'intégration dans un code d'évolution stellaire. Ce travail sera réalisé par un postdoc, Charly Pinçon. Nous allons étendre cet étude au cas 2D dans le cadre d'une thèse (Louis Manchon, 1ère année de thèse en cours).
Nos modèles de freinage d'étoiles de type solaire seront appliqués à l'étude de l'interaction du vent solaire (et rayonnement X et UV) avec les atmosphères planétaires, en particulier celle de mars. En effet, le Soleil jeune était bien plus actif qu'aujourd'hui.
Nous disposons ainsi d'outils qui nous permettent d'étudier l'activité solaire dans le passé.

En ce qui concerne le projet d'observations des oscillations des planètes géantes, un clone de l'instrument est en cours de réalisation à l'Université du Nouveau Mexique sous financement propre (NSF). La proposition ANR vise à adapter l'instrument à un télescope situé au Japon, à le réaliser, puis à analyser et interpréter l'ensemble des données provenant des trois observatoires. L'IAS est responsable du développement de la cuve à vide dans laquelle sera installé l'interféromètre de Mach-Zender et ses optiques (Soulat et al. 2017), et participera aussi aux campagnes d'observations (2018 et 2019) et à l'analyse des données (avec des analyses préliminaires déjà effectuées : Gonçalves et al. 2018).

7.4.4.2 Structure et dynamique du Soleil externe

L'exploitation des données acquises par Solar Orbiter constituera le fil rouge de l'activité de l'équipe pour les années à venir pour ce qui concerne la physique solaire. Solar Orbiter nous fournira une occasion unique pour résoudre les questions encore ouvertes sur le vent solaire, car la charge utile a été conçue pour pouvoir obtenir des mesures qui permettent de relier les propriétés des régions sources sur le Soleil avec celles du vent solaire dans l'Héliosphère. Le spectromètre SPICE aura un rôle privilégié pour cette thématique car c'est l'instrument indispensable pour mesurer les abondances des éléments dans la couronne, utilisées comme traceurs du vent solaire. Dans ce but, nous sommes à la tête d'une équipe internationale qui est en train de mettre à point les diagnostiques pour l'interprétation combinée des données in-situ et remote sensing de la sonde Solar Orbiter (lien). Un des travaux en cours a pour but de mesurer l'abondance des éléments et la quantité de leur fractionnement par rapport à la valeur photosphérique. Pour cela nous utilisons les données de l'atlas spectral de protubérance mise à disposition par MEDOC (Parenti et al. 2004, 2005, 2007). Les résultats permettront d'avoir une référence pour une confrontation avec l'abondance du plasma froid et de son fractionnement mesurés dans les ICMEs par les instruments

en in-situ.

7.4.4.3 Mesure du champ magnétique chromosphérique et coronal

Le champ magnétique est l'un des acteurs majeurs de l'activité solaire et stellaire. Probablement produit par effet dynamo dans la région de la tachocline, le champ magnétique est transporté par convection vers la surface où il se manifeste par diverses formes d'activité. Dans la couronne, le champ magnétique est matérialisé quand les tubes de flux sont remplis de plasma, formant ainsi des boucles de toutes dimensions. La topologie et l'intensité du champ magnétique sont d'une importance fondamentale pour la physique du Soleil et de l'héliosphère. La configuration du champ à la base de la couronne est directement liée à la géo-effectivité de l'activité solaire. La physique des CMEs, et en particulier de leur déclenchement, est déterminée en grande partie par le champ magnétique. Dans les trous coronaux, les lignes de champ magnétique sont ouvertes et sont directement connectées au champ interplanétaire. Quand ces structures sont situées à des latitudes basses, les écoulements de vent solaire rapide correspondants peuvent balayer la Terre et perturber la magnétosphère. Tous ces phénomènes ont une forte influence sur l'environnement spatial.
Les extrapolations de champ magnétique à partir de mesures photosphériques ne pouvant simplement pas remplacer des mesures directes, la mesure du champ magnétique coronal est reconnue par la communauté internationale comme une étape clé de la compréhension de l'héliosphère.

Dans la photosphère et dans la chromosphère où le champ magnétique est fort, la spectro-polarimétrie Zeeman est utilisée couramment pour mesurer le champ dans les couches les plus basses de l'atmosphère. Cependant, dans la couronne, où le champ est plus faible et le plasma plus chaud, la séparation Zeeman devient plus petite que l'élargissement Doppler des raies spectrales : la spectro-polarimétrie Zeeman n'est praticable qu'au-dessus des régions actives où le champ est fort. L'effet Hanle fournit un moyen de mesurer le champ magnétique dans la couronne étendue. En l'absence de champ magnétique, les raies formées par diffusion résonnante du rayonnement chromosphérique sont polarisées linéairement. En présence d'un champ magnétique perpendiculaire à la radiation incidente, la direction et le degré de polarisation de ces raies sont modifiées. Nous avons pu montrer que le signal de polarisation Hanle attendu à Lyman α est toujours présent après intégration sur la ligne de visée dans une configuration magnétique réaliste (Derouich et al. 2010). La première détection de polarisation Hanle dans la couronne a été obtenue en utilisant des observations de SOHO/SUMER du doublet de O VI à 103.2/103.7 nm. Ces résultats pionniers obtenus avec un instrument non conçu pour cette application établissent clairement qu'un instrument dédié serait capable d'effectuer des mesures du champ magnétique de façon routinière.
Nous travaillons depuis plus de 10 ans au développement d'instrumentation spatiale dédiée à la mesure du champ magnétique coronal. L'approche choisie est de parvenir à mesurer la polarisation de raies spectrales sensibles à l'effet Hanle. Pour garantir que les performances nécessaires soient atteintes, nous avons engagé plusieurs projets de développements technologiques concernant des optiques de très basse ru-

gosité, des détecteurs UV optimisés à Lyman α, et des dépôts optiques polarisants. Après une phase A techniquement réussie, la mission alors proposée, SMESE, a cependant été annulée pour des raisons budgétaires.

En attendant que la conjoncture programmatique permette de faire voler un instrument de ce type, un consortium Américano-Franco-Japonais a développé le prototype de spectropolarimètre à Lyman α CLASP (Kano et al. 2012, Narukage et al. 2015). En faisant des mesures dans la chromosphère et non plus dans la photosphère, cet instrument marque un premier pas vers la mesure du champ magnétique coronal. Le succès de CLASP 1 a décidé la NASA de financer un revol (en 2019) de l'instrument modifié pour l'observation de la raie à 280 nm du Mg II. Le succès de la mission IRIS, lancée par la NASA en 2014, a montré tout l'intérêt de l'observation de cette raie pour la compréhension de la dynamique de la chromosphère. Mais en l'absence de mesures de polarimétrie, le champ magnétique manque toujours au diagnostic. Des mesures spectro-polarimétriques à cette longueur d'onde permettront d'avoir accès à des champs magnétiques encore plus faibles qu'à Lyman α avec CLASP 1.

7.4.4.4 Zones de Fresnel

Une approche innovante pour de futures observations solaires va être explorée au sein de l'équipe sous la forme de dispositifs optiques dits "zones de Fresnel". Ce dispositif présente deux avantages. Il peut permettre de réduire drastiquement la taille d'imageurs solaires par exemple pour les longueurs d'onde de l'EUV. Cela se prêterait parfaitement à des instruments de surveillance pour la météorologie spatiale. Mais la simplicité de ce dispositif permet à l'inverse des diamètres de télescope de grande taille et pourraient donc mener à une meilleure résolution angulaire pour l'étude des structures fines à la surface du Soleil. Des inconvénients devront être surmontés pour atteindre ces objectifs, et une démarche R&D avec l'appui espéré du CNES sera menée.

8 PÔLE TECHNIQUE DE L'IAS

Sommaire

8.1 Les services techniques 181
8.2 Les plateformes techniques 188
8.3 Assurance produit et démarche qualité 195
8.4 Plateformes et équipements utilisés par l'IAS 195

Le pôle technique de l'IAS est composé d'un ensemble de 5 services et de 2 plateformes techniques permettant de concevoir, fabriquer, tester, calibrer et exploiter les données d'un instrument spatial dans sa globalité.

Le fonctionnement matriciel « service/projet » permet à l'IAS de gérer de manière optimisée les projets et contributions techniques dont il a la responsabilité tout maintenant les compétences des agents par métier dans les services techniques.

L'organisation en services permet

- aux agents d'échanger sur les problématiques techniques liées à leur métier tout en étant affectés à des projets différents
- de définir par métier, les orientations techniques (développement de nouvelles compétences, mise en place de nouveaux équipements ou outils d'analyse/simulations).

L'affectation du personnel sur les projets se fait en fonction de l'adéquation des compétences et des disponibilités des agents par rapport aux demandes des projets. Elle est décidée en concertation entre le responsable de service et le directeur technique.

8.1 Les services techniques

8.1.1 Service optique

Le service optique est composé de 6 spécialistes en instrumentation optiques dont 4 IR et 2 IE. L'optique est un constituant majeur des instruments développés à l'IAS.

Ses activités sont organisées autour des projets spatiaux. Les agents sont impliqués, dès le début du projet, lors de la proposition et la conception de l'instrument. Ils interviennent ensuite dans la réalisation, l'intégration, la caractérisation et l'étalonnage de systèmes ou de sous-systèmes optiques. Certains agents du service ont des responsabilités de gestion de projet tout en exerçant leur métier d'ingénierie optique.

Les compétences du service couvrent les longueurs d'onde de l'extrême ultraviolet (EUV, 17nm), visible, infrarouge jusqu'au submillimétrique (3mm) ; les instruments réalisés sont diverses dans leur taille, leur complexité et leur fonctionnement allant de la mini-caméra au grand télescope spatial en passant le microscope, le spectromètre et le spectro-imageur.

Nous avons contribué à la conception et à la réalisation de nombreux instruments optiques pour différentes missions spatiales :

- conception, réalisation et caractérisation de systèmes optiques, composants optiques, miroirs, filtres de EUI, réseaux de diffractions de SPICE en extrême ultraviolet (EUV), et filtregraphe dans le visible pour PHI pour la sonde SOLAR ORBITER (voir figures 7.25 et 7.26),
- étalonnage des spectro-imageurs dans le domaine du visible et proche infrarouge de l'instrument SIMBIO-SYS de BEPI COLOMBO et caractérisation de leur sensibilité en lumière parasite,
- dans le visible et l'infrarouge : CU-VIS (unité de calibration de l'instrument Visible) pour la sonde EUCLID ; LVF (filtres de variation spectrale linéaire) de l'instrument MAJIS de JUICE,
- expertise en micro spectro-imageur dans l'IR par dispersion d'AOTF (Acousto-Optic Tunable Filter) qui équipe les instruments MicrOmega de la sonde Hayabusa, de la mission ExoMars/ESA et qui équipera l'instrument MacroMega pour la mission MMX (JAXA et CNES),

- conception et réalisation du système optique cryogénique de l'instrument PILOT (expérience embarquée par ballon stratosphérique du CNES) dans le domaine submilimétrique (voir figure 8.1).

Une collaboration entre différents services de l'IAS : optique, mécanique, station d'étalonnage a permis de réaliser une ligne de lumière UV autonome grâce laquelle, nous pouvons réaliser des caractérisations de composants optiques, de sous-système et l'étalonnage de caméras dans le domaine de l'ultraviolet (ex : calibration des modèles de vol de caméras de l'instrument EUI en 2017).

Les principaux logiciels maitrisés par les agents du service optique sont des logiciels de calcul optiques, comme Zemax pour la conception, l'optimisation et le tolérancement, ASAP pour les analyses de lumière parasite, MacLeod et IMD pour le calcul de couches minces.

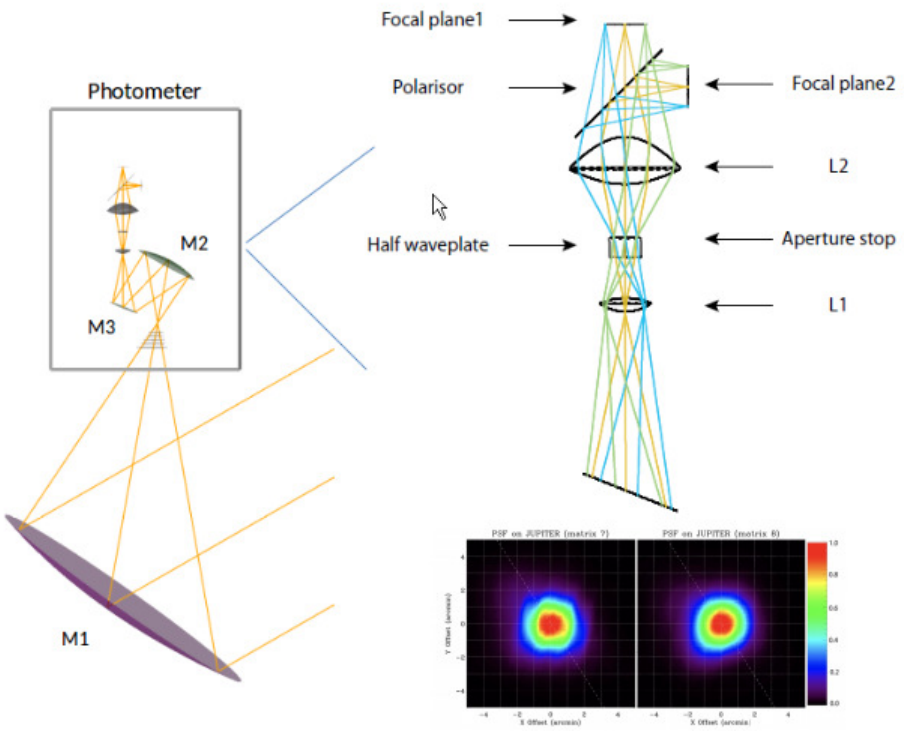

FIGURE 8.1 – Système optique de PILOT. En bas à droite : images obtenues de Jupiter lors du deuxième vol en Australie (avril 2017). La résolution spatiale de la PSF (2.2 arcmin) montre la qualité optique de l'instrument

8.1.2 Service mécanique, thermique et cryogénie

Le service mécanique, thermique et cryogénique est composé de 9 agents dont un en CDD, répartis respectivement, 8 (4IR, 2IE et 1AI) au bureau d'études, calculs, architecte mécanique et projeteurs ainsi 1(T) monteur à l'atelier.

Les principales missions du bureau d'études sont la conception, le développement, la réalisation, les tests et l'intégration d'instruments embarqués sur des satellites scientifiques. Nous sommes impliqués dans l'ensemble des missions spatiales pour lesquels l'IAS a des contributions (JUICE/MAJIS, EXOMARS/Microméga, EUCLID/unité de calibration de VIS, SOLAR ORBITER/EUI, PHI, SPICE,...). Nous intervenons aussi sur des expériences ballon, sol et nous apportons notre expertise aux différentes équipes composant le laboratoire.

Afin de remplir ces missions, nous interagissons avec les différents domaines nécessaires à l'élaboration de l'instrument scientifique spatial. Nous appréhendons, recueillons et synthétisons leurs contraintes spécifiques, pour les prendre en compte dans notre conception.

Notamment pour les domaines :

- Optique : contraintes de tenue, d'alignement, de réglages, de mécanismes, de bafflage, ...
- Electronique : contraintes EMI-EMC, blindage en radiation, ...
- Cryogénie : contraintes matériaux, compromis mécanique / thermique, ...
- Assurance qualité : propreté, traçabilité, documentation, respect des règles ESA/CNES, ...
- Projet : contraintes calendaires, ...

Ceci en plus des contraintes liées au domaine spatial telles que le vide, les vibrations et chocs, l'environnement thermique.

Une fois les concepts mécano-thermiques mis en oeuvre, ils sont vérifiés et validés par simulation numérique, en mécanique et thermique, à l'aide de logiciels spécifiques ainsi que par des tests réalisés sur différents modèles

- Un modèles thermo mécanique et/ou de qualification subissant des tests mécaniques reproduisant les conditions de lancement (vibrations, chocs) et des tests d'environnement thermique simulant les conditions rencontrées dans l'espace (rayonnement, flux en orbite). Les résultats des tests et des simulations permettent l'optimisation des choix architecturaux.
- Un modèle de vol, éventuellement un modèle de rechange, sont ensuite réalisés, testés et livrés pour intégration sur le satellite.

Les pièces mécaniques sont, de façon générale, sous-traitées auprès d'entreprises spécialisées. Le monteur (Atelier) procède à la préparation des pièces, nettoyage, collage, puis au montage de celles-ci dans un environnement plus ou moins propre en fonction des contraintes du projet (ISO9 à ISO5). Lors de cette dernière phase, il peut être amené à réaliser des reprises d'usinage.

Depuis fin 2016, un ingénieur cryogéniste a rejoint le service afin de développer en lien étroit avec le bureau d'études, un système cryogénique spatialisé de réfrigérateur à micro dilution en boucle fermée (CCDR : R&T PIXIE) qui permettra à l'IAS d'être force de propositions pour les missions à venir.

Le service est structuré de façon à pouvoir échanger, partager l'expertise de chacun, c'est pour cela qu'il a su gardé son expertise que ce soit dans la conception ; de mécanismes spatiaux, d'instruments cryogénique. Il est aussi attentif à entretenir une veille technologique, en particulier sur les techniques de fabrication nouvelles que sont les fabrications additives.

8.1.3 Service électronique

Le service électronique est composé de 6 agents permanents ; dont 1 ingénieur de recherche, 4 ingénieurs d'étude et une technicienne de classe exceptionnelle. Il fait régulièrement appel à des ingénieurs en prestation de service ou en contrat à durée

déterminée pour compléter les compétences du service ou palier à un plan de charge plus important, lié aux activités des projets.

Le service électronique intervient dans les activités concernant l'électronique des instruments spatiaux depuis la définition, la conception jusqu'aux tests d'intégration en incluant les qualifications et le suivi de la réalisation des cartes. Les principales activités et compétences du service sont les suivantes :

- Architecture de l'électronique de l'instrument
- Simulation des différents sous-systèmes
- Schématique
- Programmation de FPGA
- Rédaction des cahiers de clauses techniques particulières pour la sélection des sous-traitants qualifiés « spatial » pour la réalisation des cartes.
- Analyses de risques pour les systèmes électroniques (mode de défaillance, stress, radiation, etc)
- Rédaction des procédures et rapports de test.
- Réalisation des tests qualifiants selon les normes spatiales (ESA, NASA) au niveau des composants et de leur report, aux niveaux des cartes
- Réalisation de tests de sensibilité aux EMC
- Activités AIT/AIV lors de la livraison à l'agence ou au satellite

Ainsi le service a déjà développé pour des missions les électroniques suivantes :

- Alimentations embarquées (JUICE/MAJIS)
- Alimentation Haute tension reversible (SO/PHI, voir figure 8.2)
- Générateur RF (Hayabusa)
- Unité de calibration vol multi-longueur d'onde (EUCLID)
- Calculateurs embarqués ultra-miniaturisés (ROSETTA/PHILAE)
- Caméra avec capteur CCD ultra miniaturisée (ROSETTA/PHILAE)
- Electronique « Front End » de matrice IR (BEPI/Symbio-sys, JUICE/MAJIS)
- Electronique de contrôle et de pilotage des dispositifs électro-mécaniques (SO/EUI)
- Electronique centrale de pilotage de l'instrument (BEPI/Symbio-sys (voir figure 8.3), JUICE/MAJIS)
- Module de compression de données implémentées dans un FPGA programmable (BEPI/Symbio-sys, JUICE/MAJIS)

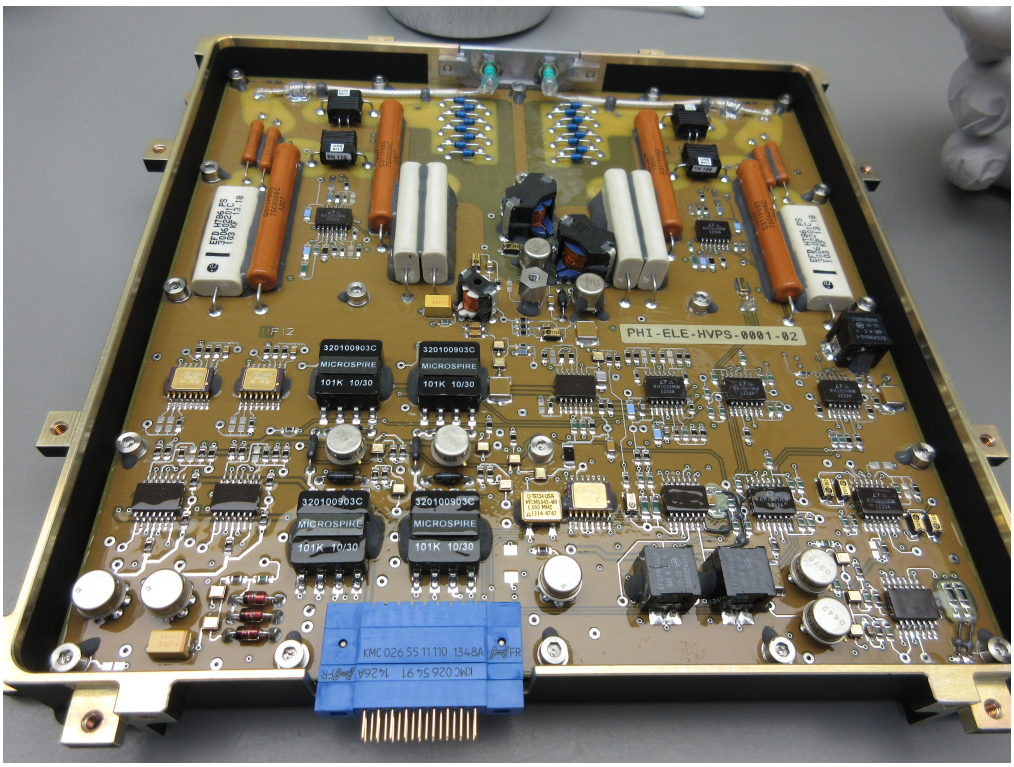

FIGURE 8.2 – Alimentation Haute tension de SO/PHI

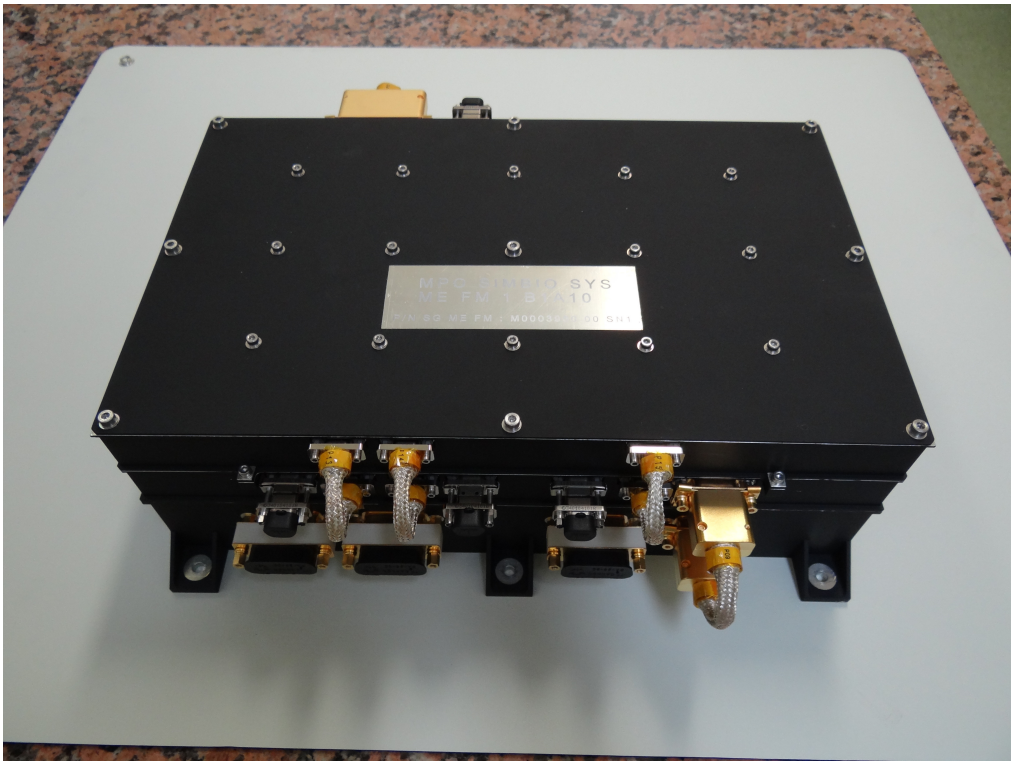

FIGURE 8.3 – Electronique centrale de pilotage de BEPI

8.1.4 Service instrumentation

Le service Instrumentation a été créé le 1er janvier 2018, avec pour vocation de regrouper les personnels répartis auparavant dans les services « Projets Spatiaux » et « Laboratoire de Physique ». Sa création a pour origine la volonté de fédérer les compétences transverses liées aux techniques expérimentales nécessaires au développement et à la manipulation des bancs de mesures nécessaires aux projets et aux laboratoires. Sont concernés tous les aspects techniques liés aux dispositifs expérimentaux.

Le service est composé de 5 agents permanents (2 IR, 1 IE, 1 AI et 1 TCE) et d'un ou deux CDD. Les compétences des agents qui composent le service sont extrêmement variables allant du contrôle d'une expérience à la conduite de projet.

Du fait de la nature du service, ses spécificités techniques sont nombreuses et variées :

- Techniques du vide
- Techniques de cryogénie
- Approvisionnement / installation / contrôle / pilotage / maintenance des bancs de mesure
- Montage et Intégration
- Fabrication mécanique, préparation et assemblage (nettoyage, collage, soudage, polissage, dépôt électrolytique, etc...)
- Techniques de préparation d'échantillons
- Contrôle / commande et pilotage des mécanismes
- Mise en oeuvre des sondes et capteurs, acquisition des données

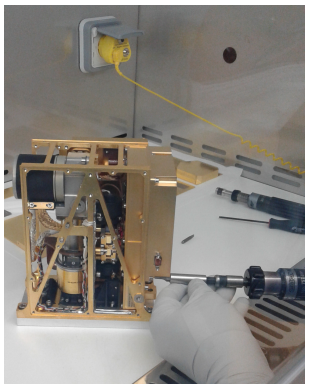

FIGURE 8.4 – Intégration des boîtiers électroniques du modèle de vol de Micro-méga/Exomars

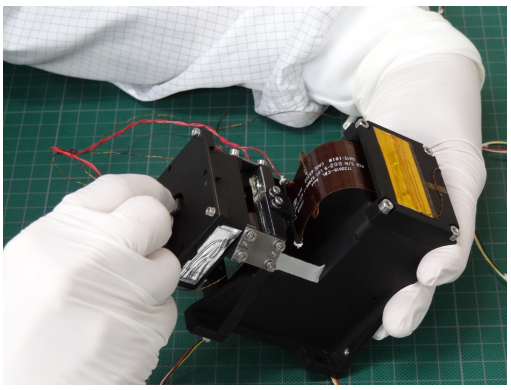

FIGURE 8.5 – Intégration des accéléromètres sur le FPU STM de MAJIS

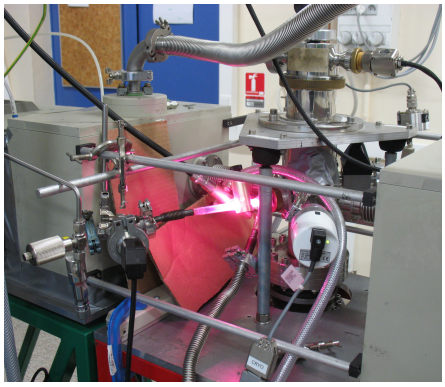

FIGURE 8.6 – Expérience MICMOC (Matière Interstellaire et Cométaire - Molécules Organiques complexes) : dépôt d'un mélange gazeux refroidi à 8K

8.2 Les plateformes techniques

8.2.1 La station d'étalonnage

La Station Etalonnage est une des deux plateformes techniques du laboratoire. C'est une facilité nationale accessible à l'ensemble de la communauté développant des instruments ou des équipements spatiaux (laboratoires, agences, industriels).

La station dispose de personnels spécialisés (7 agents permanents et un CDD). Ils opèrent un ensemble de moyens d'étalonnages, de vide-thermique, de tests mécaniques (vibration, mesures physiques), de stérilisation et les salles propres associés à ces moyens.

7 simulateurs sous vide sont installés dans des salles propres de classe ISO 8 (voir figure 8.7) et ISO 7.

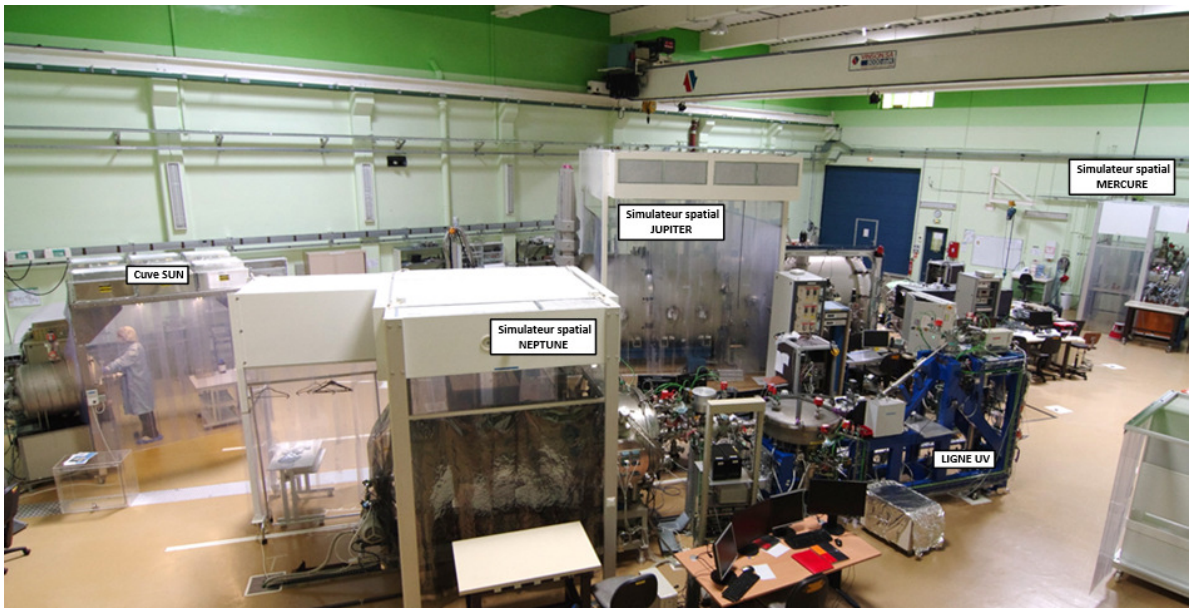

FIGURE 8.7 – Le Hall CAZES (Salle propre ISO8) de la station d'étalonnage de l'IAS avec ses simulateurs spatiaux, les moyens d'essais et les flux laminaires (ISO5) qui leurs sont associés

Les installations comprennent également des salles : d'intégration, de nettoyage et d'alignement sur marbre optique. Des sources de lumières spécifiques permettent d'effectuer les étalonnages scientifiques (voir figure 8.8) des expériences embarquées sur les missions spatiales sous la responsabilité de l'IAS, d'autres laboratoires français, d'autres laboratoires étrangers ou d'industriels.

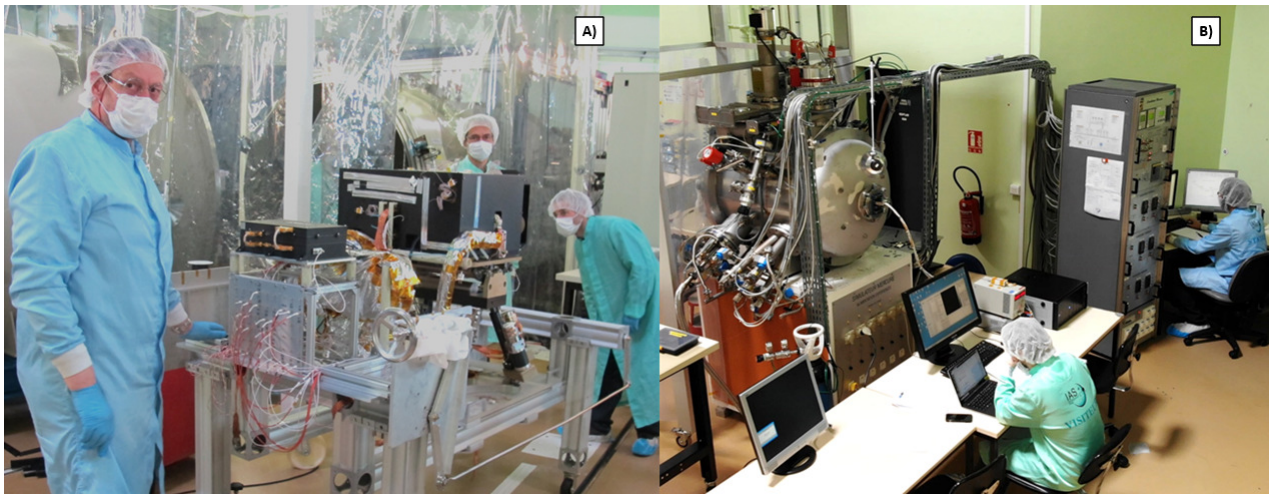

FIGURE 8.8 – A) Intégration de l'instrument SIMBIO-SYS de la mission BEPI-COLOMBO par les équipes STATION D'ETALONNAGE et PROJET/SIMBIO-SYS de l'IAS dans le simulateur spatial JUPITER (mars 2015). B) Simulateur MERCURE pendant les étalonnages de l'instrument MicrOméga de la mission EXOMARS (Mars 2018)

Le Hall CHARRA (ISO 8) de la plateforme est lui orienté vers la stérilisation et les moyens d'essais mécaniques (voir figure 8.9).

FIGURE 8.9 – Intégration sur le pot vibrant sous flux laminaire ISO5 (Figure A) et sur le moyen de mesure physique (Figure B) de la source d'étalonnage (Flight Model : Modèle de vol) de l'instrument EUCLID par les équipes STATION D'ETALONNAGE et PROJET/EUCLID de l'IAS dans le HALL CHARRA (en 2018)

Depuis 2017, une salle stérile est mise en oeuvre à la station d'étalonnage, elle permet de procéder à l'intégration stérile sous flux PSM (Poste de Sécurité Microbiologique) d'instruments dédiés à l'exploration planétaire (expérience martienne, retour d'échantillons, ...). Le système STERRAD permet de stériliser tout matériel (outillage, instruments si possible et composant) rentrant dans cette salle. Les mesures mécaniques sont assurées par un pot vibrant et un système de mesures physiques.

La plateforme est soutenue financièrement par l'INSU, le CNES, l'Université Paris-Sud, la région.

La mise en oeuvre des moyens d'essais de la station nécessite des personnels hautement qualifiés pour un ensemble d'activités variées :

- mise en oeuvre de simulateurs spatiaux,
- maintenance et évolution de simulateur spatial,
- instrumentation (mesures de température, pression, hygrométrie, balance à quartz, analyseur de gaz résiduel, ...),
- travail en salle propre/stérile,
- capacité à concevoir, assembler et tester des installations sous vide thermique

et cryogéniques.

Les compétences mises en oeuvre par les personnels de la station d'étalonnage sont : l'instrumentation, cryogénie, les techniques du vide, la mécanique (CAO, vibration, mesure de moment d'inertie, de centre de gravité), l'automatisme et contrôle commande, l'électrotechnique, le câblage extérieur et interne à un simulateur, le développement logiciel (de contrôle, d'acquisition, de mesure, d'analyse, d'exploitation, de gestion, de pilotage).

Le maintien de ces compétences est primordial pour assurer le fonctionnement de la plateforme station d'étalonnage.

Les futures activités de la station d'étalonnage doivent permettre d'assurer les étalonnages des projets sur lesquels est engagé le laboratoire. L'évolution des différents instruments scientifiques actuels, tend à abaisser en température les détecteurs. Ce qui implique une inflexion vers l'utilisation des techniques des basses températures (cryocooler, bain d'hélium, ...). Cette orientation a été identifiée et les moyens d'essais existants à la plateforme devront être mis à jour pour répondre aux besoins du futur. De même, la qualification des chaines instrumentales (mesures de températures, qualités du vide, mesure de pression, ...) nécessite d'avoir une expertise de plus en plus importante.

L'IAS et sa plateforme sont des acteurs essentiels dans la création du Groupement d'Intérêt Scientifique (GIS) national PARADISE. Celui-ci regroupe au niveau national, 6 laboratoires de l'INSU.

8.2.2 Service informatique et IDOC

Le service informatique composé de 10 agents permanents et 8 à 10 CDD et/ou prestataires se déploie autour de 4 pôles d'activités :

- informatique du laboratoire,
- avant projets spatiaux,
- projets spatiaux en cours de développement ou de test,
- IDOC (Integrated Data & Operation Center) : centre de données spatiales et d'opérations.

IDOC est la seconde plateforme technique de l'IAS. Elle permet la mutualisation des compétences du laboratoire pour le pilotage des opérations d'instruments spatiaux, l'analyse, l'archivage et l'accès aux données pour la communauté nationale et internationale.

IDOC combine les missions d'un centre d'opérations satellitaires et d'un centre de données spatiales (voir figure 8.10). Plus largement, IDOC accompagne les missions de l'Observatoire de l'Université Paris Sud et de ses partenaires depuis leur conception jusqu'à l'archivage long terme des données produites en fournissant pour chaque

étape une large palette de services dans les 6 thématiques représentées dans l'OSUPS.

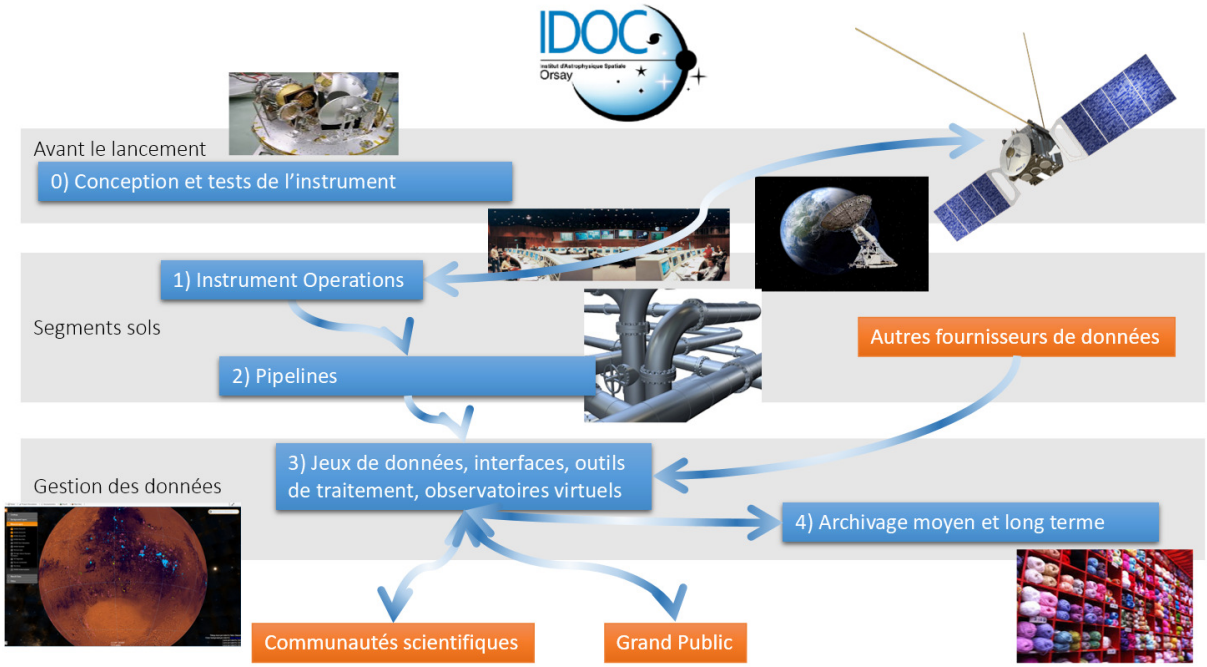

FIGURE 8.10 – Projets et activités à IDOC

IDOC a pour responsabilités :

- de produire des données de haut niveau immédiatement utilisables à l'interprétation scientifique et de les mettre à disposition de la communauté,
- de construire l'archivage pérenne des jeux de données produits dans l'OSUPS ou issus des partenariats de l'OSU ou encore répondant aux responsabilités des centres thématiques hébergés,
- de mettre en oeuvre les interfaces d'accès à ces données,
- de proposer de multiples services cohérents avec l'environnement décrit ci-dessus, comme la gestion des catalogues, la production d'outils de visualisation, l'automatisation de la production...
- de préserver la disponibilité et la fiabilité de cet environnement, d'assurer son éventuelle confidentialité et sa sécurité sur le court et long terme.

IDOC est le centre de mission de l'instrument OMEGA/marsExpress (voir figures 8.11 et 8.12) et SUMER/Soho.

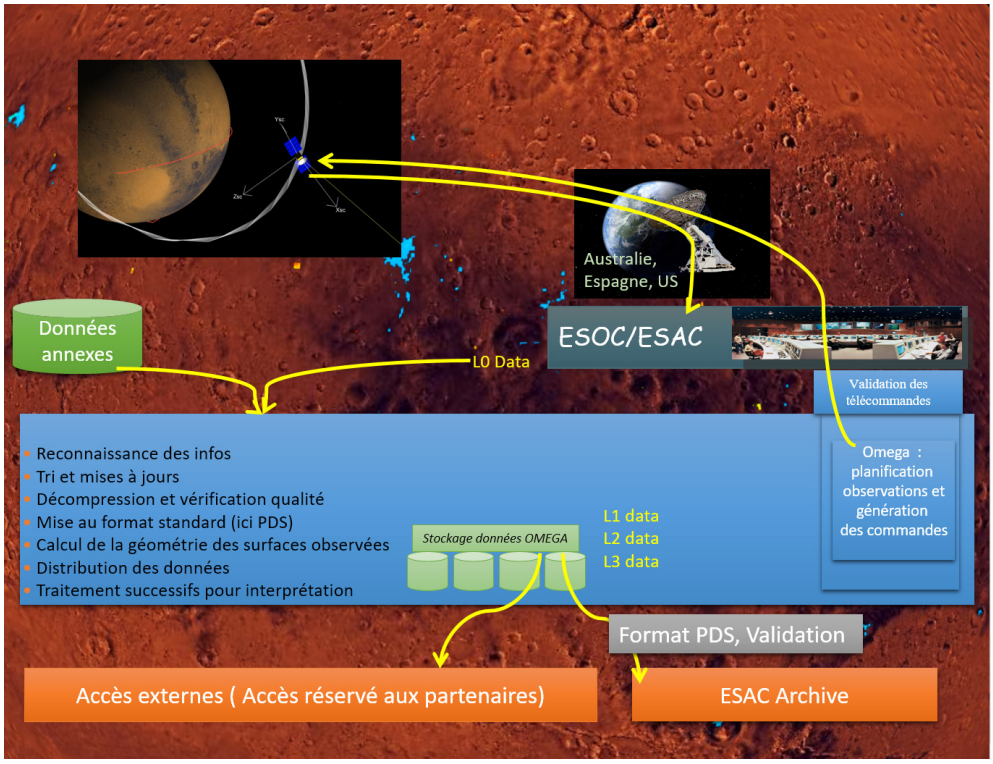

FIGURE 8.11 – Contrôle de l'instrument OMEGA (en vol) pour la mission Mars Express

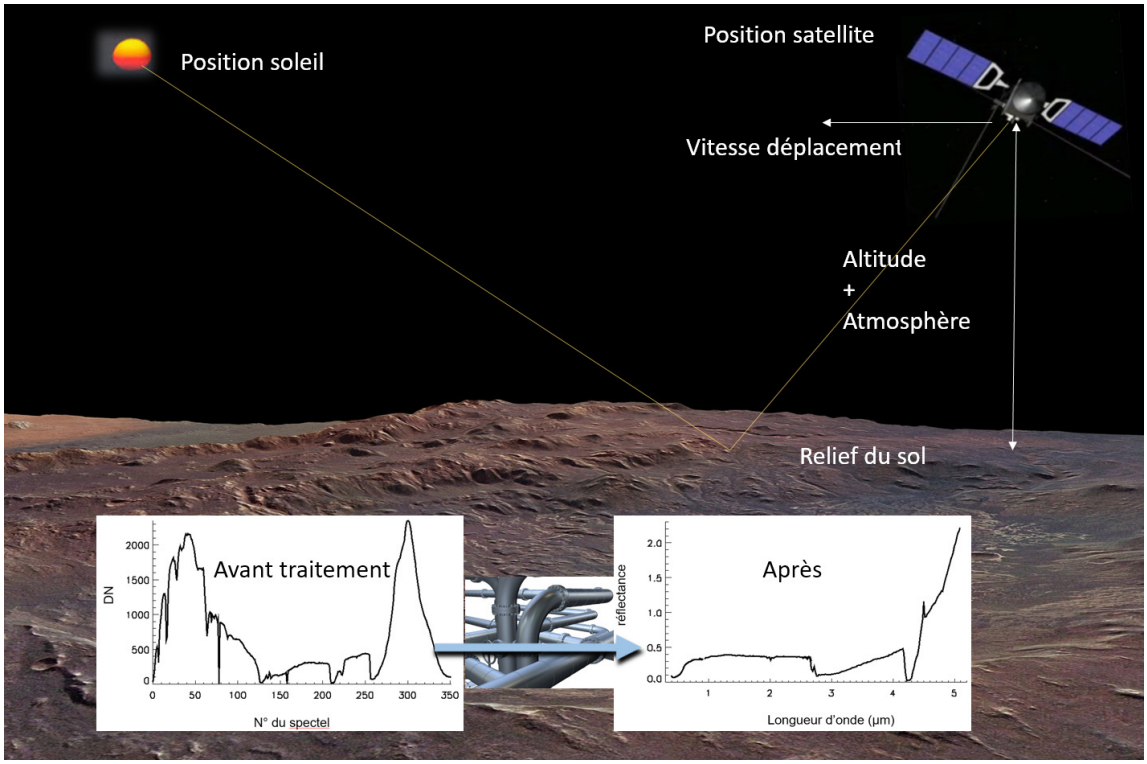

FIGURE 8.12 – Transformation de l'information brute en une information scientifique exploitable (OMEGA/Mars Express) en utilisant les résultats de l'étalonnage

IDOC délivre à une communauté de recherche ou plus grand public les données de plusieurs niveaux construites à partir d'information de 23 instruments spatiaux. Dix portails d'accès délivrent ces données. Sont également accessibles grâce à IDOC des logiciels communautaires, des codes numériques, des relevés du ciel, des catalogues, des données de simulation et des outils d'aide à la construction de données et à la visualisation.
IDOC propose des données dans plusieurs observatoires virtuels et collabore à la mise en oeuvre de plusieurs d'entre eux.
IDOC est moteur du développement du framework Sitools et de son successeur REGARDS sous maîtrise d'oeuvre du CNES qui est au coeur des interfaces d'accès.
IDOC inclut MEDOC qui est le "Pôle Thématique de physique solaire" (convention de partenariat entre le CNES, l'INSU, et l'Université Paris-Sud) et est le coeur du pôle "surfaces planétaires".
IDOC sera le centre de mission de l'instrument MAJIS de la mission JUICE, de l'instrument SPICE de la mission Solar Orbiter et le coeur du centre de mission de la mission PLATO.
IDOC a également des responsabilités dans les missions suivantes :

- en traitement : Rosetta, CoRot, Planck, Herschel, Trace, Coronas, Picard, Iras,
- en cours : Stereo, SDO,
- en développement : JWST, Euclid, Bepi-colombo, Solar Orbiter, Ariel.

IDOC participe à plusieurs initiatives de la future université Paris Saclay.
IDOC est labellisé par l'INSU en tant que centre technique régional pour ses services ANO5 et en tant que service national dans les domaines suivants : ANO2 (Instrumentation des grands observatoires au sol et spatiaux), ANO4 (Grands relevés et sondages profonds), ANO5 (Centres de traitement et d'archivage de données). IDOC contribue au service ANO6 (Surveillance solaire, relations Soleil-Terre, environnement terrestre).

IDOC est labellisé par le CNES comme centre d'archivage de données (Norme OAIS adaptée aux exigences CNES).

Une labellisation DSA/WDS est en cours (référentiel de documentation décrivant l'ensemble des méthodologies mises en oeuvre ainsi que leur contrôle disponible).

Les compétences techniques développées sont les suivantes :

- Développement de logiciels de contrôle de plateformes d'essais, de logiciels embarqués satellitaires.
- Contrôle d'instruments en vol sur des plateformes satellitaires.
- Tous types d'expertises informatiques : infrastructure réseau, système, architectures distribuées, développement logiciel, calcul haute performance, base de données, interfaces, archivage, pérennisation, contrôle, modélisation, automatisation de processus, optimisation, deep learning, ...
- Développement d'algorithmes scientifiques originaux.

Quelques chiffres : Plus de 40 000 utilisateurs différents par an originaires de plus de 130 pays différents, plus de 80000 visites et actions, plus de 3 000 000 de pages vues, plus de 3 Po de données distribuées.

8.3 Assurance produit et démarche qualité

De par son implication forte dans des projets instrumentaux spatiaux, les équipes de l'IAS sont fortement sensibilisées aux méthodologies et exigences d'assurance produit imposées par les agences spatiales dans les projets (analyses de sureté de fonctionnement, traçabilité, gestion de la configuration, gestion de la documentation, contraintes de propreté et de contamination particulaire et moléculaire). Les activités d'assurance produit ont pour but de définir et mettre en place des dispositions pour garantir que le produit atteigne les objectifs définis et qu'il soit sûr, fiable et disponible.

Ces activités sont la plupart du temps gérées dans les projets par des prestataires de service recrutés via un marché mis en place par l'INSU, en moyenne 3 ETP par an.

D'autre part, suite à une volonté commune de l'INSU et du CNES, une démarche qualité a été initiée au sein du laboratoire dès 2010 par le recrutement d'un CDD, puis pérennisée par l'arrivée en 2015 d'un agent permanent travaillant dans les projets et au niveau de la démarche qualité du laboratoire.

L'objectif de cette démarche est de :

- Garantir qu'une politique qualité soit constamment développée, maintenue et améliorée dans le laboratoire.
- Capitaliser et uniformiser, au niveau du laboratoire, les processus et outils mis en place sur les projets.
- Proposer et définir les méthodes et procédures permettant d'étendre la démarche qualité à l'ensemble des équipes du laboratoire.
- Sensibiliser l'ensemble du personnel aux exigences qualité.

8.4 Plateformes et équipements utilisés par l'IAS

Plateformes utilisées par l'unité de recherche

- Station d'étalonnage de l'IAS
- IDOC
- Virtual Data (intégré à IDOC et mutualisée avec l'IN2P3)
- Synchrotron SOLEIL

Equipements utilisés par l'unité de recherche
L'IAS est un laboratoire qui produit entre autre de l'instrumentation. De nombreux équi-

pements pour la conception, la réalisation, l'intégration, les tests et étalonnage et l'exploitation scientifque de ces instruments sont utilisés. L'ensemble du matériel utilisé a fait l'objet d'un travail d'inventaire à l'aide de l'outil informatique InventIRAP (développé par l'IRAP à Toulouse), qui a été adapté, grâce au support de ses créateurs, à l'utilisation au laboratoire. Une liste complète du matériel inventorié au laboratoire est disponible sur demande, elle contient plusieurs milliers d'entrées dont :

- simulateurs d'environnement spatial
- pot vibrant
- instrumentation pour salle de protection planétaire
- appareils de mesure physique (centres de masse, moments d'inertie)
- lasers
- analyseurs de front d'onde
- instruments d'alignement (autocolimatrice, viseurs, théodolite, ...)
- systèmes cryogéniques : cryostat, machines thermiques
- systèmes pour vide et ultravide
- détection de fuites
- instrumentation électronique (oscilloscope, générateurs de fonctions)
- amplifcateurs à détection synchrone
- systèmes de micro et nano positionnement
- calculateurs GPU
- stations de travail
- unités multi-processeurs
- systèmes d'archivage de masse
- instrumentation pour salles propres
- fux laminaires
- cuve à ultrason
- logiciels de simulation (optique, mécanique, thermique, électronique)
- systèmes informatiques
- ordinateurs portables personnels
- tables optiques
- machines outils (fraiseuse, tour, perceuse, petit outillage...)
- ...

9 ANNEXE 1 : ORGANIGRAMMES DE L'IAS (2018)

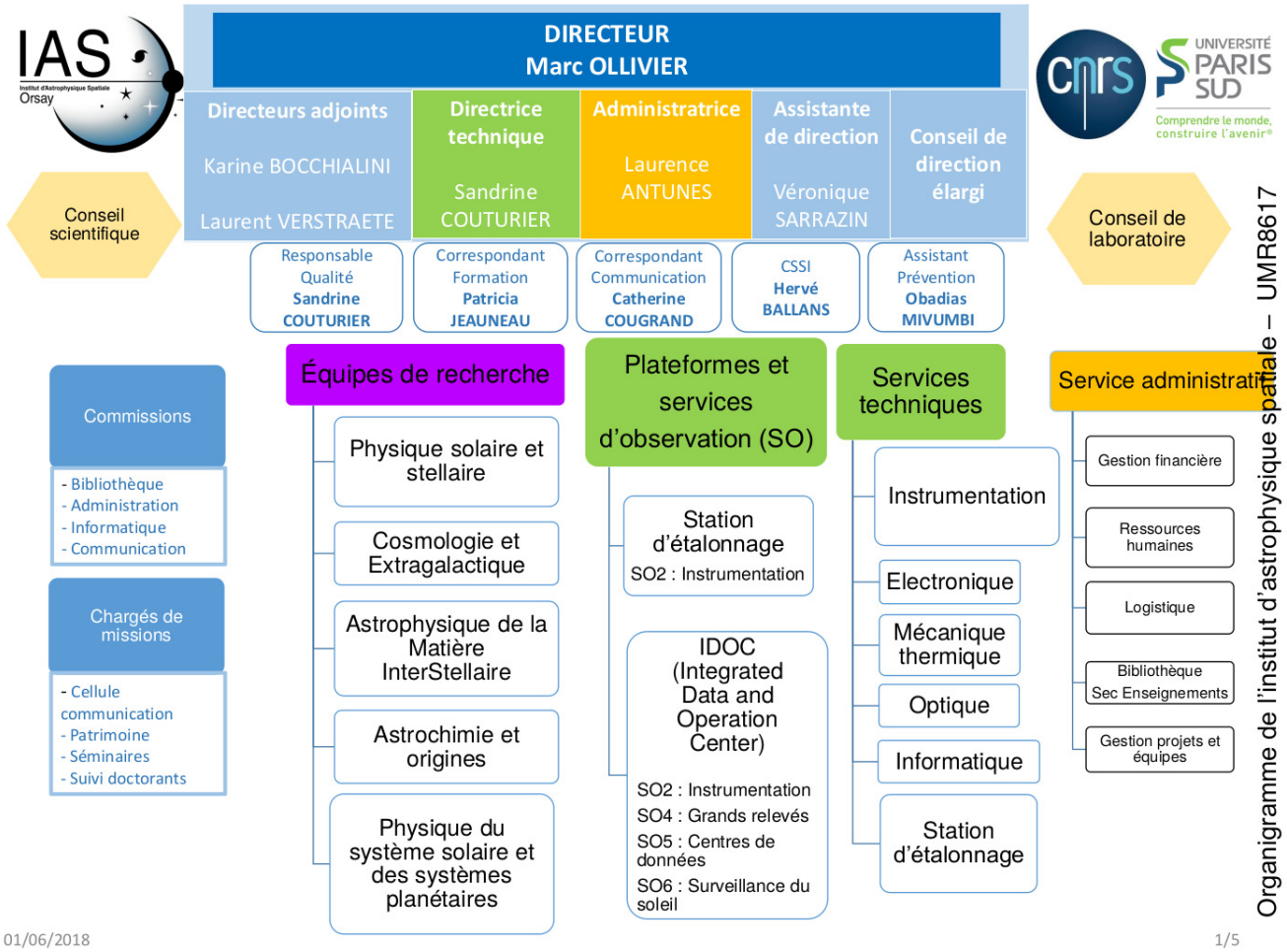

FIGURE 9.1 – Organigramme général de l'IAS au 01/06/2018

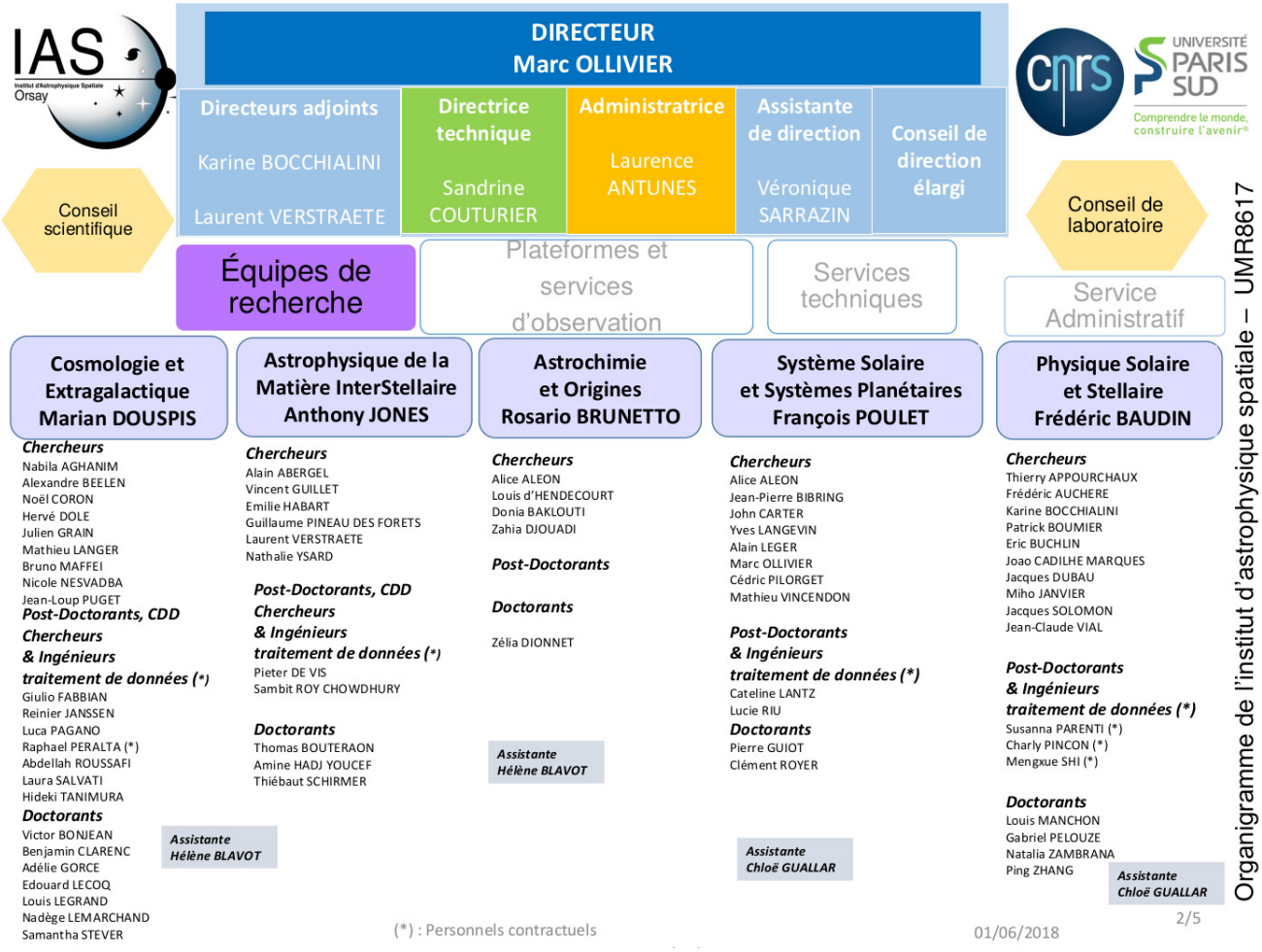

FIGURE 9.2 – Organigramme scientifique de l'IAS au 01/06/2018

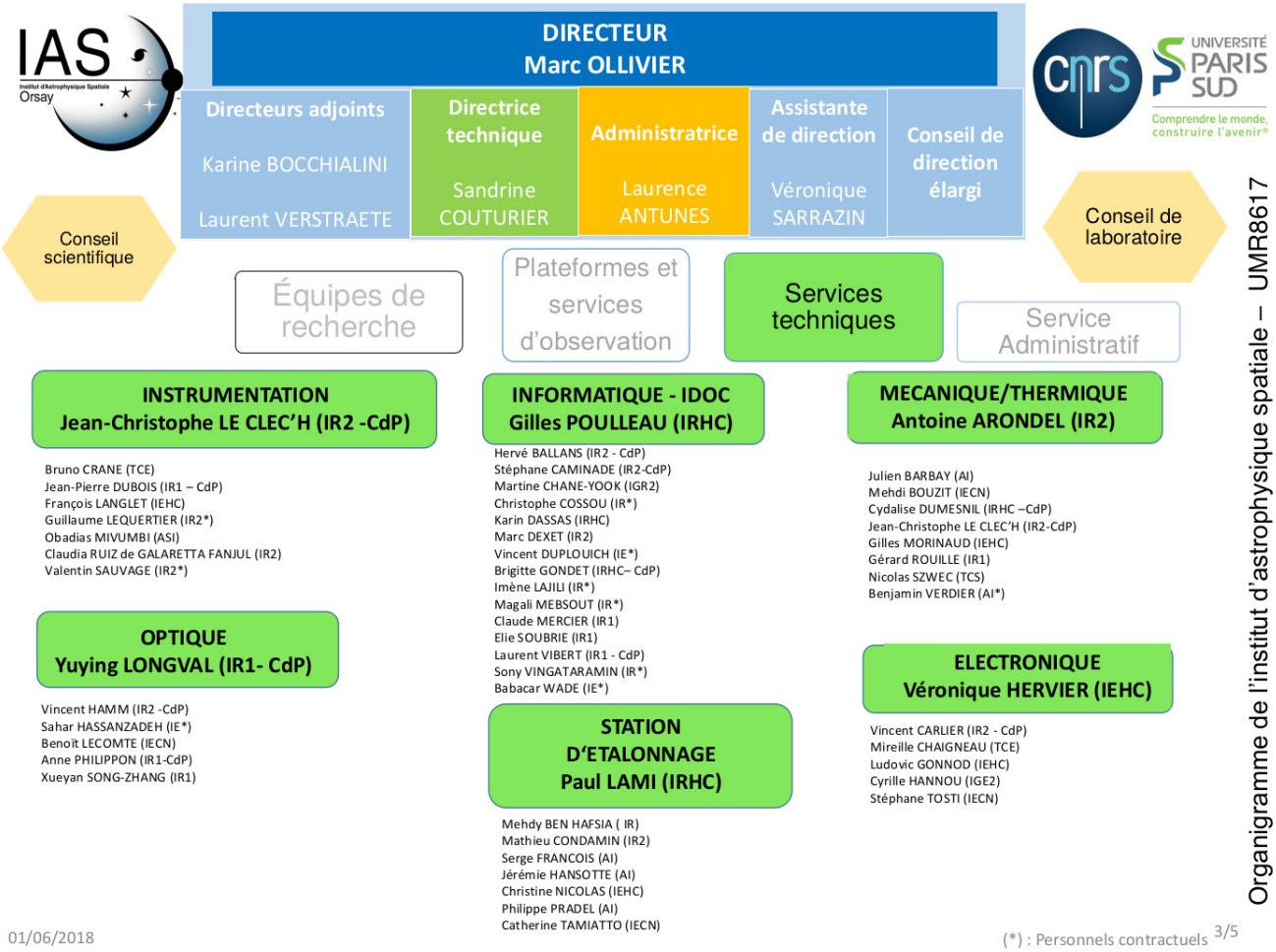

FIGURE 9.3 – Organigramme technique de l'IAS au 01/06/2018

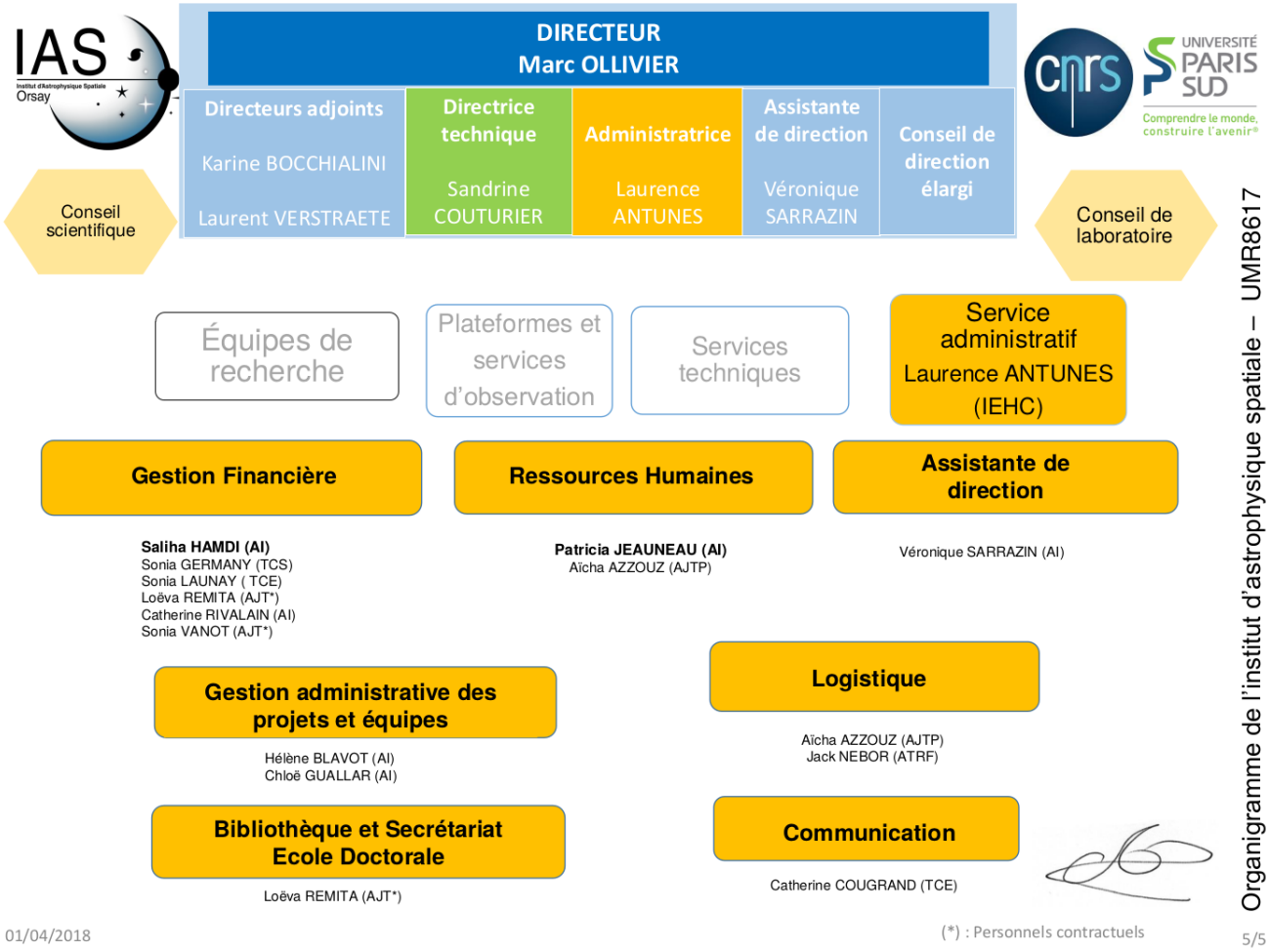

FIGURE 9.4 – Organigramme administratif de l'IAS au 01/04/2018

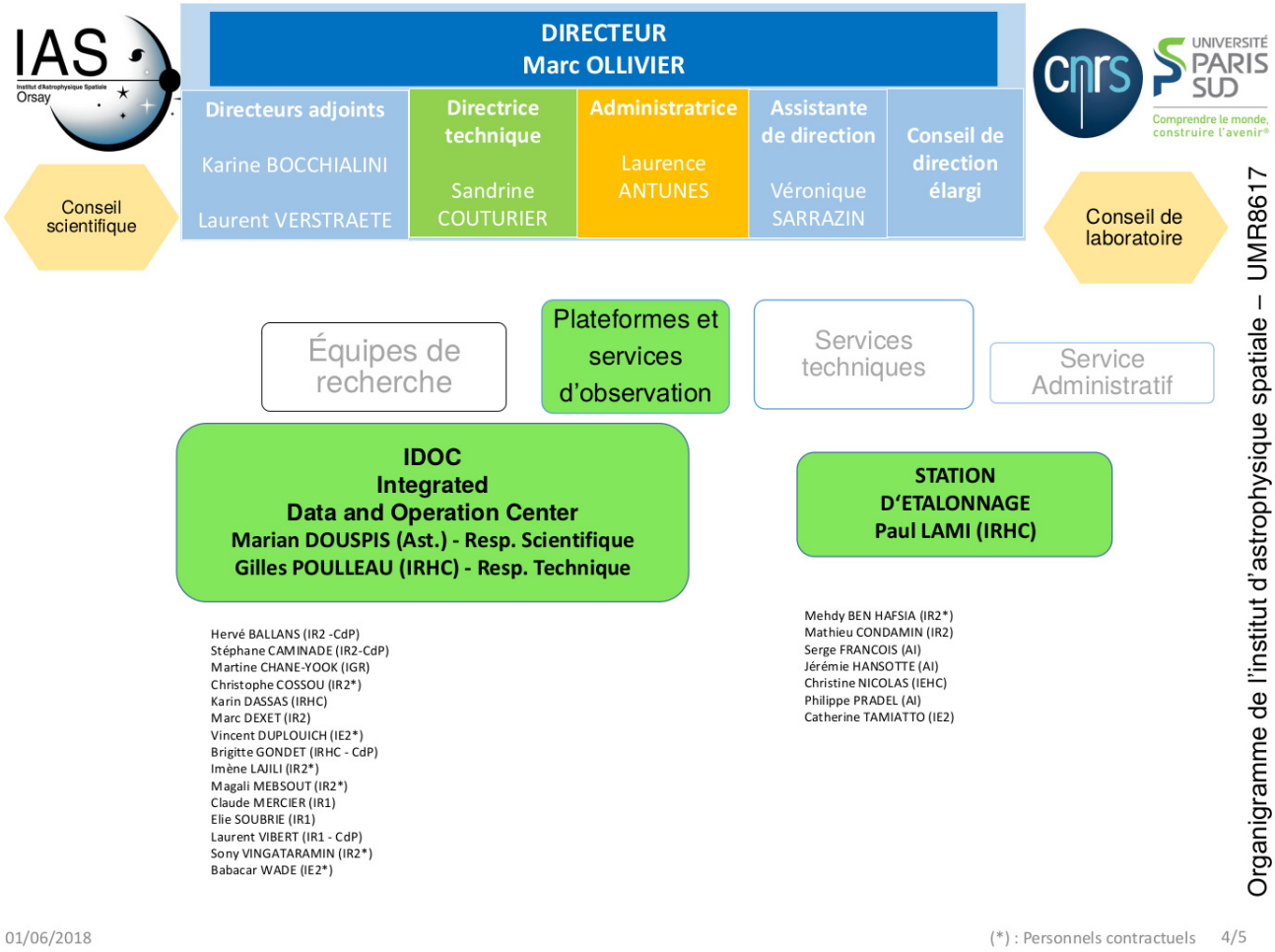

FIGURE 9.5 – Organigramme plateformes de l'IAS au 01/06/2018

10 ANNEXE 2 : PRODUCTION SCIENTIFIQUE

Sommaire

10.1 Liste des publications de rang A pour la période juillet 2013 à juin 2018 203
10.2 Liste des thèses et des HDR 295

10.1 Liste des publications de rang A pour la période juillet 2013 à juin 2018

10.1.1 Équipe MIC - AMIS/COSM !X

2013

[1] S. Anderl, V. Guillet, G. Pineau des Forêts, and D. R. Flower. Shocks in dense clouds. IV. Effects of grain-grain processing on molecular line emission. Astron. Astrophys., 556:A69, August 2013.

[2] M. Bocchio, A. P. Jones, L. Verstraete, E. M. Xilouris, E. R. Micelotta, and S. Bianchi. Dust heating. Photon absorption versus electron collisions. Astron. Astrophys., 556:A6, August 2013.

[3] N. Coron, C. Cuesta, E. Garcia, C. Ginestra, T. A. Girard, P. de Marcillac, M. Martinez, Y. Ortigoza, A. Ortiz de Solórzano, C. Pobes, J. Puimedon, T. Redon, M. L. Sarsa, L. Torres, P. Valko, and J. A. Villar. Study of parylene-coated NaI(Tl) at low temperatures for bolometric applications. Astroparticle Physics, 47:31–37, July 1, 2013 2013.

[4] I. De Looze, M. Baes, A. Boselli, L. Cortese, J. Fritz, R. Auld, G. J. Bendo, S. Bianchi, M. Boquien, M. Clemens, L. Ciesla, J. Davies, S. di Serego Alighieri, M. Grossi, A. Jones, S. C. Madden, C. Pappalardo, D. Pierini, M. W. L. Smith, J. Verstappen, C. Vlahakis, and S. Zibetti. The Herschel Virgo Cluster Survey - XIV. Transition-type dwarf galaxies in the Virgo cluster. Monthly Notices of the RAS, 436:1057–1073, December 2013.

[5] C. Dickinson, R. Paladini, and L. Verstraete. Anomalous Microwave Emission: Theory, Modeling, and Observations. Advances in Astronomy, 2013:1–1, 2013.

[6] A. P. Jones. Heteroatom-doped hydrogenated amorphous carbons, a-C:H:X. "Volatile" silicon, sulphur and nitrogen depletion, blue photoluminescence, diffuse interstellar bands and ferro-magnetic carbon grain connections. Astron. Astrophys., 555:A39, July 2013.

[7] A. P. Jones, L. Fanciullo, M. Köhler, L. Verstraete, V. Guillet, M. Bocchio, and N. Ysard. The evolution of amorphous hydrocarbons in the ISM: dust modelling from a new vantage point. Astron. Astrophys., 558:A62, October 2013.

[8] M. Juvela, J. Montillaud, N. Ysard, and T. Lunttila. The degeneracy between dust colour temperature and spectral index. Comparison of methods for estimating the β(T) relation. Astron. Astrophys., 556:A63, August 2013.

[9] M. D. Lehnert, L. Le Tiran, N. P. H. Nesvadba, W. van Driel, F. Boulanger, and P. Di Matteo. On the self-regulation of intense star-formation in galaxies at z = 1-3. Astron. Astrophys., 555:A72, July 2013.

[10] G. Liu, N. L. Zakamska, J. E. Greene, N. P. H. Nesvadba, and X. Liu. Observations of feedback from radio-quiet quasars - II. Kinematics of ionized gas nebulae. Monthly Notices of the RAS, 436:2576–2597, December 2013.

[11] R. A. Overzier, N. P. H. Nesvadba, M. Dijkstra, N. A. Hatch, M. D. Lehnert, M. Villar-Martín, R. J. Wilman, and A. W. Zirm. Resolving the Optical Emission Lines of Lyα Blob "B1" at z = 2.38: Another Hidden Quasar. Astrophys. J., 771:89, July 2013.

[12] Planck Collaboration, P. A. R. Ade, N. Aghanim, M. I. R. Alves, M. Arnaud, M. Ashdown, F. Atrio-Barandela, J. Aumont, C. Baccigalupi, A. Balbi, A. J. Banday, R. B. Barreiro, J. G. Bartlett, E. Battaner, L. Bedini, K. Benabed, A. Benoît, J.-P. Bernard, M. Bersanelli, A. Bonaldi, J. R. Bond, J. Borrill, F. R. Bouchet, F. Boulanger, C. Burigana, R. C. Butler, P. Cabella, J.-F. Cardoso, X. Chen, L.-Y. Chiang, P. R. Christensen, D. L. Clements, S. Colombi, L. P. L. Colombo, A. Coulais, F. Cuttaia, R. D. Davies, R. J. Davis, P. de Bernardis, G. de Gasperis, G. de Zotti, J. Delabrouille, C. Dickinson, J. M. Diego, G. Dobler, H. Dole, S. Donzelli, O. Doré, M. Douspis, X. Dupac, T. A. Enßlin, F. Finelli, O. Forni, M. Frailis, E. Franceschi, S. Galeotta, K. Ganga, R. T. Génova-Santos, T. Ghosh, M. Giard, G. Giardino, Y. Giraud-Héraud, J. González-Nuevo, K. M. Górski, A. Gregorio, A. Gruppuso, F. K. Hansen, D. Harrison, C. Hernández-Monteagudo, S. R. Hildebrandt, E. Hivon, M. Hobson, W. A. Holmes, A. Hornstrup, W. Hovest, K. M. Huffenberger, T. R. Jaffe, A. H. Jaffe, M. Juvela, E. Keihänen, R. Keskitalo, T. S. Kisner, J. Knoche, M. Kunz, H. Kurki-Suonio, G. Lagache, A. Lähteenmäki, J.-M. Lamarre, A. Lasenby, C. R. Lawrence, S. Leach, R. Leonardi, P. B. Lilje, M. Linden-Vørnle, P. M. Lubin, J. F. Macías-Pérez, B. Maffei, D. Maino, N. Mandolesi, M. Maris, D. J. Marshall, P. G. Martin, E. Martínez-González, S. Masi, M. Massardi, S. Matarrese, P. Mazzotta, A. Melchiorri, A. Mennella, S. Mitra, M.-A. Miville-Deschênes, A. Moneti, L. Montier, G. Morgante, D. Mortlock, D. Munshi, J. A. Murphy, P. Naselsky, F. Nati, P. Natoli, H. U. Nørgaard-Nielsen, F. Noviello,

D. Novikov, I. Novikov, S. Osborne, C. A. Oxborrow, F. Pajot, R. Paladini, D. Paoletti, M. Peel, L. Perotto, F. Perrotta, F. Piacentini, M. Piat, E. Pierpaoli, D. Pietrobon, S. Plaszczynski, E. Pointecouteau, G. Polenta, L. Popa, T. Poutanen, G. W. Pratt, S. Prunet, J.-L. Puget, J. P. Rachen, W. T. Reach, R. Rebolo, M. Reinecke, C. Renault, S. Ricciardi, I. Ristorcelli, G. Rocha, C. Rosset, J. A. Rubiño-Martín, B. Rusholme, E. Salerno, M. Sandri, G. Savini, D. Scott, L. Spencer, V. Stolyarov, R. Sudiwala, A.-S. Suur-Uski, J.-F. Sygnet, J. A. Tauber, L. Terenzi, C. T. Tibbs, L. Toffolatti, M. Tomasi, M. Tristram, L. Valenziano, B. Van Tent, J. Varis, P. Vielva, F. Villa, N. Vittorio, L. A. Wade, B. D. Wandelt, N. Ysard, D. Yvon, A. Zacchei, and A. Zonca. Planck intermediate results. XII: Diffuse Galactic components in the Gould Belt system. Astron. Astrophys., 557:A53, September 2013.

[13] Planck Collaboration, P. A. R. Ade, N. Aghanim, M. Arnaud, M. Ashdown, F. Atrio-Barandela, J. Aumont, C. Baccigalupi, A. Balbi, A. J. Banday, and et al. Erratum: Planck intermediate results (Corrigendum). V. Pressure profiles of galaxy clusters from the Sunyaev-Zeldovich effect. Astron. Astrophys., 558:C2, October 2013.

[14] Planck Collaboration, P. A. R. Ade, N. Aghanim, M. Arnaud, M. Ashdown, F. Atrio-Barandela, J. Aumont, C. Baccigalupi, A. Balbi, A. J. Banday, and et al. Planck intermediate results. XI. The gas content of dark matter halos: the Sunyaev-Zeldovich-stellar mass relation for locally brightest galaxies. Astron. Astrophys., 557:A52, September 2013.

[15] L. Spezzi, N. L. J. Cox, T. Prusti, B. Merin, Á. Ribas, C. Alves de Oliveira, E. Winston, Á. Kóspál, P. Royer, R. Vavrek, Ph. André, G. L. Pilbratt, L. Testi, E. Bressert, L. Ricci, A. Men'shchikov, and V. Konyves. The Herschel Gould Belt Survey in Chamaeleon II. Properties of cold dust in disks around young stellar objects. Astronomy and Astrophysics, 555:71, July 1, 2013 2013.

[16] A. Suutarinen, L. K. Haikala, J. Harju, M. Juvela, Ph. André, J. M. Kirk, V. Konyves, and G. J. White. Determination of the far-infrared dust opacity in a prestellar core. Astronomy and Astrophysics, 555:140, July 1, 2013 2013.

[17] N. Ysard, A. Abergel, I. Ristorcelli, M. Juvela, L. Pagani, V. Könyves, L. Spencer, G. White, and A. Zavagno. Variation in dust properties in a dense filament of the Taurus molecular complex (L1506). Astron. Astrophys., 559:A133, November 2013.

2014

[18] A. Barrau, T. Cailleteau, J. Grain, and J. Mielczarek. Observational issues in loop quantum cosmology. Class. Quant. Grav., 31:053001, 2014.

[19] M. Bocchio, A. P. Jones, and J. D. Slavin. A re-evaluation of dust processing in supernova shock waves. Astron. Astrophys., 570:A32, October 2014.

[20] S. T. Bromley, T. P. M. Goumans, E. Herbst, A. P. Jones, and B. 2014 Slater. Challenges in modelling the reaction chemistry of interstellar dust. Phys Chem Chem Phys., 16:18623, September 2014.

[21] A. Catalano, P. Ade, Y. Atik, A. Benoit, E. Bréele, J. J. Bock, P. Camus, M. Charra, B. P. Crill, N. Coron, A. Coulais, F.-X. Désert, L. Fauvet, Y. Giraud-Heraud, O. Guillaudin, W. Holmes, W. C. Jones, J.-M. Lamarre, J. Macias-Perez, M. Martinez, A. Miniussi, A. Monfardini, F. Pajot, G. Patanchon, A. Pelissier, M. Piat, J.-L. Puget, C. Renault, C. Rosset, D. Santos, A. Sauvé, L. Spencer, and R. Sudiwala. Characterization and physical explanation of energetic particles on planck hfi instrument. Journal of Low Temperature Physics, 176:773–786, 2014.

[22] I. De Looze, J. Fritz, M. Baes, G. J. Bendo, L. Cortese, M. Boquien, A. Boselli, P. Camps, A. Cooray, D. Cormier, J. I. Davies, G. De Geyter, T. M. Hughes, A. P. Jones, O. Ł. Karczewski, V. Lebouteiller, N. Lu, S. C. Madden, A. Rémy-Ruyer, L. Spinoglio, M. W. L. Smith, S. Viaene, and C. D. Wilson. High-resolution, 3D radiative transfer modeling. I. The grand-design spiral galaxy M 51. Astron. Astrophys., 571:A69, November 2014.

[23] D. Dicken, C. Tadhunter, R. Morganti, D. Axon, A. Robinson, M. Magagnoli, P. Kharb, C. Ramos Almeida, B. Mingo, M. Hardcastle, N. P. H. Nesvadba, V. Singh, M. B. N. Kouwenhoven, M. Rose, H. Spoon, K. J. Inskip, and J. Holt. Spitzer Mid-IR Spectroscopy of Powerful 2Jy and 3CRR Radio Galaxies. II. AGN Power Indicators and Unification. Astrophys. J., 788:98, June 2014.

[24] G. Drouart, C. De Breuck, J. Vernet, N. Seymour, M. Lehnert, P. Barthel, F. E. Bauer, E. Ibar, A. Galametz, M. Haas, N. Hatch, J. R. Mullaney, N. Nesvadba, B. Rocca-Volmerange, H. J. A. Röttgering, D. Stern, and D. Wylezalek. Rapidly growing black holes and host galaxies in the distant Universe from the Herschel Radio Galaxy Evolution Project. Astron. Astrophys., 566:A53, June 2014.

[25] A. Ferté and J. Grain. Detecting chiral gravity with the pure pseudospectrum reconstruction of the cosmic microwave background polarized anisotropies. Phys. Rev., D89(10):103516, 2014.

[26] S. L. Hamer, A. C. Edge, A. M. Swinbank, J. B. R. Oonk, R. Mittal, B. R. McNamara, H. R. Russell, M. N. Bremer, F. Combes, A. C. Fabian, N. P. H. Nesvadba, C. P. O'Dea, S. A. Baum, P. Salomé, G. Tremblay, M. Donahue, G. J. Ferland, and C. L. Sarazin. Cold gas dynamics in Hydra-A: evidence for a rotating disc. Monthly Notices of the RAS, 437:862–878, January 2014.

[27] G. Hurier, N. Aghanim, and M. Douspis. Modeling the cross power spectrum of the Sunyaev-Zel'dovich and X-ray surveys. Astron. Astrophys., 568:A57, August 2014.

[28] G. Hurier, N. Aghanim, M. Douspis, and E. Pointecouteau. Measurement of the T_{CMB} evolution from the Sunyaev-Zel'dovich effect. Astron. Astrophys., 561:A143, January 2014.

[29] S. Ilić, M. Langer, and M. Douspis. Detecting the integrated Sachs-Wolfe effect with stacked voids (Corrigendum). Astron. Astrophys., 572:C2, December 2014.

[30] A. P. Jones. A framework for resolving the origin, nature and evolution of the diffuse interstellar band carriers? Planetary Space Science, 100:26–31, October 2014.

[31] M. Köhler, A. Jones, and N. Ysard. A hidden reservoir of Fe/FeS in interstellar silicates? Astron. Astrophys., 565:L9, May 2014.

[32] F. Lacasa and N. Aghanim. Optimal estimator for the amplitude of the bispectrum from infrared clustered sources. Astron. Astrophys., 569:A51, September 2014.

[33] F. Lacasa, A. Pénin, and N. Aghanim. Non-Gaussianity of the cosmic infrared background anisotropies - I. Diagrammatic formalism and application to the angular bispectrum. Monthly Notices of the RAS, 439:123–142, March 2014.

[34] J. Malinen, M. Juvela, S. Zahorecz, A. Rivera-Ingraham, J. Montillaud, K. Arimatsu, J.-P. Bernard, Y. Doi, L. K. Haikala, R. Kawabe, G. Marton, P. McGehee, V.-M. Pelkonen, I. Ristorcelli, Y. Shimajiri, S. Takita, L. V. Tóth, T. Tsukagoshi, and N. Ysard. Multiwavelength study of the high-latitude cloud L1642: chain of star formation. Astron. Astrophys., 563:A125, March 2014.

[35] J. Martino, A. Miniussi, M. Piat, D. Prele, F. Pajot, T. Decourcelle, F. Voisin, B. Bélier, N. Coron, A. Ghribi, S. Marnieros, and C. Perbost. Complementary measurement of thermal architecture of nbsi tes with alpha particle and complex impedance. Journal of Low Temperature Physics, 176:350–355, 2014.

[36] A. Miniussi, J.-L. Puget, W. Holmes, G. Patanchon, A. Catalano, Y. Giraud-Heraud, F. Pajot, M. Piat, and L. Vibert. Study of cosmic ray impact on planck/hfi low temperature detectors. Journal of Low Temperature Physics, 176:815–821, 2014.

[37] A. Pénin, F. Lacasa, and N. Aghanim. Non-Gaussianity of the cosmic infrared background anisotropies - II. Predictions of the bispectrum and constraints forecast. Monthly Notices of the RAS, 439:143–156, March 2014.

[38] Planck Collaboration, A. Abergel, P. A. R. Ade, N. Aghanim, M. I. R. Alves, G. Aniano, C. Armitage-Caplan, M. Arnaud, M. Ashdown, F. Atrio-Barandela, and et al. Planck 2013 results. XI. All-sky model of thermal dust emission. Astron. Astrophys., 571:A11, November 2014.

[39] Planck Collaboration, A. Abergel, P. A. R. Ade, N. Aghanim, M. I. R. Alves, G. Aniano, M. Arnaud, M. Ashdown, J. Aumont, C. Baccigalupi, A. J. Banday, R. B. Barreiro, J. G. Bartlett, E. Battaner, K. Benabed, A. Benoit-Lévy, J.-P. Bernard, M. Bersanelli, P. Bielewicz, J. Bobin, A. Bonaldi, J. R. Bond, F. R. Bouchet, F. Boulanger, C. Burigana, J.-F. Cardoso, A. Catalano, A. Chamballu, H. C. Chiang, P. R. Christensen, D. L. Clements, S. Colombi, L. P. L. Colombo, F. Couchot, B. P. Crill, F. Cuttaia, L. Danese, R. J. Davis, P. de Bernardis, A. de Rosa, G. de Zotti, J. Delabrouille, F.-X. Désert, C. Dickinson, J. M. Diego, H. Dole, S. Donzelli, O. Doré, M. Douspis, X. Dupac, G. Efstathiou, T. A. Enßlin, H. K. Eriksen, E. Falgarone, F. Finelli, O. Forni, M. Frailis, E. Franceschi, S. Galeotta, K. Ganga, T. Ghosh, M. Giard, Y. Giraud-Héraud, J. González-Nuevo, K. M. Górski, A. Gregorio, A. Gruppuso, V. Guillet, F. K. Hansen, D. Harrison, G. Helou, S. Henrot-Versillé, C. Hernández-Monteagudo, D. Herranz, S. R. Hildebrandt, E. Hivon, M. Hobson, W. A. Holmes, A. Hornstrup, W. Hovest, K. M. Huffenberger, A. H. Jaffe, T. R. Jaffe, G. Joncas, A. Jones, W. C. Jones, M. Juvela, P. Kalberla, E. Keihänen, J. Kerp, R. Keskitalo, T. S.

Kisner, R. Kneissl, J. Knoche, M. Kunz, H. Kurki-Suonio, G. Lagache, A. Lähteenmäki, J.-M. Lamarre, A. Lasenby, C. R. Lawrence, R. Leonardi, F. Levrier, M. Liguori, P. B. Lilje, M. Linden-Vørnle, M. López-Caniego, P. M. Lubin, J. F. Macías-Pérez, B. Maffei, D. Maino, N. Mandolesi, M. Maris, D. J. Marshall, P. G. Martin, E. Martínez-González, S. Masi, M. Massardi, S. Matarrese, P. Mazzotta, A. Melchiorri, L. Mendes, A. Mennella, M. Migliaccio, S. Mitra, M.-A. Miville-Deschênes, A. Moneti, L. Montier, G. Morgante, D. Mortlock, D. Munshi, J. A. Murphy, P. Naselsky, F. Nati, P. Natoli, F. Noviello, D. Novikov, I. Novikov, C. A. Oxborrow, L. Pagano, F. Pajot, D. Paoletti, F. Pasian, O. Perdereau, L. Perotto, F. Perrotta, F. Piacentini, M. Piat, E. Pierpaoli, D. Pietrobon, S. Plaszczynski, E. Pointecouteau, G. Polenta, N. Ponthieu, L. Popa, G. W. Pratt, S. Prunet, J.-L. Puget, J. P. Rachen, W. T. Reach, R. Rebolo, M. Reinecke, M. Remazeilles, C. Renault, S. Ricciardi, T. Riller, I. Ristorcelli, G. Rocha, C. Rosset, G. Roudier, B. Rusholme, M. Sandri, G. Savini, L. D. Spencer, J.-L. Starck, F. Sureau, D. Sutton, A.-S. Suur-Uski, J.-F. Sygnet, J. A. Tauber, L. Terenzi, L. Toffolatti, M. Tomasi, M. Tristram, M. Tucci, G. Umana, L. Valenziano, J. Valiviita, B. Van Tent, L. Verstraete, P. Vielva, F. Villa, L. A. Wade, B. D. Wandelt, B. Winkel, D. Yvon, A. Zacchei, and A. Zonca. Planck intermediate results. XVII. Emission of dust in the diffuse interstellar medium from the far-infrared to microwave frequencies. Astron. Astrophys., 566:A55, June 2014.

[40] Planck Collaboration, P. A. R. Ade, N. Aghanim, M. I. R. Alves, C. Armitage-Caplan, M. Arnaud, M. Ashdown, F. Atrio-Barandela, J. Aumont, H. Aussel, and et al. Planck 2013 results. I. Overview of products and scientific results. Astron. Astrophys., 571:A1, November 2014.

[41] Planck Collaboration, P. A. R. Ade, N. Aghanim, M. I. R. Alves, C. Armitage-Caplan, M. Arnaud, M. Ashdown, F. Atrio-Barandela, J. Aumont, C. Baccigalupi, and et al. Planck 2013 results. XIII. Galactic CO emission. Astron. Astrophys., 571:A13, November 2014.

[42] Planck Collaboration, P. A. R. Ade, N. Aghanim, M. I. R. Alves, M. Arnaud, M. Ashdown, F. Atrio-Barandela, J. Aumont, C. Baccigalupi, A. J. Banday, R. B. Barreiro, J. G. Bartlett, E. Battaner, K. Benabed, A. Benoit-Lévy, J.-P. Bernard, M. Bersanelli, P. Bielewicz, J. Bobin, A. Bonaldi, J. R. Bond, J. Borrill, F. R. Bouchet, F. Boulanger, M. Bucher, C. Burigana, R. C. Butler, J.-F. Cardoso, A. Catalano, A. Chamballu, H. C. Chiang, L.-Y. Chiang, P. R. Christensen, D. L. Clements, S. Colombi, L. P. L. Colombo, F. Couchot, B. P. Crill, A. Curto, F. Cuttaia, L. Danese, R. D. Davies, R. J. Davis, P. de Bernardis, A. de Rosa, G. de Zotti, J. Delabrouille, C. Dickinson, J. M. Diego, H. Dole, S. Donzelli, O. Doré, M. Douspis, X. Dupac, T. A. Enßlin, H. K. Eriksen, E. Falgarone, F. Finelli, O. Forni, M. Frailis, E. Franceschi, S. Galeotta, K. Ganga, T. Ghosh, M. Giard, G. Giardino, J. González-Nuevo, K. M. Górski, A. Gregorio, A. Gruppuso, F. K. Hansen, D. L. Harrison, C. Hernández-Monteagudo, D. Herranz, S. R. Hildebrandt, E. Hivon, W. A. Holmes, A. Hornstrup, W. Hovest, A. H. Jaffe, W. C. Jones, M. Juvela, E. Keihänen, R. Keskitalo, T. S. Kisner, R. Kneissl, J. Knoche, M. Kunz, H. Kurki-Suonio, G. Lagache, A. Läh-

teenmäki, J.-M. Lamarre, A. Lasenby, R. J. Laureijs, C. R. Lawrence, R. Leonardi, F. Levrier, M. Liguori, P. B. Lilje, M. Linden-Vørnle, M. López-Caniego, J. F. Macías-Pérez, B. Maffei, D. Maino, N. Mandolesi, M. Maris, D. J. Marshall, P. G. Martin, E. Martínez-González, S. Masi, S. Matarrese, P. Mazzotta, A. Melchiorri, L. Mendes, A. Mennella, M. Migliaccio, S. Mitra, M.-A. Miville-Deschênes, A. Moneti, L. Montier, G. Morgante, D. Mortlock, D. Munshi, J. A. Murphy, P. Naselsky, F. Nati, P. Natoli, H. U. Nørgaard-Nielsen, F. Noviello, D. Novikov, I. Novikov, C. A. Oxborrow, L. Pagano, F. Pajot, R. Paladini, D. Paoletti, F. Pasian, G. Patanchon, M. Peel, O. Perdereau, F. Perrotta, F. Piacentini, M. Piat, E. Pierpaoli, D. Pietrobon, S. Plaszczynski, E. Pointecouteau, G. Polenta, N. Ponthieu, L. Popa, G. W. Pratt, S. Prunet, J.-L. Puget, J. P. Rachen, W. T. Reach, R. Rebolo, M. Reinecke, M. Remazeilles, C. Renault, S. Ricciardi, T. Riller, I. Ristorcelli, G. Rocha, C. Rosset, J. A. Rubiño-Martín, B. Rusholme, M. Sandri, G. Savini, D. Scott, L. D. Spencer, J.-L. Starck, V. Stolyarov, F. Sureau, D. Sutton, A.-S. Suur-Uski, J.-F. Sygnet, J. A. Tauber, D. Tavagnacco, L. Terenzi, L. Toffolatti, M. Tomasi, M. Tristram, M. Tucci, L. Valenziano, J. Valiviita, B. Van Tent, L. Verstraete, P. Vielva, F. Villa, N. Vittorio, L. A. Wade, B. D. Wandelt, D. Yvon, A. Zacchei, and A. Zonca. Planck intermediate results. XIV. Dust emission at millimetre wavelengths in the Galactic plane. Astron. Astrophys., 564:A45, April 2014.

[43] Planck Collaboration, P. A. R. Ade, N. Aghanim, M. I. R. Alves, M. Arnaud, F. Atrio-Barandela, J. Aumont, C. Baccigalupi, A. J. Banday, R. B. Barreiro, E. Battaner, K. Benabed, A. Benoit-Lévy, J.-P. Bernard, M. Bersanelli, P. Bielewicz, J. Bobin, A. Bonaldi, J. R. Bond, J. Borrill, F. R. Bouchet, F. Boulanger, C. Burigana, J.-F. Cardoso, S. Casassus, A. Catalano, A. Chamballu, X. Chen, H. C. Chiang, L.-Y. Chiang, P. R. Christensen, D. L. Clements, S. Colombi, L. P. L. Colombo, F. Couchot, B. P. Crill, F. Cuttaia, L. Danese, R. D. Davies, R. J. Davis, P. de Bernardis, A. de Rosa, G. de Zotti, J. Delabrouille, F.-X. Désert, Dickinson, C. , J. M. Diego, S. Donzelli, O. Doré, X. Dupac, T. A. Enßlin, H. K. Eriksen, F. Finelli, O. Forni, E. Franceschi, S. Galeotta, K. Ganga, R. T. Génova-Santos, T. Ghosh, M. Giard, J. González-Nuevo, K. M. Górski, A. Gregorio, A. Gruppuso, F. K. Hansen, D. L. Harrison, G. Helou, C. Hernández-Monteagudo, S. R. Hildebrandt, E. Hivon, M. Hobson, A. Hornstrup, A. H. Jaffe, T. R. Jaffe, W. C. Jones, E. Keihänen, R. Keskitalo, R. Kneissl, J. Knoche, M. Kunz, H. Kurki-Suonio, A. Lähteenmäki, J.-M. Lamarre, A. Lasenby, C. R. Lawrence, R. Leonardi, M. Liguori, P. B. Lilje, M. Linden-Vørnle, M. López-Caniego, J. F. Macías-Pérez, B. Maffei, D. Maino, N. Mandolesi, D. J. Marshall, P. G. Martin, E. Martínez-González, S. Masi, M. Massardi, S. Matarrese, P. Mazzotta, P. R. Meinhold, A. Melchiorri, L. Mendes, A. Mennella, M. Migliaccio, M.-A. Miville-Deschênes, A. Moneti, L. Montier, G. Morgante, D. Mortlock, D. Munshi, P. Naselsky, F. Nati, P. Natoli, H. U. Nørgaard-Nielsen, F. Noviello, D. Novikov, I. Novikov, C. A. Oxborrow, L. Pagano, F. Pajot, R. Paladini, D. Paoletti, G. Patanchon, T. J. Pearson, M. Peel, O. Perdereau, F. Perrotta, F. Piacentini, M. Piat, E. Pierpaoli, D. Pietrobon, S. Plaszczynski, E. Pointecouteau, G. Polenta, N. Ponthieu, L. Popa, G. W. Pratt, S. Prunet, J.-L. Pu-

get, J. P. Rachen, R. Rebolo, W. Reich, M. Reinecke, M. Remazeilles, C. Renault, S. Ricciardi, T. Riller, I. Ristorcelli, G. Rocha, C. Rosset, G. Roudier, J. A. Rubiño-Martín, B. Rusholme, M. Sandri, G. Savini, D. Scott, L. D. Spencer, V. Stolyarov, D. Sutton, A.-S. Suur-Uski, J.-F. Sygnet, J. A. Tauber, D. Tavagnacco, L. Terenzi, C. T. Tibbs, L. Toffolatti, M. Tomasi, M. Tristram, M. Tucci, L. Valenziano, J. Valiviita, B. Van Tent, J. Varis, L. Verstraete, P. Vielva, F. Villa, B. D. Wandelt, R. Watson, A. Wilkinson, N. Ysard, D. Yvon, A. Zacchei, and A. Zonca. Planck intermediate results. XV. A study of anomalous microwave emission in Galactic clouds. Astron. Astrophys., 565:A103, May 2014.

[44] Planck Collaboration, P. A. R. Ade, N. Aghanim, F. Argüeso, C. Armitage-Caplan, M. Arnaud, M. Ashdown, F. Atrio-Barandela, J. Aumont, C. Baccigalupi, and et al. Planck 2013 results. XXVIII. The Planck Catalogue of Compact Sources. Astron. Astrophys., 571:A28, November 2014.

[45] Planck Collaboration, P. A. R. Ade, N. Aghanim, C. Armitage-Caplan, M. Arnaud, M. Ashdown, F. Atrio-Barandela, J. Aumont, H. Aussel, C. Baccigalupi, and et al. Planck 2013 results. XXIX. The Planck catalogue of Sunyaev-Zeldovich sources. Astron. Astrophys., 571:A29, November 2014.

[46] Planck Collaboration, P. A. R. Ade, N. Aghanim, C. Armitage-Caplan, M. Arnaud, M. Ashdown, F. Atrio-Barandela, J. Aumont, C. Baccigalupi, A. J. Banday, R. B. Barreiro, J. G. Bartlett, E. Battaner, K. Benabed, A. Benoît, A. Benoit-Lévy, J. P. Bernard, M. Bersanelli, M. Bethermin, P. Bielewicz, K. Blagrave, J. Bobin, J. J. Bock, A. Bonaldi, J. R. Bond, J. Borrill, F. R. Bouchet, F. Boulanger, M. Bridges, M. Bucher, C. Burigana, R. C. Butler, J. F. Cardoso, A. Catalano, A. Challinor, A. Chamballu, X. Chen, H. C. Chiang, L. Y. Chiang, P. R. Christensen, S. Church, D. L. Clements, S. Colombi, L. P. L. Colombo, F. Couchot, A. Coulais, B. P. Crill, A. Curto, F. Cuttaia, L. Danese, R. D. Davies, R. J. Davis, P. de Bernardis, A. de Rosa, G. de Zotti, J. Delabrouille, J. M. Delouis, F. X. Désert, C. Dickinson, J. M. Diego, H. Dole, S. Donzelli, O. Doré, M. Douspis, X. Dupac, G. Efstathiou, T. A. Enßlin, H. K. Eriksen, F. Finelli, O. Forni, M. Frailis, E. Franceschi, S. Galeotta, K. Ganga, T. Ghosh, M. Giard, Y. Giraud-Héraud, J. Gonzá lez-Nuevo, K. M. Górski, S. Gratton, A. Gregorio, A. Gruppuso, F. K. Hansen, D. Hanson, D. Harrison, G. Helou, S. Henrot-Versillé, C. Hernández-Monteagudo, D. Herranz, S. R. Hildebrandt, E. Hivon, M. Hobson, W. A. Holmes, A. Hornstrup, W. Hovest, K. M. Huffenberger, A. H. Jaffe, T. R. Jaffe, W. C. Jones, M. Juvela, P. Kalberla, E. Keihänen, J. Kerp, R. Keskitalo, T. S. Kisner, R. Kneissl, J. Knoche, L. Knox, M. Kunz, H. Kurki-Suonio, F. Lacasa, G. Lagache, A. Lähteenmäki, J. M. Lamarre, M. Langer, A. Lasenby, R. J. Laureijs, C. R. Lawrence, R. Leonardi, J. León-Tavares, J. Lesgourgues, M. Liguori, P. B. Lilje, M. Linden-Vørnle, M. López- Caniego, P. M. Lubin, J. F. Macías-Pérez, B. Maffei, D. Maino, N. Mandolesi, M. Maris, D. J. Marshall, P. G. Martin, E. Martínez-González, S. Masi, M. Massardi, S. Matarrese, F. Matthai, P. Mazzotta, A. Melchiorri, L. Mendes, A. Mennella, M. Migliaccio, S. Mitra, M. A. Miville-Deschênes, A. Moneti, L. Montier, G. Morgante, D. Mortlock, D. Munshi, J. A. Murphy, P. Naselsky, F. Nati, P. Natoli, C. B. Netterfield, H. U. Nørgaard-Nielsen, F. Noviello, D. Novikov, I. Novikov, S. Os-

borne, C. A. Oxborrow, F. Paci, L. Pagano, F. Pajot, R. Paladini, D. Paoletti, B. Partridge, F. Pasian, G. Patanchon, O. Perdereau, L. Perotto, F. Perrotta, F. Piacentini, M. Piat, E. Pierpaoli, D. Pietrobon, S. Plaszczynski, E. Pointecouteau, G. Polenta, N. Ponthieu, L. Popa, T. Poutanen, G. W. Pratt, G. Prézeau, S. Prunet, J. L. Puget, J. P. Rachen, W. T. Reach, R. Rebolo, M. Reinecke, M. Remazeilles, C. Renault, S. Ricciardi, T. Riller, I. Ristorcelli, G. Rocha, C. Rosset, G. Roudier, M. Rowan-Robinson, J. A. Rubi
textasciitilde no-Martín, B. Rusholme, M. Sandri, D. Santos, G. Savini, D. Scott, M. D. Seiffert, P. Serra, E. P. S. Shellard, L. D. Spencer, J. L. Starck, V. Stolyarov, R. Stompor, R. Sudiwala, R. Sunyaev, F. Sureau, D. Sutton, A. S. Suur-Uski, J. F. Sygnet, J. A. Tauber, D. Tavagnacco, L. Terenzi, L. Toffolatti, M. Tomasi, M. Tristram, M. Tucci, J. Tuovinen, M. Türler, L. Valenziano, J. Valiviita, B. Van Tent, P. Vielva, F. Villa, N. Vittorio, L. A. Wade, B. D. Wandelt, N. Welikala, M. White, S. D. M. White, B. Winkel, D. Yvon, A. Zacchei, and A. Zonca. Planck 2013 results. XXX. Cosmic infrared background measurements and implications for star formation. Astron. Astrophys., 571:A30, November 2014.

[47] Planck Collaboration, P. A. R. Ade, N. Aghanim, C. Armitage-Caplan, M. Arnaud, M. Ashdown, F. Atrio-Barandela, J. Aumont, C. Baccigalupi, A. J. Banday, and et al. Planck 2013 results. IX. HFI spectral response. Astron. Astrophys., 571:A9, November 2014.

[48] Planck Collaboration, P. A. R. Ade, N. Aghanim, C. Armitage-Caplan, M. Arnaud, M. Ashdown, F. Atrio-Barandela, J. Aumont, C. Baccigalupi, A. J. Banday, and et al. Planck 2013 results. VI. High Frequency Instrument data processing. Astron. Astrophys., 571:A6, November 2014.

[49] Planck Collaboration, P. A. R. Ade, N. Aghanim, C. Armitage-Caplan, M. Arnaud, M. Ashdown, F. Atrio-Barandela, J. Aumont, C. Baccigalupi, A. J. Banday, and et al. Planck 2013 results. VII. HFI time response and beams. Astron. Astrophys., 571:A7, November 2014.

[50] Planck Collaboration, P. A. R. Ade, N. Aghanim, C. Armitage-Caplan, M. Arnaud, M. Ashdown, F. Atrio-Barandela, J. Aumont, C. Baccigalupi, A. J. Banday, and et al. Planck 2013 results. VIII. HFI photometric calibration and mapmaking. Astron. Astrophys., 571:A8, November 2014.

[51] Planck Collaboration, P. A. R. Ade, N. Aghanim, C. Armitage-Caplan, M. Arnaud, M. Ashdown, F. Atrio-Barandela, J. Aumont, C. Baccigalupi, A. J. Banday, and et al. Planck 2013 results. X. HFI energetic particle effects: characterization, removal, and simulation. Astron. Astrophys., 571:A10, November 2014.

[52] Planck Collaboration, P. A. R. Ade, N. Aghanim, C. Armitage-Caplan, M. Arnaud, M. Ashdown, F. Atrio-Barandela, J. Aumont, C. Baccigalupi, A. J. Banday, and et al. Planck 2013 results. XII. Diffuse component separation. Astron. Astrophys., 571:A12, November 2014.

[53] Planck Collaboration, P. A. R. Ade, N. Aghanim, C. Armitage-Caplan, M. Arnaud, M. Ashdown, F. Atrio-Barandela, J. Aumont, C. Baccigalupi, A. J. Ban-

day, and et al. Planck 2013 results. XIV. Zodiacal emission. Astron. Astrophys., 571:A14, November 2014.

[54] Planck Collaboration, P. A. R. Ade, N. Aghanim, C. Armitage-Caplan, M. Arnaud, M. Ashdown, F. Atrio-Barandela, J. Aumont, C. Baccigalupi, A. J. Banday, and et al. Planck 2013 results. XIX. The integrated Sachs-Wolfe effect. Astron. Astrophys., 571:A19, November 2014.

[55] Planck Collaboration, P. A. R. Ade, N. Aghanim, C. Armitage-Caplan, M. Arnaud, M. Ashdown, F. Atrio-Barandela, J. Aumont, C. Baccigalupi, A. J. Banday, and et al. Planck 2013 results. XV. CMB power spectra and likelihood. Astron. Astrophys., 571:A15, November 2014.

[56] Planck Collaboration, P. A. R. Ade, N. Aghanim, C. Armitage-Caplan, M. Arnaud, M. Ashdown, F. Atrio-Barandela, J. Aumont, C. Baccigalupi, A. J. Banday, and et al. Planck 2013 results. XVI. Cosmological parameters. Astron. Astrophys., 571:A16, November 2014.

[57] Planck Collaboration, P. A. R. Ade, N. Aghanim, C. Armitage-Caplan, M. Arnaud, M. Ashdown, F. Atrio-Barandela, J. Aumont, C. Baccigalupi, A. J. Banday, and et al. Planck 2013 results. XVII. Gravitational lensing by large-scale structure. Astron. Astrophys., 571:A17, November 2014.

[58] Planck Collaboration, P. A. R. Ade, N. Aghanim, C. Armitage-Caplan, M. Arnaud, M. Ashdown, F. Atrio-Barandela, J. Aumont, C. Baccigalupi, A. J. Banday, and et al. Planck 2013 results. XVIII. The gravitational lensing-infrared background correlation. Astron. Astrophys., 571:A18, November 2014.

[59] Planck Collaboration, P. A. R. Ade, N. Aghanim, C. Armitage-Caplan, M. Arnaud, M. Ashdown, F. Atrio-Barandela, J. Aumont, C. Baccigalupi, A. J. Banday, and et al. Planck 2013 results. XX. Cosmology from Sunyaev-Zeldovich cluster counts. Astron. Astrophys., 571:A20, November 2014.

[60] Planck Collaboration, P. A. R. Ade, N. Aghanim, C. Armitage-Caplan, M. Arnaud, M. Ashdown, F. Atrio-Barandela, J. Aumont, C. Baccigalupi, A. J. Banday, and et al. Planck 2013 results. XXI. Power spectrum and high-order statistics of the Planck all-sky Compton parameter map. Astron. Astrophys., 571:A21, November 2014.

[61] Planck Collaboration, P. A. R. Ade, N. Aghanim, C. Armitage-Caplan, M. Arnaud, M. Ashdown, F. Atrio-Barandela, J. Aumont, C. Baccigalupi, A. J. Banday, and et al. Planck 2013 results. XXII. Constraints on inflation. Astron. Astrophys., 571:A22, November 2014.

[62] Planck Collaboration, P. A. R. Ade, N. Aghanim, C. Armitage-Caplan, M. Arnaud, M. Ashdown, F. Atrio-Barandela, J. Aumont, C. Baccigalupi, A. J. Banday, and et al. Planck 2013 results. XXIII. Isotropy and statistics of the CMB. Astron. Astrophys., 571:A23, November 2014.

[63] Planck Collaboration, P. A. R. Ade, N. Aghanim, C. Armitage-Caplan, M. Arnaud, M. Ashdown, F. Atrio-Barandela, J. Aumont, C. Baccigalupi, A. J. Banday, and et al. Planck 2013 results. XXIV. Constraints on primordial non-Gaussianity. Astron. Astrophys., 571:A24, November 2014.

[64] Planck Collaboration, P. A. R. Ade, N. Aghanim, C. Armitage-Caplan, M. Arnaud, M. Ashdown, F. Atrio-Barandela, J. Aumont, C. Baccigalupi, A. J. Ban-

day, and et al. Planck 2013 results. XXV. Searches for cosmic strings and other topological defects. Astron. Astrophys., 571:A25, November 2014.

[65] Planck Collaboration, P. A. R. Ade, N. Aghanim, C. Armitage-Caplan, M. Arnaud, M. Ashdown, F. Atrio-Barandela, J. Aumont, C. Baccigalupi, A. J. Banday, and et al. Planck 2013 results. XXVI. Background geometry and topology of the Universe. Astron. Astrophys., 571:A26, November 2014.

[66] Planck Collaboration, P. A. R. Ade, N. Aghanim, M. Arnaud, M. Ashdown, J. Aumont, C. Baccigalupi, A. Balbi, A. J. Banday, R. B. Barreiro, E. Battaner, K. Benabed, A. Benoit-Lévy, J.-P. Bernard, M. Bersanelli, P. Bielewicz, I. Bikmaev, J. Bobin, J. J. Bock, A. Bonaldi, J. R. Bond, J. Borrill, F. R. Bouchet, C. Burigana, R. C. Butler, P. Cabella, J.-F. Cardoso, A. Catalano, A. Chamballu, L.-Y. Chiang, G. Chon, P. R. Christensen, D. L. Clements, S. Colombi, L. P. L. Colombo, B. P. Crill, F. Cuttaia, A. Da Silva, H. Dahle, R. D. Davies, R. J. Davis, P. de Bernardis, G. de Gasperis, G. de Zotti, J. Delabrouille, J. Démoclès, J. M. Diego, K. Dolag, H. Dole, S. Donzelli, O. Doré, U. Dörl, M. Douspis, X. Dupac, T. A. Enßlin, F. Finelli, I. Flores-Cacho, O. Forni, M. Frailis, M. Frommert, S. Galeotta, K. Ganga, R. T. Génova-Santos, M. Giard, G. Giardino, J. Gonzáalez-Nuevo, A. Gregorio, A. Gruppuso, F. K. Hansen, D. Harrison, C. Hernández-Monteagudo, D. Herranz, S. R. Hildebrandt, E. Hivon, W. A. Holmes, W. Hovest, K. M. Huffenberger, G. Hurier, T. R. Jaffe, A. H. Jaffe, J. Jasche, W. C. Jones, M. Juvela, E. Keihánen, R. Keskitalo, I. Khamitov, T. S. Kisner, J. Knoche, M. Kunz, H. Kurki-Suonio, G. Lagache, A. Lähteenmäki, J.-M. Lamarre, A. Lasenby, C. R. Lawrence, M. Le Jeune, R. Leonardi, P. B. Lilje, M. Linden-Vørnle, M. López-Caniego, J. F. Macías-Pérez, D. Maino, D. S. Y. Mak, N. Mandolesi, M. Maris, F. Marleau, E. Martínez-González, S. Masi, S. Matarrese, P. Mazzotta, A. Melchiorri, J.-B. Melin, L. Mendes, A. Mennella, M. Migliaccio, S. Mitra, M.-A. Miville-Deschênes, A. Moneti, L. Montier, G. Morgante, D. Mortlock, A. Moss, D. Munshi, J. A. Murphy, P. Naselsky, F. Nati, P. Natoli, C. B. Netterfield, H. U. Nørgaard-Nielsen, F. Noviello, D. Novikov, I. Novikov, S. Osborne, L. Pagano, D. Paoletti, O. Perdereau, F. Perrotta, F. Piacentini, M. Piat, E. Pierpaoli, D. Pietrobon, S. Plaszczynski, E. Pointecouteau, G. Polenta, L. Popa, T. Poutanen, G. W. Pratt, S. Prunet, J.-L. Puget, S. Puisieux, J. P. Rachen, R. Rebolo, M. Reinecke, M. Remazeilles, C. Renault, S. Ricciardi, M. Roman, J. A. Rubiño-Martín, B. Rusholme, M. Sandri, G. Savini, D. Scott, L. Spencer, R. Sunyaev, D. Sutton, A.-S. Suur-Uski, J.-F. Sygnet, J. A. Tauber, L. Terenzi, L. Toffolatti, M. Tomasi, M. Tristram, M. Tucci, L. Valenziano, J. Valiviita, B. Van Tent, P. Vielva, F. Villa, N. Vittorio, L. A. Wade, N. Welikala, D. Yvon, A. Zacchei, J. P. Zibin, and A. Zonca. Planck intermediate results. XIII. Constraints on peculiar velocities. Astron. Astrophys., 561:A97, January 2014.

[67] Planck Collaboration, P. A. R. Ade, N. Aghanim, M. Arnaud, M. Ashdown, J. Aumont, C. Baccigalupi, A. J. Banday, R. B. Barreiro, J. G. Bartlett, E. Battaner, K. Benabed, A. Benoit-Lévy, J.-P. Bernard, M. Bersanelli, P. Bielewicz, J. Bobin, A. Bonaldi, J. R. Bond, F. R. Bouchet, C. Burigana, J.-F. Cardoso, A. Catalano, A. Chamballu, H. C. Chiang, P. R. Christensen, D. L. Clements,

S. Colombi, L. P. L. Colombo, F. Couchot, F. Cuttaia, L. Danese, R. D. Davies, R. J. Davis, P. de Bernardis, A. de Rosa, G. de Zotti, J. Delabrouille, C. Dickinson, J. M. Diego, H. Dole, S. Donzelli, O. Doré, M. Douspis, X. Dupac, T. A. Enßlin, H. K. Eriksen, F. Finelli, O. Forni, M. Frailis, E. Franceschi, S. Galeotta, S. Galli, K. Ganga, M. Giard, Y. Giraud-Héraud, J. González-Nuevo, K. M. Górski, A. Gregorio, A. Gruppuso, F. K. Hansen, D. L. Harrison, S. Henrot-Versillé, C. Hernández-Monteagudo, D. Herranz, S. R. Hildebrandt, E. Hivon, M. Hobson, W. A. Holmes, A. Hornstrup, W. Hovest, K. M. Huffenberger, A. H. Jaffe, T. R. Jaffe, W. C. Jones, M. Juvela, E. Keihänen, R. Keskitalo, T. S. Kisner, R. Kneissl, J. Knoche, L. Knox, M. Kunz, H. Kurki-Suonio, G. Lagache, A. Lähteenmäki, J.-M. Lamarre, A. Lasenby, C. R. Lawrence, R. Leonardi, A. Liddle, M. Liguori, P. B. Lilje, M. Linden-Vørnle, M. López-Caniego, P. M. Lubin, J. F. Macías-Pérez, B. Maffei, D. Maino, N. Mandolesi, M. Maris, P. G. Martin, E. Martínez-González, S. Masi, M. Massardi, S. Matarrese, P. Mazzotta, A. Melchiorri, L. Mendes, A. Mennella, M. Migliaccio, S. Mitra, M.-A. Miville-Deschênes, A. Moneti, L. Montier, G. Morgante, D. Munshi, J. A. Murphy, P. Naselsky, F. Nati, P. Natoli, F. Noviello, D. Novikov, I. Novikov, C. A. Oxborrow, L. Pagano, F. Pajot, D. Paoletti, F. Pasian, O. Perdereau, L. Perotto, F. Perrotta, V. Pettorino, F. Piacentini, M. Piat, E. Pierpaoli, D. Pietrobon, S. Plaszczynski, E. Pointecouteau, G. Polenta, L. Popa, G. W. Pratt, J.-L. Puget, J. P. Rachen, R. Rebolo, M. Reinecke, M. Remazeilles, C. Renault, S. Ricciardi, T. Riller, I. Ristorcelli, G. Rocha, C. Rosset, G. Roudier, B. Rouillé d'Orfeuil, J. A. Rubiño-Martín, B. Rusholme, M. Sandri, M. Savelainen, G. Savini, L. D. Spencer, M. Spinelli, J.-L. Starck, F. Sureau, D. Sutton, A.-S. Suur-Uski, J.-F. Sygnet, J. A. Tauber, L. Terenzi, L. Toffolatti, M. Tomasi, M. Tristram, M. Tucci, G. Umana, L. Valenziano, J. Valiviita, B. Van Tent, P. Vielva, F. Villa, L. A. Wade, B. D. Wandelt, M. White, D. Yvon, A. Zacchei, and A. Zonca. Planck intermediate results. XVI. Profile likelihoods for cosmological parameters. Astron. Astrophys., 566:A54, June 2014.

[68] Planck Collaboration, P. A. R. Ade, M. Arnaud, M. Ashdown, J. Aumont, C. Baccigalupi, A. J. Banday, R. B. Barreiro, E. Battaner, K. Benabed, A. Benoit-Lévy, J.-P. Bernard, M. Bersanelli, P. Bielewicz, J. R. Bond, J. Borrill, F. R. Bouchet, C. Burigana, J.-F. Cardoso, A. Catalano, A. Challinor, A. Chamballu, H. C. Chiang, P. R. Christensen, D. L. Clements, S. Colombi, L. P. L. Colombo, F. Couchot, A. Coulais, B. P. Crill, A. Curto, F. Cuttaia, L. Danese, R. D. Davies, R. J. Davis, P. de Bernardis, A. de Rosa, G. de Zotti, J. Delabrouille, F.-X. Désert, C. Dickinson, J. M. Diego, H. Dole, S. Donzelli, O. Doré, M. Douspis, X. Dupac, T. A. Enßlin, H. K. Eriksen, F. Finelli, O. Forni, M. Frailis, A. A. Fraisse, E. Franceschi, S. Galeotta, K. Ganga, M. Giard, J. González-Nuevo, K. M. Górski, S. Gratton, A. Gregorio, A. Gruppuso, J. E. Gudmundsson, F. K. Hansen, D. Hanson, D. L. Harrison, S. Henrot-Versillé, D. Herranz, S. R. Hildebrandt, E. Hivon, M. Hobson, W. A. Holmes, A. Hornstrup, W. Hovest, K. M. Huffenberger, A. H. Jaffe, T. R. Jaffe, W. C. Jones, E. Keihänen, R. Keskitalo, J. Knoche, M. Kunz, H. Kurki-Suonio, G. Lagache, A. Lähteenmäki, J.-M. Lamarre, A. Lasenby, C. R. Lawrence, R. Leonardi, J. León-Tavares, J. Les-

gourgues, M. Liguori, P. B. Lilje, M. Linden-Vørnle, M. López-Caniego, P. M. Lubin, J. F. Macías-Pérez, D. Maino, N. Mandolesi, M. Maris, P. G. Martin, E. Martínez-González, S. Masi, S. Matarrese, P. Mazzotta, P. R. Meinhold, A. Melchiorri, L. Mendes, A. Mennella, M. Migliaccio, S. Mitra, M.-A. Miville-Deschênes, A. Moneti, L. Montier, G. Morgante, D. Mortlock, A. Moss, D. Munshi, J. A. Murphy, P. Naselsky, F. Nati, P. Natoli, H. U. Nørgaard-Nielsen, F. Noviello, D. Novikov, I. Novikov, C. A. Oxborrow, L. Pagano, F. Pajot, D. Paoletti, B. Partridge, F. Pasian, G. Patanchon, D. Pearson, T. J. Pearson, O. Perdereau, F. Perrotta, F. Piacentini, M. Piat, E. Pierpaoli, D. Pietrobon, S. Plaszczynski, E. Pointecouteau, G. Polenta, N. Ponthieu, L. Popa, G. W. Pratt, S. Prunet, J.-L. Puget, J. P. Rachen, M. Reinecke, M. Remazeilles, C. Renault, S. Ricciardi, I. Ristorcelli, G. Rocha, G. Roudier, J. A. Rubiño-Martín, B. Rusholme, M. Sandri, D. Scott, V. Stolyarov, R. Sudiwala, D. Sutton, A.-S. Suur-Uski, J.-F. Sygnet, J. A. Tauber, L. Terenzi, L. Toffolatti, M. Tomasi, M. Tristram, M. Tucci, L. Valenziano, J. Valiviita, B. Van Tent, P. Vielva, F. Villa, L. A. Wade, B. D. Wandelt, I. K. Wehus, S. D. M. White, D. Yvon, A. Zacchei, and A. Zonca. Planck 2013 results. XXXI. Consistency of the Planck data. Astron. Astrophys., 571:A31, November 2014.

[69] Planck Collaboration, N. Aghanim, C. Armitage-Caplan, M. Arnaud, M. Ashdown, F. Atrio-Barandela, J. Aumont, C. Baccigalupi, A. J. Banday, R. B. Barreiro, J. G. Bartlett, K. Benabed, A. Benoit-Lévy, J.-P. Bernard, M. Bersanelli, P. Bielewicz, J. Bobin, J. J. Bock, J. R. Bond, J. Borrill, F. R. Bouchet, M. Bridges, C. Burigana, R. C. Butler, J.-F. Cardoso, A. Catalano, A. Challinor, A. Chamballu, H. C. Chiang, L.-Y. Chiang, P. R. Christensen, D. L. Clements, L. P. L. Colombo, F. Couchot, B. P. Crill, A. Curto, F. Cuttaia, L. Danese, R. D. Davies, R. J. Davis, P. de Bernardis, A. de Rosa, G. de Zotti, J. Delabrouille, J. M. Diego, S. Donzelli, O. Doré, X. Dupac, G. Efstathiou, T. A. Enßlin, H. K. Eriksen, F. Finelli, O. Forni, M. Frailis, E. Franceschi, S. Galeotta, K. Ganga, M. Giard, G. Giardino, J. González-Nuevo, K. M. Górski, S. Gratton, A. Gregorio, A. Gruppuso, F. K. Hansen, D. Hanson, D. L. Harrison, G. Helou, S. R. Hildebrandt, E. Hivon, M. Hobson, W. A. Holmes, W. Hovest, K. M. Huffenberger, W. C. Jones, M. Juvela, E. Keihänen, R. Keskitalo, T. S. Kisner, J. Knoche, L. Knox, M. Kunz, H. Kurki-Suonio, A. Lähteenmäki, J.-M. Lamarre, A. Lasenby, R. J. Laureijs, C. R. Lawrence, R. Leonardi, A. Lewis, M. Liguori, P. B. Lilje, M. Linden-Vørnle, M. López-Caniego, P. M. Lubin, J. F. Macías-Pérez, N. Mandolesi, M. Maris, D. J. Marshall, P. G. Martin, E. Martínez-González, S. Masi, M. Massardi, S. Matarrese, P. Mazzotta, P. R. Meinhold, A. Melchiorri, L. Mendes, M. Migliaccio, S. Mitra, A. Moneti, L. Montier, G. Morgante, D. Mortlock, A. Moss, D. Munshi, P. Naselsky, F. Nati, P. Natoli, H. U. Nørgaard-Nielsen, F. Noviello, D. Novikov, I. Novikov, S. Osborne, C. A. Oxborrow, L. Pagano, F. Pajot, D. Paoletti, F. Pasian, G. Patanchon, O. Perdereau, F. Perrotta, F. Piacentini, E. Pierpaoli, D. Pietrobon, S. Plaszczynski, E. Pointecouteau, G. Polenta, N. Ponthieu, L. Popa, G. W. Pratt, G. Prézeau, J.-L. Puget, J. P. Rachen, W. T. Reach, M. Reinecke, S. Ricciardi, T. Riller, I. Ristorcelli, G. Rocha, C. Rosset, J. A. Rubiño-Martín, B. Rusholme, D. Santos, G. Savini,

D. Scott, M. D. Seiffert, E. P. S. Shellard, L. D. Spencer, R. Sunyaev, F. Sureau, A.-S. Suur-Uski, J.-F. Sygnet, J. A. Tauber, D. Tavagnacco, L. Terenzi, L. Toffolatti, M. Tomasi, M. Tristram, M. Tucci, M. Türler, L. Valenziano, J. Valiviita, B. Van Tent, P. Vielva, F. Villa, N. Vittorio, L. A. Wade, B. D. Wandelt, M. White, D. Yvon, A. Zacchei, J. P. Zibin, and A. Zonca. Planck 2013 results. XXVII. Doppler boosting of the CMB: Eppur si muove. Astron. Astrophys., 571:A27, November 2014.

[70] Planck Collaboration, N. Aghanim, C. Armitage-Caplan, M. Arnaud, M. Ashdown, F. Atrio-Barandela, J. Aumont, C. Baccigalupi, A. J. Banday, R. B. Barreiro, and et al. Planck 2013 results. II. Low Frequency Instrument data processing. Astron. Astrophys., 571:A2, November 2014.

[71] Planck Collaboration, N. Aghanim, C. Armitage-Caplan, M. Arnaud, M. Ashdown, F. Atrio-Barandela, J. Aumont, C. Baccigalupi, A. J. Banday, R. B. Barreiro, and et al. Planck 2013 results. III. LFI systematic uncertainties. Astron. Astrophys., 571:A3, November 2014.

[72] Planck Collaboration, N. Aghanim, C. Armitage-Caplan, M. Arnaud, M. Ashdown, F. Atrio-Barandela, J. Aumont, C. Baccigalupi, A. J. Banday, R. B. Barreiro, and et al. Planck 2013 results. IV. Low Frequency Instrument beams and window functions. Astron. Astrophys., 571:A4, November 2014.

[73] Planck Collaboration, N. Aghanim, C. Armitage-Caplan, M. Arnaud, M. Ashdown, F. Atrio-Barandela, J. Aumont, C. Baccigalupi, A. J. Banday, R. B. Barreiro, and et al. Planck 2013 results. V. LFI calibration. Astron. Astrophys., 571:A5, November 2014.

[74] A. Rémy-Ruyer, S. C. Madden, F. Galliano, M. Galametz, T. T. Takeuchi, R. S. Asano, S. Zhukovska, V. Lebouteiller, D. Cormier, A. Jones, M. Bocchio, M. Baes, G. J. Bendo, M. Boquien, A. Boselli, I. DeLooze, V. Doublier-Pritchard, T. Hughes, O. Ł. Karczewski, and L. Spinoglio. Gas-to-dust mass ratios in local galaxies over a 2 dex metallicity range. Astron. Astrophys., 563:A31, March 2014.

[75] J. E. Rhoads, S. Malhotra, S. Allam, C. Carilli, F. Combes, K. Finkelstein, S. Finkelstein, B. Frye, M. Gerin, P. Guillard, N. Nesvadba, J. Rigby, M. Spaans, and M. A. Strauss. Herschel Extreme Lensing Line Observations: Dynamics of Two Strongly Lensed Star-forming Galaxies near Redshift z = 2. Astrophys. J., 787:8, May 2014.

[76] M. Shirazi, S. Vegetti, N. Nesvadba, S. Allam, J. Brinchmann, and D. Tucker. The physical nature of the 8 o'clock arc based on near-IR IFU spectroscopy with SINFONI. Monthly Notices of the RAS, 440:2201–2221, May 2014.

[77] A.-L. Sun, J. E. Greene, N. L. Zakamska, and N. P. H. Nesvadba. ALMA Observations of a Candidate Molecular Outflow in an Obscured Quasar. Astrophys. J., 790:160, August 2014.

[78] C. Tadhunter, D. Dicken, R. Morganti, V. Konyves, N. Ysard, N. Nesvadba, and C. Ramos Almeida. The dust masses of powerful radio galaxies: clues to the triggering of their activity. Monthly Notices of the RAS, 445:L51–L55, November 2014.

2015

[79] N. Aghanim, G. Hurier, J.-M. Diego, M. Douspis, J. Macias-Perez, E. Pointecouteau, B. Comis, M. Arnaud, and L. Montier. The Good, the Bad, and the Ugly: Statistical quality assessment of SZ detections. Astron. Astrophys., 580:A138, August 2015.

[80] A. Barrau, M. Bojowald, G. Calcagni, J. Grain, and M. Kagan. Anomaly-free cosmological perturbations in effective canonical quantum gravity. Journal of Cosmology and Astroparticle Physics, 1505(05):051, 2015.

[81] E. S. Battistelli, E. Carretti, A. Cruciani, P. de Bernardis, R. Génova-Santos, S. Masi, A. Naldi, R. Paladini, F. Piacentini, C. T. Tibbs, L. Verstraete, and N. Ysard. New Radio Observations of Anomalous Microwave Emission in the H II Region RCW175. Astrophys. J., 801:111, March 2015.

[82] J. Ben Achour, J. Grain, and K. Noui. Loop Quantum Cosmology with Complex Ashtekar Variables. Class. Quant. Grav., 32:025011, 2015.

[83] BICEP2/Keck Collaboration, Planck Collaboration, P. A. R. Ade, N. Aghanim, Z. Ahmed, R. W. Aikin, K. D. Alexander, M. Arnaud, J. Aumont, C. Baccigalupi, and et al. Joint Analysis of BICEP2/Keck Array and Planck Data. Physical Review Letters, 114(10):101301, March 2015.

[84] B. Bolliet, J. Grain, C. Stahl, L. Linsefors, and A. Barrau. Comparison of primordial tensor power spectra from the deformed algebra and dressed metric approaches in loop quantum cosmology. Phys. Rev., D91(8):084035, 2015.

[85] R. Cañameras, N. P. H. Nesvadba, D. Guery, T. McKenzie, S. König, G. Petitpas, H. Dole, B. Frye, I. Flores-Cacho, L. Montier, M. Negrello, A. Beelen, F. Boone, D. Dicken, G. Lagache, E. Le Floc'h, B. Altieri, M. Béthermin, R. Chary, G. de Zotti, M. Giard, R. Kneissl, M. Krips, S. Malhotra, C. Martinache, A. Omont, E. Pointecouteau, J.-L. Puget, D. Scott, G. Soucail, I. Valtchanov, N. Welikala, and L. Yan. Planck's dusty GEMS: The brightest gravitationally lensed galaxies discovered with the Planck all-sky survey. Astron. Astrophys., 581:A105, September 2015.

[86] C. Collet, N. P. H. Nesvadba, C. De Breuck, M. D. Lehnert, P. Best, J. J. Bryant, D. Dicken, H. Johnston, R. Hunstead, and D. Wylezalek. Defying jet-gas alignment in two radio galaxies at z ˜ 2 with extended light profiles: Similarities to brightest cluster galaxies. Astron. Astrophys., 579:A89, July 2015.

[87] C. Dickinson, Y. Ali-Haimoud, R. J. Beswick, S. Casassus, K. Cleary, B. Draine, R. Genova-Santos, K. Grainge, T. C. Hoang, A. Lazarian, E. Murphy, R. Paladini, M. W. Peel, Y. Perrott, J. A. Rubino-Martin, A. Scaife, C. Tibbs, L. Verstraete, M. Vidal, R. A. Watson, and N. Ysard. Studies of Anomalous Microwave Emission (AME) with the SKA. Advancing Astrophysics with the Square Kilometre Array (AASKA14), page 124, April 2015.

[88] M. Douspis, N. Aghanim, S. Ilić, and M. Langer. A new parameterization of the reionisation history. Astron. Astrophys., 580:L4, August 2015.

[89] J.-B. Durrive and M. Langer. Intergalactic magnetogenesis at Cosmic Dawn by photoionization. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 453:345–356, 2015.

[90] B. H. C. Emonts, C. De Breuck, M. D. Lehnert, J. Vernet, B. Gullberg, M. Villar-Martín, N. Nesvadba, G. Drouart, R. Ivison, N. Seymour, D. Wylezalek, and P. Barthel. The Dragonfly Galaxy. II. ALMA unveils a triple merger and gas exchange in a hyper-luminous radio galaxy at z = 2. Astron. Astrophys., 584:A99, December 2015.

[91] L. Fanciullo, V. Guillet, G. Aniano, A. P. Jones, N. Ysard, M.-A. Miville-Deschênes, F. Boulanger, and M. Köhler. Dust models post-Planck: constraining the far-infrared opacity of dust in the diffuse interstellar medium. Astron. Astrophys., 580:A136, August 2015.

[92] A. Ferté, J. Peloton, J. Grain, and R. Stompor. Detecting the tensor-to-scalar ratio with the pure pseudospectrum reconstruction of B-mode. Phys. Rev., D92(8):083510, 2015.

[93] O. E. Hartoog, D. Malesani, J. P. U. Fynbo, T. Goto, T. Krühler, P. M. Vreeswijk, A. De Cia, D. Xu, P. Møller, S. Covino, V. D'Elia, H. Flores, P. Goldoni, J. Hjorth, P. Jakobsson, J.-K. Krogager, L. Kaper, C. Ledoux, A. J. Levan, B. Milvang-Jensen, J. Sollerman, M. Sparre, G. Tagliaferri, N. R. Tanvir, A. de Ugarte Postigo, S. D. Vergani, K. Wiersema, J. Datson, R. Salinas, K. Mikkelsen, and N. Aghanim. VLT/X-Shooter spectroscopy of the afterglow of the Swift GRB 130606A. Chemical abundances and reionisation at z ˜ 6. Astron. Astrophys., 580:A139, August 2015.

[94] G. Hurier. Predicting the CIB- contamination in the cross-correlation of the tSZ effect and . Astron. Astrophys., 575:L11, March 2015.

[95] G. Hurier, M. Douspis, N. Aghanim, E. Pointecouteau, J. M. Diego, and J. F. Macias-Perez. Cosmological constraints from the observed angular cross-power spectrum between Sunyaev-Zel'dovich and X-ray surveys. Astron. Astrophys., 576:A90, April 2015.

[96] S. Ilić, A. Blanchard, and M. Douspis. X-ray galaxy clusters abundance and mass temperature scaling. Astron. Astrophys., 582:A79, October 2015.

[97] A. P. Jones and E. Habart. H_2 formation via the UV photo-processing of a-C:H nano-particles. Astron. Astrophys., 581:A92, September 2015.

[98] M. Juvela, I. Ristorcelli, D. J. Marshall, J. Montillaud, V.-M. Pelkonen, N. Ysard, P. McGehee, R. Paladini, L. Pagani, J. Malinen, A. Rivera-Ingraham, C. Lefèvre, L. V. Tóth, L. A. Montier, J.-P. Bernard, and P. Martin. Galactic cold cores. V. Dust opacity. Astron. Astrophys., 584:A93, December 2015.

[99] M. Köhler, N. Ysard, and A. P. Jones. Dust evolution in the transition towards the denser ISM: impact on dust temperature, opacity, and spectral index. Astron. Astrophys., 579:A15, July 2015.

[100] R. Leiton, D. Elbaz, K. Okumura, H. S. Hwang, G. Magdis, B. Magnelli, I. Valtchanov, M. Dickinson, M. Béthermin, C. Schreiber, V. Charmandaris, H. Dole, S. Juneau, D. Le Borgne, M. Pannella, A. Pope, and P. Popesso. GOODS-Herschel: identification of the individual galaxies responsible for the 80-290 μm cosmic infrared background. Astron. Astrophys., 579:A93, July 2015.

[101] L. Montier, S. Plaszczynski, F. Levrier, M. Tristram, D. Alina, I. Ristorcelli, J.-P. Bernard, and V. Guillet. Polarization measurement analysis. II. Best estimators

of polarization fraction and angle. Astron. Astrophys., 574:A136, February 2015.

[102] J. Montillaud, M. Juvela, A. Rivera-Ingraham, J. Malinen, V.-M. Pelkonen, I. Ristorcelli, L. Montier, D. J. Marshall, G. Marton, L. Pagani, L. V. Toth, S. Zahorecz, N. Ysard, P. McGehee, R. Paladini, E. Falgarone, J.-P. Bernard, F. Motte, A. Zavagno, and Y. Doi. Galactic cold cores. IV. Cold submillimetre sources: catalogue and statistical analysis. Astron. Astrophys., 584:A92, December 2015.

[103] Y. C. Perrott, M. Olamaie, C. Rumsey, M. L. Brown, F. Feroz, K. J. B. Grainge, M. P. Hobson, A. N. Lasenby, C. J. MacTavish, G. G. Pooley, R. D. E. Saunders, M. P. Schammel, P. F. Scott, T. W. Shimwell, D. J. Titterington, E. M. Waldram, N. Aghanim, M. Arnaud, M. Ashdown, H. Aussel, R. Barrena, I. Bikmaev, H. Böhringer, R. Burenin, P. Carvalho, G. Chon, B. Comis, H. Dahle, J. Democles, M. Douspis, D. Harrison, A. Hempel, G. Hurier, I. Khamitov, R. Kneissl, J. F. Macías-Pérez, J.-B. Melin, E. Pointecouteau, G. W. Pratt, J. A. Rubiño-Martín, V. Stolyarov, and D. Sutton. Comparison of Sunyaev-Zel'dovich measurements from Planck and from the Arcminute Microkelvin Imager for 99 galaxy clusters. Astron. Astrophys., 580:A95, August 2015.

[104] Planck Collaboration, P. A. R. Ade, N. Aghanim, D. Alina, M. I. R. Alves, G. Aniano, C. Armitage-Caplan, M. Arnaud, D. Arzoumanian, M. Ashdown, F. Atrio-Barandela, J. Aumont, C. Baccigalupi, A. J. Banday, R. B. Barreiro, E. Battaner, K. Benabed, A. Benoit-Lévy, J.-P. Bernard, M. Bersanelli, P. Bielewicz, J. R. Bond, J. Borrill, F. R. Bouchet, F. Boulanger, A. Bracco, C. Burigana, J.-F. Cardoso, A. Catalano, A. Chamballu, H. C. Chiang, P. R. Christensen, S. Colombi, L. P. L. Colombo, C. Combet, F. Couchot, A. Coulais, B. P. Crill, A. Curto, F. Cuttaia, L. Danese, R. D. Davies, R. J. Davis, P. de Bernardis, A. de Rosa, G. de Zotti, J. Delabrouille, C. Dickinson, J. M. Diego, S. Donzelli, O. Doré, M. Douspis, X. Dupac, G. Efstathiou, T. A. Enßlin, H. K. Eriksen, E. Falgarone, L. Fanciullo, K. Ferrière, F. Finelli, O. Forni, M. Frailis, A. A. Fraisse, E. Franceschi, S. Galeotta, K. Ganga, T. Ghosh, M. Giard, Y. Giraud-Héraud, J. González-Nuevo, K. M. Górski, A. Gregorio, A. Gruppuso, V. Guillet, F. K. Hansen, D. L. Harrison, G. Helou, C. Hernández-Monteagudo, S. R. Hildebrandt, E. Hivon, M. Hobson, W. A. Holmes, A. Hornstrup, K. M. Huffenberger, A. H. Jaffe, T. R. Jaffe, W. C. Jones, M. Juvela, E. Keihänen, R. Keskitalo, T. S. Kisner, R. Kneissl, J. Knoche, M. Kunz, H. Kurki-Suonio, G. Lagache, J.-M. Lamarre, A. Lasenby, C. R. Lawrence, R. Leonardi, F. Levrier, M. Liguori, P. B. Lilje, M. Linden-Vørnle, M. López-Caniego, P. M. Lubin, J. F. Macías-Pérez, D. Maino, N. Mandolesi, M. Maris, D. J. Marshall, P. G. Martin, E. Martínez-González, S. Masi, S. Matarrese, P. Mazzotta, A. Melchiorri, L. Mendes, A. Mennella, M. Migliaccio, M.-A. Miville-Deschênes, A. Moneti, L. Montier, G. Morgante, D. Mortlock, D. Munshi, J. A. Murphy, P. Naselsky, F. Nati, P. Natoli, C. B. Netterfield, F. Noviello, D. Novikov, I. Novikov, C. A. Oxborrow, L. Pagano, F. Pajot, D. Paoletti, F. Pasian, V.-M. Pelkonen, O. Perdereau, L. Perotto, F. Perrotta, F. Piacentini, M. Piat, D. Pietrobon, S. Plaszczynski, E. Pointecouteau, G. Polenta, L. Popa, G. W. Pratt, S. Prunet, J.-L.

Puget, J. P. Rachen, M. Reinecke, M. Remazeilles, C. Renault, S. Ricciardi, T. Riller, I. Ristorcelli, G. Rocha, C. Rosset, G. Roudier, B. Rusholme, M. Sandri, D. Scott, J. D. Soler, L. D. Spencer, V. Stolyarov, R. Stompor, R. Sudiwala, D. Sutton, A.-S. Suur-Uski, J.-F. Sygnet, J. A. Tauber, L. Terenzi, L. Toffolatti, M. Tomasi, M. Tristram, M. Tucci, G. Umana, L. Valenziano, J. Valiviita, B. Van Tent, P. Vielva, F. Villa, L. A. Wade, B. D. Wandelt, and A. Zonca. Planck intermediate results. XX. Comparison of polarized thermal emission from Galactic dust with simulations of MHD turbulence. Astron. Astrophys., 576:A105, April 2015.

[105] Planck Collaboration, P. A. R. Ade, N. Aghanim, D. Alina, M. I. R. Alves, C. Armitage-Caplan, M. Arnaud, D. Arzoumanian, M. Ashdown, F. Atrio-Barandela, and et al. Planck intermediate results. XIX. An overview of the polarized thermal emission from Galactic dust. Astron. Astrophys., 576:A104, April 2015.

[106] Planck Collaboration, P. A. R. Ade, N. Aghanim, D. Alina, G. Aniano, C. Armitage-Caplan, M. Arnaud, M. Ashdown, F. Atrio-Barandela, J. Aumont, C. Baccigalupi, A. J. Banday, R. B. Barreiro, E. Battaner, C. Beichman, K. Benabed, A. Benoit-Lévy, J.-P. Bernard, M. Bersanelli, P. Bielewicz, J. J. Bock, J. R. Bond, J. Borrill, F. R. Bouchet, F. Boulanger, C. Burigana, J.-F. Cardoso, A. Catalano, A. Chamballu, R.-R. Chary, H. C. Chiang, P. R. Christensen, S. Colombi, L. P. L. Colombo, C. Combet, F. Couchot, A. Coulais, B. P. Crill, A. Curto, F. Cuttaia, L. Danese, R. D. Davies, R. J. Davis, P. de Bernardis, A. de Rosa, G. de Zotti, J. Delabrouille, F.-X. Désert, C. Dickinson, J. M. Diego, S. Donzelli, O. Doré, M. Douspis, J. Dunkley, X. Dupac, G. Efstathiou, T. A. Enßlin, H. K. Eriksen, E. Falgarone, L. Fanciullo, F. Finelli, O. Forni, M. Frailis, A. A. Fraisse, E. Franceschi, S. Galeotta, K. Ganga, T. Ghosh, M. Giard, Y. Giraud-Héraud, J. González-Nuevo, K. M. Górski, A. Gregorio, A. Gruppuso, V. Guillet, F. K. Hansen, D. L. Harrison, G. Helou, C. Hernández-Monteagudo, S. R. Hildebrandt, E. Hivon, M. Hobson, W. A. Holmes, A. Hornstrup, K. M. Huffenberger, A. H. Jaffe, T. R. Jaffe, W. C. Jones, M. Juvela, E. Keihänen, R. Keskitalo, T. S. Kisner, R. Kneissl, J. Knoche, M. Kunz, H. Kurki-Suonio, G. Lagache, A. Lähteenmäki, J.-M. Lamarre, A. Lasenby, C. R. Lawrence, R. Leonardi, F. Levrier, M. Liguori, P. B. Lilje, M. Linden-Vørnle, M. López-Caniego, P. M. Lubin, J. F. Macías-Pérez, B. Maffei, A. M. Magalhães, D. Maino, N. Mandolesi, M. Maris, D. J. Marshall, P. G. Martin, E. Martínez-González, S. Masi, S. Matarrese, P. Mazzotta, A. Melchiorri, L. Mendes, A. Mennella, M. Migliaccio, M.-A. Miville-Deschênes, A. Moneti, L. Montier, G. Morgante, D. Mortlock, D. Munshi, J. A. Murphy, P. Naselsky, F. Nati, P. Natoli, C. B. Netterfield, F. Noviello, D. Novikov, I. Novikov, C. A. Oxborrow, L. Pagano, F. Pajot, R. Paladini, D. Paoletti, F. Pasian, O. Perdereau, L. Perotto, F. Perrotta, F. Piacentini, M. Piat, D. Pietrobon, S. Plaszczynski, F. Poidevin, E. Pointecouteau, G. Polenta, L. Popa, G. W. Pratt, S. Prunet, J.-L. Puget, J. P. Rachen, W. T. Reach, R. Rebolo, M. Reinecke, M. Remazeilles, C. Renault, S. Ricciardi, T. Riller, I. Ristorcelli, G. Rocha, C. Rosset, G. Roudier, B. Rusholme, M. Sandri, G. Savini, D. Scott, L. D. Spencer, V. Stolyarov,

R. Stompor, R. Sudiwala, D. Sutton, A.-S. Suur-Uski, J.-F. Sygnet, J. A. Tauber, L. Terenzi, L. Toffolatti, M. Tomasi, M. Tristram, M. Tucci, G. Umana, L. Valenziano, J. Valiviita, B. Van Tent, P. Vielva, F. Villa, L. A. Wade, B. D. Wandelt, and A. Zonca. Planck intermediate results. XXI. Comparison of polarized thermal emission from Galactic dust at 353 GHz with interstellar polarization in the visible. Astron. Astrophys., 576:A106, April 2015.

[107] Planck Collaboration, P. A. R. Ade, N. Aghanim, M. I. R. Alves, M. Arnaud, M. Ashdown, F. Atrio-Barandela, J. Aumont, C. Baccigalupi, A. J. Banday, R. B. Barreiro, E. Battaner, K. Benabed, A. Benoit-Lévy, J.-P. Bernard, M. Bersanelli, P. Bielewicz, J. Bobin, A. Bonaldi, J. R. Bond, F. R. Bouchet, F. Boulanger, C. Burigana, J.-F. Cardoso, A. Catalano, A. Chamballu, H. C. Chiang, P. R. Christensen, D. L. Clements, S. Colombi, L. P. L. Colombo, C. Combet, F. Couchot, B. P. Crill, F. Cuttaia, L. Danese, R. D. Davies, R. J. Davis, P. de Bernardis, A. de Rosa, G. de Zotti, J. Delabrouille, C. Dickinson, J. M. Diego, S. Donzelli, O. Doré, M. Douspis, X. Dupac, G. Efstathiou, T. A. Enßlin, H. K. Eriksen, F. Finelli, O. Forni, M. Frailis, E. Franceschi, S. Galeotta, K. Ganga, R. T. Génova-Santos, T. Ghosh, M. Giard, G. Giardino, Y. Giraud-Héraud, J. González-Nuevo, K. M. Górski, A. Gregorio, A. Gruppuso, F. K. Hansen, D. L. Harrison, S. Henrot-Versillé, D. Herranz, S. R. Hildebrandt, E. Hivon, M. Hobson, A. Hornstrup, W. Hovest, K. M. Huffenberger, A. H. Jaffe, T. R. Jaffe, W. C. Jones, E. Keihänen, R. Keskitalo, T. S. Kisner, R. Kneissl, J. Knoche, M. Kunz, H. Kurki-Suonio, G. Lagache, A. Lähteenmäki, J.-M. Lamarre, A. Lasenby, C. R. Lawrence, R. Leonardi, M. Liguori, P. B. Lilje, M. Linden-Vørnle, M. López-Caniego, P. M. Lubin, J. F. Macías-Pérez, D. Maino, N. Mandolesi, P. G. Martin, E. Martínez-González, S. Masi, M. Massardi, S. Matarrese, P. Mazzotta, P. R. Meinhold, A. Melchiorri, L. Mendes, A. Mennella, M. Migliaccio, S. Mitra, M.-A. Miville-Deschênes, A. Moneti, L. Montier, G. Morgante, D. Mortlock, D. Munshi, J. A. Murphy, P. Naselsky, F. Nati, P. Natoli, H. U. Nørgaard-Nielsen, F. Noviello, D. Novikov, I. Novikov, C. A. Oxborrow, L. Pagano, F. Pajot, R. Paladini, D. Paoletti, F. Pasian, T. J. Pearson, M. Peel, O. Perdereau, F. Perrotta, F. Piacentini, M. Piat, E. Pierpaoli, D. Pietrobon, S. Plaszczynski, E. Pointecouteau, G. Polenta, N. Ponthieu, L. Popa, G. W. Pratt, S. Prunet, J.-L. Puget, J. P. Rachen, W. T. Reach, R. Rebolo, W. Reich, M. Reinecke, M. Remazeilles, C. Renault, S. Ricciardi, T. Riller, I. Ristorcelli, G. Rocha, C. Rosset, G. Roudier, J. A. Rubiño-Martín, B. Rusholme, M. Sandri, G. Savini, D. Scott, L. D. Spencer, V. Stolyarov, A. W. Strong, D. Sutton, A.-S. Suur-Uski, J.-F. Sygnet, J. A. Tauber, D. Tavagnacco, L. Terenzi, C. T. Tibbs, L. Toffolatti, M. Tomasi, M. Tristram, M. Tucci, L. Valenziano, J. Valiviita, B. Van Tent, J. Varis, P. Vielva, F. Villa, L. A. Wade, B. D. Wandelt, R. Watson, D. Yvon, A. Zacchei, and A. Zonca. Planck intermediate results. XXIII. Galactic plane emission components derived from Planck with ancillary data. Astron. Astrophys., 580:A13, August 2015.

[108] Planck Collaboration, P. A. R. Ade, N. Aghanim, C. Armitage-Caplan, M. Arnaud, M. Ashdown, F. Atrio-Barandela, J. Aumont, H. Aussel, C. Baccigalupi, and et al. Planck 2013 results. XXXII. The updated Planck catalogue of

Sunyaev-Zeldovich sources. Astron. Astrophys., 581:A14, September 2015.

[109] Planck Collaboration, P. A. R. Ade, N. Aghanim, M. Arnaud, M. Ashdown, J. Aumont, C. Baccigalupi, A. J. Banday, R. B. Barreiro, R. Barrena, N. Bartolo, E. Battaner, K. Benabed, A. Benoit-Lévy, J.-P. Bernard, M. Bersanelli, P. Bielewicz, I. Bikmaev, H. Böhringer, A. Bonaldi, L. Bonavera, J. R. Bond, J. Borrill, F. R. Bouchet, R. Burenin, C. Burigana, R. C. Butler, E. Calabrese, P. Carvalho, A. Catalano, A. Chamballu, H. C. Chiang, G. Chon, P. R. Christensen, E. Churazov, D. L. Clements, L. P. L. Colombo, B. Comis, F. Couchot, A. Curto, F. Cuttaia, H. Dahle, L. Danese, R. D. Davies, R. J. Davis, P. de Bernardis, A. de Rosa, G. de Zotti, J. Delabrouille, J. M. Diego, H. Dole, O. Doré, M. Douspis, A. Ducout, X. Dupac, G. Efstathiou, F. Elsner, T. A. Enßlin, H. K. Eriksen, F. Finelli, I. Flores-Cacho, O. Forni, M. Frailis, A. A. Fraisse, E. Franceschi, A. Frejsel, S. Fromenteau, S. Galeotta, K. Ganga, R. T. Génova-Santos, M. Giard, M. Gilfanov, Y. Giraud-Héraud, E. Gjerløw, J. González-Nuevo, K. M. Górski, A. Gruppuso, F. K. Hansen, D. Hanson, D. L. Harrison, A. Hempel, S. Henrot-Versillé, C. Hernández-Monteagudo, D. Herranz, S. R. Hildebrandt, E. Hivon, M. Hobson, W. A. Holmes, A. Hornstrup, W. Hovest, K. M. Huffenberger, G. Hurier, T. R. Jaffe, W. C. Jones, M. Juvela, E. Keihänen, R. Keskitalo, I. Khamitov, T. S. Kisner, R. Kneissl, J. Knoche, M. Kunz, H. Kurki-Suonio, G. Lagache, J.-M. Lamarre, A. Lasenby, M. Lattanzi, C. R. Lawrence, R. Leonardi, F. Levrier, M. Liguori, P. B. Lilje, M. Linden-Vørnle, M. López-Caniego, P. M. Lubin, J. F. Macías-Pérez, D. Maino, N. Mandolesi, M. Maris, P. G. Martin, E. Martínez-González, S. Masi, S. Matarrese, P. Mazzotta, J.-B. Melin, L. Mendes, A. Mennella, M. Migliaccio, M.-A. Miville-Deschênes, A. Moneti, L. Montier, G. Morgante, D. Mortlock, D. Munshi, J. A. Murphy, P. Naselsky, F. Nati, P. Natoli, H. U. Nørgaard-Nielsen, D. Novikov, I. Novikov, C. A. Oxborrow, L. Pagano, F. Pajot, D. Paoletti, F. Pasian, O. Perdereau, L. Perotto, F. Perrotta, V. Pettorino, F. Piacentini, M. Piat, D. Pietrobon, S. Plaszczynski, E. Pointecouteau, G. Polenta, L. Popa, G. W. Pratt, S. Prunet, J.-L. Puget, J. P. Rachen, M. Reinecke, M. Remazeilles, C. Renault, S. Ricciardi, I. Ristorcelli, G. Rocha, M. Roman, C. Rosset, M. Rossetti, G. Roudier, J. A. Rubiño-Martín, B. Rusholme, M. Sandri, D. Scott, L. D. Spencer, V. Stolyarov, R. Sudiwala, R. Sunyaev, D. Sutton, A.-S. Suur-Uski, J.-F. Sygnet, J. A. Tauber, L. Terenzi, L. Toffolatti, M. Tomasi, M. Tristram, M. Tucci, L. Valenziano, J. Valiviita, B. Van Tent, L. Vibert, P. Vielva, F. Villa, L. A. Wade, B. D. Wandelt, I. K. Wehus, D. Yvon, A. Zacchei, and A. Zonca. Planck intermediate results. XXVI. Optical identification and redshifts of Planck clusters with the RTT150 telescope. Astron. Astrophys., 582:A29, October 2015.

[110] Planck Collaboration, P. A. R. Ade, N. Aghanim, M. Arnaud, M. Ashdown, J. Aumont, C. Baccigalupi, A. J. Banday, R. B. Barreiro, N. Bartolo, and et al. Planck intermediate results. XXV. The Andromeda galaxy as seen by Planck. Astron. Astrophys., 582:A28, October 2015.

[111] Planck Collaboration, P. A. R. Ade, N. Aghanim, M. Arnaud, M. Ashdown, J. Aumont, C. Baccigalupi, A. J. Banday, R. B. Barreiro, E. Battaner, K. Benabed, A. Benoit-Lévy, J.-P. Bernard, M. Bersanelli, P. Bielewicz, J. R. Bond,

J. Borrill, F. R. Bouchet, C. Burigana, R. C. Butler, E. Calabrese, A. Chamballu, H. C. Chiang, P. R. Christensen, D. L. Clements, L. P. L. Colombo, F. Couchot, A. Curto, F. Cuttaia, L. Danese, R. D. Davies, R. J. Davis, P. de Bernardis, A. de Rosa, G. de Zotti, J. Delabrouille, J. M. Diego, H. Dole, O. Doré, X. Dupac, T. A. Enßlin, H. K. Eriksen, O. Fabre, F. Finelli, O. Forni, M. Frailis, E. Franceschi, S. Galeotta, S. Galli, K. Ganga, M. Giard, J. González-Nuevo, K. M. Górski, A. Gregorio, A. Gruppuso, F. K. Hansen, D. Hanson, D. L. Harrison, S. Henrot-Versillé, C. Hernández-Monteagudo, D. Herranz, S. R. Hildebrandt, E. Hivon, M. Hobson, W. A. Holmes, A. Hornstrup, W. Hovest, K. M. Huffenberger, A. H. Jaffe, W. C. Jones, E. Keihänen, R. Keskitalo, R. Kneissl, J. Knoche, M. Kunz, H. Kurki-Suonio, J.-M. Lamarre, A. Lasenby, C. R. Lawrence, R. Leonardi, J. Lesgourgues, M. Liguori, P. B. Lilje, M. Linden-Vørnle, M. López-Caniego, P. M. Lubin, J. F. Macías-Pérez, N. Mandolesi, M. Maris, P. G. Martin, E. Martínez-González, S. Masi, S. Matarrese, P. Mazzotta, P. R. Meinhold, A. Melchiorri, L. Mendes, E. Menegoni, A. Mennella, M. Migliaccio, M.-A. Miville-Deschênes, A. Moneti, L. Montier, G. Morgante, A. Moss, D. Munshi, J. A. Murphy, P. Naselsky, F. Nati, P. Natoli, H. U. Nørgaard-Nielsen, F. Noviello, D. Novikov, I. Novikov, C. A. Oxborrow, L. Pagano, F. Pajot, D. Paoletti, F. Pasian, G. Patanchon, O. Perdereau, L. Perotto, F. Perrotta, F. Piacentini, M. Piat, E. Pierpaoli, D. Pietrobon, S. Plaszczynski, E. Pointecouteau, G. Polenta, N. Ponthieu, L. Popa, G. W. Pratt, S. Prunet, J. P. Rachen, R. Rebolo, M. Reinecke, M. Remazeilles, C. Renault, S. Ricciardi, I. Ristorcelli, G. Rocha, G. Roudier, B. Rusholme, M. Sandri, G. Savini, D. Scott, L. D. Spencer, V. Stolyarov, R. Sudiwala, D. Sutton, A.-S. Suur-Uski, J.-F. Sygnet, J. A. Tauber, D. Tavagnacco, L. Terenzi, L. Toffolatti, M. Tomasi, M. Tristram, M. Tucci, J.-P. Uzan, L. Valenziano, J. Valiviita, B. Van Tent, P. Vielva, F. Villa, L. A. Wade, D. Yvon, A. Zacchei, and A. Zonca. Planck intermediate results. XXIV. Constraints on variations in fundamental constants. Astron. Astrophys., 580:A22, August 2015.

[112] Planck Collaboration, P. A. R. Ade, M. I. R. Alves, G. Aniano, C. Armitage-Caplan, M. Arnaud, F. Atrio-Barandela, J. Aumont, C. Baccigalupi, A. J. Banday, R. B. Barreiro, E. Battaner, K. Benabed, A. Benoit-Lévy, J.-P. Bernard, M. Bersanelli, P. Bielewicz, J. J. Bock, J. R. Bond, J. Borrill, F. R. Bouchet, F. Boulanger, C. Burigana, J.-F. Cardoso, A. Catalano, A. Chamballu, H. C. Chiang, L. P. L. Colombo, C. Combet, F. Couchot, A. Coulais, B. P. Crill, A. Curto, F. Cuttaia, L. Danese, R. D. Davies, R. J. Davis, P. de Bernardis, G. de Zotti, J. Delabrouille, F.-X. Désert, C. Dickinson, J. M. Diego, S. Donzelli, O. Doré, M. Douspis, J. Dunkley, X. Dupac, T. A. Enßlin, H. K. Eriksen, E. Falgarone, F. Finelli, O. Forni, M. Frailis, A. A. Fraisse, E. Franceschi, S. Galeotta, K. Ganga, T. Ghosh, M. Giard, J. González-Nuevo, K. M. Górski, A. Gregorio, A. Gruppuso, V. Guillet, F. K. Hansen, D. L. Harrison, G. Helou, C. Hernández-Monteagudo, S. R. Hildebrandt, E. Hivon, M. Hobson, W. A. Holmes, A. Hornstrup, A. H. Jaffe, T. R. Jaffe, W. C. Jones, E. Keihänen, R. Keskitalo, T. S. Kisner, R. Kneissl, J. Knoche, M. Kunz, H. Kurki-Suonio, G. Lagache, J.-M. Lamarre, A. Lasenby, C. R. Lawrence, J. P. Leahy, R. Leo-

nardi, F. Levrier, M. Liguori, P. B. Lilje, M. Linden-Vørnle, M. López-Caniego, P. M. Lubin, J. F. Macías-Pérez, B. Maffei, A. M. Magalhães, D. Maino, N. Mandolesi, M. Maris, D. J. Marshall, P. G. Martin, E. Martínez-González, S. Masi, S. Matarrese, P. Mazzotta, A. Melchiorri, L. Mendes, A. Mennella, M. Migliaccio, M.-A. Miville-Deschênes, A. Moneti, L. Montier, G. Morgante, D. Mortlock, D. Munshi, J. A. Murphy, P. Naselsky, F. Nati, P. Natoli, C. B. Netterfield, F. Noviello, D. Novikov, I. Novikov, N. Oppermann, C. A. Oxborrow, L. Pagano, F. Pajot, D. Paoletti, F. Pasian, O. Perdereau, L. Perotto, F. Perrotta, F. Piacentini, D. Pietrobon, S. Plaszczynski, E. Pointecouteau, G. Polenta, L. Popa, G. W. Pratt, J. P. Rachen, W. T. Reach, M. Reinecke, M. Remazeilles, C. Renault, S. Ricciardi, T. Riller, I. Ristorcelli, G. Rocha, C. Rosset, G. Roudier, J. A. Rubiño-Martín, B. Rusholme, E. Salerno, M. Sandri, G. Savini, D. Scott, L. D. Spencer, V. Stolyarov, R. Stompor, R. Sudiwala, D. Sutton, A.-S. Suur-Uski, J.-F. Sygnet, J. A. Tauber, L. Terenzi, L. Toffolatti, M. Tomasi, M. Tristram, M. Tucci, L. Valenziano, J. Valiviita, B. Van Tent, P. Vielva, F. Villa, B. D. Wandelt, A. Zacchei, and A. Zonca. Planck intermediate results. XXII. Frequency dependence of thermal emission from Galactic dust in intensity and polarization. Astron. Astrophys., 576:A107, April 2015.

[113] Planck Collaboration, N. Aghanim, B. Altieri, M. Arnaud, M. Ashdown, J. Aumont, C. Baccigalupi, A. J. Banday, R. B. Barreiro, N. Bartolo, E. Battaner, A. Beelen, K. Benabed, A. Benoit-Lévy, J.-P. Bernard, M. Bersanelli, M. Bethermin, P. Bielewicz, L. Bonavera, J. R. Bond, J. Borrill, F. R. Bouchet, F. Boulanger, C. Burigana, E. Calabrese, R. Canameras, J.-F. Cardoso, A. Catalano, A. Chamballu, R.-R. Chary, H. C. Chiang, P. R. Christensen, D. L. Clements, S. Colombi, F. Couchot, B. P. Crill, A. Curto, L. Danese, K. Dassas, R. D. Davies, R. J. Davis, P. de Bernardis, A. de Rosa, G. de Zotti, J. Delabrouille, J. M. Diego, H. Dole, S. Donzelli, O. Doré, M. Douspis, A. Ducout, X. Dupac, G. Efstathiou, F. Elsner, T. A. Enßlin, E. Falgarone, I. Flores-Cacho, O. Forni, M. Frailis, A. A. Fraisse, E. Franceschi, A. Frejsel, B. Frye, S. Galeotta, S. Galli, K. Ganga, M. Giard, E. Gjerløw, J. González-Nuevo, K. M. Górski, A. Gregorio, A. Gruppuso, D. Guéry, F. K. Hansen, D. Hanson, D. L. Harrison, G. Helou, C. Hernández-Monteagudo, S. R. Hildebrandt, E. Hivon, M. Hobson, W. A. Holmes, W. Hovest, K. M. Huffenberger, G. Hurier, A. H. Jaffe, T. R. Jaffe, E. Keihänen, R. Keskitalo, T. S. Kisner, R. Kneissl, J. Knoche, M. Kunz, H. Kurki-Suonio, G. Lagache, J.-M. Lamarre, A. Lasenby, M. Lattanzi, C. R. Lawrence, E. Le Floc'h, R. Leonardi, F. Levrier, M. Liguori, P. B. Lilje, M. Linden-Vørnle, M. López-Caniego, P. M. Lubin, J. F. Macías-Pérez, T. MacKenzie, B. Maffei, N. Mandolesi, M. Maris, P. G. Martin, C. Martinache, E. Martínez-González, S. Masi, S. Matarrese, P. Mazzotta, A. Melchiorri, A. Mennella, M. Migliaccio, A. Moneti, L. Montier, G. Morgante, D. Mortlock, D. Munshi, J. A. Murphy, P. Natoli, M. Negrello, N. P. H. Nesvadba, D. Novikov, I. Novikov, A. Omont, L. Pagano, F. Pajot, F. Pasian, O. Perdereau, L. Perotto, F. Perrotta, V. Pettorino, F. Piacentini, M. Piat, S. Plaszczynski, E. Pointecouteau, G. Polenta, L. Popa, G. W. Pratt, S. Prunet, J.-L. Puget, J. P. Rachen, W. T. Reach, M. Reinecke, M. Remazeilles, C. Renault, I. Ristorcelli, G. Ro-

cha, G. Roudier, B. Rusholme, M. Sandri, D. Santos, G. Savini, D. Scott, L. D. Spencer, V. Stolyarov, R. Sunyaev, D. Sutton, J.-F. Sygnet, J. A. Tauber, L. Terenzi, L. Toffolatti, M. Tomasi, M. Tristram, M. Tucci, G. Umana, L. Valenziano, J. Valiviita, I. Valtchanov, B. Van Tent, J. D. Vieira, P. Vielva, L. A. Wade, B. D. Wandelt, I. K. Wehus, N. Welikala, A. Zacchei, and A. Zonca. Planck intermediate results. XXVII. High-redshift infrared galaxy overdensity candidates and lensed sources discovered by Planck and confirmed by Herschel-SPIRE. Astron. Astrophys., 582:A30, October 2015.

[114] Planck Collaboration, Fermi Collaboration, P. A. R. Ade, N. Aghanim, G. Aniano, M. Arnaud, M. Ashdown, J. Aumont, C. Baccigalupi, A. J. Banday, R. B. Barreiro, N. Bartolo, E. Battaner, K. Benabed, A. Benoit-Lévy, J.-P. Bernard, M. Bersanelli, P. Bielewicz, A. Bonaldi, L. Bonavera, J. R. Bond, J. Borrill, F. R. Bouchet, F. Boulanger, C. Burigana, R. C. Butler, E. Calabrese, J.-F. Cardoso, J. M. Casandjian, A. Catalano, A. Chamballu, H. C. Chiang, P. R. Christensen, L. P. L. Colombo, C. Combet, F. Couchot, B. P. Crill, A. Curto, F. Cuttaia, L. Danese, R. D. Davies, R. J. Davis, P. de Bernardis, A. de Rosa, G. de Zotti, J. Delabrouille, F.-X. Désert, C. Dickinson, J. M. Diego, S. W. Digel, H. Dole, S. Donzelli, O. Doré, M. Douspis, A. Ducout, X. Dupac, G. Efstathiou, F. Elsner, T. A. Enßlin, H. K. Eriksen, E. Falgarone, F. Finelli, O. Forni, M. Frailis, A. A. Fraisse, E. Franceschi, A. Frejsel, Y. Fukui, S. Galeotta, S. Galli, K. Ganga, T. Ghosh, M. Giard, E. Gjerløw, J. González-Nuevo, K. M. Górski, A. Gregorio, I. A. Grenier, A. Gruppuso, F. K. Hansen, D. Hanson, D. L. Harrison, S. Henrot-Versillé, C. Hernández-Monteagudo, D. Herranz, S. R. Hildebrandt, E. Hivon, M. Hobson, W. A. Holmes, W. Hovest, K. M. Huffenberger, G. Hurier, A. H. Jaffe, T. R. Jaffe, W. C. Jones, M. Juvela, E. Keihänen, R. Keskitalo, T. S. Kisner, R. Kneissl, J. Knoche, M. Kunz, H. Kurki-Suonio, G. Lagache, J.-M. Lamarre, A. Lasenby, M. Lattanzi, C. R. Lawrence, R. Leonardi, F. Levrier, M. Liguori, P. B. Lilje, M. Linden-Vørnle, M. López-Caniego, P. M. Lubin, J. F. Macías-Pérez, B. Maffei, D. Maino, N. Mandolesi, M. Maris, D. J. Marshall, P. G. Martin, E. Martínez-González, S. Masi, S. Matarrese, P. Mazzotta, A. Melchiorri, L. Mendes, A. Mennella, M. Migliaccio, M.-A. Miville-Deschênes, A. Moneti, L. Montier, G. Morgante, D. Mortlock, D. Munshi, J. A. Murphy, P. Naselsky, P. Natoli, H. U. Nørgaard-Nielsen, D. Novikov, I. Novikov, C. A. Oxborrow, L. Pagano, F. Pajot, R. Paladini, D. Paoletti, F. Pasian, O. Perdereau, L. Perotto, F. Perrotta, V. Pettorino, F. Piacentini, M. Piat, S. Plaszczynski, E. Pointecouteau, G. Polenta, L. Popa, G. W. Pratt, S. Prunet, J.-L. Puget, J. P. Rachen, W. T. Reach, R. Rebolo, M. Reinecke, M. Remazeilles, C. Renault, I. Ristorcelli, G. Rocha, G. Roudier, B. Rusholme, M. Sandri, D. Santos, D. Scott, L. D. Spencer, V. Stolyarov, A. W. Strong, R. Sudiwala, R. Sunyaev, D. Sutton, A.-S. Suur-Uski, J.-F. Sygnet, J. A. Tauber, L. Terenzi, L. Tibaldo, L. Toffolatti, M. Tomasi, M. Tristram, M. Tucci, G. Umana, L. Valenziano, J. Valiviita, B. Van Tent, P. Vielva, F. Villa, L. A. Wade, B. D. Wandelt, I. K. Wehus, D. Yvon, A. Zacchei, and A. Zonca. Planck intermediate results. XXVIII. Interstellar gas and dust in the Chamaeleon clouds as seen by Fermi LAT and Planck. Astron. Astrophys., 582:A31, October 2015.

[115] M. Radovich, I. Formicola, M. Meneghetti, I. Bartalucci, H. Bourdin, P. Mazzotta, L. Moscardini, S. Ettori, M. Arnaud, G. W. Pratt, N. Aghanim, H. Dahle, M. Douspis, E. Pointecouteau, and A. Grado. A weak lensing analysis of the PLCK G100.2-30.4 cluster. Astron. Astrophys., 579:A7, July 2015.

[116] A. Rémy-Ruyer, S. C. Madden, F. Galliano, V. Lebouteiller, M. Baes, G. J. Bendo, A. Boselli, L. Ciesla, D. Cormier, A. Cooray, L. Cortese, I. De Looze, V. Doublier-Pritchard, M. Galametz, A. P. Jones, O. Ł. Karczewski, N. Lu, and L. Spinoglio. Linking dust emission to fundamental properties in galaxies: the low-metallicity picture. Astron. Astrophys., 582:A121, October 2015.

[117] K. Rowlands, V. Wild, N. Nesvadba, B. Sibthorpe, A. Mortier, M. Lehnert, and E. da Cunha. The evolution of the cold interstellar medium in galaxies following a starburst. Monthly Notices of the RAS, 448:258–279, March 2015.

[118] V. Singh, C. H. Ishwara-Chandra, J. Sievers, Y. Wadadekar, M. Hilton, and A. Beelen. Discovery of rare double-lobe radio galaxies hosted in spiral galaxies. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 454:1556–1572, 2015.

[119] J. D. Slavin, E. Dwek, and A. P. Jones. Destruction of Interstellar Dust in Evolving Supernova Remnant Shock Waves. Astrophys. J., 803:7, April 2015.

[120] C. T. Tibbs, R. Paladini, K. Cleary, S. J. C. Muchovej, A. M. M. Scaife, M. A. Stevenson, R. J. Laureijs, N. Ysard, K. J. B. Grainge, Y. C. Perrott, C. Rumsey, and J. Villadsen. CARMA observations of Galactic cold cores: searching for spinning dust emission. Monthly Notices of the RAS, 453:3356–3374, November 2015.

[121] N. Ysard, M. Köhler, A. Jones, M.-A. Miville-Deschênes, A. Abergel, and L. Fanciullo. Dust variations in the diffuse interstellar medium: constraints on Milky Way dust from Planck-HFI observations. Astron. Astrophys., 577:A110, May 2015.

[122] S. Zaroubi, V. Jelic, A. G. de Bruyn, F. Boulanger, A. Bracco, R. Kooistra, M. I. R. Alves, M. A. Brentjens, K. Ferrière, T. Ghosh, L. V. E. Koopmans, F. Levrier, M.-A. Miville-Deschènes, L. Montier, V. N. Pandey, and J. D. Soler. Galactic interstellar filaments as probed by LOFAR and Planck. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 454:L46–L50, 2015.

2016

[123] J.-P. Bernard, P. Ade, Y. André, J. Aumont, L. Bautista, N. Bray, P. de Bernardis, O. Boulade, F. Bousquet, M. Bouzit, V. Buttice, A. Caillat, M. Charra, M. Chaigneau, B. Crane, J.-P. Crussaire, F. Douchin, E. Doumayrou, J. P. Dubois, C. Engel, P. Etcheto, P. Gélot, M. Griffin, G. Foenard, S. Grabarnik, P. Hargrave, A. Hughes, R. Laureijs, Y. Lepennec, B. Leriche, Y. Longval, S. Maestre, B. Maffei, J. Martignac, C. Marty, W. Marty, S. Masi, F. Mirc, R. Misawa, J. Montel, L. Montier, B. Mot, J. Narbonne, J.-M. Nicot, F. Pajot, G. Parot, E. Pérot, J. Pimentao, G. Pisano, N. Ponthieu, I. Ristorcelli, L. Rodriguez, G. Roudil, M. Salatino, G. Savini, O. Simonella, M. Saccoccio, P. Tapie,

J. Tauber, J.-P. Torre, and C. Tucker. Inflight performance of the PILOT balloon-borne experiment. In Millimeter, Submillimeter, and Far-Infrared Detectors and Instrumentation for Astronomy VIII, volume 9914 of Proceedings of the SPIE, page 99140W, July 2016.

[124] B. Bertincourt, G. Lagache, P. G. Martin, B. Schulz, L. Conversi, K. Dassas, L. Maurin, A. Abergel, A. Beelen, J.-P. Bernard, B. P. Crill, H. Dole, S. Eales, J. E. Gudmundsson, E. Lellouch, R. Moreno, and O. Perdereau. Comparison of absolute gain photometric calibration between Planck/HFI and Herschel/SPIRE at 545 and 857 GHz. Astron. Astrophys., 588:A107, April 2016.

[125] B. Bolliet, A. Barrau, J. Grain, and S. Schander. Observational exclusion of a consistent loop quantum cosmology scenario. Physical Review D, 93(12):124011, June 2016.

[126] B. Bolliet, A. Barrau, J. Grain, and S. Schander. Observational exclusion of a consistent loop quantum cosmology scenario. Phys. Rev., D93:124011, 2016.

[127] A. Boucaud, M. Bocchio, A. Abergel, F. Orieux, H. Dole, and M. A. Hadj-Youcef. Convolution kernels for multi-wavelength imaging. Astron. Astrophys., 596:A63, December 2016.

[128] C. Collet, N. P. H. Nesvadba, C. De Breuck, M. D. Lehnert, P. Best, J. J. Bryant, R. Hunstead, D. Dicken, and H. Johnston. Kinematic signatures of AGN feedback in moderately powerful radio galaxies at z∼2 observed with SINFONI. Astron. Astrophys., 586:A152, February 2016.

[129] H. Dahle, N. Aghanim, L. Guennou, P. Hudelot, R. Kneissl, E. Pointecouteau, A. Beelen, M. Bayliss, M. Douspis, N. Nesvadba, A. Hempel, M. Gronke, R. Burenin, H. Dole, D. Harrison, P. Mazzotta, and R. Sunyaev. Discovery of an exceptionally bright giant arc at z = 2.369, gravitationally lensed by the Planck cluster PSZ1 G311.65-18.48. Astron. Astrophys., 590:L4, May 2016.

[130] C. Damiani, J.-C. Meunier, C. Moutou, M. Deleuil, N. Ysard, F. Baudin, and H. Deeg. Stellar classification of CoRoT targets. Astron. Astrophys., 595:A95, November 2016.

[131] P. Deo, M. Robinson, B. Maffei, G. Pisano, and N. Trappe. W-band planar antennas for next generation sub-millimeter focal plane arrays. In Millimeter, Submillimeter, and Far-Infrared Detectors and Instrumentation for Astronomy VIII, volume 9914 of Proceedings of the SPIE, page 99143P, July 2016.

[132] I. Flores-Cacho, D. Pierini, G. Soucail, L. Montier, H. Dole, E. Pointecouteau, R. Pelló, E. Le Floc'h, N. Nesvadba, G. Lagache, D. Guery, and R. Cañameras. Multi-wavelength characterisation of z ∼ 2 clustered, dusty star-forming galaxies discovered by Planck. Astron. Astrophys., 585:A54, January 2016.

[133] T. Forveille, J. Alves, and N. Aghanim. Editorial. Discontinuation of Research Notes. Astron. Astrophys., 592:E1, August 2016.

[134] J. Grain. The perturbed universe in the deformed algebra approach of Loop Quantum Cosmology. Int. J. Mod. Phys., D25(08):1642003, 2016.

[135] B. Gullberg, C. De Breuck, M. D. Lehnert, J. Vernet, R. Bacon, G. Drouart, B. Emonts, A. Galametz, R. Ivison, N. P. H. Nesvadba, J. Richard, N. Seymour,

D. Stern, and D. Wylezalek. The mysterious morphology of MRC0943-242 as revealed by ALMA and MUSE. Astron. Astrophys., 586:A124, February 2016.

[136] B. Gullberg, M. D. Lehnert, C. De Breuck, S. Branchu, H. Dannerbauer, G. Drouart, B. Emonts, P. Guillard, N. Hatch, N. P. H. Nesvadba, A. Omont, N. Seymour, and J. Vernet. ALMA finds dew drops in the dusty spider's web. Astron. Astrophys., 591:A73, June 2016.

[137] A. P. Jones. Dust evolution, a global view I. Nanoparticles, nascence, nitrogen and natural selection ... joining the dots. Royal Society Open Science, 3:160221, December 2016.

[138] A. P. Jones. Dust evolution, a global view: II. Top-down branching, nanoparticle fragmentation and the mystery of the diffuse interstellar band carriers. Royal Society Open Science, 3:160223, December 2016.

[139] A. P. Jones. Dust evolution, a global view: III. Core/mantle grains, organic nano-globules, comets and surface chemistry. Royal Society Open Science, 3:160224, December 2016.

[140] A. P. Jones, M. Köhler, N. Ysard, E. Dartois, M. Godard, and L. Gavilan. Mantle formation, coagulation, and the origin of cloud/core shine. I. Modelling dust scattering and absorption in the infrared. Astron. Astrophys., 588:A43, April 2016.

[141] E. Kalinauskaite, A. Murphy, I. McAuley, N. A. Trappe, C. P. Bracken, D. N. McCarthy, S. Doherty, M. L. Gradziel, C. O'Sullivan, B. Maffei, J.-M. A. Lamarre, P. A. R. Ade, and G. Savini. Modeling multimode feed-horn coupled bolometers for millimeter-wave and terahertz astronomical instrumentation. In Millimeter, Submillimeter, and Far-Infrared Detectors and Instrumentation for Astronomy VIII, volume 9914 of Proceedings of the SPIE, page 99142R, July 2016.

[142] S. Legg, L. Lamagna, G. Coppi, P. de Bernardis, G. Giuliani, R. Gualtieri, T. Marchetti, S. Masi, G. Pisano, and B. Maffei. Development of the multimode horn-lens configuration for the LSPE-SWIPE B-mode experiment. In Millimeter, Submillimeter, and Far-Infrared Detectors and Instrumentation for Astronomy VIII, volume 9914 of Proceedings of the SPIE, page 991414, July 2016.

[143] J. Lequeux, C. Bertout, N. Aghanim, and T. Forveille. Jean-Louis Steinberg (1922-2016). Astron. Astrophys., 586:E1, February 2016.

[144] Y. Longval, B. Mot, P. Ade, Y. André, J. Aumont, L. Baustista, J.-P. Bernard, N. Bray, P. de Bernardis, O. Boulade, F. Bousquet, M. Bouzit, V. Buttice, A. Caillat, M. Charra, M. Chaigneau, B. Crane, J.-P. Crussaire, F. Douchin, E. Doumayrou, J.-P. Dubois, C. Engel, P. Etcheto, P. Gélot, M. Griffin, G. Foenard, S. Grabarnik, P. . Hargrave, A. Hughes, R. Laureijs, Y. Lepennec, B. Leriche, S. Maestre, B. Maffei, J. Martignac, C. Marty, W. Marty, S. Masi, F. Mirc, R. Misawa, J. Montel, L. Montier, J. Narbonne, J.-M. Nicot, F. Pajot, G. Parot, E. Pérot, J. Pimentao, G. Pisano, N. Ponthieu, I. Ristorcelli, L. Rodriguez, G. Roudil, M. Salatino, G. Savini, O. Simonella, M. Saccoccio, P. Tapie, J. Tauber, J.-P. Torre, and C. Tucker. PILOT optical alignment. In Space

Telescopes and Instrumentation 2016: Optical, Infrared, and Millimeter Wave, volume 9904 of Proceedings of the SPIE, page 990458, July 2016.

[145] G. Martinez Aviles, C. Ferrari, M. Johnston-Hollitt, L. Pratley, G. Macario, T. Venturi, G. Brunetti, R. Cassano, D. Dallacasa, H. T. Intema, S. Giacintucci, G. Hurier, N. Aghanim, M. Douspis, and M. Langer. ATCA observations of the MACS-Planck Radio Halo Cluster Project. I. New detection of a radio halo in PLCK G285.0-23.7. Astron. Astrophys., 595:A116, November 2016.

[146] N. Nesvadba, R. Kneissl, R. Cañameras, F. Boone, E. Falgarone, B. Frye, M. Gerin, S. Koenig, G. Lagache, E. Le Floc'h, S. Malhotra, and D. Scott. Planck's Dusty GEMS. II. Extended [CII] emission and absorption in the Garnet at z = 3.4 seen with ALMA. Astron. Astrophys., 593:L2, August 2016.

[147] G. Pisano, B. Maffei, P. A. R. Ade, P. de Bernardis, P. de Maagt, B. Ellison, M. Henry, M. W. Ng, B. Schortt, and C. Tucker. Multi-octave metamaterial reflective half-wave plate for millimeter and sub-millimeter wave applications. Applied Optics, 55:10255, December 2016.

[148] Planck Collaboration. Planck 2015 results. XXIII. The thermal Sunyaev-Zeldovich effect-cosmic infrared background correlation. Astronomy & Astrophysics, 594:A23, oct 2016.

[149] Planck Collaboration. Planck intermediate results. XLIV. Structure of the Galactic magnetic field from dust polarization maps of the southern Galactic cap. Astronomy & Astrophysics, 596:A105, dec 2016.

[150] Planck Collaboration. Planck intermediate results. XLIX. Parity-violation constraints from polarization data. Astronomy & Astrophysics, 596:A110, dec 2016.

[151] Planck Collaboration. Planck intermediate results. XLVI. Reduction of large-scale systematic effects in HFI polarization maps and estimation of the reionization optical depth. Astronomy & Astrophysics, 596:A107, dec 2016.

[152] Planck Collaboration, R. Adam, P. A. R. Ade, N. Aghanim, Y. Akrami, M. I. R. Alves, F. Argüeso, M. Arnaud, F. Arroja, M. Ashdown, and et al. Planck 2015 results. I. Overview of products and scientific results. Astron. Astrophys., 594:A1, September 2016.

[153] Planck Collaboration, R. Adam, P. A. R. Ade, N. Aghanim, M. I. R. Alves, M. Arnaud, D. Arzoumanian, M. Ashdown, J. Aumont, C. Baccigalupi, and et al. Planck intermediate results. XXXII. The relative orientation between the magnetic field and structures traced by interstellar dust. Astron. Astrophys., 586:A135, February 2016.

[154] Planck Collaboration, R. Adam, P. A. R. Ade, N. Aghanim, M. I. R. Alves, M. Arnaud, M. Ashdown, J. Aumont, C. Baccigalupi, A. J. Banday, and et al. Planck 2015 results. X. Diffuse component separation: Foreground maps. Astron. Astrophys., 594:A10, September 2016.

[155] Planck Collaboration, R. Adam, P. A. R. Ade, N. Aghanim, M. Arnaud, M. Ashdown, J. Aumont, C. Baccigalupi, A. J. Banday, R. B. Barreiro, and et al. Planck 2015 results. IX. Diffuse component separation: CMB maps. Astron. Astrophys., 594:A9, September 2016.

[156] Planck Collaboration, R. Adam, P. A. R. Ade, N. Aghanim, M. Arnaud, M. Ashdown, J. Aumont, C. Baccigalupi, A. J. Banday, R. B. Barreiro, and et al. Planck 2015 results. VII. High Frequency Instrument data processing: Time-ordered information and beams. Astron. Astrophys., 594:A7, September 2016.

[157] Planck Collaboration, R. Adam, P. A. R. Ade, N. Aghanim, M. Arnaud, M. Ashdown, J. Aumont, C. Baccigalupi, A. J. Banday, R. B. Barreiro, and et al. Planck 2015 results. VIII. High Frequency Instrument data processing: Calibration and maps. Astron. Astrophys., 594:A8, September 2016.

[158] Planck Collaboration, R. Adam, P. A. R. Ade, N. Aghanim, M. Arnaud, J. Aumont, C. Baccigalupi, A. J. Banday, R. B. Barreiro, J. G. Bartlett, and et al. Planck intermediate results. XXX. The angular power spectrum of polarized dust emission at intermediate and high Galactic latitudes. Astron. Astrophys., 586:A133, February 2016.

[159] Planck Collaboration, R. Adam, P. A. R. Ade, N. Aghanim, M. Ashdown, J. Aumont, C. Baccigalupi, A. J. Banday, R. B. Barreiro, N. Bartolo, E. Battaner, K. Benabed, A. Benoit-Lévy, M. Bersanelli, P. Bielewicz, I. Bikmaev, A. Bonaldi, J. R. Bond, J. Borrill, F. R. Bouchet, R. Burenin, C. Burigana, E. Calabrese, J.-F. Cardoso, A. Catalano, H. C. Chiang, P. R. Christensen, E. Churazov, L. P. L. Colombo, C. Combet, B. Comis, F. Couchot, B. P. Crill, A. Curto, F. Cuttaia, L. Danese, R. J. Davis, P. de Bernardis, A. de Rosa, G. de Zotti, J. Delabrouille, F.-X. Désert, J. M. Diego, H. Dole, O. Doré, M. Douspis, A. Ducout, X. Dupac, F. Elsner, T. A. Enßlin, F. Finelli, O. Forni, M. Frailis, A. A. Fraisse, E. Franceschi, S. Galeotta, K. Ganga, R. T. Génova-Santos, M. Giard, Y. Giraud-Héraud, E. Gjerløw, J. González-Nuevo, K. M. Górski, A. Gregorio, A. Gruppuso, J. E. Gudmundsson, F. K. Hansen, D. L. Harrison, C. Hernández-Monteagudo, D. Herranz, S. R. Hildebrandt, E. Hivon, M. Hobson, A. Hornstrup, W. Hovest, G. Hurier, A. H. Jaffe, T. R. Jaffe, W. C. Jones, E. Keihänen, R. Keskitalo, I. Khamitov, T. S. Kisner, R. Kneissl, J. Knoche, M. Kunz, H. Kurki-Suonio, G. Lagache, A. Lähteenmäki, J.-M. Lamarre, A. Lasenby, M. Lattanzi, C. R. Lawrence, R. Leonardi, F. Levrier, M. Liguori, P. B. Lilje, M. Linden-Vørnle, M. López-Caniego, J. F. Macías-Pérez, B. Maffei, G. Maggio, N. Mandolesi, A. Mangilli, M. Maris, P. G. Martin, E. Martínez-González, S. Masi, S. Matarrese, A. Melchiorri, A. Mennella, M. Migliaccio, M.-A. Miville-Deschênes, A. Moneti, L. Montier, G. Morgante, D. Mortlock, D. Munshi, J. A. Murphy, P. Naselsky, F. Nati, P. Natoli, H. U. Nørgaard-Nielsen, D. Novikov, I. Novikov, C. A. Oxborrow, L. Pagano, F. Pajot, D. Paoletti, F. Pasian, O. Perdereau, L. Perotto, V. Pettorino, F. Piacentini, M. Piat, S. Plaszczynski, E. Pointecouteau, G. Polenta, N. Ponthieu, G. W. Pratt, S. Prunet, J.-L. Puget, J. P. Rachen, R. Rebolo, M. Reinecke, M. Remazeilles, C. Renault, A. Renzi, I. Ristorcelli, G. Rocha, C. Rosset, M. Rossetti, G. Roudier, J. A. Rubiño-Martín, B. Rusholme, D. Santos, M. Savelainen, G. Savini, D. Scott, V. Stolyarov, R. Stompor, R. Sudiwala, R. Sunyaev, D. Sutton, A.-S. Suur-Uski, J.-F. Sygnet, J. A. Tauber, L. Terenzi, L. Toffolatti, M. Tomasi, M. Tristram, M. Tucci, L. Valenziano, J. Valiviita, F. Van Tent, P. Vielva, F. Villa, L. A. Wade, I. K. Wehus, D. Yvon, A. Zacchei, and A. Zonca. Planck intermediate results. XLIII.

Spectral energy distribution of dust in clusters of galaxies. Astron. Astrophys., 596:A104, December 2016.

[160] Planck Collaboration, R. Adam, N. Aghanim, M. Ashdown, J. Aumont, C. Baccigalupi, M. Ballardini, A. J. Banday, R. B. Barreiro, N. Bartolo, S. Basak, R. Battye, K. Benabed, J.-P. Bernard, M. Bersanelli, P. Bielewicz, J. J. Bock, A. Bonaldi, L. Bonavera, J. R. Bond, J. Borrill, F. R. Bouchet, F. Boulanger, M. Bucher, C. Burigana, E. Calabrese, J.-F. Cardoso, J. Carron, H. C. Chiang, L. P. L. Colombo, C. Combet, B. Comis, F. Couchot, A. Coulais, B. P. Crill, A. Curto, F. Cuttaia, R. J. Davis, P. de Bernardis, A. de Rosa, G. de Zotti, J. Delabrouille, E. Di Valentino, C. Dickinson, J. M. Diego, O. Doré, M. Douspis, A. Ducout, X. Dupac, F. Elsner, T. A. Enßlin, H. K. Eriksen, E. Falgarone, Y. Fantaye, F. Finelli, F. Forastieri, M. Frailis, A. A. Fraisse, E. Franceschi, A. Frolov, S. Galeotta, S. Galli, K. Ganga, R. T. Génova-Santos, M. Gerbino, T. Ghosh, J. González-Nuevo, K. M. Górski, A. Gruppuso, J. E. Gudmundsson, F. K. Hansen, G. Helou, S. Henrot-Versillé, D. Herranz, E. Hivon, Z. Huang, S. Ilić, A. H. Jaffe, W. C. Jones, E. Keihänen, R. Keskitalo, T. S. Kisner, L. Knox, N. Krachmalnicoff, M. Kunz, H. Kurki-Suonio, G. Lagache, A. Lähteenmäki, J.-M. Lamarre, M. Langer, A. Lasenby, M. Lattanzi, C. R. Lawrence, M. Le Jeune, F. Levrier, A. Lewis, M. Liguori, P. B. Lilje, M. López-Caniego, Y.-Z. Ma, J. F. Macías-Pérez, G. Maggio, A. Mangilli, M. Maris, P. G. Martin, E. Martínez-González, S. Matarrese, N. Mauri, J. D. McEwen, P. R. Meinhold, A. Melchiorri, A. Mennella, M. Migliaccio, M.-A. Miville-Deschênes, D. Molinari, A. Moneti, L. Montier, G. Morgante, A. Moss, P. Naselsky, P. Natoli, C. A. Oxborrow, L. Pagano, D. Paoletti, B. Partridge, G. Patanchon, L. Patrizii, O. Perdereau, L. Perotto, V. Pettorino, F. Piacentini, S. Plaszczynski, L. Polastri, G. Polenta, J.-L. Puget, J. P. Rachen, B. Racine, M. Reinecke, M. Remazeilles, A. Renzi, G. Rocha, M. Rossetti, G. Roudier, J. A. Rubiño-Martín, B. Ruiz-Granados, L. Salvati, M. Sandri, M. Savelainen, D. Scott, G. Sirri, R. Sunyaev, A.-S. Suur-Uski, J. A. Tauber, M. Tenti, L. Toffolatti, M. Tomasi, M. Tristram, T. Trombetti, J. Valiviita, F. Van Tent, P. Vielva, F. Villa, N. Vittorio, B. D. Wandelt, I. K. Wehus, M. White, A. Zacchei, and A. Zonca. Planck intermediate results. XLVII. Planck constraints on reionization history. Astron. Astrophys., 596:A108, December 2016.

[161] Planck Collaboration, P. A. R. Ade, N. Aghanim, Y. Akrami, P. K. Aluri, M. Arnaud, M. Ashdown, J. Aumont, C. Baccigalupi, A. J. Banday, and et al. Planck 2015 results. XVI. Isotropy and statistics of the CMB. Astron. Astrophys., 594:A16, September 2016.

[162] Planck Collaboration, P. A. R. Ade, N. Aghanim, H. D. Aller, M. F. Aller, M. Arnaud, J. Aumont, C. Baccigalupi, A. J. Banday, R. B. Barreiro, N. Bartolo, E. Battaner, K. Benabed, A. Benoit-Lévy, J.-P. Bernard, M. Bersanelli, P. Bielewicz, A. Bonaldi, L. Bonavera, J. R. Bond, J. Borrill, F. R. Bouchet, C. Burigana, E. Calabrese, A. Catalano, H. C. Chiang, P. R. Christensen, D. L. Clements, L. P. L. Colombo, F. Couchot, B. P. Crill, A. Curto, F. Cuttaia, L. Danese, R. D. Davies, R. J. Davis, P. de Bernardis, A. de Rosa, G. de Zotti, J. Delabrouille, C. Dickinson, J. M. Diego, H. Dole, S. Don-

zelli, O. Doré, A. Ducout, X. Dupac, G. Efstathiou, F. Elsner, H. K. Eriksen, F. Finelli, O. Forni, M. Frailis, A. A. Fraisse, E. Franceschi, S. Galeotta, S. Galli, K. Ganga, M. Giard, Y. Giraud-Héraud, E. Gjerløw, J. González-Nuevo, K. M. Górski, A. Gruppuso, M. A. Gurwell, F. K. Hansen, D. L. Harrison, S. Henrot-Versillé, C. Hernández-Monteagudo, S. R. Hildebrandt, M. Hobson, A. Hornstrup, T. Hovatta, W. Hovest, K. M. Huffenberger, G. Hurier, A. H. Jaffe, T. R. Jaffe, E. Järvelä, E. Keihänen, R. Keskitalo, T. S. Kisner, R. Kneissl, J. Knoche, M. Kunz, H. Kurki-Suonio, A. Lähteenmäki, J.-M. Lamarre, A. Lasenby, M. Lattanzi, C. R. Lawrence, R. Leonardi, F. Levrier, M. Liguori, P. B. Lilje, M. Linden-Vørnle, M. López-Caniego, P. M. Lubin, J. F. Macías-Pérez, B. Maffei, D. Maino, N. Mandolesi, M. Maris, P. G. Martin, E. Martínez-González, S. Masi, S. Matarrese, W. Max-Moerbeck, P. R. Meinhold, A. Melchiorri, A. Mennella, M. Migliaccio, M. Mingaliev, M.-A. Miville-Deschênes, A. Moneti, L. Montier, G. Morgante, D. Mortlock, D. Munshi, J. A. Murphy, F. Nati, P. Natoli, E. Nieppola, F. Noviello, D. Novikov, I. Novikov, L. Pagano, F. Pajot, D. Paoletti, B. Partridge, F. Pasian, T. J. Pearson, O. Perdereau, L. Perotto, V. Pettorino, F. Piacentini, M. Piat, E. Pierpaoli, S. Plaszczynski, E. Pointecouteau, G. Polenta, G. W. Pratt, V. Ramakrishnan, E. A. Rastorgueva-Foi, A. C. S Readhead, M. Reinecke, M. Remazeilles, C. Renault, A. Renzi, J. L. Richards, I. Ristorcelli, G. Rocha, M. Rossetti, G. Roudier, J. A. Rubiño-Martín, B. Rusholme, M. Sandri, M. Savelainen, G. Savini, D. Scott, Y. Sotnikova, V. Stolyarov, R. Sunyaev, D. Sutton, A.-S. Suur-Uski, J.-F. Sygnet, J. Tammi, J. A. Tauber, L. Terenzi, L. Toffolatti, M. Tomasi, M. Tornikoski, M. Tristram, M. Tucci, M. Türler, L. Valenziano, J. Valiviita, E. Valtaoja, B. Van Tent, P. Vielva, F. Villa, L. A. Wade, A. E. Wehrle, I. K. Wehus, D. Yvon, A. Zacchei, and A. Zonca. Planck intermediate results. XLV. Radio spectra of northern extragalactic radio sources. Astron. Astrophys., 596:A106, December 2016.

[163] Planck Collaboration, P. A. R. Ade, N. Aghanim, M. I. R. Alves, G. Aniano, M. Arnaud, M. Ashdown, J. Aumont, C. Baccigalupi, A. J. Banday, R. B. Barreiro, N. Bartolo, E. Battaner, K. Benabed, A. Benoit-Lévy, J.-P. Bernard, M. Bersanelli, P. Bielewicz, A. Bonaldi, L. Bonavera, J. R. Bond, J. Borrill, F. R. Bouchet, F. Boulanger, C. Burigana, R. C. Butler, E. Calabrese, J.-F. Cardoso, A. Catalano, A. Chamballu, H. C. Chiang, P. R. Christensen, D. L. Clements, S. Colombi, L. P. L. Colombo, F. Couchot, B. P. Crill, A. Curto, F. Cuttaia, L. Danese, R. D. Davies, R. J. Davis, P. de Bernardis, A. de Rosa, G. de Zotti, J. Delabrouille, C. Dickinson, J. M. Diego, H. Dole, S. Donzelli, O. Doré, M. Douspis, B. T. Draine, A. Ducout, X. Dupac, G. Efstathiou, F. Elsner, T. A. Enßlin, H. K. Eriksen, E. Falgarone, F. Finelli, O. Forni, M. Frailis, A. A. Fraisse, E. Franceschi, A. Frejsel, S. Galeotta, S. Galli, K. Ganga, T. Ghosh, M. Giard, E. Gjerløw, J. González-Nuevo, K. M. Górski, A. Gregorio, A. Gruppuso, V. Guillet, F. K. Hansen, D. Hanson, D. L. Harrison, S. Henrot-Versillé, C. Hernández-Monteagudo, D. Herranz, S. R. Hildebrandt, E. Hivon, W. A. Holmes, W. Hovest, K. M. Huffenberger, G. Hurier, A. H. Jaffe, T. R. Jaffe, W. C. Jones, E. Keihänen, R. Keskitalo, T. S. Kisner, R. Kneissl, J. Knoche, M. Kunz,

H. Kurki-Suonio, G. Lagache, J.-M. Lamarre, A. Lasenby, M. Lattanzi, C. R. Lawrence, R. Leonardi, F. Levrier, M. Liguori, P. B. Lilje, M. Linden-Vørnle, M. López-Caniego, P. M. Lubin, J. F. Macías-Pérez, B. Maffei, D. Maino, N. Mandolesi, M. Maris, D. J. Marshall, P. G. Martin, E. Martínez-González, S. Masi, S. Matarrese, P. Mazzotta, A. Melchiorri, L. Mendes, A. Mennella, M. Migliaccio, M.-A. Miville-Deschênes, A. Moneti, L. Montier, G. Morgante, D. Mortlock, D. Munshi, J. A. Murphy, P. Naselsky, P. Natoli, H. U. Nørgaard-Nielsen, D. Novikov, I. Novikov, C. A. Oxborrow, L. Pagano, F. Pajot, R. Paladini, D. Paoletti, F. Pasian, O. Perdereau, L. Perotto, F. Perrotta, V. Pettorino, F. Piacentini, M. Piat, S. Plaszczynski, E. Pointecouteau, G. Polenta, N. Ponthieu, L. Popa, G. W. Pratt, S. Prunet, J.-L. Puget, J. P. Rachen, W. T. Reach, R. Rebolo, M. Reinecke, M. Remazeilles, C. Renault, I. Ristorcelli, G. Rocha, G. Roudier, J. A. Rubiño-Martín, B. Rusholme, M. Sandri, D. Santos, D. Scott, L. D. Spencer, V. Stolyarov, R. Sudiwala, R. Sunyaev, D. Sutton, A.-S. Suur-Uski, J.-F. Sygnet, J. A. Tauber, L. Terenzi, L. Toffolatti, M. Tomasi, M. Tristram, M. Tucci, G. Umana, L. Valenziano, J. Valiviita, B. Van Tent, P. Vielva, F. Villa, L. A. Wade, B. D. Wandelt, I. K. Wehus, N. Ysard, D. Yvon, A. Zacchei, and A. Zonca. Planck intermediate results. XXIX. All-sky dust modelling with Planck, IRAS, and WISE observations. Astron. Astrophys., 586:A132, February 2016.

[164] Planck Collaboration, P. A. R. Ade, N. Aghanim, M. I. R. Alves, M. Arnaud, D. Arzoumanian, M. Ashdown, J. Aumont, C. Baccigalupi, A. J. Banday, R. B. Barreiro, N. Bartolo, E. Battaner, K. Benabed, A. Benoît, A. Benoit-Lévy, J.-P. Bernard, M. Bersanelli, P. Bielewicz, J. J. Bock, L. Bonavera, J. R. Bond, J. Borrill, F. R. Bouchet, F. Boulanger, A. Bracco, C. Burigana, E. Calabrese, J.-F. Cardoso, A. Catalano, H. C. Chiang, P. R. Christensen, L. P. L. Colombo, C. Combet, F. Couchot, B. P. Crill, A. Curto, F. Cuttaia, L. Danese, R. D. Davies, R. J. Davis, P. de Bernardis, A. de Rosa, G. de Zotti, J. Delabrouille, C. Dickinson, J. M. Diego, H. Dole, S. Donzelli, O. Doré, M. Douspis, A. Ducout, X. Dupac, G. Efstathiou, F. Elsner, T. A. Enßlin, H. K. Eriksen, D. Falceta-Gonçalves, E. Falgarone, K. Ferrière, F. Finelli, O. Forni, M. Frailis, A. A. Fraisse, E. Franceschi, A. Frejsel, S. Galeotta, S. Galli, K. Ganga, T. Ghosh, M. Giard, E. Gjerløw, J. González-Nuevo, K. M. Górski, A. Gregorio, A. Gruppuso, J. E. Gudmundsson, V. Guillet, D. L. Harrison, G. Helou, P. Hennebelle, S. Henrot-Versillé, C. Hernández-Monteagudo, D. Herranz, S. R. Hildebrandt, E. Hivon, W. A. Holmes, A. Hornstrup, K. M. Huffenberger, G. Hurier, A. H. Jaffe, T. R. Jaffe, W. C. Jones, M. Juvela, E. Keihänen, R. Keskitalo, T. S. Kisner, J. Knoche, M. Kunz, H. Kurki-Suonio, G. Lagache, J.-M. Lamarre, A. Lasenby, M. Lattanzi, C. R. Lawrence, R. Leonardi, F. Levrier, M. Liguori, P. B. Lilje, M. Linden-Vørnle, M. López-Caniego, P. M. Lubin, J. F. Macías-Pérez, D. Maino, N. Mandolesi, A. Mangilli, M. Maris, P. G. Martin, E. Martínez-González, S. Masi, S. Matarrese, A. Melchiorri, L. Mendes, A. Mennella, M. Migliaccio, M.-A. Miville-Deschênes, A. Moneti, L. Montier, G. Morgante, D. Mortlock, D. Munshi, J. A. Murphy, P. Naselsky, F. Nati, C. B. Netterfield, F. Noviello, D. Novikov, I. Novikov, N. Oppermann, C. A. Oxborrow,

L. Pagano, F. Pajot, R. Paladini, D. Paoletti, F. Pasian, L. Perotto, V. Pettorino, F. Piacentini, M. Piat, E. Pierpaoli, D. Pietrobon, S. Plaszczynski, E. Pointecouteau, G. Polenta, N. Ponthieu, G. W. Pratt, S. Prunet, J.-L. Puget, J. P. Rachen, M. Reinecke, M. Remazeilles, C. Renault, A. Renzi, I. Ristorcelli, G. Rocha, M. Rossetti, G. Roudier, J. A. Rubiño-Martín, B. Rusholme, M. Sandri, D. Santos, M. Savelainen, G. Savini, D. Scott, J. D. Soler, V. Stolyarov, R. Sudiwala, D. Sutton, A.-S. Suur-Uski, J.-F. Sygnet, J. A. Tauber, L. Terenzi, L. Toffolatti, M. Tomasi, M. Tristram, M. Tucci, G. Umana, L. Valenziano, J. Valiviita, B. Van Tent, P. Vielva, F. Villa, L. A. Wade, B. D. Wandelt, I. K. Wehus, N. Ysard, D. Yvon, and A. Zonca. Planck intermediate results. XXXV. Probing the role of the magnetic field in the formation of structure in molecular clouds. Astron. Astrophys., 586:A138, February 2016.

[165] Planck Collaboration, P. A. R. Ade, N. Aghanim, M. I. R. Alves, M. Arnaud, D. Arzoumanian, J. Aumont, C. Baccigalupi, A. J. Banday, R. B. Barreiro, N. Bartolo, E. Battaner, K. Benabed, A. Benoit-Lévy, J.-P. Bernard, O. Berné, M. Bersanelli, P. Bielewicz, A. Bonaldi, L. Bonavera, J. R. Bond, J. Borrill, F. R. Bouchet, F. Boulanger, A. Bracco, C. Burigana, E. Calabrese, J.-F. Cardoso, A. Catalano, A. Chamballu, H. C. Chiang, P. R. Christensen, D. L. Clements, S. Colombi, L. P. L. Colombo, C. Combet, F. Couchot, B. P. Crill, A. Curto, F. Cuttaia, L. Danese, R. D. Davies, R. J. Davis, P. de Bernardis, A. de Rosa, G. de Zotti, J. Delabrouille, C. Dickinson, J. M. Diego, S. Donzelli, O. Doré, M. Douspis, A. Ducout, X. Dupac, F. Elsner, T. A. Enßlin, H. K. Eriksen, E. Falgarone, K. Ferrière, F. Finelli, O. Forni, M. Frailis, A. A. Fraisse, E. Franceschi, A. Frejsel, S. Galeotta, S. Galli, K. Ganga, T. Ghosh, M. Giard, Y. Giraud-Héraud, E. Gjerløw, J. González-Nuevo, K. M. Górski, A. Gregorio, A. Gruppuso, V. Guillet, F. K. Hansen, D. Hanson, D. L. Harrison, C. Hernández-Monteagudo, D. Herranz, S. R. Hildebrandt, E. Hivon, M. Hobson, W. A. Holmes, K. M. Huffenberger, G. Hurier, A. H. Jaffe, T. R. Jaffe, W. C. Jones, M. Juvela, R. Keskitalo, T. S. Kisner, J. Knoche, M. Kunz, H. Kurki-Suonio, G. Lagache, J.-M. Lamarre, A. Lasenby, C. R. Lawrence, R. Leonardi, F. Levrier, M. Liguori, P. B. Lilje, M. Linden-Vørnle, M. López-Caniego, P. M. Lubin, J. F. Macías-Pérez, B. Maffei, N. Mandolesi, A. Mangilli, M. Maris, P. G. Martin, E. Martínez-González, S. Masi, S. Matarrese, P. Mazzotta, A. Melchiorri, L. Mendes, A. Mennella, M. Migliaccio, S. Mitra, M.-A. Miville-Deschênes, A. Moneti, L. Montier, G. Morgante, D. Mortlock, D. Munshi, J. A. Murphy, P. Naselsky, F. Nati, P. Natoli, H. U. Nørgaard-Nielsen, F. Noviello, D. Novikov, I. Novikov, N. Oppermann, L. Pagano, F. Pajot, R. Paladini, D. Paoletti, F. Pasian, F. Perrotta, V. Pettorino, F. Piacentini, M. Piat, E. Pierpaoli, D. Pietrobon, S. Plaszczynski, E. Pointecouteau, G. Polenta, G. W. Pratt, J.-L. Puget, J. P. Rachen, R. Rebolo, M. Reinecke, M. Remazeilles, C. Renault, A. Renzi, S. Ricciardi, I. Ristorcelli, G. Rocha, C. Rosset, M. Rossetti, G. Roudier, J. A. Rubiño-Martín, B. Rusholme, M. Sandri, M. Savelainen, G. Savini, D. Scott, J. D. Soler, V. Stolyarov, D. Sutton, A.-S. Suur-Uski, J.-F. Sygnet, J. A. Tauber, L. Terenzi, L. Toffolatti, M. Tomasi, M. Tristram, M. Tucci, L. Valenziano, J. Valiviita, B. Van Tent, P. Vielva, F. Villa, L. A. Wade, B. D. Wandelt, D. Yvon,

A. Zacchei, and A. Zonca. Planck intermediate results. XXXIII. Signature of the magnetic field geometry of interstellar filaments in dust polarization maps. Astron. Astrophys., 586:A136, February 2016.

[166] Planck Collaboration, P. A. R. Ade, N. Aghanim, M. I. R. Alves, M. Arnaud, M. Ashdown, J. Aumont, C. Baccigalupi, A. J. Banday, R. B. Barreiro, and et al. Planck 2015 results. XXV. Diffuse low-frequency Galactic foregrounds. Astron. Astrophys., 594:A25, September 2016.

[167] Planck Collaboration, P. A. R. Ade, N. Aghanim, F. Argüeso, M. Arnaud, M. Ashdown, J. Aumont, C. Baccigalupi, A. J. Banday, R. B. Barreiro, and et al. Planck 2015 results. XXVI. The Second Planck Catalogue of Compact Sources. Astron. Astrophys., 594:A26, September 2016.

[168] Planck Collaboration, P. A. R. Ade, N. Aghanim, M. Arnaud, F. Arroja, M. Ashdown, J. Aumont, C. Baccigalupi, M. Ballardini, A. J. Banday, and et al. Planck 2015 results. XIX. Constraints on primordial magnetic fields. Astron. Astrophys., 594:A19, September 2016.

[169] Planck Collaboration, P. A. R. Ade, N. Aghanim, M. Arnaud, F. Arroja, M. Ashdown, J. Aumont, C. Baccigalupi, M. Ballardini, A. J. Banday, and et al. Planck 2015 results. XVII. Constraints on primordial non-Gaussianity. Astron. Astrophys., 594:A17, September 2016.

[170] Planck Collaboration, P. A. R. Ade, N. Aghanim, M. Arnaud, F. Arroja, M. Ashdown, J. Aumont, C. Baccigalupi, M. Ballardini, A. J. Banday, and et al. Planck 2015 results. XX. Constraints on inflation. Astron. Astrophys., 594:A20, September 2016.

[171] Planck Collaboration, P. A. R. Ade, N. Aghanim, M. Arnaud, M. Ashdown, E. Aubourg, J. Aumont, C. Baccigalupi, A. J. Banday, R. B. Barreiro, N. Bartolo, E. Battaner, K. Benabed, A. Benoit-Lévy, M. Bersanelli, P. Bielewicz, J. J. Bock, A. Bonaldi, L. Bonavera, J. R. Bond, J. Borrill, F. R. Bouchet, C. Burigana, E. Calabrese, J.-F. Cardoso, A. Catalano, A. Chamballu, H. C. Chiang, P. R. Christensen, D. L. Clements, L. P. L. Colombo, C. Combet, B. P. Crill, A. Curto, F. Cuttaia, L. Danese, R. D. Davies, R. J. Davis, P. de Bernardis, G. de Zotti, J. Delabrouille, C. Dickinson, J. M. Diego, K. Dolag, S. Donzelli, O. Doré, M. Douspis, A. Ducout, X. Dupac, G. Efstathiou, F. Elsner, T. A. Enßlin, H. K. Eriksen, F. Finelli, O. Forni, M. Frailis, A. A. Fraisse, E. Franceschi, A. Frejsel, S. Galeotta, S. Galli, K. Ganga, R. T. Génova-Santos, M. Giard, E. Gjerløw, J. González-Nuevo, K. M. Górski, A. Gregorio, A. Gruppuso, F. K. Hansen, D. L. Harrison, S. Henrot-Versillé, C. Hernández-Monteagudo, D. Herranz, S. R. Hildebrandt, E. Hivon, M. Hobson, A. Hornstrup, K. M. Huffenberger, G. Hurier, A. H. Jaffe, T. R. Jaffe, W. C. Jones, M. Juvela, E. Keihänen, R. Keskitalo, F. Kitaura, R. Kneissl, J. Knoche, M. Kunz, H. Kurki-Suonio, G. Lagache, J.-M. Lamarre, A. Lasenby, M. Lattanzi, C. R. Lawrence, R. Leonardi, J. León-Tavares, F. Levrier, M. Liguori, P. B. Lilje, M. Linden-Vørnle, M. López-Caniego, P. M. Lubin, Y.-Z. Ma, J. F. Macías-Pérez, B. Maffei, D. Maino, D. S. Y. Mak, N. Mandolesi, A. Mangilli, M. Maris, P. G. Martin, E. Martínez-González, S. Masi, S. Matarrese, P. McGehee, A. Melchiorri, A. Mennella, M. Migliaccio, M.-A. Miville-Deschênes, A. Moneti,

L. Montier, G. Morgante, D. Mortlock, D. Munshi, J. A. Murphy, P. Naselsky, F. Nati, P. Natoli, F. Noviello, D. Novikov, I. Novikov, C. A. Oxborrow, L. Pagano, F. Pajot, D. Paoletti, O. Perdereau, L. Perotto, V. Pettorino, F. Piacentini, M. Piat, E. Pierpaoli, E. Pointecouteau, G. Polenta, N. Ponthieu, G. W. Pratt, J.-L. Puget, S. Puisieux, J. P. Rachen, B. Racine, W. T. Reach, M. Reinecke, M. Remazeilles, C. Renault, A. Renzi, I. Ristorcelli, G. Rocha, C. Rosset, M. Rossetti, G. Roudier, J. A. Rubiño-Martín, B. Rusholme, M. Sandri, D. Santos, M. Savelainen, G. Savini, D. Scott, L. D. Spencer, V. Stolyarov, R. Sudiwala, R. Sunyaev, D. Sutton, A.-S. Suur-Uski, J.-F. Sygnet, J. A. Tauber, L. Terenzi, L. Toffolatti, M. Tomasi, M. Tucci, L. Valenziano, J. Valiviita, B. Van Tent, P. Vielva, F. Villa, L. A. Wade, B. D. Wandelt, W. Wang, I. K. Wehus, D. Yvon, A. Zacchei, and A. Zonca. Planck intermediate results. XXXVII. Evidence of unbound gas from the kinetic Sunyaev-Zeldovich effect. Astron. Astrophys., 586:A140, February 2016.

[172] Planck Collaboration, P. A. R. Ade, N. Aghanim, M. Arnaud, M. Ashdown, J. Aumont, C. Baccigalupi, A. J. Banday, R. B. Barreiro, R. Barrena, N. Bartolo, E. Battaner, K. Benabed, A. Benoit-Lévy, J.-P. Bernard, M. Bersanelli, P. Bielewicz, I. Bikmaev, H. Böhringer, A. Bonaldi, L. Bonavera, J. R. Bond, J. Borrill, F. R. Bouchet, R. Burenin, C. Burigana, E. Calabrese, J.-F. Cardoso, A. Catalano, A. Chamballu, R.-R. Chary, H. C. Chiang, G. Chon, P. R. Christensen, D. L. Clements, L. P. L. Colombo, C. Combet, B. Comis, B. P. Crill, A. Curto, F. Cuttaia, H. Dahle, L. Danese, R. D. Davies, R. J. Davis, P. de Bernardis, A. de Rosa, G. de Zotti, J. Delabrouille, J. M. Diego, H. Dole, S. Donzelli, O. Doré, M. Douspis, X. Dupac, G. Efstathiou, F. Elsner, T. A. Enßlin, H. K. Eriksen, A. Ferragamo, F. Finelli, O. Forni, M. Frailis, A. A. Fraisse, E. Franceschi, S. Fromenteau, S. Galeotta, S. Galli, K. Ganga, R. T. Génova-Santos, M. Giard, E. Gjerløw, J. González-Nuevo, K. M. Górski, A. Gruppuso, F. K. Hansen, D. L. Harrison, A. Hempel, C. Hernández-Monteagudo, D. Herranz, S. R. Hildebrandt, E. Hivon, A. Hornstrup, W. Hovest, K. M. Huffenberger, G. Hurier, T. R. Jaffe, E. Keihänen, R. Keskitalo, I. Khamitov, T. S. Kisner, R. Kneissl, J. Knoche, M. Kunz, H. Kurki-Suonio, J.-M. Lamarre, A. Lasenby, M. Lattanzi, C. R. Lawrence, R. Leonardi, J. León-Tavares, F. Levrier, H. Lietzen, M. Liguori, P. B. Lilje, M. Linden-Vørnle, M. López-Caniego, P. M. Lubin, J. F. Macías-Pérez, B. Maffei, D. Maino, N. Mandolesi, M. Maris, P. G. Martin, E. Martínez-González, S. Masi, S. Matarrese, P. McGehee, A. Melchiorri, A. Mennella, M. Migliaccio, M.-A. Miville-Deschênes, A. Moneti, L. Montier, G. Morgante, D. Mortlock, D. Munshi, J. A. Murphy, P. Naselsky, F. Nati, P. Natoli, D. Novikov, I. Novikov, C. A. Oxborrow, L. Pagano, F. Pajot, D. Paoletti, F. Pasian, O. Perdereau, V. Pettorino, F. Piacentini, M. Piat, E. Pierpaoli, S. Plaszczynski, E. Pointecouteau, G. Polenta, G. W. Pratt, S. Prunet, J.-L. Puget, J. P. Rachen, R. Rebolo, M. Reinecke, M. Remazeilles, C. Renault, A. Renzi, I. Ristorcelli, G. Rocha, C. Rosset, M. Rossetti, G. Roudier, J. A. Rubiño-Martín, B. Rusholme, M. Sandri, D. Santos, M. Savelainen, G. Savini, D. Scott, V. Stolyarov, A. Streblyanska, R. Sudiwala, R. Sunyaev, A.-S. Suur-Uski, J.-F. Sygnet, J. A. Tauber, L. Terenzi, L. Toffolatti, M. Tomasi, D. Tra-

monte, M. Tristram, M. Tucci, L. Valenziano, J. Valiviita, B. Van Tent, P. Vielva, F. Villa, L. A. Wade, B. D. Wandelt, I. K. Wehus, D. Yvon, A. Zacchei, and A. Zonca. Planck intermediate results. XXXVI. Optical identification and redshifts of Planck SZ sources with telescopes at the Canary Islands observatories. Astron. Astrophys., 586:A139, February 2016.

[173] Planck Collaboration, P. A. R. Ade, N. Aghanim, M. Arnaud, M. Ashdown, J. Aumont, C. Baccigalupi, A. J. Banday, R. B. Barreiro, R. Barrena, and et al. Planck 2015 results. XXVII. The second Planck catalogue of Sunyaev-Zeldovich sources. Astron. Astrophys., 594:A27, September 2016.

[174] Planck Collaboration, P. A. R. Ade, N. Aghanim, M. Arnaud, M. Ashdown, J. Aumont, C. Baccigalupi, A. J. Banday, R. B. Barreiro, J. G. Bartlett, and et al. Planck 2015 results. XII. Full focal plane simulations. Astron. Astrophys., 594:A12, September 2016.

[175] Planck Collaboration, P. A. R. Ade, N. Aghanim, M. Arnaud, M. Ashdown, J. Aumont, C. Baccigalupi, A. J. Banday, R. B. Barreiro, J. G. Bartlett, and et al. Planck 2015 results. XIII. Cosmological parameters. Astron. Astrophys., 594:A13, September 2016.

[176] Planck Collaboration, P. A. R. Ade, N. Aghanim, M. Arnaud, M. Ashdown, J. Aumont, C. Baccigalupi, A. J. Banday, R. B. Barreiro, J. G. Bartlett, and et al. Planck 2015 results. XV. Gravitational lensing. Astron. Astrophys., 594:A15, September 2016.

[177] Planck Collaboration, P. A. R. Ade, N. Aghanim, M. Arnaud, M. Ashdown, J. Aumont, C. Baccigalupi, A. J. Banday, R. B. Barreiro, J. G. Bartlett, and et al. Planck 2015 results. XXIV. Cosmology from Sunyaev-Zeldovich cluster counts. Astron. Astrophys., 594:A24, September 2016.

[178] Planck Collaboration, P. A. R. Ade, N. Aghanim, M. Arnaud, M. Ashdown, J. Aumont, C. Baccigalupi, A. J. Banday, R. B. Barreiro, N. Bartolo, E. Battaner, K. Benabed, A. Benoit-Lévy, J.-P. Bernard, M. Bersanelli, P. Bielewicz, A. Bonaldi, L. Bonavera, J. R. Bond, J. Borrill, F. R. Bouchet, F. Boulanger, A. Bracco, C. Burigana, E. Calabrese, J.-F. Cardoso, A. Catalano, A. Chamballu, R.-R. Chary, H. C. Chiang, P. R. Christensen, L. P. L. Colombo, C. Combet, B. P. Crill, A. Curto, F. Cuttaia, L. Danese, R. D. Davies, R. J. Davis, P. de Bernardis, A. de Rosa, G. de Zotti, J. Delabrouille, J.-M. Delouis, C. Dickinson, J. M. Diego, H. Dole, S. Donzelli, O. Doré, M. Douspis, J. Dunkley, X. Dupac, G. Efstathiou, F. Elsner, T. A. Enßlin, H. K. Eriksen, E. Falgarone, K. Ferrière, F. Finelli, O. Forni, M. Frailis, A. A. Fraisse, E. Franceschi, A. Frolov, S. Galeotta, S. Galli, K. Ganga, T. Ghosh, M. Giard, E. Gjerløw, J. González-Nuevo, K. M. Górski, A. Gruppuso, V. Guillet, F. K. Hansen, D. L. Harrison, G. Helou, C. Hernández-Monteagudo, D. Herranz, S. R. Hildebrandt, E. Hivon, A. Hornstrup, W. Hovest, Z. Huang, K. M. Huffenberger, G. Hurier, T. R. Jaffe, W. C. Jones, M. Juvela, E. Keihänen, R. Keskitalo, T. S. Kisner, R. Kneissl, J. Knoche, M. Kunz, H. Kurki-Suonio, J.-M. Lamarre, A. Lasenby, M. Lattanzi, C. R. Lawrence, R. Leonardi, J. León-Tavares, F. Levrier, M. Liguori, P. B. Lilje, M. Linden-Vørnle, M. López-Caniego, P. M. Lubin, J. F. Macías-Pérez, B. Maffei, D. Maino, N. Mandolesi, M. Maris, P. G. Martin, E. Martínez-González,

S. Masi, S. Matarrese, P. McGehee, A. Melchiorri, A. Mennella, M. Migliaccio, M.-A. Miville-Deschênes, A. Moneti, L. Montier, G. Morgante, D. Mortlock, D. Munshi, J. A. Murphy, P. Naselsky, F. Nati, P. Natoli, D. Novikov, I. Novikov, N. Oppermann, C. A. Oxborrow, L. Pagano, F. Pajot, D. Paoletti, F. Pasian, O. Perdereau, V. Pettorino, F. Piacentini, M. Piat, E. Pierpaoli, S. Plaszczynski, E. Pointecouteau, G. Polenta, N. Ponthieu, G. W. Pratt, S. Prunet, J.-L. Puget, J. P. Rachen, W. T. Reach, R. Rebolo, M. Reinecke, M. Remazeilles, C. Renault, A. Renzi, I. Ristorcelli, G. Rocha, C. Rosset, M. Rossetti, G. Roudier, J. A. Rubiño-Martín, B. Rusholme, M. Sandri, D. Santos, M. Savelainen, G. Savini, D. Scott, P. Serra, J. D. Soler, V. Stolyarov, R. Sudiwala, R. Sunyaev, A.-S. Suur-Uski, J.-F. Sygnet, J. A. Tauber, L. Terenzi, L. Toffolatti, M. Tomasi, M. Tristram, M. Tucci, G. Umana, L. Valenziano, J. Valiviita, B. Van Tent, P. Vielva, F. Villa, L. A. Wade, B. D. Wandelt, I. K. Wehus, D. Yvon, A. Zacchei, and A. Zonca. Planck intermediate results. XXXVIII. E- and B-modes of dust polarization from the magnetized filamentary structure of the interstellar medium. Astron. Astrophys., 586:A141, February 2016.

[179] Planck Collaboration, P. A. R. Ade, N. Aghanim, M. Arnaud, M. Ashdown, J. Aumont, C. Baccigalupi, A. J. Banday, R. B. Barreiro, N. Bartolo, and et al. Planck 2015 results. XIV. Dark energy and modified gravity. Astron. Astrophys., 594:A14, September 2016.

[180] Planck Collaboration, P. A. R. Ade, N. Aghanim, M. Arnaud, M. Ashdown, J. Aumont, C. Baccigalupi, A. J. Banday, R. B. Barreiro, N. Bartolo, and et al. Planck 2015 results. XVIII. Background geometry and topology of the Universe. Astron. Astrophys., 594:A18, September 2016.

[181] Planck Collaboration, P. A. R. Ade, N. Aghanim, M. Arnaud, M. Ashdown, J. Aumont, C. Baccigalupi, A. J. Banday, R. B. Barreiro, N. Bartolo, and et al. Planck 2015 results. XXI. The integrated Sachs-Wolfe effect. Astron. Astrophys., 594:A21, September 2016.

[182] Planck Collaboration, P. A. R. Ade, N. Aghanim, M. Arnaud, M. Ashdown, J. Aumont, C. Baccigalupi, A. J. Banday, R. B. Barreiro, N. Bartolo, and et al. Planck 2015 results. XXVIII. The Planck Catalogue of Galactic cold clumps. Astron. Astrophys., 594:A28, September 2016.

[183] Planck Collaboration, P. A. R. Ade, N. Aghanim, M. Arnaud, M. Ashdown, J. Aumont, C. Baccigalupi, A. J. Banday, R. B. Barreiro, N. Bartolo, and et al. Planck intermediate results. XL. The Sunyaev-Zeldovich signal from the Virgo cluster. Astron. Astrophys., 596:A101, December 2016.

[184] Planck Collaboration, P. A. R. Ade, N. Aghanim, M. Arnaud, J. Aumont, C. Baccigalupi, A. J. Banday, R. B. Barreiro, N. Bartolo, E. Battaner, K. Benabed, A. Benoit-Lévy, J.-P. Bernard, M. Bersanelli, P. Bielewicz, A. Bonaldi, L. Bonavera, J. R. Bond, J. Borrill, F. R. Bouchet, F. Boulanger, C. Burigana, R. C. Butler, E. Calabrese, A. Catalano, H. C. Chiang, P. R. Christensen, D. L. Clements, L. P. L. Colombo, F. Couchot, A. Coulais, B. P. Crill, A. Curto, F. Cuttaia, L. Danese, R. D. Davies, R. J. Davis, P. de Bernardis, A. de Rosa, G. de Zotti, J. Delabrouille, C. Dickinson, J. M. Diego, H. Dole, O. Doré, M. Douspis, A. Ducout, X. Dupac, F. Elsner, T. A. Enßlin, H. K. Eriksen, E. Falgarone, F. Finelli,

I. Flores-Cacho, M. Frailis, A. A. Fraisse, E. Franceschi, S. Galeotta, S. Galli, K. Ganga, M. Giard, Y. Giraud-Héraud, E. Gjerløw, J. González-Nuevo, K. M. Górski, A. Gregorio, A. Gruppuso, J. E. Gudmundsson, F. K. Hansen, D. L. Harrison, G. Helou, C. Hernández-Monteagudo, D. Herranz, S. R. Hildebrandt, E. Hivon, M. Hobson, A. Hornstrup, W. Hovest, K. M. Huffenberger, G. Hurier, A. H. Jaffe, T. R. Jaffe, E. Keihänen, R. Keskitalo, T. S. Kisner, R. Kneissl, J. Knoche, M. Kunz, H. Kurki-Suonio, G. Lagache, J.-M. Lamarre, A. Lasenby, M. Lattanzi, C. R. Lawrence, R. Leonardi, F. Levrier, M. Liguori, P. B. Lilje, M. Linden-Vørnle, M. López-Caniego, P. M. Lubin, J. F. Macías-Pérez, B. Maffei, G. Maggio, D. Maino, N. Mandolesi, A. Mangilli, M. Maris, P. G. Martin, E. Martínez-González, S. Masi, S. Matarrese, A. Melchiorri, A. Mennella, M. Migliaccio, S. Mitra, M.-A. Miville-Deschênes, A. Moneti, L. Montier, G. Morgante, D. Mortlock, D. Munshi, J. A. Murphy, F. Nati, P. Natoli, N. P. H. Nesvadba, F. Noviello, D. Novikov, I. Novikov, C. A. Oxborrow, L. Pagano, F. Pajot, D. Paoletti, B. Partridge, F. Pasian, T. J. Pearson, O. Perdereau, L. Perotto, V. Pettorino, F. Piacentini, M. Piat, S. Plaszczynski, E. Pointecouteau, G. Polenta, G. W. Pratt, S. Prunet, J.-L. Puget, J. P. Rachen, M. Reinecke, M. Remazeilles, C. Renault, A. Renzi, I. Ristorcelli, G. Rocha, C. Rosset, M. Rossetti, G. Roudier, J. A. Rubiño-Martín, B. Rusholme, M. Sandri, D. Santos, M. Savelainen, G. Savini, D. Scott, L. D. Spencer, V. Stolyarov, R. Stompor, R. Sudiwala, R. Sunyaev, A.-S. Suur-Uski, J.-F. Sygnet, J. A. Tauber, L. Terenzi, L. Toffolatti, M. Tomasi, M. Tristram, M. Tucci, M. Türler, G. Umana, L. Valenziano, J. Valiviita, F. Van Tent, P. Vielva, F. Villa, L. A. Wade, B. D. Wandelt, I. K. Wehus, N. Welikala, D. Yvon, A. Zacchei, and A. Zonca. Planck intermediate results. XXXIX. The Planck list of high-redshift source candidates. Astron. Astrophys., 596:A100, December 2016.

[185] Planck Collaboration, P. A. R. Ade, N. Aghanim, M. Ashdown, J. Aumont, C. Baccigalupi, M. Ballardini, A. J. Banday, R. B. Barreiro, N. Bartolo, and et al. Planck 2015 results. II. Low Frequency Instrument data processings. Astron. Astrophys., 594:A2, September 2016.

[186] Planck Collaboration, P. A. R. Ade, N. Aghanim, M. Ashdown, J. Aumont, C. Baccigalupi, A. J. Banday, R. B. Barreiro, N. Bartolo, S. Basak, E. Battaner, K. Benabed, A. Benoit-Lévy, J.-P. Bernard, M. Bersanelli, P. Bielewicz, J. J. Bock, A. Bonaldi, L. Bonavera, J. R. Bond, J. Borrill, F. R. Bouchet, F. Boulanger, C. Burigana, R. C. Butler, E. Calabrese, J.-F. Cardoso, A. Catalano, H. C. Chiang, P. R. Christensen, D. L. Clements, S. Colombi, L. P. L. Colombo, C. Combet, B. P. Crill, A. Curto, F. Cuttaia, L. Danese, R. J. Davis, P. de Bernardis, G. de Zotti, J. Delabrouille, C. Dickinson, J. M. Diego, O. Doré, A. Ducout, X. Dupac, F. Elsner, T. A. Enßlin, H. K. Eriksen, F. Finelli, O. Forni, M. Frailis, A. A. Fraisse, E. Franceschi, S. Galeotta, S. Galli, K. Ganga, T. Ghosh, M. Giard, Y. Giraud-Héraud, E. Gjerløw, J. González-Nuevo, K. M. Górski, A. Gruppuso, J. E. Gudmundsson, D. L. Harrison, C. Hernández-Monteagudo, D. Herranz, S. R. Hildebrandt, A. Hornstrup, W. Hovest, G. Hurier, A. H. Jaffe, W. C. Jones, E. Keihänen, R. Keskitalo, T. S. Kisner, J. Knoche, L. Knox, M. Kunz, H. Kurki-Suonio, G. Lagache, A. Lähteenmäki, J.-M. Lamarre, A. La-

senby, M. Lattanzi, R. Leonardi, F. Levrier, P. B. Lilje, M. Linden-Vørnle, M. López-Caniego, P. M. Lubin, J. F. Macías-Pérez, B. Maffei, G. Maggio, D. Maino, N. Mandolesi, A. Mangilli, M. Maris, P. G. Martin, E. Martínez-González, S. Masi, S. Matarrese, P. R. Meinhold, A. Melchiorri, A. Mennella, M. Migliaccio, S. Mitra, M.-A. Miville-Deschênes, A. Moneti, L. Montier, G. Morgante, D. Mortlock, A. Moss, D. Munshi, J. A. Murphy, P. Naselsky, F. Nati, P. Natoli, C. B. Netterfield, H. U. Nørgaard-Nielsen, D. Novikov, I. Novikov, L. Pagano, F. Pajot, D. Paoletti, F. Pasian, G. Patanchon, O. Perdereau, L. Perotto, V. Pettorino, F. Piacentini, M. Piat, E. Pierpaoli, E. Pointecouteau, G. Polenta, G. W. Pratt, J. P. Rachen, M. Reinecke, M. Remazeilles, C. Renault, A. Renzi, I. Ristorcelli, G. Rocha, C. Rosset, M. Rossetti, G. Roudier, J. A. Rubiño-Martín, B. Rusholme, M. Sandri, D. Santos, M. Savelainen, G. Savini, D. Scott, L. D. Spencer, V. Stolyarov, R. Stompor, R. Sudiwala, R. Sunyaev, D. Sutton, A.-S. Suur-Uski, J.-F. Sygnet, J. A. Tauber, L. Terenzi, L. Toffolatti, M. Tomasi, M. Tristram, M. Tucci, J. Tuovinen, L. Valenziano, J. Valiviita, B. Van Tent, P. Vielva, F. Villa, L. A. Wade, B. D. Wandelt, I. K. Wehus, D. Yvon, A. Zacchei, and A. Zonca. Planck intermediate results. XLI. A map of lensing-induced B-modes. Astron. Astrophys., 596:A102, December 2016.

[187] Planck Collaboration, P. A. R. Ade, N. Aghanim, M. Ashdown, J. Aumont, C. Baccigalupi, A. J. Banday, R. B. Barreiro, N. Bartolo, P. Battaglia, and et al. Planck 2015 results. V. LFI calibration. Astron. Astrophys., 594:A5, September 2016.

[188] Planck Collaboration, P. A. R. Ade, N. Aghanim, M. Ashdown, J. Aumont, C. Baccigalupi, A. J. Banday, R. B. Barreiro, N. Bartolo, E. Battaner, K. Benabed, A. Benoît, A. Benoit-Lévy, J.-P. Bernard, M. Bersanelli, P. Bielewicz, A. Bonaldi, L. Bonavera, J. R. Bond, J. Borrill, F. R. Bouchet, M. Bucher, C. Burigana, R. C. Butler, E. Calabrese, J.-F. Cardoso, A. Catalano, A. Chamballu, R.-R. Chary, P. R. Christensen, S. Colombi, L. P. L. Colombo, B. P. Crill, A. Curto, F. Cuttaia, L. Danese, R. D. Davies, R. J. Davis, P. de Bernardis, A. de Rosa, G. de Zotti, J. Delabrouille, C. Dickinson, J. M. Diego, H. Dole, S. Donzelli, O. Doré, M. Douspis, A. Ducout, X. Dupac, G. Efstathiou, F. Elsner, T. A. Enßlin, H. K. Eriksen, J. Fergusson, F. Finelli, O. Forni, M. Frailis, E. Franceschi, A. Frejsel, S. Galeotta, S. Galli, K. Ganga, M. Giard, Y. Giraud-Héraud, E. Gjerløw, J. González-Nuevo, K. M. Górski, S. Gratton, A. Gregorio, A. Gruppuso, F. K. Hansen, D. Hanson, D. L. Harrison, S. Henrot-Versillé, D. Herranz, S. R. Hildebrandt, E. Hivon, M. Hobson, W. A. Holmes, A. Hornstrup, W. Hovest, K. M. Huffenberger, G. Hurier, A. H. Jaffe, T. R. Jaffe, M. Juvela, E. Keihänen, R. Keskitalo, K. Kiiveri, T. S. Kisner, J. Knoche, M. Kunz, H. Kurki-Suonio, A. Lähteenmäki, J.-M. Lamarre, A. Lasenby, M. Lattanzi, C. R. Lawrence, J. P. Leahy, R. Leonardi, J. Lesgourgues, F. Levrier, M. Liguori, P. B. Lilje, M. Linden-Vørnle, V. Lindholm, M. López-Caniego, P. M. Lubin, J. F. Macías-Pérez, G. Maggio, D. Maino, N. Mandolesi, A. Mangilli, P. G. Martin, E. Martínez-González, S. Masi, S. Matarrese, P. Mazzotta, P. McGehee, P. R. Meinhold, A. Melchiorri, L. Mendes, A. Mennella, M. Migliaccio, S. Mitra, L. Montier, G. Morgante, D. Mortlock, A. Moss, D. Munshi, J. A. Mur-

phy, P. Naselsky, F. Nati, P. Natoli, C. B. Netterfield, H. U. Nørgaard-Nielsen, D. Novikov, I. Novikov, F. Paci, L. Pagano, D. Paoletti, B. Partridge, F. Pasian, G. Patanchon, T. J. Pearson, O. Perdereau, L. Perotto, F. Perrotta, V. Pettorino, E. Pierpaoli, D. Pietrobon, E. Pointecouteau, G. Polenta, G. W. Pratt, G. Prézeau, S. Prunet, J.-L. Puget, J. P. Rachen, R. Rebolo, M. Reinecke, M. Remazeilles, A. Renzi, G. Rocha, C. Rosset, M. Rossetti, G. Roudier, J. A. Rubiño-Martín, B. Rusholme, M. Sandri, D. Santos, M. Savelainen, D. Scott, M. D. Seiffert, E. P. S. Shellard, L. D. Spencer, V. Stolyarov, R. Stompor, D. Sutton, A.-S. Suur-Uski, J.-F. Sygnet, J. A. Tauber, L. Terenzi, L. Toffolatti, M. Tomasi, M. Tristram, M. Tucci, J. Tuovinen, L. Valenziano, J. Valiviita, B. Van Tent, T. Vassallo, P. Vielva, F. Villa, L. A. Wade, B. D. Wandelt, R. Watson, I. K. Wehus, D. Yvon, A. Zacchei, and A. Zonca. Planck 2015 results. VI. LFI mapmaking. Astron. Astrophys., 594:A6, September 2016.

[189] Planck Collaboration, P. A. R. Ade, N. Aghanim, M. Ashdown, J. Aumont, C. Baccigalupi, A. J. Banday, R. B. Barreiro, N. Bartolo, E. Battaner, and et al. Planck 2015 results. IV. Low Frequency Instrument beams and window functions. Astron. Astrophys., 594:A4, September 2016.

[190] Planck Collaboration, N. Aghanim, M. I. R. Alves, M. Arnaud, D. Arzoumanian, J. Aumont, C. Baccigalupi, A. J. Banday, R. B. Barreiro, N. Bartolo, E. Battaner, K. Benabed, A. Benoit-Lévy, J.-P. Bernard, M. Bersanelli, P. Bielewicz, A. Bonaldi, L. Bonavera, J. R. Bond, J. Borrill, F. R. Bouchet, F. Boulanger, A. Bracco, C. Burigana, E. Calabrese, J.-F. Cardoso, A. Catalano, A. Chamballu, H. C. Chiang, P. R. Christensen, S. Colombi, L. P. L. Colombo, C. Combet, F. Couchot, B. P. Crill, A. Curto, F. Cuttaia, L. Danese, R. D. Davies, R. J. Davis, P. de Bernardis, A. de Rosa, G. de Zotti, J. Delabrouille, C. Dickinson, J. M. Diego, H. Dole, S. Donzelli, O. Doré, M. Douspis, A. Ducout, X. Dupac, G. Efstathiou, F. Elsner, T. A. Enßlin, H. K. Eriksen, E. Falgarone, K. Ferrière, F. Finelli, O. Forni, M. Frailis, A. A. Fraisse, E. Franceschi, A. Frejsel, S. Galeotta, S. Galli, K. Ganga, T. Ghosh, M. Giard, E. Gjerløw, J. González-Nuevo, K. M. Górski, A. Gregorio, A. Gruppuso, V. Guillet, F. K. Hansen, D. Hanson, D. L. Harrison, S. Henrot-Versillé, D. Herranz, S. R. Hildebrandt, E. Hivon, M. Hobson, W. A. Holmes, A. Hornstrup, W. Hovest, K. M. Huffenberger, G. Hurier, A. H. Jaffe, T. R. Jaffe, J. Jewell, M. Juvela, R. Keskitalo, T. S. Kisner, J. Knoche, M. Kunz, H. Kurki-Suonio, G. Lagache, J.-M. Lamarre, A. Lasenby, M. Lattanzi, C. R. Lawrence, R. Leonardi, F. Levrier, M. Liguori, P. B. Lilje, M. Linden-Vørnle, M. López-Caniego, P. M. Lubin, J. F. Macías-Pérez, B. Maffei, D. Maino, N. Mandolesi, A. Mangilli, M. Maris, P. G. Martin, E. Martínez-González, S. Masi, S. Matarrese, A. Melchiorri, L. Mendes, A. Mennella, M. Migliaccio, M.-A. Miville-Deschênes, A. Moneti, L. Montier, G. Morgante, D. Mortlock, A. Moss, D. Munshi, J. A. Murphy, P. Naselsky, F. Nati, P. Natoli, C. B. Netterfield, F. Noviello, D. Novikov, I. Novikov, N. Oppermann, L. Pagano, F. Pajot, R. Paladini, D. Paoletti, F. Pasian, G. Patanchon, O. Perdereau, V. Pettorino, F. Piacentini, M. Piat, D. Pietrobon, S. Plaszczynski, E. Pointecouteau, G. Polenta, N. Ponthieu, G. W. Pratt, G. Prézeau, S. Prunet, J.-L. Puget, R. Rebolo, M. Reinecke, M. Remazeilles, C. Renault, A. Renzi, I. Ristorcelli, G. Ro-

cha, C. Rosset, M. Rossetti, G. Roudier, J. A. Rubiño-Martín, B. Rusholme, M. Sandri, D. Santos, M. Savelainen, G. Savini, D. Scott, J. D. Soler, L. D. Spencer, V. Stolyarov, D. Sutton, A.-S. Suur-Uski, J.-F. Sygnet, J. A. Tauber, L. Terenzi, L. Toffolatti, M. Tomasi, M. Tristram, M. Tucci, J. Tuovinen, L. Valenziano, J. Valiviita, B. Van Tent, P. Vielva, F. Villa, L. A. Wade, B. D. Wandelt, I. K. Wehus, H. Wiesemeyer, D. Yvon, A. Zacchei, and A. Zonca. Planck intermediate results. XXXIV. The magnetic field structure in the Rosette Nebula. Astron. Astrophys., 586:A137, February 2016.

[191] Planck Collaboration, N. Aghanim, M. Arnaud, M. Ashdown, J. Aumont, C. Baccigalupi, A. J. Banday, R. B. Barreiro, J. G. Bartlett, N. Bartolo, and et al. Planck 2015 results. XI. CMB power spectra, likelihoods, and robustness of parameters. Astron. Astrophys., 594:A11, September 2016.

[192] Planck Collaboration, N. Aghanim, M. Arnaud, M. Ashdown, J. Aumont, C. Baccigalupi, A. J. Banday, R. B. Barreiro, J. G. Bartlett, N. Bartolo, and et al. Planck 2015 results. XXII. A map of the thermal Sunyaev-Zeldovich effect. Astron. Astrophys., 594:A22, September 2016.

[193] Planck Collaboration, N. Aghanim, M. Ashdown, J. Aumont, C. Baccigalupi, M. Ballardini, A. J. Banday, R. B. Barreiro, N. Bartolo, S. Basak, K. Benabed, J.-P. Bernard, M. Bersanelli, P. Bielewicz, L. Bonavera, J. R. Bond, J. Borrill, F. R. Bouchet, F. Boulanger, C. Burigana, E. Calabrese, J.-F. Cardoso, J. Carron, H. C. Chiang, L. P. L. Colombo, B. Comis, F. Couchot, A. Coulais, B. P. Crill, A. Curto, F. Cuttaia, P. de Bernardis, G. de Zotti, J. Delabrouille, E. Di Valentino, C. Dickinson, J. M. Diego, O. Doré, M. Douspis, A. Ducout, X. Dupac, S. Dusini, F. Elsner, T. A. Enßlin, H. K. Eriksen, E. Falgarone, Y. Fantaye, F. Finelli, F. Forastieri, M. Frailis, A. A. Fraisse, E. Franceschi, A. Frolov, S. Galeotta, S. Galli, K. Ganga, R. T. Génova-Santos, M. Gerbino, T. Ghosh, Y. Giraud-Héraud, J. González-Nuevo, K. M. Górski, A. Gruppuso, J. E. Gudmundsson, F. K. Hansen, G. Helou, S. Henrot-Versillé, D. Herranz, E. Hivon, Z. Huang, A. H. Jaffe, W. C. Jones, E. Keihänen, R. Keskitalo, K. Kiiveri, T. S. Kisner, N. Krachmalnicoff, M. Kunz, H. Kurki-Suonio, J.-M. Lamarre, M. Langer, A. Lasenby, M. Lattanzi, C. R. Lawrence, M. Le Jeune, F. Levrier, P. B. Lilje, M. Lilley, V. Lindholm, M. López-Caniego, Y.-Z. Ma, J. F. Macías-Pérez, G. Maggio, D. Maino, N. Mandolesi, A. Mangilli, M. Maris, P. G. Martin, E. Martínez-González, S. Matarrese, N. Mauri, J. D. McEwen, A. Melchiorri, A. Mennella, M. Migliaccio, M.-A. Miville-Deschênes, D. Molinari, A. Moneti, L. Montier, G. Morgante, A. Moss, P. Natoli, C. A. Oxborrow, L. Pagano, D. Paoletti, G. Patanchon, O. Perdereau, L. Perotto, V. Pettorino, F. Piacentini, S. Plaszczynski, L. Polastri, G. Polenta, J.-L. Puget, J. P. Rachen, B. Racine, M. Reinecke, M. Remazeilles, A. Renzi, G. Rocha, C. Rosset, M. Rossetti, G. Roudier, J. A. Rubiño-Martín, B. Ruiz-Granados, L. Salvati, M. Sandri, M. Savelainen, D. Scott, C. Sirignano, G. Sirri, J. D. Soler, L. D. Spencer, A.-S. Suur-Uski, J. A. Tauber, D. Tavagnacco, M. Tenti, L. Toffolatti, M. Tomasi, M. Tristram, T. Trombetti, J. Valiviita, F. Van Tent, P. Vielva, F. Villa, N. Vittorio, B. D. Wandelt, I. K. Wehus, A. Zacchei, and A. Zonca. Planck intermediate results. XLVIII. Disentangling Galactic dust emission and cosmic infrared back-

ground anisotropies. Astron. Astrophys., 596:A109, December 2016.

[194] A. Rivera-Ingraham, I. Ristorcelli, M. Juvela, J. Montillaud, A. Men'shchikov, J. Malinen, V.-M. Pelkonen, A. Marston, P. G. Martin, L. Pagani, R. Paladini, D. Paradis, N. Ysard, D. Ward-Thompson, J.-P. Bernard, D. J. Marshall, L. Montier, and L. V. Tóth. Galactic cold cores. VII. Filament formation and evolution: Methods and observational constraints. Astron. Astrophys., 591:A90, June 2016.

[195] S. Schander, A. Barrau, B. Bolliet, L. Linsefors, J. Mielczarek, and J. Grain. Primordial scalar power spectrum from the Euclidean Big Bounce. Phys. Rev., D93(2):023531, 2016.

[196] S. Scully, D. Burke, C. O'Sullivan, D. Gayer, M. Gradziel, J. A. Murphy, M. De Petris, D. Buzi, M. Zannoni, A. Mennella, M. Gervasi, A. Tartari, B. Maffei, J. Aumont, S. Banfi, P. Battaglia, E. S. Battistelli, A. Baó, B. Bélier, D. Bennet, L. Bergé, J.-P. Bernard, M. Bersanelli, M.-A. Bigot-Sazy, N. Bleurvacq, G. Bordier, J. Brossard, E. F. Bunn, D. Cammileri, F. Cavaliere, P. Chanial, C. Chapron, A. Coppolecchia, F. Couchot, G. D'Alessandro, P. De Bernardis, T. Decourcelle, F. Del Torto, L. Dumoulin, C. Franceschet, A. Gault, A. Ghribi, M. Giard, Y. Giraud-Héraud, L. Grandsire, J. C. Hamilton, V. Haynes, S. Henrot-Versillé, N. Holtzer, J. Kaplan, A. Korotkov, J. Lande, A. Lowitz, S. Marnieros, J. Martino, S. Masi, M. McCulloch, S. Melhuish, L. Montier, D. Néel, M. W. Ng, F. Pajot, A. Passerini, C. Perbost, O. Perdereau, F. Piacentini, M. Piat, L. Piccirillo, G. Pisano, D. Prêle, R. Puddu, D. Rambaud, O. Rigaut, M. Salatino, A. Schillaci, M. Stolpovskiy, P. Timbie, M. Tristram, G. Tucker, D. Viganò, F. Voisin, and B. Watson. Optical design and modelling of the QUBIC instrument, a next-generation quasi-optical bolometric interferometer for cosmology. In Millimeter, Submillimeter, and Far-Infrared Detectors and Instrumentation for Astronomy VIII, volume 9914 of Proceedings of the SPIE, page 99142S, July 2016.

[197] J. D. Soler, F. Alves, F. Boulanger, A. Bracco, E. Falgarone, G. A. P. Franco, V. Guillet, P. Hennebelle, F. Levrier, P. G. Martin, and M.-A. Miville-Deschênes. Magnetic field morphology in nearby molecular clouds as revealed by starlight and submillimetre polarization. Astron. Astrophys., 596:A93, December 2016.

[198] A. Tartari, J. Aumont, S. Banfi, P. Battaglia, E. S. Battistelli, A. Baù, B. Bélier, D. Bennett, L. Bergé, J. P. Bernard, M. Bersanelli, M. A. Bigot-Sazy, N. Bleurvacq, G. Bordier, J. Brossard, E. F. Bunn, D. Buzi, D. Cammilleri, F. Cavaliere, P. Chanial, C. Chapron, A. Coppolecchia, G. D'Alessandro, P. De Bernardis, T. Decourcelle, F. Del Torto, M. De Petris, L. Dumoulin, C. Franceschet, A. Gault, D. Gayer, M. Gervasi, A. Ghribi, M. Giard, Y. Giraud-Héraud, M. Gradziel, L. Grandsire, J. C. Hamilton, V. Haynes, N. Holtzer, J. Kaplan, A. Korotkov, J. Lande, A. Lowitz, B. Maffei, S. Marnieros, J. Martino, S. Masi, M. McCulloch, S. Melhuish, A. Mennella, L. Montier, A. Murphy, D. Néel, M. W. Ng, C. O'Sullivan, F. Pajot, A. Passerini, C. Perbost, F. Piacentini, M. Piat, L. Piccirillo, G. Pisano, D. Prêle, D. Rambaud, O. Rigaut, M. Salatino, A. Schillaci, S. Scully, M. M. Stolpovskiy, P. Timbie, G. Tucker, D. Viganò, F. Voisin, B. Watson, and M. Zannoni. QUBIC: A Fizeau Interferometer Targeting Pri-

mordial B-Modes. Journal of Low Temperature Physics, 184:739–745, August 2016.

[199] C. T. Tibbs, R. Paladini, K. Cleary, S. J. C. Muchovej, A. M. M. Scaife, M. A. Stevenson, R. J. Laureijs, N. Ysard, K. J. B. Grainge, Y. C. Perrott, C. Rumsey, and J. Villadsen. Using cm observations to constrain the abundance of very small dust grains in Galactic cold cores. Monthly Notices of the RAS, 456:2290–2300, March 2016.

[200] N. Trappe, M. Bucher, P. De Bernardis, J. Delabrouille, P. Deo, M. DePetris, S. Doherty, A. Ghribi, M. Gradziel, L. Kuzmin, B. Maffei, S. Mahashabde, S. Masi, J. A. Murphy, F. Noviello, C. O'Sullivan, L. Pagano, F. Piacentini, M. Piat, G. Pisano, M. Robinson, R. Stompor, A. Tartari, M. van der Vorst, and P. Verhoeve. Next generation sub-millimeter wave focal plane array coupling concepts: an ESA TRP project to develop multichroic focal plane pixels for future CMB polarization experiments. In Millimeter, Submillimeter, and Far-Infrared Detectors and Instrumentation for Astronomy VIII, volume 9914 of Proceedings of the SPIE, page 991412, July 2016.

[201] R. F. J. van der Burg, H. Aussel, G. W. Pratt, M. Arnaud, J.-B. Melin, N. Aghanim, R. Barrena, H. Dahle, M. Douspis, A. Ferragamo, S. Fromenteau, R. Herbonnet, G. Hurier, E. Pointecouteau, J. A. Rubiño-Martín, and A. Streblyanska. Prospects for high-z cluster detections with Planck, based on a follow-up of 28 candidates using MegaCam at CFHT. Astron. Astrophys., 587:A23, March 2016.

[202] V. S. Vorobyev, R. A. Burenin, I. F. Bikmaev, I. M. Khamitov, S. N. Dodonov, R. Y. Zhuchkov, E. N. Irtuganov, A. V. Mescheryakov, S. S. Melnikov, A. N. Semena, A. Y. Tkachenko, N. Aghanim, and R. A. Sunyaev. Additional spectroscopic redshift measurements for galaxy clusters from the first Planck catalogue. Astronomy Letters, 42:63–68, February 2016.

[203] N. Welikala, M. Béthermin, D. Guery, M. Strandet, K. A. Aird, M. Aravena, M. L. N. Ashby, M. Bothwell, A. Beelen, L. E. Bleem, C. de Breuck, M. Brodwin, J. E. Carlstrom, S. C. Chapman, T. M. Crawford, H. Dole, O. Doré, W. Everett, I. Flores-Cacho, A. H. Gonzalez, J. González-Nuevo, T. R. Greve, B. Gullberg, Y. D. Hezaveh, G. P. Holder, W. L. Holzapfel, R. Keisler, G. Lagache, J. Ma, M. Malkan, D. P. Marrone, L. M. Mocanu, L. Montier, E. J. Murphy, N. P. H. Nesvadba, A. Omont, E. Pointecouteau, J. L. Puget, C. L. Reichardt, K. M. Rotermund, D. Scott, P. Serra, J. S. Spilker, B. Stalder, A. A. Stark, K. Story, K. Vanderlinde, J. D. Vieira, and A. Weiß. Probing star formation in the dense environments of $z \sim 1$ lensing haloes aligned with dusty star-forming galaxies detected with the South Pole Telescope. Monthly Notices of the RAS, 455:1629–1646, January 2016.

[204] N. Ysard, M. Köhler, A. Jones, E. Dartois, M. Godard, and L. Gavilan. Mantle formation, coagulation, and the origin of cloud/core shine. II. Comparison with observations. Astron. Astrophys., 588:A44, April 2016.

[205] N. Ysard, M. Köhler, A. Jones, M.-A. Miville-Deschênes, A. Abergel, and L. Fanciullo. Dust variations in the diffuse interstellar medium:

constraints on Milky Way dust from Planck-HFI observations (Corrigendum). Astron. Astrophys., 593:C4, September 2016.

[206] N. L. Zakamska, K. Lampayan, A. Petric, D. Dicken, J. E. Greene, T. M. Heckman, R. C. Hickox, L. C. Ho, J. H. Krolik, N. P. H. Nesvadba, M. A. Strauss, J. E. Geach, M. Oguri, and I. V. Strateva. Star formation in quasar hosts and the origin of radio emission in radio-quiet quasars. Monthly Notices of the RAS, 455:4191–4211, February 2016.

2017

[207] F. Andrade-Santos, C. Jones, W. R. Forman, L. Lovisari, A. Vikhlinin, R. J. van Weeren, S. S. Murray, M. Arnaud, G. W. Pratt, J. Démoclès, R. Kraft, P. Mazzotta, H. Böhringer, G. Chon, S. Giacintucci, T. E. Clarke, S. Borgani, L. David, M. Douspis, E. Pointecouteau, H. Dahle, S. Brown, N. Aghanim, and E. Rasia. The Fraction of Cool-core Clusters in X-Ray versus SZ Samples Using Chandra Observations. Astrophys. J., 843:76, July 2017.

[208] S. Bianchi, C. Giovanardi, M. W. L. Smith, J. Fritz, J. I. Davies, M. P. Haynes, R. Giovanelli, M. Baes, M. Bocchio, S. Boissier, M. Boquien, A. Boselli, V. Casasola, C. J. R. Clark, I. De Looze, S. di Serego Alighieri, M. Grossi, A. P. Jones, T. M. Hughes, L. K. Hunt, S. Madden, L. Magrini, C. Pappalardo, N. Ysard, and S. Zibetti. The Herschel Virgo Cluster Survey. XX. Dust and gas in the foreground Galactic cirrus. Astron. Astrophys., 597:A130, January 2017.

[209] R. Cañameras, N. Nesvadba, R. Kneissl, B. Frye, R. Gavazzi, S. Koenig, E. Le Floc'h, M. Limousin, I. Oteo, and D. Scott. Planck's dusty GEMS. IV. Star formation and feedback in a maximum starburst at z = 3 seen at 60-pc resolution. Astron. Astrophys., 604:A117, August 2017.

[210] R. Cañameras, N. P. H. Nesvadba, R. Kneissl, M. Limousin, R. Gavazzi, D. Scott, H. Dole, B. Frye, S. Koenig, E. Le Floc'h, and I. Oteo. Planck's dusty GEMS. III. A massive lensing galaxy with a bottom-heavy stellar initial mass function at z = 1.5. Astron. Astrophys., 600:L3, April 2017.

[211] V. Casasola, L. P. Cassarà, S. Bianchi, S. Verstocken, E. Xilouris, L. Magrini, M. W. L. Smith, I. De Looze, M. Galametz, S. C. Madden, M. Baes, C. Clark, J. Davies, P. De Vis, R. Evans, J. Fritz, F. Galliano, A. P. Jones, A. V. Mosenkov, S. Viaene, and N. Ysard. Radial distribution of dust, stars, gas, and star-formation rate in DustPedia face-on galaxies. Astron. Astrophys., 605:A18, September 2017.

[212] J. Chastenet, C. Bot, K. D. Gordon, M. Bocchio, J. Roman-Duval, A. P. Jones, and N. Ysard. Modeling dust emission in the Magellanic Clouds with Spitzer and Herschel. Astron. Astrophys., 601:A55, May 2017.

[213] J. I. Davies, M. Baes, S. Bianchi, A. Jones, S. Madden, M. Xilouris, M. Bocchio, V. Casasola, L. Cassara, C. Clark, I. De Looze, R. Evans, J. Fritz, M. Galametz, F. Galliano, S. Lianou, A. V. Mosenkov, M. Smith, S. Verstocken, S. Viaene, M. Vika, G. Wagle, and N. Ysard. DustPedia: A Definitive Study of Cos-

mic Dust in the Local Universe. Publications of the ASP, 129(4):044102, April 2017.

[214] P. De Vis, L. Dunne, S. Maddox, H. L. Gomez, C. J. R. Clark, A. E. Bauer, S. Viaene, S. P. Schofield, M. Baes, A. J. Baker, N. Bourne, S. P. Driver, S. Dye, S. A. Eales, C. Furlanetto, R. J. Ivison, A. S. G. Robotham, K. Rowlands, D. J. B. Smith, M. W. L. Smith, E. Valiante, and A. H. Wright. Herschel -ATLAS: revealing dust build-up and decline across gas, dust and stellar mass selected samples - I. Scaling relations. Monthly Notices of the RAS, 464:4680–4705, February 2017.

[215] P. De Vis, H. L. Gomez, S. P. Schofield, S. Maddox, L. Dunne, M. Baes, P. Cigan, C. J. R. Clark, E. L. Gomez, M. Lara-López, and M. Owers. Using dust, gas and stellar mass-selected samples to probe dust sources and sinks in low-metallicity galaxies. Monthly Notices of the RAS, 471:1743–1765, October 2017.

[216] J.-B. Durrive, H. Tashiro, M. Langer, and N. Sugiyama. Mean energy density of photogenerated magnetic fields throughout the Epoch of Reionization. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 472(2):1649–1658, dec 2017.

[217] S. Eales, P. de Vis, M. W. L. Smith, K. Appah, L. Ciesla, C. Duffield, and S. Schofield. The Galaxy End Sequence. Monthly Notices of the RAS, 465:3125–3133, March 2017.

[218] L. Fanciullo, V. Guillet, F. Boulanger, and A. P. Jones. Interplay of dust alignment, grain growth, and magnetic fields in polarization: lessons from the emission-to-extinction ratio. Astron. Astrophys., 602:A7, June 2017.

[219] J. Grain and V. Vennin. Stochastic inflation in phase space: Is slow roll a stochastic attractor? Journal of Cosmology and Astroparticle Physics, 1705(05):045, 2017.

[220] A. P. Jones, M. Köhler, N. Ysard, M. Bocchio, and L. Verstraete. The global dust modelling framework THEMIS. Astron. Astrophys., 602:A46, June 2017.

[221] E. Kalinauskaite, J. A. Murphy, I. McAuley, N. A. Trappe, D. N. McCarthy, C. P. Bracken, S. Doherty, M. L. Gradziel, C. O'Sullivan, D. Wilson, T. Peacocke, B. Maffei, J.-M. Lamarre, P. A. R. Ade, and G. Savini. Radiation patterns of multimode feed-horn-coupled bolometers for FAR-IR space applications. In Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE) Conference Series, volume 10103 of Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE) Conference Series, page 101030N, February 2017.

[222] T. P. MacKenzie, D. Scott, M. Bianconi, D. L. Clements, H. A. Dole, I. Flores-Cacho, D. Guery, R. Kneissl, G. Lagache, F. R. Marleau, L. Montier, N. P. H. Nesvadba, E. Pointecouteau, and G. Soucail. SCUBA-2 follow-up of Herschel-SPIRE observed Planck overdensities. Monthly Notices of the RAS, 468:4006–4017, July 2017.

[223] S. Malhotra, J. E. Rhoads, K. Finkelstein, H. Yang, C. Carilli, F. Combes, K. Dassas, S. Finkelstein, B. Frye, M. Gerin, P. Guillard, N. Nesvadba, J. Rigby, M.-S. Shin, M. Spaans, M. A. Strauss, and C. Papovich. Herschel Extreme

Lensing Line Observations: [CII] Variations in Galaxies at Redshifts z=1-3. Astrophys. J., 835:110, January 2017.

[224] R. Misawa, J.-P. Bernard, Y. Longval, I. Ristorcelli, P. Ade, D. Alina, Y. André, J. Aumont, L. Bautista, P. de Bernardis, O. Boulade, F. Bousqet, M. Bouzit, V. Buttice, A. Caillat, M. Chaigneau, M. Charra, B. Crane, F. Douchin, E. Doumayrou, J. P. Dubois, C. Engel, M. Griffin, G. Foenard, S. Grabarnik, P. Hargrave, A. Hughes, R. Laureijs, B. Leriche, S. Maestre, B. Maffei, C. Marty, W. Marty, S. Masi, J. Montel, L. Montier, B. Mot, J. Narbonne, F. Pajot, E. Pérot, J. Pimentao, G. Pisano, N. Ponthieu, L. Rodriguez, G. Roudil, M. Salatino, G. Savini, O. Simonella, M. Saccoccio, J. Tauber, and C. Tucker. The optical performance of the PILOT instrument from ground end-to-end tests. Experimental Astronomy, 43:211–235, June 2017.

[225] B. Mot, Y. Longval, P. Ade, Y. André, J. Aumont, L. Baustista, J.-P. Bernard, N. Bray, P. de Bernardis, O. Boulade, F. Bousquet, M. Bouzit, V. Buttice, A. Caillat, M. Charra, M. Chaigneau, C. Coudournac, B. Crane, J.-P. Crussaire, F. Douchin, E. Doumayrou, J. P. Dubois, C. Engel, P. Etcheto, P. Gélot, M. Griffin, G. Foenard, S. Grabarnik, P. Hargrave, A. Hughes, R. Laureijs, Y. Lepennec, B. Leriche, S. Maestre, B. Maffei, J. Martignac, C. Marty, W. Marty, S. Masi, F. Mirc, R. Misawa, J. Montel, L. Montier, J. Narbonne, J.-M. Nicot, F. Pajot, G. Parot, E. Pérot, J. Pimentao, G. Pisano, N. Ponthieu, I. Ristorcelli, L. Rodriguez, G. Roudil, M. Salatino, G. Savini, O. Simonella, M. Saccoccio, P. Tapie, J. Tauber, J.-P. Torre, C. Tucker, and G. Versepuech. Pilot optical alignment. In Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE) Conference Series, volume 10562 of Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE) Conference Series, page 105624C, September 2017.

[226] M. Negrello, J. Gonzalez-Nuevo, G. De Zotti, M. Bonato, Z.-Y. Cai, D. Clements, L. Danese, H. Dole, J. Greenslade, A. Lapi, and L. Montier. On the statistics of proto-cluster candidates detected in the Planck all-sky survey. Monthly Notices of the RAS, 470:2253–2261, September 2017.

[227] N. P. H. Nesvadba, C. De Breuck, M. D. Lehnert, P. N. Best, and C. Collet. The SINFONI survey of powerful radio galaxies at z 2: Jet-driven AGN feedback during the Quasar Era. Astron. Astrophys., 599:A123, March 2017.

[228] N. P. H. Nesvadba, G. Drouart, C. De Breuck, P. Best, N. Seymour, and J. Vernet. Gas kinematics in powerful radio galaxies at z∼2: Energy supply from star formation, AGN, and radio jets. Astron. Astrophys., 600:A121, April 2017.

[229] Planck Collaboration, N. Aghanim, Y. Akrami, M. Ashdown, J. Aumont, C. Baccigalupi, M. Ballardini, A. J. Banday, R. B. Barreiro, N. Bartolo, S. Basak, K. Benabed, M. Bersanelli, P. Bielewicz, A. Bonaldi, L. Bonavera, J. R. Bond, J. Borrill, F. R. Bouchet, C. Burigana, E. Calabrese, J.-F. Cardoso, A. Challinor, H. C. Chiang, L. P. L. Colombo, C. Combet, B. P. Crill, A. Curto, F. Cuttaia, P. de Bernardis, A. de Rosa, G. de Zotti, J. Delabrouille, E. Di Valentino, C. Dickinson, J. M. Diego, O. Doré, A. Ducout, X. Dupac, S. Dusini, G. Efstathiou, F. Elsner, T. A. Enßlin, H. K. Eriksen, Y. Fantaye, F. Finelli, F. Forastieri, M. Frailis, E. Franceschi, A. Frolov, S. Galeotta, S. Galli, K. Ganga, R. T. Génova-Santos, M. Gerbino, J. González-Nuevo, K. M. Górski, S. Gratton, A. Gruppuso, J. E.

Gudmundsson, D. Herranz, E. Hivon, Z. Huang, A. H. Jaffe, W. C. Jones, E. Keihänen, R. Keskitalo, K. Kiiveri, J. Kim, T. S. Kisner, L. Knox, N. Krachmalnicoff, M. Kunz, H. Kurki-Suonio, G. Lagache, J.-M. Lamarre, A. Lasenby, M. Lattanzi, C. R. Lawrence, M. Le Jeune, F. Levrier, A. Lewis, M. Liguori, P. B. Lilje, M. Lilley, V. Lindholm, M. López-Caniego, P. M. Lubin, Y.-Z. Ma, J. F. Macías-Pérez, G. Maggio, D. Maino, N. Mandolesi, A. Mangilli, M. Maris, P. G. Martin, E. Martínez-González, S. Matarrese, N. Mauri, J. D. McEwen, P. R. Meinhold, A. Mennella, M. Migliaccio, M. Millea, M.-A. Miville-Deschênes, D. Molinari, A. Moneti, L. Montier, G. Morgante, A. Moss, A. Narimani, P. Natoli, C. A. Oxborrow, L. Pagano, D. Paoletti, B. Partridge, G. Patanchon, L. Patrizii, V. Pettorino, F. Piacentini, L. Polastri, G. Polenta, J.-L. Puget, J. P. Rachen, B. Racine, M. Reinecke, M. Remazeilles, A. Renzi, G. Rocha, M. Rossetti, G. Roudier, J. A. Rubiño-Martín, B. Ruiz-Granados, L. Salvati, M. Sandri, M. Savelainen, D. Scott, C. Sirignano, G. Sirri, L. Stanco, A.-S. Suur-Uski, J. A. Tauber, D. Tavagnacco, M. Tenti, L. Toffolatti, M. Tomasi, M. Tristram, T. Trombetti, J. Valiviita, F. Van Tent, P. Vielva, F. Villa, N. Vittorio, B. D. Wandelt, I. K. Wehus, M. White, A. Zacchei, and A. Zonca. Planck intermediate results. LI. Features in the cosmic microwave background temperature power spectrum and shifts in cosmological parameters. Astron. Astrophys., 607:A95, November 2017.

[230] Planck Collaboration, N. Aghanim, M. Ashdown, J. Aumont, C. Baccigalupi, M. Ballardini, A. J. Banday, R. B. Barreiro, N. Bartolo, S. Basak, K. Benabed, J.-P. Bernard, M. Bersanelli, P. Bielewicz, A. Bonaldi, L. Bonavera, J. R. Bond, J. Borrill, F. R. Bouchet, F. Boulanger, A. Bracco, C. Burigana, E. Calabrese, J.-F. Cardoso, H. C. Chiang, L. P. L. Colombo, C. Combet, B. Comis, B. P. Crill, A. Curto, F. Cuttaia, R. J. Davis, P. de Bernardis, A. de Rosa, G. de Zotti, J. Delabrouille, J.-M. Delouis, E. Di Valentino, C. Dickinson, J. M. Diego, O. Doré, M. Douspis, A. Ducout, X. Dupac, S. Dusini, G. Efstathiou, F. Elsner, T. A. Enßlin, H. K. Eriksen, E. Falgarone, Y. Fantaye, F. Finelli, M. Frailis, A. A. Fraisse, E. Franceschi, A. Frolov, S. Galeotta, S. Galli, K. Ganga, R. T. Génova-Santos, M. Gerbino, T. Ghosh, M. Giard, J. González-Nuevo, K. M. Górski, A. Gregorio, A. Gruppuso, J. E. Gudmundsson, F. K. Hansen, G. Helou, D. Herranz, E. Hivon, Z. Huang, A. H. Jaffe, W. C. Jones, E. Keihänen, R. Keskitalo, T. S. Kisner, N. Krachmalnicoff, M. Kunz, H. Kurki-Suonio, G. Lagache, A. Lähteenmäki, J.-M. Lamarre, A. Lasenby, M. Lattanzi, C. R. Lawrence, M. Le Jeune, F. Levrier, M. Liguori, P. B. Lilje, M. López-Caniego, P. M. Lubin, J. F. Macías-Pérez, G. Maggio, D. Maino, N. Mandolesi, A. Mangilli, M. Maris, P. G. Martin, E. Martínez-González, S. Matarrese, N. Mauri, J. D. McEwen, A. Melchiorri, A. Mennella, M. Migliaccio, S. Mitra, M.-A. Miville-Deschênes, D. Molinari, A. Moneti, L. Montier, G. Morgante, A. Moss, P. Naselsky, H. U. Nørgaard-Nielsen, C. A. Oxborrow, L. Pagano, D. Paoletti, B. Partridge, L. Patrizii, O. Perdereau, L. Perotto, V. Pettorino, F. Piacentini, S. Plaszczynski, G. Polenta, J.-L. Puget, J. P. Rachen, M. Reinecke, M. Remazeilles, A. Renzi, G. Rocha, M. Rossetti, G. Roudier, J. A. Rubiño-Martín, B. Ruiz-Granados, L. Salvati, M. Sandri, M. Savelainen, D. Scott, C. Sirignano, G. Sirri, L. Stanco, A.-S.

Suur-Uski, J. A. Tauber, M. Tenti, L. Toffolatti, M. Tomasi, M. Tristram, T. Trombetti, J. Valiviita, F. Vansyngel, F. Van Tent, P. Vielva, B. D. Wandelt, I. K. Wehus, A. Zacchei, and A. Zonca. Planck intermediate results. L. Evidence of spatial variation of the polarized thermal dust spectral energy distribution and implications for CMB B-mode analysis. Astron. Astrophys., 599:A51, March 2017.

[231] G. Puglisi, G. Fabbian, and C. Baccigalupi. A 3D model for carbon monoxide molecular line emission as a potential cosmic microwave background polarization contaminant. MNRAS, 469:2982–2996, August 2017.

[232] A. Rivera-Ingraham, I. Ristorcelli, M. Juvela, J. Montillaud, A. Men'shchikov, J. Malinen, V.-M. Pelkonen, A. Marston, P. G. Martin, L. Pagani, R. Paladini, D. Paradis, N. Ysard, D. Ward-Thompson, J.-P. Bernard, D. J. Marshall, L. Montier, and L. V. Tóth. Galactic cold cores. VIII. Filament formation and evolution: Filament properties in context with evolutionary models. Astron. Astrophys., 601:A94, May 2017.

[233] S. Takakura, M. Aguilar, Y. Akiba, K. Arnold, C. Baccigalupi, D. Barron, S. Beckman, D. Boettger, J. Borrill, S. Chapman, Y. Chinone, A. Cukierman, A. Ducout, T. Elleflot, J. Errard, G. Fabbian, T. Fujino, N. Galitzki, N. Goeckner-Wald, N. W. Halverson, M. Hasegawa, K. Hattori, M. Hazumi, C. Hill, L. Howe, Y. Inoue, A. H. Jaffe, O. Jeong, D. Kaneko, N. Katayama, B. Keating, R. Keskitalo, T. Kisner, N. Krachmalnicoff, A. Kusaka, A. T. Lee, D. Leon, L. Lowry, F. Matsuda, T. Matsumura, M. Navaroli, H. Nishino, H. Paar, J. Peloton, D. Poletti, G. Puglisi, C. L. Reichardt, C. Ross, P. Siritanasak, A. Suzuki, O. Tajima, S. Takatori, and G. Teply. Performance of a continuously rotating half-wave plate on the POLARBEAR telescope. JCAP, 5:008, May 2017.

[234] The POLARBEAR Collaboration, P. A. R. Ade, M. Aguilar, Y. Akiba, K. Arnold, C. Baccigalupi, D. Barron, D. Beck, F. Bianchini, D. Boettger, J. Borrill, S. Chapman, Y. Chinone, K. Crowley, A. Cukierman, R. Dünner, M. Dobbs, A. Ducout, T. Elleflot, J. Errard, G. Fabbian, S. M. Feeney, C. Feng, T. Fujino, N. Galitzki, A. Gilbert, N. Goeckner-Wald, J. C. Groh, G. Hall, N. Halverson, T. Hamada, M. Hasegawa, M. Hazumi, C. A. Hill, L. Howe, Y. Inoue, G. Jaehnig, A. H. Jaffe, O. Jeong, D. Kaneko, N. Katayama, B. Keating, R. Keskitalo, T. Kisner, N. Krachmalnicoff, A. Kusaka, M. Le Jeune, A. T. Lee, E. M. Leitch, D. Leon, E. Linder, L. Lowry, F. Matsuda, T. Matsumura, Y. Minami, J. Montgomery, M. Navaroli, H. Nishino, H. Paar, J. Peloton, A. T. P. Pham, D. Poletti, G. Puglisi, C. L. Reichardt, P. L. Richards, C. Ross, Y. Segawa, B. D. Sherwin, M. Silva-Feaver, P. Siritanasak, N. Stebor, R. Stompor, A. Suzuki, O. Tajima, S. Takakura, S. Takatori, D. Tanabe, G. P. Teply, T. Tomaru, C. Tucker, N. Whitehorn, and A. Zahn. A Measurement of the Cosmic Microwave Background B-mode Polarization Power Spectrum at Subdegree Scales from Two Years of polarbear Data. Astrophys. J., 848:121, October 2017.

[235] S. Viaene, M. Baes, A. Tamm, E. Tempel, G. Bendo, J. A. D. L. Blommaert, M. Boquien, A. Boselli, P. Camps, A. Cooray, I. De Looze, P. De Vis, J. A. Fernández-Ontiveros, J. Fritz, M. Galametz, G. Gentile, S. Madden, M. W. L. Smith, L. Spinoglio, and S. Verstocken. The Herschel Exploitation of Local Ga-

laxy Andromeda (HELGA). VII. A SKIRT radiative transfer model and insights on dust heating. Astron. Astrophys., 599:A64, March 2017.

2018

[236] D. Beck, G. Fabbian, and J. Errard. Lensing reconstruction in post-Born cosmic microwave background weak lensing. Physical Review D, 98(4):043512, August 2018.

[237] G. V. Bicknell, D. Mukherjee, A. Y. Wagner, R. S. Sutherland, and N. P. H. Nesvadba. Relativistic jet feedback - II. Relationship to gigahertz peak spectrum and compact steep spectrum radio galaxies. Monthly Notices of the RAS, 475:3493–3501, April 2018.

[238] V. Bonjean, N. Aghanim, P. Salomé, M. Douspis, and A. Beelen. Gas and galaxies in filaments between clusters of galaxies. The study of A399-A401. Astron. Astrophys., 609:A49, January 2018.

[239] S. A. Bryan, S. M. Simon, M. Gerbino, G. Teply, A. Ali, Y. Chinone, K. Crowley, G. Fabbian, P. A. Gallardo, N. Goeckner-Wald, B. Keating, B. Koopman, A. Kusaka, F. Matsuda, P. Mauskopf, J. McMahon, F. Nati, G. Puglisi, C. L. Reichardt, M. Salatino, Z. Xu, and N. Zhu. Development of calibration strategies for the Simons Observatory. In Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE) Conference Series, volume 10708 of Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE) Conference Series, page 1070840, July 2018.

[240] R. A. Burenin, I. F. Bikmaev, I. M. Khamitov, I. A. Zaznobin, G. A. Khorunzhev, M. V. Eselevich, V. L. Afanasiev, S. N. Dodonov, J.-A. Rubiño-Martín, N. Aghanim, and R. A. Sunyaev. Optical Identifications of High-Redshift Galaxy Clusters from the Planck Sunyaev-Zeldovich Survey. Astronomy Letters, 44:297–308, May 2018.

[241] C. Burigana, C. S. Carvalho, T. Trombetti, A. Notari, M. Quartin, G. D. Gasperis, A. Buzzelli, N. Vittorio, G. De Zotti, P. de Bernardis, J. Chluba, M. Bilicki, L. Danese, J. Delabrouille, L. Toffolatti, A. Lapi, M. Negrello, P. Mazzotta, D. Scott, D. Contreras, A. Achúcarro, P. Ade, R. Allison, M. Ashdown, M. Ballardini, A. J. Banday, R. Banerji, J. Bartlett, N. Bartolo, S. Basak, M. Bersanelli, A. Bonaldi, M. Bonato, J. Borrill, F. Bouchet, F. Boulanger, T. Brinckmann, M. Bucher, P. Cabella, Z.-Y. Cai, M. Calvo, M. G. Castellano, A. Challinor, S. Clesse, I. Colantoni, A. Coppolecchia, M. Crook, G. D'Alessandro, J.-M. Diego, A. Di Marco, E. Di Valentino, J. Errard, S. Feeney, R. Fernández-Cobos, S. Ferraro, F. Finelli, F. Forastieri, S. Galli, R. Génova-Santos, M. Gerbino, J. González-Nuevo, S. Grandis, J. Greenslade, S. Hagstotz, S. Hanany, W. Handley, C. Hernández-Monteagudo, C. Hervias-Caimapo, M. Hills, E. Hivon, K. Kiiveri, T. Kisner, T. Kitching, M. Kunz, H. Kurki-Suonio, L. Lamagna, A. Lasenby, M. Lattanzi, J. Lesgourgues, M. Liguori, V. Lindholm, M. Lopez-Caniego, G. Luzzi, B. Maffei, N. Mandolesi, E. Martinez-Gonzalez, C. J. A. P. Martins, S. Masi, S. Matarrese, D. McCarthy, A. Melchiorri, J.-B. Melin, D. Molinari, A. Monfardini, P. Natoli, A. Paiella, D. Paoletti, G. Patanchon, M. Piat, G. Pi-

sano, L. Polastri, G. Polenta, A. Pollo, V. Poulin, M. Remazeilles, M. Roman, J.-A. Rubiño-Martín, L. Salvati, A. Tartari, M. Tomasi, D. Tramonte, N. Trappe, C. Tucker, J. Väliviita, R. Van de Weijgaert, B. van Tent, V. Vennin, P. Vielva, K. Young, and M. Zannoni. Exploring cosmic origins with CORE: Effects of observer peculiar motion. Journal of Cosmology and Astroparticle Physics, 4:021, April 2018.

[242] A. Challinor, R. Allison, J. Carron, J. Errard, S. Feeney, T. Kitching, J. Lesgourgues, A. Lewis, ´. Zubeldía, A. Achucarro, P. Ade, M. Ashdown, M. Ballardini, A. J. Banday, R. Banerji, J. Bartlett, N. Bartolo, S. Basak, D. Baumann, M. Bersanelli, A. Bonaldi, M. Bonato, J. Borrill, F. Bouchet, F. Boulanger, T. Brinckmann, M. Bucher, C. Burigana, A. Buzzelli, Z.-Y. Cai, M. Calvo, C.-S. Carvalho, G. Castellano, J. Chluba, S. Clesse, I. Colantoni, A. Coppolecchia, M. Crook, G. d'Alessandro, P. de Bernardis, G. de Gasperis, G. De Zotti, J. Delabrouille, E. Di Valentino, J.-M. Diego, R. Fernandez-Cobos, S. Ferraro, F. Finelli, F. Forastieri, S. Galli, R. Genova-Santos, M. Gerbino, J. González-Nuevo, S. Grandis, J. Greenslade, S. Hagstotz, S. Hanany, W. Handley, C. Hernandez-Monteagudo, C. Hervías-Caimapo, M. Hills, E. Hivon, K. Kiiveri, T. Kisner, M. Kunz, H. Kurki-Suonio, L. Lamagna, A. Lasenby, M. Lattanzi, M. Liguori, V. Lindholm, M. López-Caniego, G. Luzzi, B. Maffei, E. Martinez-González, C. J. A. P. Martins, S. Masi, S. Matarrese, D. McCarthy, A. Melchiorri, J.-B. Melin, D. Molinari, A. Monfardini, P. Natoli, M. Negrello, A. Notari, A. Paiella, D. Paoletti, G. Patanchon, M. Piat, G. Pisano, L. Polastri, G. Polenta, A. Pollo, V. Poulin, M. Quartin, M. Remazeilles, M. Roman, J.-A. Rubino-Martin, L. Salvati, A. Tartari, M. Tomasi, D. Tramonte, N. Trappe, T. Trombetti, C. Tucker, J. Valiviita, R. Van de Weijgaert, B. van Tent, V. Vennin, P. Vielva, N. Vittorio, K. Young, and M. Zannoni. Exploring cosmic origins with CORE: Gravitational lensing of the CMB. Journal of Cosmology and Astroparticle Physics, 4:018, April 2018.

[243] C. J. R. Clark, S. Verstocken, S. Bianchi, J. Fritz, S. Viaene, M. W. L. Smith, M. Baes, V. Casasola, L. P. Cassara, J. I. Davies, I. De Looze, P. De Vis, R. Evans, M. Galametz, A. P. Jones, S. Lianou, S. Madden, A. V. Mosenkov, and M. Xilouris. DustPedia: Multiwavelength photometry and imagery of 875 nearby galaxies in 42 ultraviolet-microwave bands. Astron. Astrophys., 609:A37, January 2018.

[244] K. T. Crowley, S. M. Simon, M. Silva-Feaver, N. Goeckner-Wald, A. Ali, J. Austermann, M. L. Brown, Y. Chinone, A. Cukierman, B. Dober, S. M. Duff, J. Dunkley, J. Errard, G. Fabbian, P. A. Gallardo, S.-P. P. Ho, J. Hubmayr, B. Keating, A. Kusaka, N. McCallum, J. McMahon, F. Nati, M. D. Niemack, G. Puglisi, M. Sathyanarayana Rao, C. L. Reichardt, M. Salatino, P. Siritanasak, S. Staggs, A. Suzuki, G. Teply, D. B. Thomas, J. N. Ullom, C. Vergès, M. R. Vissers, B. Westbrook, E. J. Wollack, Z. Xu, and N. Zhu. Studies of systematic uncertainties for Simons Observatory: detector array effects. In Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE) Conference Series, volume 10708 of Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE) Conference Series, page 107083Z, July 2018.

[245] P. de Bernardis, P. A. R. Ade, J. J. A. Baselmans, E. S. Battistelli, A. Benoit, M. Bersanelli, A. Bideaud, M. Calvo, F. J. Casas, M. G. Castellano, A. Catalano, I. Charles, I. Colantoni, F. Columbro, A. Coppolecchia, M. Crook, G. D'Alessandro, M. De Petris, J. Delabrouille, S. Doyle, C. Franceschet, A. Gomez, J. Goupy, S. Hanany, M. Hills, L. Lamagna, J. Macias-Perez, B. Maffei, S. Martin, E. Martinez-Gonzalez, S. Masi, D. McCarthy, A. Mennella, A. Monfardini, F. Noviello, A. Paiella, F. Piacentini, M. Piat, G. Pisano, G. Signorelli, C. Y. Tan, A. Tartari, N. Trappe, S. Triqueneaux, C. Tucker, G. Vermeulen, K. Young, M. Zannoni, A. Achúcarro, R. Allison, E. Artall, M. Ashdown, M. Ballardini, A. J. Banday, R. Banerji, J. Bartlett, N. Bartolo, S. Basak, A. Bonaldi, M. Bonato, J. Borrill, F. Bouchet, F. Boulanger, T. Brinckmann, M. Bucher, C. Burigana, A. Buzzelli, Z. Y. Cai, C. S. Carvalho, A. Challinor, J. Chluba, S. Clesse, G. De Gasperis, G. De Zotti, E. Di Valentino, J. M. Diego, J. Errard, S. Feeney, R. Fernandez-Cobos, F. Finelli, F. Forastieri, S. Galli, R. Génova-Santos, M. Gerbino, J. González-Nuevo, S. Hagstotz, J. Greenslade, W. Handley, C. Hernández-Monteagudo, C. Hervias-Caimapo, E. Hivon, K. Kiiveri, T. Kisner, T. Kitching, M. Kunz, H. Kurki-Suonio, A. Lasenby, M. Lattanzi, J. Lesgourgues, A. Lewis, M. Liguori, V. Lindholm, G. Luzzi, C. J. A. P. Martins, S. Matarrese, A. Melchiorri, J. B. Melin, D. Molinari, P. Natoli, M. Negrello, A. Notari, D. Paoletti, G. Patanchon, L. Polastri, G. Polenta, A. Pollo, V. Poulin, M. Quartin, M. Remazeilles, M. Roman, J. A. Rubiño-Martín, L. Salvati, M. Tomasi, D. Tramonte, T. Trombetti, J. Väliviita, R. Van de Weyjgaert, B. van Tent, V. Vennin, P. Vielva, and N. Vittorio. Exploring cosmic origins with CORE: The instrument. Journal of Cosmology and Astroparticle Physics, 4:015, April 2018.

[246] G. De Zotti, J. González-Nuevo, M. Lopez-Caniego, M. Negrello, J. Greenslade, C. Hernández-Monteagudo, J. Delabrouille, Z.-Y. Cai, M. Bonato, A. Achúcarro, P. Ade, R. Allison, M. Ashdown, M. Ballardini, A. J. Banday, R. Banerji, J. G. Bartlett, N. Bartolo, S. Basak, M. Bersanelli, M. Biesiada, M. Bilicki, A. Bonaldi, L. Bonavera, J. Borrill, F. Bouchet, F. Boulanger, T. Brinckmann, M. Bucher, C. Burigana, A. Buzzelli, M. Calvo, C. S. Carvalho, M. G. Castellano, A. Challinor, J. Chluba, D. L. Clements, S. Clesse, S. Colafrancesco, I. Colantoni, A. Coppolecchia, M. Crook, G. D'Alessandro, P. de Bernardis, G. de Gasperis, J. M. Diego, E. Di Valentino, J. Errard, S. M. Feeney, R. Fernández-Cobos, S. Ferraro, F. Finelli, F. Forastieri, S. Galli, R. T. Génova-Santos, M. Gerbino, S. Grandis, S. Hagstotz, S. Hanany, W. Handley, C. Hervias-Caimapo, M. Hills, E. Hivon, K. Kiiveri, T. Kisner, T. Kitching, M. Kunz, H. Kurki-Suonio, G. Lagache, L. Lamagna, A. Lasenby, M. Lattanzi, A. Le Brun, J. Lesgourgues, A. Lewis, M. Liguori, V. Lindholm, G. Luzzi, B. Maffei, N. Mandolesi, E. Martinez-Gonzalez, C. J. A. P. Martins, S. Masi, M. Massardi, S. Matarrese, D. McCarthy, A. Melchiorri, J.-B. Melin, D. Molinari, A. Monfardini, P. Natoli, A. Notari, A. Paiella, D. Paoletti, R. B. Partridge, G. Patanchon, M. Piat, G. Pisano, L. Polastri, G. Polenta, A. Pollo, V. Poulin, M. Quartin, M. Remazeilles, M. Roman, G. Rossi, B. F. Roukema, J.-A. Rubiño-Martín, L. Salvati, D. Scott, S. Serjeant,

A. Tartari, L. Toffolatti, M. Tomasi, N. Trappe, S. Triqueneaux, T. Trombetti, M. Tucci, C. Tucker, J. Väliviita, R. van de Weygaert, B. Van Tent, V. Vennin, P. Vielva, N. Vittorio, K. Young, and M. Zannoni. Exploring cosmic origins with CORE: Extragalactic sources in cosmic microwave background maps. Journal of Cosmology and Astroparticle Physics, 4:020, April 2018.

[247] J. Delabrouille, P. de Bernardis, F. R. Bouchet, A. Achúcarro, P. A. R. Ade, R. Allison, F. Arroja, E. Artal, M. Ashdown, C. Baccigalupi, M. Ballardini, A. J. Banday, R. Banerji, D. Barbosa, J. Bartlett, N. Bartolo, S. Basak, J. J. A. Baselmans, K. Basu, E. S. Battistelli, R. Battye, D. Baumann, A. Benoít, M. Bersanelli, A. Bideaud, M. Biesiada, M. Bilicki, A. Bonaldi, M. Bonato, J. Borrill, F. Boulanger, T. Brinckmann, M. L. Brown, M. Bucher, C. Burigana, A. Buzzelli, G. Cabass, Z.-Y. Cai, M. Calvo, A. Caputo, C.-S. Carvalho, F. J. Casas, G. Castellano, A. Catalano, A. Challinor, I. Charles, J. Chluba, D. L. Clements, S. Clesse, S. Colafrancesco, I. Colantoni, D. Contreras, A. Coppolecchia, M. Crook, G. D'Alessandro, G. D'Amico, A. da Silva, M. de Avillez, G. de Gasperis, M. De Petris, G. de Zotti, L. Danese, F.-X. Désert, V. Desjacques, E. Di Valentino, C. Dickinson, J. M. Diego, S. Doyle, R. Durrer, C. Dvorkin, H. K. Eriksen, J. Errard, S. Feeney, R. Fernández-Cobos, F. Finelli, F. Forastieri, C. Franceschet, U. Fuskeland, S. Galli, R. T. Génova-Santos, M. Gerbino, E. Giusarma, A. Gomez, J. González-Nuevo, S. Grandis, J. Greenslade, J. Goupy, S. Hagstotz, S. Hanany, W. Handley, S. Henrot-Versillé, C. Hernández-Monteagudo, C. Hervias-Caimapo, M. Hills, M. Hindmarsh, E. Hivon, D. T. Hoang, D. C. Hooper, B. Hu, E. Keihänen, R. Keskitalo, K. Kiiveri, T. Kisner, T. Kitching, M. Kunz, H. Kurki-Suonio, G. Lagache, L. Lamagna, A. Lapi, A. Lasenby, M. Lattanzi, A. M. C. Le Brun, J. Lesgourgues, M. Liguori, V. Lindholm, J. Lizarraga, G. Luzzi, J. F. Macìas-Pérez, B. Maffei, N. Mandolesi, S. Martin, E. Martinez-Gonzalez, C. J. A. P. Martins, S. Masi, M. Massardi, S. Matarrese, P. Mazzotta, D. McCarthy, A. Melchiorri, J.-B. Melin, A. Mennella, J. Mohr, D. Molinari, A. Monfardini, L. Montier, P. Natoli, M. Negrello, A. Notari, F. Noviello, F. Oppizzi, C. O'Sullivan, L. Pagano, A. Paiella, E. Pajer, D. Paoletti, S. Paradiso, R. B. Partridge, G. Patanchon, S. P. Patil, O. Perdereau, F. Piacentini, M. Piat, G. Pisano, L. Polastri, G. Polenta, A. Pollo, N. Ponthieu, V. Poulin, D. Prêle, M. Quartin, A. Ravenni, M. Remazeilles, A. Renzi, C. Ringeval, D. Roest, M. Roman, B. F. Roukema, J.-A. Rubiño-Martin, L. Salvati, D. Scott, S. Serjeant, G. Signorelli, A. A. Starobinsky, R. Sunyaev, C. Y. Tan, A. Tartari, G. Tasinato, L. Toffolatti, M. Tomasi, J. Torrado, D. Tramonte, N. Trappe, S. Triqueneaux, M. Tristram, T. Trombetti, M. Tucci, C. Tucker, J. Urrestilla, J. Väliviita, R. Van de Weygaert, B. Van Tent, V. Vennin, L. Verde, G. Vermeulen, P. Vielva, N. Vittorio, F. Voisin, C. Wallis, B. Wandelt, I. K. Wehus, J. Weller, K. Young, and M. Zannoni. Exploring cosmic origins with CORE: Survey requirements and mission design. Journal of Cosmology and Astroparticle Physics, 4:014, April 2018.

[248] E. Di Valentino, T. Brinckmann, M. Gerbino, V. Poulin, F. R. Bouchet, J. Lesgourgues, A. Melchiorri, J. Chluba, S. Clesse, J. Delabrouille, C. Dvorkin, F. Forastieri, S. Galli, D. C. Hooper, M. Lattanzi, C. J. A. P. Martins, L. Sal-

vati, G. Cabass, A. Caputo, E. Giusarma, E. Hivon, P. Natoli, L. Pagano, S. Paradiso, J. A. Rubiño-Martin, A. Achúcarro, P. Ade, R. Allison, F. Arroja, M. Ashdown, M. Ballardini, A. J. Banday, R. Banerji, N. Bartolo, J. G. Bartlett, S. Basak, D. Baumann, P. de Bernardis, M. Bersanelli, A. Bonaldi, M. Bonato, J. Borrill, F. Boulanger, M. Bucher, C. Burigana, A. Buzzelli, Z.-Y. Cai, M. Calvo, C. S. Carvalho, G. Castellano, A. Challinor, I. Charles, I. Colantoni, A. Coppolecchia, M. Crook, G. D'Alessandro, M. De Petris, G. De Zotti, J. M. Diego, J. Errard, S. Feeney, R. Fernandez-Cobos, S. Ferraro, F. Finelli, G. de Gasperis, R. T. Génova-Santos, J. González-Nuevo, S. Grandis, J. Greenslade, S. Hagstotz, S. Hanany, W. Handley, D. K. Hazra, C. Hernández-Monteagudo, C. Hervias-Caimapo, M. Hills, K. Kiiveri, T. Kisner, T. Kitching, M. Kunz, H. Kurki-Suonio, L. Lamagna, A. Lasenby, A. Lewis, M. Liguori, V. Lindholm, M. Lopez-Caniego, G. Luzzi, B. Maffei, S. Martin, E. Martinez-Gonzalez, S. Masi, S. Matarrese, D. McCarthy, J.-B. Melin, J. J. Mohr, D. Molinari, A. Monfardini, M. Negrello, A. Notari, A. Paiella, D. Paoletti, G. Patanchon, F. Piacentini, M. Piat, G. Pisano, L. Polastri, G. Polenta, A. Pollo, M. Quartin, M. Remazeilles, M. Roman, C. Ringeval, A. Tartari, M. Tomasi, D. Tramonte, N. Trappe, T. Trombetti, C. Tucker, J. Väliviita, R. van de Weygaert, B. Van Tent, V. Vennin, G. Vermeulen, P. Vielva, N. Vittorio, K. Young, and M. Zannoni. Exploring cosmic origins with CORE: Cosmological parameters. Journal of Cosmology and Astroparticle Physics, 4:017, April 2018.

[249] L. Dunne, Z. Zhang, P. De Vis, C. J. R. Clark, I. Oteo, S. J. Maddox, P. Cigan, G. de Zotti, H. L. Gomez, R. J. Ivison, K. Rowlands, M. W. L. Smith, P. van der Werf, C. Vlahakis, and J. S. Millard. The unusual ISM in Blue and Dusty Gas Rich Galaxies (BADGRS). Monthly Notices of the RAS, June 2018.

[250] G. Fabbian, M. Calabrese, and C. Carbone. CMB weak-lensing beyond the Born approximation: a numerical approach. Journal of Cosmology and Astroparticle Physics, 2:050, February 2018.

[251] F. Finelli, M. Bucher, A. Achúcarro, M. Ballardini, N. Bartolo, D. Baumann, S. Clesse, J. Errard, W. Handley, M. Hindmarsh, K. Kiiveri, M. Kunz, A. Lasenby, M. Liguori, D. Paoletti, C. Ringeval, J. Väliviita, B. van Tent, V. Vennin, P. Ade, R. Allison, F. Arroja, M. Ashdown, A. J. Banday, R. Banerji, J. G. Bartlett, S. Basak, P. de Bernardis, M. Bersanelli, A. Bonaldi, J. Borril, F. R. Bouchet, F. Boulanger, T. Brinckmann, C. Burigana, A. Buzzelli, Z.-Y. Cai, M. Calvo, C. S. Carvalho, G. Castellano, A. Challinor, J. Chluba, I. Colantoni, A. Coppolecchia, M. Crook, G. D'Alessandro, G. D'Amico, J. Delabrouille, V. Desjacques, G. De Zotti, J. M. Diego, E. Di Valentino, S. Feeney, J. R. Fergusson, R. Fernandez-Cobos, S. Ferraro, F. Forastieri, S. Galli, J. García-Bellido, G. de Gasperis, R. T. Génova-Santos, M. Gerbino, J. González-Nuevo, S. Grandis, J. Greenslade, S. Hagstotz, S. Hanany, D. K. Hazra, C. Hernández-Monteagudo, C. Hervias-Caimapo, M. Hills, E. Hivon, B. Hu, T. Kisner, T. Kitching, E. D. Kovetz, H. Kurki-Suonio, L. Lamagna, M. Lattanzi, J. Lesgourgues, A. Lewis, V. Lindholm, J. Lizarraga, M. López-Caniego, G. Luzzi, B. Maffei, N. Mandolesi, E. Martínez-González,

C. J. A. P. Martins, S. Masi, D. McCarthy, S. Matarrese, A. Melchiorri, J.-B. Melin, D. Molinari, A. Monfardini, P. Natoli, M. Negrello, A. Notari, F. Oppizzi, A. Paiella, E. Pajer, G. Patanchon, S. P. Patil, M. Piat, G. Pisano, L. Polastri, G. Polenta, A. Pollo, V. Poulin, M. Quartin, A. Ravenni, M. Remazeilles, A. Renzi, D. Roest, M. Roman, J. A. Rubiño-Martin, L. Salvati, A. A. Starobinsky, A. Tartari, G. Tasinato, M. Tomasi, J. Torrado, N. Trappe, T. Trombetti, M. Tucci, C. Tucker, J. Urrestilla, R. van de Weygaert, P. Vielva, N. Vittorio, K. Young, and M. Zannoni. Exploring cosmic origins with CORE: Inflation. Journal of Cosmology and Astroparticle Physics, 4:016, April 2018.

[252] N. Galitzki, A. Ali, K. S. Arnold, P. C. Ashton, J. E. Austermann, C. Baccigalupi, T. Baildon, D. Barron, J. A. Beall, S. Beckman, S. M. M. Bruno, S. Bryan, P. G. Calisse, G. E. Chesmore, Y. Chinone, S. K. Choi, G. Coppi, K. D. Crowley, K. T. Crowley, A. Cukierman, M. J. Devlin, S. Dicker, B. Dober, S. M. Duff, J. Dunkley, G. Fabbian, P. A. Gallardo, M. Gerbino, N. Goeckner-Wald, J. E. Golec, J. E. Gudmundsson, E. E. Healy, S. Henderson, C. A. Hill, G. C. Hilton, S.-P. P. Ho, L. A. Howe, J. Hubmayr, O. Jeong, B. Keating, B. J. Koopman, K. Kiuchi, A. Kusaka, J. Lashner, A. T. Lee, Y. Li, M. Limon, M. Lungu, F. Matsuda, P. D. Mauskopf, A. J. May, N. McCallum, J. McMahon, F. Nati, M. D. Niemack, J. L. Orlowski-Scherer, S. C. Parshley, L. Piccirillo, M. Sathyanarayana Rao, C. Raum, M. Salatino, J. S. Seibert, C. Sierra, M. Silva-Feaver, S. M. Simon, S. T. Staggs, J. R. Stevens, A. Suzuki, G. Teply, R. Thornton, C. Tsai, J. N. Ullom, E. M. Vavagiakis, M. R. Vissers, B. Westbrook, E. J. Wollack, Z. Xu, and N. Zhu. The Simons Observatory: instrument overview. In Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE) Conference Series, volume 10708 of Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE) Conference Series, page 1070804, July 2018.

[253] P. A. Gallardo, J. Gudmundsson, B. J. Koopman, F. T. Matsuda, S. M. Simon, A. Ali, S. Bryan, Y. Chinone, G. Coppi, N. Cothard, M. J. Devlin, S. Dicker, G. Fabbian, N. Galitzki, C. A. Hill, B. Keating, A. Kusaka, J. Lashner, A. T. Lee, M. Limon, P. D. Mauskopf, J. McMahon, F. Nati, M. D. Niemack, J. L. Orlowski-Scherer, S. C. Parshley, G. Puglisi, C. L. Reichardt, M. Salatino, S. Staggs, A. Suzuki, E. M. Vavagiakis, E. J. Wollack, Z. Xu, and N. Zhu. Systematic uncertainties in the Simons Observatory: optical effects and sensitivity considerations. In Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE) Conference Series, volume 10708 of Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE) Conference Series, page 107083Y, July 2018.

[254] A. Gorce, M. Douspis, N. Aghanim, and M. Langer. Observational constraints on key-parameters of cosmic reionisation history. Astron. Astrophys., 616:A113, August 2018.

[255] V. Guillet, L. Fanciullo, L. Verstraete, F. Boulanger, A. P. Jones, M.-A. Miville-Deschênes, N. Ysard, F. Levrier, and M. Alves. Dust models compatible with Planck intensity and polarization data in translucent lines of sight. Astron. Astrophys., 610:A16, February 2018.

[256] M. Juvela, V. Guillet, T. Liu, I. Ristorcelli, V.-M. Pelkonen, D. Alina, L. Bronfman, D. J. Eden, K. T. Kim, P. M. Koch, W. Kwon, C. W. Lee, J. Malinen, E. Micelotta,

J. Montillaud, M. G. Rawlings, P. Sanhueza, A. Soam, A. Traficante, N. Ysard, and C.-P. Zhang. Dust spectrum and polarisation at 850 um in the massive IRDC G035.39-00.33. ArXiv e-prints, September 2018.

[257] G. Martinez Aviles, M. Johnston-Hollitt, C. Ferrari, T. Venturi, J. Democles, D. Dallacasa, R. Cassano, G. Brunetti, S. Giacintucci, G. W. Pratt, M. Arnaud, N. Aghanim, S. Brown, M. Douspis, J. Hurier, H. T. Intema, M. Langer, G. Macario, and E. Pointecouteau. ATCA observations of the MACS-Planck Radio Halo Cluster Project. II. Radio observations of an intermediate redshift cluster sample. Astron. Astrophys., 611:A94, April 2018.

[258] J.-B. Melin, A. Bonaldi, M. Remazeilles, S. Hagstotz, J. M. Diego, C. Hernández-Monteagudo, R. T. Génova-Santos, G. Luzzi, C. J. A. P. Martins, S. Grandis, J. J. Mohr, J. G. Bartlett, J. Delabrouille, S. Ferraro, D. Tramonte, J. A. Rubiño-Martín, J. F. Macìas-Pérez, A. Achúcarro, P. Ade, R. Allison, M. Ashdown, M. Ballardini, A. J. Banday, R. Banerji, N. Bartolo, S. Basak, K. Basu, R. A. Battye, D. Baumann, M. Bersanelli, M. Bonato, J. Borrill, F. Bouchet, F. Boulanger, T. Brinckmann, M. Bucher, C. Burigana, A. Buzzelli, Z.-Y. Cai, M. Calvo, C. S. Carvalho, M. G. Castellano, A. Challinor, J. Chluba, S. Clesse, S. Colafrancesco, I. Colantoni, A. Coppolecchia, M. Crook, G. D'Alessandro, P. de Bernardis, G. de Gasperis, M. De Petris, G. De Zotti, E. Di Valentino, J. Errard, S. M. Feeney, R. Fernández-Cobos, F. Finelli, F. Forastieri, S. Galli, M. Gerbino, J. González-Nuevo, J. Greenslade, S. Hanany, W. Handley, C. Hervias-Caimapo, M. Hills, E. Hivon, K. Kiiveri, T. Kisner, T. Kitching, M. Kunz, H. Kurki-Suonio, L. Lamagna, A. Lasenby, M. Lattanzi, A. M. C. Le Brun, J. Lesgourgues, A. Lewis, M. Liguori, V. Lindholm, M. Lopez-Caniego, B. Maffei, E. Martinez-Gonzalez, S. Masi, P. Mazzotta, D. McCarthy, A. Melchiorri, D. Molinari, A. Monfardini, P. Natoli, M. Negrello, A. Notari, A. Paiella, D. Paoletti, G. Patanchon, M. Piat, G. Pisano, L. Polastri, G. Polenta, A. Pollo, V. Poulin, M. Quartin, M. Roman, L. Salvati, A. Tartari, M. Tomasi, N. Trappe, S. Triqueneaux, T. Trombetti, C. Tucker, J. Väliviita, R. van de Weygaert, B. Van Tent, V. Vennin, P. Vielva, N. Vittorio, J. Weller, K. Young, and M. Zannoni. Exploring cosmic origins with CORE: Cluster science. Journal of Cosmology and Astroparticle Physics, 4:019, April 2018.

[259] D. Mukherjee, A. Y. Wagner, G. V. Bicknell, R. Morganti, T. Oosterloo, N. Nesvadba, and R. S. Sutherland. The jet-ISM interactions in IC 5063. Monthly Notices of the RAS, 476:80–95, May 2018.

[260] P. Natoli, M. Ashdown, R. Banerji, J. Borrill, A. Buzzelli, G. de Gasperis, J. Delabrouille, E. Hivon, D. Molinari, G. Patanchon, L. Polastri, M. Tomasi, F. R. Bouchet, S. Henrot-Versillé, D. T. Hoang, R. Keskitalo, K. Kiiveri, T. Kisner, V. Lindholm, D. McCarthy, F. Piacentini, O. Perdereau, G. Polenta, M. Tristram, A. Achucarro, P. Ade, R. Allison, C. Baccigalupi, M. Ballardini, A. J. Banday, J. Bartlett, N. Bartolo, S. Basak, D. Baumann, M. Bersanelli, A. Bonaldi, M. Bonato, F. Boulanger, T. Brinckmann, M. Bucher, C. Burigana, Z.-Y. Cai, M. Calvo, C.-S. Carvalho, M. G. Castellano, A. Challinor, J. Chluba, S. Clesse, I. Colantoni, A. Coppolecchia, M. Crook, G. D'Alessandro, P. de Bernardis, G. De Zotti, E. Di Valentino, J.-M. Diego, J. Errard, S. Feeney,

R. Fernandez-Cobos, F. Finelli, F. Forastieri, S. Galli, R. Genova-Santos, M. Gerbino, J. González-Nuevo, S. Grandis, J. Greenslade, A. Gruppuso, S. Hagstotz, S. Hanany, W. Handley, C. Hernandez-Monteagudo, C. Hervías-Caimapo, M. Hills, E. Keihänen, T. Kitching, M. Kunz, H. Kurki-Suonio, L. Lamagna, A. Lasenby, M. Lattanzi, J. Lesgourgues, A. Lewis, M. Liguori, M. López-Caniego, G. Luzzi, B. Maffei, N. Mandolesi, E. Martinez-González, C. J. A. P. Martins, S. Masi, S. Matarrese, A. Melchiorri, J.-B. Melin, M. Migliaccio, A. Monfardini, M. Negrello, A. Notari, L. Pagano, A. Paiella, D. Paoletti, M. Piat, G. Pisano, A. Pollo, V. Poulin, M. Quartin, M. Remazeilles, M. Roman, G. Rossi, J.-A. Rubino-Martin, L. Salvati, G. Signorelli, A. Tartari, D. Tramonte, N. Trappe, T. Trombetti, C. Tucker, J. Valiviita, R. Van de Weijgaert, B. van Tent, V. Vennin, P. Vielva, N. Vittorio, C. Wallis, K. Young, and M. Zannoni. Exploring cosmic origins with CORE: Mitigation of systematic effects. Journal of Cosmology and Astroparticle Physics, 4:022, April 2018.

[261] Planck Collaboration, P. A. R. Ade, N. Aghanim, M. I. R. Alves, M. Arnaud, F. Atrio-Barandela, J. Aumont, C. Baccigalupi, A. J. Banday, R. B. Barreiro, E. Battaner, K. Benabed, A. Benoit-Lévy, J.-P. Bernard, M. Bersanelli, P. Bielewicz, J. Bobin, A. Bonaldi, J. R. Bond, J. Borrill, F. R. Bouchet, F. Boulanger, C. Burigana, J.-F. Cardoso, S. Casassus, A. Catalano, A. Chamballu, X. Chen, H. C. Chiang, L.-Y. Chiang, P. R. Christensen, D. L. Clements, S. Colombi, L. P. L. Colombo, F. Couchot, B. P. Crill, F. Cuttaia, L. Danese, R. D. Davies, R. J. Davis, P. de Bernardis, A. de Rosa, G. de Zotti, J. Delabrouille, F.-X. Désert, C. Dickinson, J. M. Diego, S. Donzelli, O. Doré, X. Dupac, T. A. Enßlin, H. K. Eriksen, F. Finelli, O. Forni, E. Franceschi, S. Galeotta, K. Ganga, R. T. Génova-Santos, T. Ghosh, M. Giard, J. González-Nuevo, K. M. Górski, A. Gregorio, A. Gruppuso, F. K. Hansen, D. L. Harrison, G. Helou, C. Hernández-Monteagudo, S. R. Hildebrandt, E. Hivon, M. Hobson, A. Hornstrup, A. H. Jaffe, T. R. Jaffe, W. C. Jones, E. Keihänen, R. Keskitalo, R. Kneissl, J. Knoche, M. Kunz, H. Kurki-Suonio, A. Lähteenmäki, J.-M. Lamarre, A. Lasenby, C. R. Lawrence, R. Leonardi, M. Liguori, P. B. Lilje, M. Linden-Vørnle, M. López-Caniego, J. F. Macías-Pérez, B. Maffei, D. Maino, N. Mandolesi, D. J. Marshall, P. G. Martin, E. Martínez-González, S. Masi, M. Massardi, S. Matarrese, P. Mazzotta, P. R. Meinhold, A. Melchiorri, L. Mendes, A. Mennella, M. Migliaccio, M.-A. Miville-Deschênes, A. Moneti, L. Montier, G. Morgante, D. Mortlock, D. Munshi, P. Naselsky, F. Nati, P. Natoli, H. U. Nørgaard-Nielsen, F. Noviello, D. Novikov, I. Novikov, C. A. Oxborrow, L. Pagano, F. Pajot, R. Paladini, D. Paoletti, G. Patanchon, T. J. Pearson, M. Peel, O. Perdereau, F. Perrotta, F. Piacentini, M. Piat, E. Pierpaoli, D. Pietrobon, S. Plaszczynski, E. Pointecouteau, G. Polenta, N. Ponthieu, L. Popa, G. W. Pratt, S. Prunet, J.-L. Puget, J. P. Rachen, R. Rebolo, W. Reich, M. Reinecke, M. Remazeilles, C. Renault, S. Ricciardi, T. Riller, I. Ristorcelli, G. Rocha, C. Rosset, G. Roudier, J. A. Rubiño-Martín, B. Rusholme, M. Sandri, G. Savini, D. Scott, L. D. Spencer, V. Stolyarov, D. Sutton, A.-S. Suur-Uski, J.-F. Sygnet, J. A. Tauber, D. Tavagnacco, L. Terenzi, C. T. Tibbs, L. Toffolatti, M. Tomasi, M. Tristram, M. Tucci, L. Valenziano, J. Valiviita, B. Van Tent, J. Varis, L. Verstraete, P. Vielva, F. Villa,

B. D. Wandelt, R. Watson, A. Wilkinson, N. Ysard, D. Yvon, A. Zacchei, and A. Zonca. Planck intermediate results. XV. A study of anomalous microwave emission in Galactic clouds (Corrigendum). Astron. Astrophys., 610:C1, February 2018.

[262] M. Remazeilles, A. J. Banday, C. Baccigalupi, S. Basak, A. Bonaldi, G. De Zotti, J. Delabrouille, C. Dickinson, H. K. Eriksen, J. Errard, R. Fernandez-Cobos, U. Fuskeland, C. Hervías-Caimapo, M. López-Caniego, E. Martinez-González, M. Roman, P. Vielva, I. Wehus, A. Achucarro, P. Ade, R. Allison, M. Ashdown, M. Ballardini, R. Banerji, J. Bartlett, N. Bartolo, D. Baumann, M. Bersanelli, M. Bonato, J. Borrill, F. Bouchet, F. Boulanger, T. Brinckmann, M. Bucher, C. Burigana, A. Buzzelli, Z.-Y. Cai, M. Calvo, C.-S. Carvalho, G. Castellano, A. Challinor, J. Chluba, S. Clesse, I. Colantoni, A. Coppolecchia, M. Crook, G. D'Alessandro, P. de Bernardis, G. de Gasperis, J.-M. Diego, E. Di Valentino, S. Feeney, S. Ferraro, F. Finelli, F. Forastieri, S. Galli, R. Genova-Santos, M. Gerbino, J. González-Nuevo, S. Grandis, J. Greenslade, S. Hagstotz, S. Hanany, W. Handley, C. Hernandez-Monteagudo, M. Hills, E. Hivon, K. Kiiveri, T. Kisner, T. Kitching, M. Kunz, H. Kurki-Suonio, L. Lamagna, A. Lasenby, M. Lattanzi, J. Lesgourgues, A. Lewis, M. Liguori, V. Lindholm, G. Luzzi, B. Maffei, C. J. A. P. Martins, S. Masi, S. Matarrese, D. McCarthy, J.-B. Melin, A. Melchiorri, D. Molinari, A. Monfardini, P. Natoli, M. Negrello, A. Notari, A. Paiella, D. Paoletti, G. Patanchon, M. Piat, G. Pisano, L. Polastri, G. Polenta, A. Pollo, V. Poulin, M. Quartin, J.-A. Rubino-Martin, L. Salvati, A. Tartari, M. Tomasi, D. Tramonte, N. Trappe, T. Trombetti, C. Tucker, J. Valiviita, R. Van de Weijgaert, B. van Tent, V. Vennin, N. Vittorio, K. Young, and M. Zannoni. Exploring cosmic origins with CORE: B-mode component separation. Journal of Cosmology and Astroparticle Physics, 4:023, April 2018.

[263] M. Salatino, J. Lashner, M. Gerbino, S. M. Simon, J. Didier, A. Ali, P. C. Ashton, S. Bryan, Y. Chinone, K. Coughlin, K. T. Crowley, G. Fabbian, N. Galitzki, N. Goeckner-Wald, J. E. Gudmundsson, C. A. Hill, B. Keating, A. Kusaka, A. T. Lee, J. McMahon, A. D. Miller, G. Puglisi, C. L. Reichardt, G. Teply, Z. Xu, and N. Zhu. Studies of systematic uncertainties for Simons Observatory: polarization modulator related effects. In Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE) Conference Series, volume 10708 of Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE) Conference Series, page 1070848, July 2018.

[264] L. Salvati, M. Douspis, and N. Aghanim. Constraints from thermal Sunyaev-Zel'dovich cluster counts and power spectrum combined with CMB. Astron. Astrophys., 614:A13, June 2018.

[265] SL Stever, F Couchot, N Coron, RMJ Janssen, and B Maffei. A new pulse shape description for alpha particle pulses in a highly-sensitive sub-kelvin bolometer. In Space Telescopes and Instrumentation 2018: Optical, Infrared, and Millimeter Wave, volume 10698, page 1069863. International Society for Optics and Photonics, 2018.

[266] N. Ysard, A. P. Jones, K. Demyk, T. Boutéraon, and M. Koehler. The

optical properties of dust: the effects of composition, size, and structure. Astron. Astrophys., 617:A124, September 2018.

10.1.2 Équipe Astrochimie et Origines

2013

[267] G. Danger, F.-R. Orthous-Daunay, P. de Marcellus, P. Modica, V. Vuitton, F. Duvernay, L. Flandinet, L. Le Sergeant d'Hendecourt, R. Thissen, and T. Chiavassa. Characterization of laboratory analogs of interstellar/cometary organic residues using very high resolution mass spectrometry. Geochimica Cosmochimica Acta, 118:184–201, October 2013.

[268] E. Dartois, J. J. Ding, A. L. F. de Barros, P. Boduch, R. Brunetto, M. Chabot, A. Domaracka, M. Godard, X. Y. Lv, C. F. Mejía Guamán, T. Pino, H. Rothard, E. F. da Silveira, and J. C. Thomas. Swift heavy ion irradiation of water ice from MeV to GeV energies. Approaching true cosmic ray compaction. Astron. Astrophys., 557:A97, September 2013.

[269] E. Füri, A. Aléon-Toppani, B. Marty, G. Libourel, and L. Zimmermann. Effects of atmospheric entry heating on the noble gas and nitrogen content of micrometeorites. Earth and Planetary Science Letters, 377:1–12, September 2013.

[270] M. Noun, M. Roumie, T. Calligaro, B. Nsouli, R. Brunetto, D. Baklouti, L. d'Hendecourt, and S. Della-Negra. On the characterization of the "Paris" meteorite using PIXE, RBS and micro-PIXE. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B, 306:261–264, July 2013.

[271] P. Vernazza, D. Fulvio, R. Brunetto, J. P. Emery, C. A. Dukes, F. Cipriani, O. Witasse, M. J. Schaible, B. Zanda, G. Strazzulla, and R. A. Baragiola. Paucity of Tagish Lake-like parent bodies in the Asteroid Belt and among Jupiter Trojans. Icarus, 225:517–525, July 2013.

2014

[272] I. Alata, G. A. Cruz-Diaz, G. M. Muñoz Caro, and E. Dartois. Vacuum ultraviolet photolysis of hydrogenated amorphous carbons . I. Interstellar H_2 and CH_4 formation rates. Astron. Astrophys., 569:A119, September 2014.

[273] R. Brunetto, C. Lantz, D. Ledu, D. Baklouti, M. A. Barucci, P. Beck, L. Delauche, Z. Dionnet, P. Dumas, J. Duprat, C. Engrand, F. Jamme, P. Oudayer, E. Quirico, C. Sandt, and E. Dartois. Ion irradiation of Allende meteorite probed by visible, IR, and Raman spectroscopies. Icarus, 237:278–292, July 2014.

[274] E. Dartois, C. Engrand, R. Brunetto, J. Duprat, T. Pino, E. Quirico, L. Remusat, N. Bardin, G. Briani, S. Mostefaoui, G. Morinaud, B. Crane, N. Szwec, L. Delauche, F. Jamme, C. Sand, and P. Dumas. Interstellar and interplanetary carbonaceous solids in the laboratory. Geochemical Journal, 48, September 2014.

[275] B. M. Giuliano, R. M. Escribano, R. Martín-Doménech, E. Dartois, and G. M. Muñoz Caro. Interstellar ice analogs: band strengths of H_2O, CO_2, CH_3OH, and NH_3 in the far-infrared region. Astron. Astrophys., 565:A108, May 2014.

[276] S. Merouane, Z. Djouadi, and L. Le Sergeant d'Hendecourt. Relations between Aliphatics and Silicate Components in 12 Stratospheric Particles Deduced from Vibrational Spectroscopy. Astrophys. J., 780:174, January 2014.

[277] P. Modica, C. Meinert, P. de Marcellus, L. Nahon, U. J. Meierhenrich, and L. Le Sergeant d'Hendecourt. Enantiomeric Excesses Induced in Amino Acids by Ultraviolet Circularly Polarized Light Irradiation of Extraterrestrial Ice Analogs: A Possible Source of Asymmetry for Prebiotic Chemistry. Astrophys. J., 788:79, June 2014.

[278] G. M. Muñoz Caro, E. Dartois, P. Boduch, H. Rothard, A. Domaracka, and A. Jiménez-Escobar. Comparison of UV and high-energy ion irradiation of methanol:ammonia ice. Astron. Astrophys., 566:A93, June 2014.

[279] O. Pirali, V. Boudon, N. Carrasco, and E. Dartois. Rotationally resolved IR spectroscopy of hexamethylenetetramine (HMT) $C_6N_4H_{12}$. Astron. Astrophys., 561:A109, January 2014.

[280] E. Quirico, F.-R. Orthous-Daunay, P. Beck, L. Bonal, R. Brunetto, E. Dartois, T. Pino, G. Montagnac, J.-N. Rouzaud, C. Engrand, and J. Duprat. Origin of insoluble organic matter in type 1 and 2 chondrites: New clues, new questions. Geochimica Cosmochimica Acta, 136:80–99, July 2014.

[281] A. Rotundi, F. J. M. Rietmeijer, M. Ferrari, V. Della Corte, G. A. Baratta, R. Brunetto, E. Dartois, Z. Djouadi, S. Merouane, J. Borg, J. R. Brucato, L. Sergeant D'Hendecourt, V. Mennella, M. E. Palumbo, and P. Palumbo. Two refractory Wild 2 terminal particles from a carrot-shaped track characterized combining MIR/FIR/Raman microspectroscopy and FE-SEM/EDS analyses. Meteoritics and Planetary Science, 49:550–575, April 2014.

2015

[282] I. Alata, A. Jallat, L. Gavilan, M. Chabot, G. A. Cruz-Diaz, G. M. Munoz Caro, K. Béroff, and E. Dartois. Vacuum ultraviolet of hydrogenated amorphous carbons. II. Small hydrocarbons production in Photon Dominated Regions. Astron. Astrophys., 584:A123, December 2015.

[283] N. Bardin, J. Duprat, G. Slodzian, T.-D. Wu, D. Baklouti, E. Dartois, R. Brunetto, C. Engrand, and J.-L. Guerquin-Kern. Hydrogen isotopic fractionation in secondary ion mass spectrometry using polyatomic ions. International Journal of Mass Spectrometry, 393:17–24, December 2015.

[284] Noemie Bardin, Jean Duprat, Georges Slodzian, Ting-Di Wu, Donia Baklouti, Emmanuel Dartois, Rosario Brunetto, Cecile Engrand, and Jean-Luc Guerquin-Kern. Hydrogen isotopic fractionation in secondary ion mass spectrometry using polyatomic ions. International Journal of Mass Spectrometry, 393:17 – 24, 2015.

[285] L. Bonal, R. Brunetto, P. Beck, E. Dartois, Z. Dionnet, Z. Djouadi, J. Duprat, E. Füri, Y. Kakazu, G. Montagnac, P. Oudayer, E. Quirico, and C. Engrand.

Visible-IR and Raman microspectroscopic investigation of three Itokawa particles collected by Hayabusa: Mineralogy and degree of space weathering based on nondestructive analyses. Meteoritics and Planetary Science, 50:1562–1576, September 2015.

[286] J.-Y. Bonnet, E. Quirico, A. Buch, R. Thissen, C. Szopa, N. Carrasco, G. Cernogora, N. Fray, H. Cottin, L. L. Roy, G. Montagnac, E. Dartois, R. Brunetto, C. Engrand, and J. Duprat. Formation of analogs of cometary nitrogen-rich refractory organics from thermal degradation of tholin and HCN polymer. Icarus, 250:53–63, April 2015.

[287] R. Brunetto, M. J. Loeffler, D. Nesvorný, S. Sasaki, and G. Strazzulla. Asteroid Surface Alteration by Space Weathering Processes, pages 597–616. 2015.

[288] E. Dartois, I. Alata, C. Engrand, R. Brunetto, J. Duprat, T. Pinot, E. Quirico, L. Remusat, N. Bardin, G. Briani, S. Mostefaoui, G. Morinaud, B. Crane, N. Szwec, L. Delauche, F. Jamme, C. Sandt, and P. Dumas. Interstellar and interplanetary solids in the laboratory. Bulletin de la Societe Royale des Sciences de Liege, 84:7–14, January 2015.

[289] E. Dartois, B. Augé, P. Boduch, R. Brunetto, M. Chabot, A. Domaracka, J. J. Ding, O. Kamalou, X. Y. Lv, H. Rothard, E. F. da Silveira, and J. C. Thomas. Heavy ion irradiation of crystalline water ice. Cosmic ray amorphisation cross-section and sputtering yield. Astron. Astrophys., 576:A125, April 2015.

[290] E. Dartois, B. Augé, H. Rothard, P. Boduch, R. Brunetto, M. Chabot, A. Domaracka, J.-J. Ding, O. Kamalou, X.-Y. Lv, E. F. da Silveira, J.-C. Thomas, T. Pino, C. Mejia, M. Godard, and A. L. F. de Barros. Swift heavy ion modifications of astrophysical water ice. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B, 365:472–476, December 2015.

[291] P. de Marcellus, C. Meinert, I. Myrgorodska, L. Nahon, T. Buhse, L. L. S. d'Hendecourt, and U. J. Meierhenrich. Aldehydes and sugars from evolved precometary ice analogs: Importance of ices in astrochemical and prebiotic evolution. Proceedings of the National Academy of Science, 112:965–970, January 2015.

[292] S. Guerlet, T. Fouchet, S. Vinatier, A. A. Simon, E. Dartois, and A. Spiga. Stratospheric benzene and hydrocarbon aerosols detected in Saturn's auroral regions. Astron. Astrophys., 580:A89, August 2015.

[293] Z. Kanuchova, R. Brunetto, D. Fulvio, and G. Strazzulla. Near-ultraviolet bluing after space weathering of silicates and meteorites. Icarus, 258:289–296, September 2015.

[294] H. Krüger, T. Stephan, C. Engrand, C. Briois, S. Siljeström, S. Merouane, D. Baklouti, H. Fischer, N. Fray, K. Hornung, H. Lehto, F.-R. Orthous-Daunay, J. Rynö, R. Schulz, J. Silén, L. Thirkell, M. Trieloff, and M. Hilchenbach. COSIMA-Rosetta calibration for in situ characterization of 67P/Churyumov-Gerasimenko cometary inorganic compounds. Planetary Space Science, 117:35–44, November 2015.

[295] C. Lantz, R. Brunetto, M. A. Barucci, E. Dartois, J. Duprat, C. Engrand, M. Godard, D. Ledu, and E. Quirico. Ion irradiation of the Murchison meteorite: Vi-

sible to mid-infrared spectroscopic results. Astron. Astrophys., 577:A41, May 2015.

[296] Z. Martins, P. Modica, B. Zanda, and L. L. S. D'Hendecourt. The amino acid and hydrocarbon contents of the Paris meteorite: Insights into the most primitive CM chondrite. Meteoritics and Planetary Science, 50:926–943, May 2015.

[297] C. Mejía, A. L. F. de Barros, E. Seperuelo Duarte, E. F. da Silveira, E. Dartois, A. Domaracka, H. Rothard, and P. Boduch. Compaction of porous ices rich in water by swift heavy ions. Icarus, 250:222–229, April 2015.

[298] M. D. Melita, Z. Kaňuchová, R. Brunetto, and G. Strazzulla. Space weathering and the color-color diagram of Plutinos and Jupiter Trojans. Icarus, 248:222–229, March 2015.

[299] R. Schulz, M. Hilchenbach, Y. Langevin, J. Kissel, J. Silen, C. Briois, C. Engrand, K. Hornung, D. Baklouti, A. Bardyn, H. Cottin, H. Fischer, N. Fray, M. Godard, H. Lehto, L. Le Roy, S. Merouane, F.-R. Orthous-Daunay, J. Paquette, J. Rynö, S. Siljeström, O. Stenzel, L. Thirkell, K. Varmuza, and B. Zaprudin. Comet 67P/Churyumov-Gerasimenko sheds dust coat accumulated over the past four years. Nature, 518:216–218, February 2015.

[300] P. Vernazza, M. Marsset, P. Beck, R. P. Binzel, M. Birlan, R. Brunetto, F. E. Demeo, Z. Djouadi, C. Dumas, S. Merouane, O. Mousis, and B. Zanda. Interplanetary Dust Particles as Samples of Icy Asteroids. Astrophys. J., 806:204, June 2015.

2016

[301] B. Augé, E. Dartois, C. Engrand, J. Duprat, M. Godard, L. Delauche, N. Bardin, C. Mejía, R. Martinez, G. Muniz, A. Domaracka, P. Boduch, and H. Rothard. Irradiation of nitrogen-rich ices by swift heavy ions. Clues for the formation of ultracarbonaceous micrometeorites. Astron. Astrophys., 592:A99, August 2016.

[302] P. Boduch, R. Brunetto, J. J. Ding, A. Domaracka, Z. Kaňuchová, M. E. Palumbo, H. Rothard, and G. Strazzulla. Ion processing of ices and the origin of SO_2 and O_3 on the icy surfaces of the icy jovian satellites. Icarus, 277:424–432, October 2016.

[303] G. Danger, A. Fresneau, N. Abou Mrad, P. de Marcellus, F.-R. Orthous-Daunay, F. Duvernay, V. Vuitton, L. Le Sergeant d'Hendecourt, R. Thissen, and T. Chiavassa. Insight into the molecular composition of laboratory organic residues produced from interstellar/pre-cometary ice analogues using very high resolution mass spectrometry. Geochimica Cosmochimica Acta, 189:184–196, September 2016.

[304] C. Engrand, J. Duprat, E. Dartois, K. Benzerara, H. Leroux, D. Baklouti, A. Bardyn, C. Briois, H. Cottin, H. Fischer, N. Fray, M. Godard, M. Hilchenbach, Y. Langevin, J. Paquette, J. Rynö, R. Schulz, J. Silén, O. Stenzel, L. Thirkell, and Cosima Team. Variations in cometary dust composition from Giotto to

Rosetta, clues to their formation mechanisms. Monthly Notices of the RAS, 462:S323–S330, November 2016.

[305] N. Fray, A. Bardyn, H. Cottin, K. Altwegg, D. Baklouti, C. Briois, L. Colangeli, C. Engrand, H. Fischer, A. Glasmachers, E. Grün, G. Haerendel, H. Henkel, H. Höfner, K. Hornung, E. K. Jessberger, A. Koch, H. Krüger, Y. Langevin, H. Lehto, K. Lehto, L. Le Roy, S. Merouane, P. Modica, F.-R. Orthous-Daunay, J. Paquette, F. Raulin, J. Rynö, R. Schulz, J. Silén, S. Siljeström, W. Steiger, O. Stenzel, T. Stephan, L. Thirkell, R. Thomas, K. Torkar, K. Varmuza, K.-P. Wanczek, B. Zaprudin, J. Kissel, and M. Hilchenbach. High-molecular-weight organic matter in the particles of comet 67P/Churyumov-Gerasimenko. Nature, 538:72–74, October 2016.

[306] D. Fulvio, D. Perna, S. Ieva, R. Brunetto, Z. Kanuchova, C. Blanco, G. Strazzulla, and E. Dotto. Spectral characterization of V-type asteroids - I. Space weathering effects and implications for V-type NEAs. Monthly Notices of the RAS, 455:584–595, January 2016.

[307] L. Gavilan, I. Alata, K. C. Le, T. Pino, A. Giuliani, and E. Dartois. VUV spectroscopy of carbon dust analogs: contribution to interstellar extinction. Astron. Astrophys., 586:A106, February 2016.

[308] L. Gavilan, C. Jäger, A. Simionovici, J. L. Lemaire, T. Sabri, E. Foy, S. Yagoubi, T. Henning, D. Salomon, and G. Martinez-Criado. Hard X-ray irradiation of cosmic silicate analogs: structural evolution and astrophysical implications. Astron. Astrophys., 587:A144, March 2016.

[309] M. Hilchenbach, J. Kissel, Y. Langevin, C. Briois, H. von Hoerner, A. Koch, R. Schulz, J. Silén, K. Altwegg, L. Colangeli, H. Cottin, C. Engrand, H. Fischer, A. Glasmachers, E. Grün, G. Haerendel, H. Henkel, H. Höfner, K. Hornung, E. K. Jessberger, H. Lehto, K. Lehto, F. Raulin, L. Le Roy, J. Rynö, W. Steiger, T. Stephan, L. Thirkell, R. Thomas, K. Torkar, K. Varmuza, K.-P. Wanczek, N. Altobelli, D. Baklouti, A. Bardyn, N. Fray, H. Krüger, N. Ligier, Z. Lin, P. Martin, S. Merouane, F. R. Orthous-Daunay, J. Paquette, C. Revillet, S. Siljeström, O. Stenzel, and B. Zaprudin. Comet 67P/Churyumov-Gerasimenko: Close-up on Dust Particle Fragments. Astrophys. J. Lett., 816:L32, January 2016.

[310] A. P. Jones, M. Köhler, N. Ysard, E. Dartois, M. Godard, and L. Gavilan. Mantle formation, coagulation, and the origin of cloud/core shine. I. Modelling dust scattering and absorption in the infrared. Astron. Astrophys., 588:A43, April 2016.

[311] N. Ligier, F. Poulet, J. Carter, R. Brunetto, and F. Gourgeot. VLT/SINFONI Observations of Europa: New Insights into the Surface Composition. Astronomical Journal, 151:163, June 2016.

[312] R. Martín-Doménech, E. Dartois, and G. M. Muñoz Caro. Vacuum ultraviolet photolysis of hydrogenated amorphous carbons. III. Diffusion of photoproduced H_2 as a function of temperature. Astron. Astrophys., 591:A107, June 2016.

[313] C. Meinert, I. Myrgorodska, P. de Marcellus, T. Buhse, L. Nahon, S. V. Hoffmann, L. L. S. d'Hendecourt, and U. J. Meierhenrich. Ribose and related su-

gars from ultraviolet irradiation of interstellar ice analogs. Science, 352:208–212, April 2016.

[314] F. J. M. Rietmeijer, V. Della Corte, M. Ferrari, A. Rotundi, and R. Brunetto. Laboratory analyses of meteoric debris in the upper stratosphere from settling bolide dust clouds. Icarus, 266:217–234, March 2016.

[315] F. Schmidt, E. Chassefière, F. Tian, E. Dartois, J.-M. Herri, and O. Mousis. Early Mars volcanic sulfur storage in the upper cryosphere and formation of transient SO_2-rich atmospheres during the Hesperian. Meteoritics and Planetary Science, 51:2226–2233, November 2016.

[316] T. Shimonishi, E. Dartois, T. Onaka, and F. Boulanger. VLT/ISAAC infrared spectroscopy of embedded high-mass YSOs in the Large Magellanic Cloud: Methanol and the 3.47 μm band. Astron. Astrophys., 585:A107, January 2016.

[317] N. Ysard, M. Köhler, A. Jones, E. Dartois, M. Godard, and L. Gavilan. Mantle formation, coagulation, and the origin of cloud/core shine. II. Comparison with observations. Astron. Astrophys., 588:A44, April 2016.

2017

[318] A. Bardyn, D. Baklouti, H. Cottin, N. Fray, C. Briois, J. Paquette, O. Stenzel, C. Engrand, H. Fischer, K. Hornung, R. Isnard, Y. Langevin, H. Lehto, L. Le Roy, N. Ligier, S. Merouane, P. Modica, F.-R. Orthous-Daunay, J. Rynö, R. Schulz, J. Silén, L. Thirkell, K. Varmuza, B. Zaprudin, J. Kissel, and M. Hilchenbach. Carbon-rich dust in comet 67P/Churyumov-Gerasimenko measured by COSIMA/Rosetta. Monthly Notices of the RAS, 469:S712–S722, July 2017.

[319] H. Cottin, J. M. Kotler, D. Billi, C. Cockell, R. Demets, P. Ehrenfreund, A. Elsaesser, L. d'Hendecourt, J. J. W. A. van Loon, Z. Martins, S. Onofri, R. C. Quinn, E. Rabbow, P. Rettberg, A. J. Ricco, K. Slenzka, R. de la Torre, J.-P. de Vera, F. Westall, N. Carrasco, A. Fresneau, Y. Kawaguchi, Y. Kebukawa, D. Nguyen, O. Poch, K. Saiagh, F. Stalport, A. Yamagishi, H. Yano, and B. A. Klamm. Space as a Tool for Astrobiology: Review and Recommendations for Experimentations in Earth Orbit and Beyond. Space Sci. Rev., 209:83–181, July 2017.

[320] P. de Marcellus, A. Fresneau, R. Brunetto, G. Danger, F. Duvernay, C. Meinert, U. J. Meierhenrich, F. Borondics, T. Chiavassa, and L. Le Sergeant d'Hendecourt. Photo and thermochemical evolution of astrophysical ice analogues as a source for soluble and insoluble organic materials in Solar system minor bodies. Monthly Notices of the RAS, 464:114–120, January 2017.

[321] N. Fray, A. Bardyn, H. Cottin, D. Baklouti, C. Briois, C. Engrand, H. Fischer, K. Hornung, R. Isnard, Y. Langevin, H. Lehto, L. Le Roy, E. M. Mellado, S. Merouane, P. Modica, F.-R. Orthous-Daunay, J. Paquette, J. Rynö, R. Schulz, J. Silén, S. Siljeström, O. Stenzel, L. Thirkell, K. Varmuza, B. Zaprudin, J. Kissel, and M. Hilchenbach. Nitrogen-to-carbon atomic ratio measured by COSIMA in the particles of comet 67P/Churyumov-Gerasimenko. Monthly Notices of the RAS, 469:S506–S516, July 2017.

[322] A. Fresneau, N. Abou Mrad, L. L. d'Hendecourt, F. Duvernay, L. Flandinet, F.-R. Orthous-Daunay, V. Vuitton, R. Thissen, T. Chiavassa, and G. Danger. Cometary Materials Originating from Interstellar Ices: Clues from Laboratory Experiments. Astrophys. J., 837:168, March 2017.

[323] M. Hilchenbach, H. Fischer, Y. Langevin, S. Merouane, J. Paquette, J. Rynö, O. Stenzel, C. Briois, J. Kissel, A. Koch, R. Schulz, J. Silen, N. Altobelli, D. Baklouti, A. Bardyn, H. Cottin, C. Engrand, N. Fray, G. Haerendel, H. Henkel, H. Höfner, K. Hornung, H. Lehto, E. M. Mellado, P. Modica, L. Le Roy, S. Siljeström, W. Steiger, L. Thirkell, R. Thomas, K. Torkar, K. Varmuza, and B. Zaprudin. Mechanical and electrostatic experiments with dust particles collected in the inner coma of comet 67P by COSIMA onboard Rosetta. Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series A, 375:20160255, May 2017.

[324] C. Lantz, R. Brunetto, M. A. Barucci, S. Fornasier, D. Baklouti, J. Bourçois, and M. Godard. Ion irradiation of carbonaceous chondrites: A new view of space weathering on primitive asteroids. Icarus, 285:43–57, March 2017.

[325] Z. Martins, H. Cottin, J. M. Kotler, N. Carrasco, C. S. Cockell, R. de la Torre Noetzel, R. Demets, J.-P. de Vera, L. d'Hendecourt, P. Ehrenfreund, A. Elsaesser, B. Foing, S. Onofri, R. Quinn, E. Rabbow, P. Rettberg, A. J. Ricco, K. Slenzka, F. Stalport, I. L. ten Kate, J. J. W. A. van Loon, and F. Westall. Earth as a Tool for Astrobiology - A European Perspective. Space Sci. Rev., 209:43–81, July 2017.

[326] C. Meinert, I. Myrgorodska, P. de Marcellus, T. Buhse, L. Nahon, S. V. Hoffmann, L. Le Sergeant d'Hendecourt, and U. J. Meierhenrich. Response to Comment on "Ribose and related sugars from ultraviolet irradiation of interstellar ice analogs". Science, 355:141–141, January 2017.

[327] P. Vernazza, J. Castillo-Rogez, P. Beck, J. Emery, R. Brunetto, M. Delbo, M. Marsset, F. Marchis, O. Groussin, B. Zanda, P. Lamy, L. Jorda, O. Mousis, A. Delsanti, Z. Djouadi, Z. Dionnet, F. Borondics, and B. Carry. Different Origins or Different Evolutions? Decoding the Spectral Diversity Among C-type Asteroids. Astronomical Journal, 153:72, February 2017.

2018

[328] M. A. Barucci, D. Perna, M. Popescu, S. Fornasier, A. Doressoundiram, C. Lantz, F. Merlin, M. Fulchignoni, E. Dotto, and S. Kanuchova. Small D-type asteroids in the NEO population: new targets for space missions. Monthly Notices of the RAS, 476:4481–4487, June 2018.

[329] R. Brunetto, C. Lantz, Z. Dionnet, F. Borondics, A. Aléon-Toppani, D. Baklouti, M. A. Barucci, R. P. Binzel, Z. Djouadi, K. Kitazato, and C. Pilorget. Hyperspectral FTIR imaging of irradiated carbonaceous meteorites. Planetary Space Science, 158:38–45, September 2018.

[330] Z. Dionnet, A. Aléon-Toppani, D. Baklouti, F. Borondics, F. Brisset, Z. Djouadi, C. Sandt, and R. Brunetto. Organic and mineralogic heterogeneity of the Pa-

ris meteorite followed by FTIR hyperspectral imaging. Meteoritics & Planetary Science, pages 1–16, 2018.

[331] Z. Dionnet, A. Aléon-Toppani, F. Borondics, R. Brunetto, A. C. Buellet, Z. Djouadi, A. King, S. Rubino, and D. Troadec. FTIR Micro-tomography of Five Itokawa Particles and one Primitive Carbonaceous Chondrite. Microscopy and Microanalysis, 24:2100–2101, August 2018.

[332] T. Fornaro, J. R. Brucato, C. Feuillie, D. A. Sverjensky, R. M. Hazen, R. Brunetto, M. D'Amore, and V. Barone. Binding of Nucleic Acid Components to the Serpentinite-Hosted Hydrothermal Mineral Brucite. Astrobiology, 18:989–1007, August 2018.

[333] P. Modica, Z. Martins, C. Meinert, B. Zanda, and L. L. S. d'Hendecourt. The Amino Acid Distribution in Laboratory Analogs of Extraterrestrial Organic Matter: A Comparison to CM Chondrites. Astrophys. J., 865:41, September 2018.

[334] D. Perna, M. A. Barucci, M. Fulchignoni, M. Popescu, I. Belskaya, S. Fornasier, A. Doressoundiram, C. Lantz, and F. Merlin. A spectroscopic survey of the small near-Earth asteroid population: Peculiar taxonomic distribution and phase reddening. Planetary Space Science, 157:82–95, August 2018.

[335] M. Popescu, D. Perna, M. A. Barucci, S. Fornasier, A. Doressoundiram, C. Lantz, F. Merlin, I. N. Belskaya, and M. Fulchignoni. Olivine-rich asteroids in the near-Earth space. Monthly Notices of the RAS, 477:2786–2795, June 2018.

10.1.3 Équipe Système solaire et systèmes planétaires

2013

[336] J. M. Almenara, F. Bouchy, P. Gaulme, M. Deleuil, M. Havel, D. Gandolfi, H. J. Deeg, G. Wuchterl, T. Guillot, B. Gardes, T. Pasternacki, S. Aigrain, R. Alonso, M. Auvergne, A. Baglin, A. S. Bonomo, P. Borde, J. Cabrera, S. Carpano, W. D. Cochran, S. Csizmadia, C. Damiani, R. F. Díaz, R. Dvorak, M. Endl, A. Erikson, S. Ferraz-Mello, M. Fridlund, G. Hebrard, M. Gillon, E. Guenther, A. Hatzes, A. Leger, H. Lammer, P. J. MacQueen, T. Mazeh, C. Moutou, M. Ollivier, A. Ofir, M. Patzold, H. Parviainen, D. Queloz, H. Rauer, D. Rouan, A. Santerne, B. Samuel, J. Schneider, L. Tal-Or, B. Tingley, and J. Weingrill. Transiting exoplanets from the CoRoT space mission. XXIV. CoRoT-25b and CoRoT-26b: two low-density giant planets. Astron. Astrophys., 555:A118, jul 2013.

[337] D. L. Bish, D. F. Blake, D. T. Vaniman, S. J. Chipera, R. V. Morris, D. W. Ming, A. H. Treiman, P. Sarrazin, S. M. Morrison, R. T. Downs, and et al. X-ray Diffraction Results from Mars Science Laboratory: Mineralogy of Rocknest at Gale Crater. Science, 341:1238932, sep 2013.

[338] J. L. Bishop, D. Tirsch, L. L. Tornabene, R. Jaumann, A. S. McEwen, P. C. McGuire, A. Ody, F. Poulet, R. N. Clark, M. Parente, N. K. McKeown, J. F. Mustard, S. L. Murchie, J. Voigt, Z. Aydin, M. Bamberg, A. Petau, G. Michael, F. P. Seelos, C. D. Hash, G. A. Swayze, and G. Neukum. Mineralogy and morphology of geologic units at Libya Montes, Mars: Ancient aqueously derived

outcrops, mafic flows, fluvial features, and impacts. Journal of Geophysical Research (Planets), 118:487–513, mar 2013.

[339] D. F. Blake, R. V. Morris, G. Kocurek, S. M. Morrison, R. T. Downs, D. Bish, D. W. Ming, K. S. Edgett, D. Rubin, W. Goetz, and et al. Curiosity at Gale Crater, Mars: Characterization and Analysis of the Rocknest Sand Shadow. Science, 341:1239505, sep 2013.

[340] J. Carter and F. Poulet. Ancient plutonic processes on Mars inferred from the detection of possible anorthositic terrains. Nature Geoscience, 6:1008–1012, 2013.

[341] J. Carter, F. Poulet, J.-P. Bibring, N. Mangold, and S. Murchie. Hydrous minerals on Mars as seen by the CRISM and OMEGA imaging spectrometers: Updated global view. Journal of Geophysical Research (Planets), 118:831–858, apr 2013.

[342] J. Carter, F. Poulet, S. Murchie, and J. P. Bibring. Automated processing of planetary hyperspectral datasets for the extraction of weak mineral signatures and applications to CRISM observations of hydrated silicates on Mars. Planetary Space Science, 76:53–67, feb 2013.

[343] H. Clenet, P. Pinet, G. Ceuleneer, Y. Daydou, F. Heuripeau, C. Rosemberg, J.-P. Bibring, G. Bellucci, F. Altieri, and B. Gondet. A systematic mapping procedure based on the Modified Gaussian Model to characterize magmatic units from olivine/pyroxenes mixtures: Application to the Syrtis Major volcanic shield on Mars. Journal of Geophysical Research (Planets), 118:1632–1655, aug 2013.

[344] B. L. Ehlmann, G. Berger, N. Mangold, J. R. Michalski, D. C. Catling, S. W. Ruff, E. Chassefière, P. B. Niles, V. Chevrier, and F. Poulet. Geochemical Consequences of Widespread Clay Mineral Formation in Mars' Ancient Crust. Space Sci. Rev., 174:329–364, jan 2013.

[345] L. A. Leshin, P. R. Mahaffy, C. R. Webster, M. Cabane, P. Coll, P. G. Conrad, P. D. Archer, S. K. Atreya, A. E. Brunner, A. Buch, and et al. Volatile, Isotope, and Organic Analysis of Martian Fines with the Mars Curiosity Rover. Science, 341:1238937, sep 2013.

[346] P. R. Mahaffy, C. R. Webster, S. K. Atreya, H. Franz, M. Wong, P. G. Conrad, D. Harpold, J. J. Jones, L. A. Leshin, H. Manning, and et al. Abundance and Isotopic Composition of Gases in the Martian Atmosphere from the Curiosity Rover. Science, 341:263–266, jul 2013.

[347] P.-Y. Meslin, O. Gasnault, O. Forni, S. Schröder, A. Cousin, G. Berger, S. M. Clegg, J. Lasue, S. Maurice, V. Sautter, and et al. Soil Diversity and Hydration as Observed by ChemCam at Gale Crater, Mars. Science, 341:1238670, sep 2013.

[348] A. Ody, F. Poulet, J.-P. Bibring, D. Loizeau, J. Carter, B. Gondet, and Y. Langevin. Global investigation of olivine on Mars: Insights into crust and mantle compositions. Journal of Geophysical Research (Planets), 118:234–262, feb 2013.

[349] C. Pilorget and J.-P. Bibring. NIR reflectance hyperspectral micro-

scopy for planetary science: Application to the MicrOmega instrument. Planetary Space Science, 76:42–52, feb 2013.

[350] C. Pilorget, C. S. Edwards, B. L. Ehlmann, F. Forget, and E. Millour. Material ejection by the cold jets and temperature evolution of the south seasonal polar cap of Mars from THEMIS/CRISM observations and implications for surface properties. Journal of Geophysical Research (Planets), 118:2520–2536, dec 2013.

[351] C. Pilorget, M. Vincendon, and F. Poulet. A radiative transfer model to simulate light scattering in a compact granular medium using a Monte-Carlo approach: Validation and first applications. Journal of Geophysical Research (Planets), 118:2488–2501, dec 2013.

[352] E. M. Stolper, M. B. Baker, M. E. Newcombe, M. E. Schmidt, A. H. Treiman, A. Cousin, M. D. Dyar, M. R. Fisk, R. Gellert, P. L. King, and et al. The Petrochemistry of Jake_M: A Martian Mugearite. Science, 341:1239463, sep 2013.

[353] M. Vincendon. Mars surface phase function constrained by orbital observations. Planetary Space Science, 76:87–95, feb 2013.

[354] C. R. Webster, P. R. Mahaffy, S. K. Atreya, G. J. Flesch, K. A. Farley, O. Kemppinen, N. Bridges, J. R. Johnson, M. Minitti, D. Cremers, and et al. Low Upper Limit to Methane Abundance on Mars. Science, 342:355–357, oct 2013.

[355] R. M. E. Williams, J. P. Grotzinger, W. E. Dietrich, S. Gupta, D. Y. Sumner, R. C. Wiens, N. Mangold, M. C. Malin, K. S. Edgett, S. Maurice, and et al. Martian Fluvial Conglomerates at Gale Crater. Science, 340:1068–1072, may 2013.

2014

[356] R. Alonso, C. Moutou, M. Endl, J.-M. Almenara, E. W. Guenther, M. Deleuil, A. Hatzes, S. Aigrain, M. Auvergne, A. Baglin, P. Barge, A. S. Bonomo, P. Borde, F. Bouchy, C. Cavarroc, J. Cabrera, S. Carpano, S. Csizmadia, W. D. Cochran, H. J. Deeg, R. F. Díaz, R. Dvorak, A. Erikson, S. Ferraz-Mello, M. Fridlund, T. Fruth, D. Gandolfi, M. Gillon, S. Grziwa, T. Guillot, G. Hebrard, L. Jorda, A. Leger, H. Lammer, C. Lovis, P. J. MacQueen, T. Mazeh, A. Ofir, M. Ollivier, T. Pasternacki, M. Patzold, D. Queloz, H. Rauer, D. Rouan, A. Santerne, J. Schneider, M. Tadeu dos Santos, B. Tingley, R. Titz-Weider, J. Weingrill, and G. Wuchterl. Transiting exoplanets from the CoRoT space mission. XXVI. CoRoT-24: a transiting multiplanet system. Astron. Astrophys., 567:A112, 2014.

[357] J. Audouard, F. Poulet, M. Vincendon, J.-P. Bibring, F. Forget, Y. Langevin, and B. Gondet. Mars surface thermal inertia and heterogeneities from OMEGA/MEX. Icarus, 233:194–213, may 2014.

[358] J. Audouard, F. Poulet, M. Vincendon, R. E. Milliken, D. Jouglet, J.-P. Bibring, B. Gondet, and Y. Langevin. Water in the Martian regolith from OMEGA/Mars Express. Journal of Geophysical Research (Planets), 119:1969–1989, aug 2014.

[359] S. C. C. Barros, J. M. Almenara, M. Deleuil, R. F. Díaz, S. Csizmadia, J. Cabrera, S. Chaintreuil, A. Collier Cameron, A. Hatzes, R. Haywood, A. F. Lanza,

S. Aigrain, R. Alonso, P. Borde, F. Bouchy, H. J. Deeg, A. Erikson, M. Fridlund, S. Grziwa, D. Gandolfi, T. Guillot, E. Guenther, A. Leger, C. Moutou, M. Ollivier, T. Pasternacki, M. Patzold, H. Rauer, D. Rouan, A. Santerne, J. Schneider, and G. Wuchterl. Revisiting the transits of CoRoT-7b at a lower activity level. Astron. Astrophys., 569:A74, 2014.

[360] N. T. Bridges, F. J. Calef, B. Hallet, K. E. Herkenhoff, N. L. Lanza, S. Le Mouélic, C. E. Newman, D. L. Blaney, M. A. Pablo, G. A. Kocurek, Y. Langevin, K. W. Lewis, N. Mangold, S. Maurice, P.-Y. Meslin, P. Pinet, N. O. Renno, M. S. Rice, M. E. Richardson, V. Sautter, R. S. Sletten, R. C. Wiens, and R. A. Yingst. The rock abrasion record at Gale Crater: Mars Science Laboratory results from Bradbury Landing to Rocknest. Journal of Geophysical Research (Planets), 119:1374–1389, jun 2014.

[361] S. M. Clifford, J. Farmer, M. H. Carr, D. Des Marais, J.-P. Bibring, R. Craddock, and H. Newsom. Introduction to the Early Mars III Special Section and Key Questions from the Third International Conference on Early Mars. Journal of Geophysical Research (Planets), 119:1892–1894, aug 2014.

[362] M. Delpech, F. Malbet, T. Karlsson, R. Larsson, A. Leger, and J. Jorgensen. Flight demonstration of formation flying capabilities for future missions (NEAT pathfinder). Acta Astronautica, 105:82–94, 2014.

[363] M. R. El-Maarry, W. Watters, N. K. McKeown, J. Carter, E. Noe Dobrea, J. L. Bishop, A. Pommerol, and N. Thomas. Potential desiccation cracks on Mars: A synthesis from modeling, analogue-field studies, and global observations. Icarus, 241:248–268, October 2014.

[364] J. P. Grotzinger, D. Y. Sumner, L. C. Kah, K. Stack, S. Gupta, L. Edgar, D. Rubin, K. Lewis, J. Schieber, N. Mangold, and et al. A Habitable Fluvio-Lacustrine Environment at Yellowknife Bay, Gale Crater, Mars. Science, 343(27):1242777, jan 2014.

[365] D. M. Hassler, C. Zeitlin, R. F. Wimmer-Schweingruber, B. Ehresmann, S. Rafkin, J. L. Eigenbrode, D. E. Brinza, G. Weigle, S. Böttcher, E. Böhm, and et al. Mars' Surface Radiation Environment Measured with the Mars Science Laboratory's Curiosity Rover. Science, 343:1244797, jan 2014.

[366] K. Hornung, J. Kissel, H. Fischer, E. M. Mellado, O. Kulikov, M. Hilchenbach, H. Kruger, C. Engrand, Y. Langevin, M. Rossi, and F. R. Krueger. Collecting cometary dust particles on metal blacks with the COSIMA instrument onboard ROSETTA. Planetary Space Science, 103:309–317, nov 2014.

[367] F. Malbet, A. Brandeker, A. Leger, R. Goullioud, M. Shao, and A. Crouzier. Formation flying for very high precision astrometry: NEAT and micro-NEAT mission concepts. International Journal of Space Science and Engineering, Vol 2, No.1, p. 3-15, 2:3–15, 2014.

[368] S. M. McLennan, R. B. Anderson, J. F. Bell, J. C. Bridges, F. Calef, J. L. Campbell, B. C. Clark, S. Clegg, P. Conrad, A. Cousin, and et al. Elemental Geochemistry of Sedimentary Rocks at Yellowknife Bay, Gale Crater, Mars. Science, 343:1244734, jan 2014.

[369] D. W. Ming, P. D. Archer, D. P. Glavin, J. L. Eigenbrode, H. B. Franz, B. Sutter, A. E. Brunner, J. C. Stern, C. Freissinet, A. C. McAdam, and et al. Volatile and

Organic Compositions of Sedimentary Rocks in Yellowknife Bay, Gale Crater, Mars. Science, 343:1245267, jan 2014.

[370] C. Moutou, J. M. Almenara, R. F. Díaz, R. Alonso, M. Deleuil, E. Guenther, T. Pasternacki, S. Aigrain, A. Baglin, P. Barge, A. S. Bonomo, P. Borde, F. Bouchy, J. Cabrera, S. Carpano, W. D. Cochran, S. Csizmadia, H. J. Deeg, R. Dvorak, M. Endl, A. Erikson, S. Ferraz-Mello, M. Fridlund, D. Gandolfi, T. Guillot, A. Hatzes, G. Hebrard, C. Lovis, H. Lammer, P. J. MacQueen, T. Mazeh, A. Ofir, M. Ollivier, M. Patzold, H. Rauer, D. Rouan, A. Santerne, J. Schneider, B. Tingley, and G. Wuchterl. CoRoT-22 b: a validated 4.9 $R_{\oplus}$ exoplanet in 10-d orbit. Monthly Notices of the RAS, 444:2783–2792, 2014.

[371] H. Parviainen, D. Gandolfi, M. Deleuil, C. Moutou, H. J. Deeg, S. Ferraz-Mello, B. Samuel, S. Csizmadia, T. Pasternacki, G. Wuchterl, M. Havel, M. Fridlund, R. Angus, B. Tingley, S. Grziwa, J. Korth, S. Aigrain, J. M. Almenara, R. Alonso, A. Baglin, S. C. C. Barros, P. Borde, F. Bouchy, J. Cabrera, R. F. Díaz, R. Dvorak, A. Erikson, T. Guillot, A. Hatzes, G. Hebrard, T. Mazeh, G. Montagnier, A. Ofir, M. Ollivier, M. Patzold, H. Rauer, D. Rouan, A. Santerne, and J. Schneider. Transiting exoplanets from the CoRoT space mission. XXV. CoRoT-27b: a massive and dense planet on a short-period orbit. Astron. Astrophys., 562:A140, 2014.

[372] C. Pilorget and J.-P. Bibring. Automated algorithms to identify and locate grains of specific composition for NIR hyperspectral microscopes: Application to the MicrOmega instrument onboard ExoMars. Planetary Space Science, 99:7–18, sep 2014.

[373] F. Poulet, J. Carter, J. L. Bishop, D. Loizeau, and S. M. Murchie. Mineral abundances at the final four curiosity study sites and implications for their formation. Icarus, 231:65–76, mar 2014.

[374] D. T. Vaniman, D. L. Bish, D. W. Ming, T. F. Bristow, R. V. Morris, D. F. Blake, S. J. Chipera, S. M. Morrison, A. H. Treiman, E. B. Rampe, and et al. Mineralogy of a Mudstone at Yellowknife Bay, Gale Crater, Mars. Science, 343:1243480, jan 2014.

[375] S. C. Werner, A. Ody, and F. Poulet. The Source Crater of Martian Shergottite Meteorites. Science, 343:1343–1346, mar 2014.

[376] O. Witasse, T. Duxbury, A. Chicarro, N. Altobelli, T. Andert, A. Aronica, S. Barabash, J.-L. Bertaux, J.-P. Bibring, A. Cardesin-Moinelo, A. Cichetti, V. Companys, V. Dehant, M. Denis, V. Formisano, Y. Futaana, M. Giuranna, B. Gondet, D. Heather, H. Hoffmann, M. Holmström, N. Manaud, P. Martin, K.-D. Matz, F. Montmessin, T. Morley, M. Mueller, G. Neukum, J. Oberst, R. Orosei, M. Patzold, G. Picardi, R. Pischel, J. J. Plaut, A. Reberac, P. Pardo Voss, T. Roatsch, P. Rosenblatt, S. Remus, N. Schmedemann, K. Willner, and T. Zegers. Mars Express investigations of Phobos and Deimos. Planetary Space Science, 102:18–34, nov 2014.

2015

[377] J.-P. Bibring, Y. Langevin, J. Carter, P. Eng, B. Gondet, L. Jorda, S. Le Mouélic, S. Mottola, C. Pilorget, F. Poulet, and M. Vincendon. 67P/Churyumov-Gerasimenko surface properties as derived from CIVA panoramic images. Science, 349(2), jul 2015.

[378] J. Cabrera, S. Csizmadia, G. Montagnier, M. Fridlund, M. Ammler-von Eiff, S. Chaintreuil, C. Damiani, M. Deleuil, S. Ferraz-Mello, A. Ferrigno, D. Gandolfi, T. Guillot, E. W. Guenther, A. Hatzes, G. Hebrard, P. Klagyivik, H. Parviainen, T. Pasternacki, M. Patzold, D. Sebastian, M. Tadeu dos Santos, G. Wuchterl, S. Aigrain, R. Alonso, J.-M. Almenara, J. D. Armstrong, M. Auvergne, A. Baglin, P. Barge, S. C. C. Barros, A. S. Bonomo, P. Borde, F. Bouchy, S. Carpano, C. Chaffey, H. J. Deeg, R. F. Díaz, R. Dvorak, A. Erikson, S. Grziwa, J. Korth, H. Lammer, C. Lindsay, T. Mazeh, C. Moutou, A. Ofir, M. Ollivier, E. Pallé, H. Rauer, D. Rouan, B. Samuel, A. Santerne, and J. Schneider. Transiting exoplanets from the CoRoT space mission. XXVII. CoRoT-28b, a planet orbiting an evolved star, and CoRoT-29b, a planet showing an asymmetric transit. Astron. Astrophys., 579:A36, 2015.

[379] F. Capaccioni, A. Coradini, G. Filacchione, S. Erard, G. Arnold, P. Drossart, M. C. De Sanctis, D. Bockelee-Morvan, M. T. Capria, F. Tosi, C. Leyrat, B. Schmitt, E. Quirico, P. Cerroni, V. Mennella, A. Raponi, M. Ciarniello, T. McCord, L. Moroz, E. Palomba, E. Ammannito, M. A. Barucci, G. Bellucci, J. Benkhoff, J. P. Bibring, A. Blanco, M. Blecka, R. Carlson, U. Carsenty, L. Colangeli, M. Combes, M. Combi, J. Crovisier, T. Encrenaz, C. Federico, U. Fink, S. Fonti, W. H. Ip, P. Irwin, R. Jaumann, E. Kuehrt, Y. Langevin, G. Magni, S. Mottola, V. Orofino, P. Palumbo, G. Piccioni, U. Schade, F. Taylor, D. Tiphene, G. P. Tozzi, P. Beck, N. Biver, L. Bonal, J.-P. Combe, D. Despan, E. Flamini, S. Fornasier, A. Frigeri, D. Grassi, M. Gudipati, A. Longobardo, K. Markus, F. Merlin, R. Orosei, G. Rinaldi, K. Stephan, M. Cartacci, A. Cicchetti, S. Giuppi, Y. Hello, F. Henry, S. Jacquinod, R. Noschese, G. Peter, R. Politi, J. M. Reess, and A. Semery. The organic-rich surface of comet 67P/Churyumov-Gerasimenko as seen by VIRTIS/Rosetta. Science, 347(1):aaa0628, jan 2015.

[380] J. Carter, D. Loizeau, N. Mangold, F. Poulet, and J.-P. Bibring. Widespread surface weathering on early Mars: A case for a warmer and wetter climate. Icarus, 248:373–382, mar 2015.

[381] J. Carter, C. Viviano-Beck, D. Loizeau, J. Bishop, and L. Le Deit. Orbital detection and implications of akaganéite on Mars. Icarus, 253:296–310, June 2015.

[382] S. Csizmadia, A. Hatzes, D. Gandolfi, M. Deleuil, F. Bouchy, M. Fridlund, L. Szabados, H. Parviainen, J. Cabrera, S. Aigrain, R. Alonso, J.-M. Almenara, A. Baglin, P. Borde, A. S. Bonomo, H. J. Deeg, R. F. Díaz, A. Erikson, S. Ferraz-Mello, M. Tadeu dos Santos, E. W. Guenther, T. Guillot, S. Grziwa, G. Hebrard, P. Klagyivik, M. Ollivier, M. Patzold, H. Rauer, D. Rouan, A. Santerne, J. Schneider, T. Mazeh, G. Wuchterl, S. Carpano, and A. Ofir. Transiting exoplanets from the CoRoT space mission XXVIII. CoRoT-33b, an ob-

ject in the brown dwarf desert with 2:3 commensurability with its host star. Astron. Astrophys., 584:A13, dec 2015.

[383] M. C. De Sanctis, F. Capaccioni, M. Ciarniello, G. Filacchione, M. Formisano, S. Mottola, A. Raponi, F. Tosi, D. Bockelee-Morvan, S. Erard, C. Leyrat, B. Schmitt, E. Ammannito, G. Arnold, M. A. Barucci, M. Combi, M. T. Capria, P. Cerroni, W.-H. Ip, E. Kuehrt, T. B. McCord, E. Palomba, P. Beck, E. Quirico, VIRTIS Team, G. Piccioni, G. Bellucci, M. Fulchignoni, R. Jaumann, K. Stephan, A. Longobardo, V. Mennella, A. Migliorini, J. Benkhoff, J. P. Bibring, A. Blanco, M. Blecka, R. Carlson, U. Carsenty, L. Colangeli, M. Combes, J. Crovisier, P. Drossart, T. Encrenaz, C. Federico, U. Fink, S. Fonti, P. Irwin, Y. Langevin, G. Magni, L. Moroz, V. Orofino, U. Schade, F. Taylor, D. Tiphene, G. P. Tozzi, N. Biver, L. Bonal, J.-P. Combe, D. Despan, E. Flamini, S. Fornasier, A. Frigeri, D. Grassi, M. S. Gudipati, F. Mancarella, K. Markus, F. Merlin, R. Orosei, G. Rinaldi, M. Cartacci, A. Cicchetti, S. Giuppi, Y. Hello, F. Henry, S. Jacquinod, J. M. Rees, R. Noschese, R. Politi, and G. Peter. The diurnal cycle of water ice on comet 67P/Churyumov-Gerasimenko. Nature, 525:500–503, sep 2015.

[384] P. Eccleston, B. Swinyard, M. Tessenyi, G. Tinetti, I. Waldmann, M. Ferlet, R. Irshad, T. Lim, K. Middleton, T. Bradshaw, M. Crook, T. Hunt, B. Winter, I. Bryson, N. Bezawada, W. Taylor, N. Bowles, E. Pascale, G. Morgante, E. Pace, A. Adriani, J.-M. Reess, M. Ollivier, R. Ottensamer, M. Rataj, G. R. Zapata, J.-R. Schrader, A. Selig, K. Isaak, M. Linder, and L. Puig. The EChO payload instrument - an overview. Experimental Astronomy, 40:427–447, December 2015.

[385] J. Fernando, F. Schmidt, C. Pilorget, P. Pinet, X. Ceamanos, S. Douté, Y. Daydou, and F. Costard. Characterization and mapping of surface physical properties of Mars from CRISM multi-angular data: Application to Gusev Crater and Meridiani Planum. Icarus, 253:271–295, jun 2015.

[386] J. Flahaut, J. Carter, F. Poulet, J.-P. Bibring, W. van Westrenen, G. R. Davies, and S. L. Murchie. Embedded clays and sulfates in Meridiani Planum, Mars. Icarus, 248:269–288, mar 2015.

[387] J. R. Johnson, J. F. Bell, S. Bender, D. Blaney, E. Cloutis, L. DeFlores, B. Ehlmann, O. Gasnault, B. Gondet, K. Kinch, M. Lemmon, S. Le Mouélic, S. Maurice, M. Rice, and R. C. Wiens. ChemCam passive reflectance spectroscopy of surface materials at the Curiosity landing site, Mars. Icarus, 249:74–92, mar 2015.

[388] S. Le Mouélic, O. Gasnault, K. E. Herkenhoff, N. T. Bridges, Y. Langevin, N. Mangold, S. Maurice, R. C. Wiens, P. Pinet, H. E. Newsom, R. G. Deen, J. F. Bell, J. R. Johnson, W. Rapin, B. Barraclough, D. L. Blaney, L. DeFlores, J. Maki, M. C. Malin, R. Perez, and M. Saccoccio. The ChemCam Remote Micro-Imager at Gale crater: Review of the first year of operations on Mars. Icarus, 249:93–107, mar 2015.

[389] A. Leger, D. Defrère, F. Malbet, L. Labadie, and O. Absil. Impact of η_{Earth} on the Capabilities of Affordable Space Missions to Detect Biosignatures on Extrasolar Planets. Astrophys. J., 808:194, 2015.

[390] D. Loizeau, N. Mangold, F. Poulet, J.-P. Bibring, J. L. Bishop, J. Michalski, and C. Quantin. History of the clay-rich unit at Mawrth Vallis, Mars: High-resolution mapping of a candidate landing site. Journal of Geophysical Research (Planets), 120:1820–1846, nov 2015.

[391] J. C. Morales, J.-P. Beaulieu, V. Coudé du Foresto, M. Ollivier, I. O. Castello, R. Clédassou, J. Jaubert, P. Van-Troostenberghe, R. Varley, I. P. Waldmann, E. Pascale, and M. Tessenyi. Scheduling the EChO survey with known exoplanets. Experimental Astronomy, 40:655–670, December 2015.

[392] S. Mottola, G. Arnold, H.-G. Grothues, R. Jaumann, H. Michaelis, G. Neukum, J.-P. Bibring, S. E. Schröder, M. Hamm, K. A. Otto, I. Pelivan, G. Proffe, F. Scholten, D. Tirsch, M. Kreslavsky, E. Remetean, F. Souvannavong, and B. Dolives. The structure of the regolith on 67P/Churyumov-Gerasimenko from ROLIS descent imaging. Science, 349(2), jul 2015.

[393] A. Ody, F. Poulet, C. Quantin, J.-P. Bibring, J. L. Bishop, and M. D. Dyar. Candidates source regions of martian meteorites as identified by omega/mex. Icarus, 258:366–383, sep 2015.

[394] E. Pascale, I. P. Waldmann, C. J. MacTavish, A. Papageorgiou, A. Amaral-Rogers, R. Varley, V. Coudé du Foresto, M. J. Griffin, M. Ollivier, S. Sarkar, L. Spencer, B. M. Swinyard, M. Tessenyi, and G. Tinetti. EChOSim: The Exoplanet Characterisation Observatory software simulator. Experimental Astronomy, 40:601–619, December 2015.

[395] C. Pilorget, J. Fernando, B. L. Ehlmann, and S. Douté. Photometry of particulate mixtures: What controls the phase curve? Icarus, 250:188–203, apr 2015.

[396] F. Poulet, J. Rodriguez-Ferreira, A. Arondel, K. Dassas, P. Eng, P. Lami, Y. Langevin, Y. Longval, P. Pradel, and M. Dami. The pre-flight calibration setup of the instrument SIMBIO-SYS onboard the mission BepiColombo. Planetary Space Science, 117:82–95, nov 2015.

[397] F. Poulet, O. Ruesch, Y. Langevin, and H. Hiesinger. Modal mineralogy of the surface of Vesta: Evidence for ubiquitous olivine and identification of meteorite analogue. Icarus, 253:364–377, jun 2015.

[398] L. Puig, K. Isaak, M. Linder, I. Escudero, P.-E. Crouzet, R. Walker, M. Ehle, J. Hübner, R. Timm, B. de Vogeleer, P. Drossart, P. Hartogh, C. Lovis, G. Micela, M. Ollivier, I. Ribas, I. Snellen, B. Swinyard, G. Tinetti, and P. Eccleston. The phase 0/A study of the ESA M3 mission candidate EChO. Experimental Astronomy, 40:393–425, December 2015.

[399] J. Raack, D. Reiss, T. Appéré, M. Vincendon, O. Ruesch, and H. Hiesinger. Present-day seasonal gully activity in a south polar pit (Sisyphi Cavi) on Mars. Icarus, 251:226–243, may 2015.

[400] R. Schulz, M. Hilchenbach, Y. Langevin, J. Kissel, J. Silén, C. Briois, C. Engrand, K. Hornung, D. Baklouti, A. Bardyn, H. Cottin, H. Fischer, N. Fray, M. Godard, H. Lehto, L. Le Roy, S. Merouane, F.-R. Orthous-Daunay, J. Paquette, J. Ryno, S. Siljeström, O. Stenzel, L. Thirkell, K. Varmuza, and B. Zaprudin. Comet 67P/Churyumov-Gerasimenko sheds dust coat accumulated over the past four years. Nature, 518:216–218, feb 2015.

[401] G. Tinetti, P. Drossart, P. Eccleston, P. Hartogh, K. Isaak, M. Linder, C. Lovis, G. Micela, M. Ollivier, L. Puig, and et al. The EChO science case. Experimental Astronomy, 40:329–391, December 2015.

[402] R. Varley, I. Waldmann, E. Pascale, M. Tessenyi, M. Hollis, J. C. Morales, G. Tinetti, B. Swinyard, P. Deroo, M. Ollivier, and G. Micela. Generation of an optimal target list for the exoplanet characterisation observatory (EChO). Experimental Astronomy, 40:621–638, December 2015.

[403] M. Vincendon. Identification of Mars gully activity types associated with ice composition. Journal of Geophysical Research (Planets), 120:1859–1879, nov 2015.

[404] M. Vincendon, J. Audouard, F. Altieri, and A. Ody. Mars Express measurements of surface albedo changes over 2004-2010. Icarus, 251:145–163, may 2015.

[405] C. R. Webster, P. R. Mahaffy, S. K. Atreya, G. J. Flesch, M. A. Mischna, P.-Y. Meslin, K. A. Farley, P. G. Conrad, L. E. Christensen, A. A. Pavlov, and et al. Mars methane detection and variability at Gale crater. Science, 347:415–417, jan 2015.

2016

[406] A. Crouzier, F. Malbet, F. Henault, A. Leger, C. Cara, J. M. LeDuigou, O. Preis, P. Kern, A. Delboulbe, G. Martin, P. Feautrier, E. Stadler, S. Lafrasse, S. Rochat, C. Ketchazo, M. Donati, E. Doumayrou, P. O. Lagage, M. Shao, R. Goullioud, B. Nemati, C. Zhai, E. Behar, S. Potin, M. Saint-Pe, and J. Dupont. A detector interferometric calibration experiment for high precision astrometry. Astron. Astrophys., 595:A108, 2016.

[407] B. L. Ehlmann, G. A. Swayze, R. E. Milliken, J. F. Mustard, R. N. Clark, S. L. Murchie, G. N. Breit, J. J. Wray, B. Gondet, F. Poulet, J. Carter, W. M. Calvin, W. M. Benzel, and K. D. Seelos. Discovery of alunite in Cross crater, Terra Sirenum, Mars: Evidence for acidic, sulfurous waters. American Mineralogist, 101:1527–1542, 2016.

[408] C. Engrand, J. Duprat, E. Dartois, K. Benzerara, H. Leroux, D. Baklouti, A. Bardyn, C. Briois, H. Cottin, H. Fischer, N. Fray, M. Godard, M. Hilchenbach, Y. Langevin, J. Paquette, J. Ryno, R. Schulz, J. Silén, O. Stenzel, L. Thirkell, and Cosima Team. Variations in cometary dust composition from Giotto to Rosetta, clues to their formation mechanisms. Monthly Notices of the RAS, 462:S323–S330, nov 2016.

[409] G. Filacchione, M. C. De Sanctis, F. Capaccioni, A. Raponi, F. Tosi, M. Ciarniello, P. Cerroni, G. Piccioni, M. T. Capria, E. Palomba, G. Bellucci, S. Erard, D. Bockelee-Morvan, C. Leyrat, G. Arnold, M. A. Barucci, M. Fulchignoni, B. Schmitt, E. Quirico, R. Jaumann, K. Stephan, A. Longobardo, V. Mennella, A. Migliorini, E. Ammannito, J. Benkhoff, J. P. Bibring, A. Blanco, M. I. Blecka, R. Carlson, U. Carsenty, L. Colangeli, M. Combes, M. Combi, J. Crovisier, P. Drossart, T. Encrenaz, C. Federico, U. Fink, S. Fonti, W. H. Ip, P. Irwin,

E. Kuehrt, Y. Langevin, G. Magni, T. McCord, L. Moroz, S. Mottola, V. Orofino, U. Schade, F. Taylor, D. Tiphene, G. P. Tozzi, P. Beck, N. Biver, L. Bonal, J.-P. Combe, D. Despan, E. Flamini, M. Formisano, S. Fornasier, A. Frigeri, D. Grassi, M. S. Gudipati, D. Kappel, F. Mancarella, K. Markus, F. Merlin, R. Orosei, G. Rinaldi, M. Cartacci, A. Cicchetti, S. Giuppi, Y. Hello, F. Henry, S. Jacquinod, J. M. Reess, R. Noschese, R. Politi, and G. Peter. Exposed water ice on the nucleus of comet 67P/Churyumov-Gerasimenko. Nature, 529:368–372, jan 2016.

[410] G. Filacchione, A. Raponi, F. Capaccioni, M. Ciarniello, F. Tosi, M. T. Capria, M. C. De Sanctis, A. Migliorini, G. Piccioni, P. Cerroni, M. A. Barucci, S. Fornasier, B. Schmitt, E. Quirico, S. Erard, D. Bockelee-Morvan, C. Leyrat, G. Arnold, V. Mennella, E. Ammannito, G. Bellucci, J. Benkhoff, J. P. Bibring, A. Blanco, M. I. Blecka, R. Carlson, U. Carsenty, L. Colangeli, M. Combes, M. Combi, J. Crovisier, P. Drossart, T. Encrenaz, C. Federico, U. Fink, S. Fonti, M. Fulchignoni, W.-H. Ip, P. Irwin, R. Jaumann, E. Kuehrt, Y. Langevin, G. Magni, T. McCord, L. Moroz, S. Mottola, E. Palomba, U. Schade, K. Stephan, F. Taylor, D. Tiphene, G. P. Tozzi, P. Beck, N. Biver, L. Bonal, J.-P. Combe, D. Despan, E. Flamini, M. Formisano, A. Frigeri, D. Grassi, M. S. Gudipati, D. Kappel, A. Longobardo, F. Mancarella, K. Markus, F. Merlin, R. Orosei, G. Rinaldi, M. Cartacci, A. Cicchetti, Y. Hello, F. Henry, S. Jacquinod, J. M. Reess, R. Noschese, R. Politi, and G. Peter. Seasonal exposure of carbon dioxide ice on the nucleus of comet 67P/Churyumov-Gerasimenko. Science, 354:1563–1566, dec 2016.

[411] N. Fray, A. Bardyn, H. Cottin, K. Altwegg, D. Baklouti, C. Briois, L. Colangeli, C. Engrand, H. Fischer, A. Glasmachers, E. Grün, G. Haerendel, H. Henkel, H. Höfner, K. Hornung, E. K. Jessberger, A. Koch, H. Kruger, Y. Langevin, H. Lehto, K. Lehto, L. Le Roy, S. Merouane, P. Modica, F.-R. Orthous-Daunay, J. Paquette, F. Raulin, J. Ryno, R. Schulz, J. Silén, S. Siljeström, W. Steiger, O. Stenzel, T. Stephan, L. Thirkell, R. Thomas, K. Torkar, K. Varmuza, K.-P. Wanczek, B. Zaprudin, J. Kissel, and M. Hilchenbach. High-molecular-weight organic matter in the particles of comet 67P/Churyumov-Gerasimenko. Nature, 538:72–74, oct 2016.

[412] M. Hilchenbach, J. Kissel, Y. Langevin, C. Briois, H. von Hoerner, A. Koch, R. Schulz, J. Silén, K. Altwegg, L. Colangeli, H. Cottin, C. Engrand, H. Fischer, A. Glasmachers, E. Grün, G. Haerendel, H. Henkel, H. Höfner, K. Hornung, E. K. Jessberger, H. Lehto, K. Lehto, F. Raulin, L. Le Roy, J. Ryno, W. Steiger, T. Stephan, L. Thirkell, R. Thomas, K. Torkar, K. Varmuza, K.-P. Wanczek, N. Altobelli, D. Baklouti, A. Bardyn, N. Fray, H. Kruger, N. Ligier, Z. Lin, P. Martin, S. Merouane, F. R. Orthous-Daunay, J. Paquette, C. Revillet, S. Siljeström, O. Stenzel, and B. Zaprudin. Comet 67P/Churyumov-Gerasimenko: Close-up on Dust Particle Fragments. Astrophys. J. Lett., 816:L32, jan 2016.

[413] K. Hornung, S. Merouane, M. Hilchenbach, Y. Langevin, E. M. Mellado, V. Della Corte, J. Kissel, C. Engrand, R. Schulz, J. Ryno, J. Silén, and Cosima Team. A first assessment of the strength of cometary particles collected in-situ by the COSIMA instrument onboard ROSETTA. Planetary Space Science,

133:63–75, nov 2016.

[414] Y. Langevin, M. Hilchenbach, N. Ligier, S. Merouane, K. Hornung, C. Engrand, R. Schulz, J. Kissel, J. Ryno, and P. Eng. Typology of dust particles collected by the COSIMA mass spectrometer in the inner coma of 67P/Churyumov Gerasimenko. Icarus, 271:76–97, jun 2016.

[415] N. Ligier, F. Poulet, J. Carter, R. Brunetto, and F. Gourgeot. VLT/SINFONI Observations of Europa: New Insights into the Surface Composition. Astronomical Journal, 151:163, jun 2016.

[416] A. Lucchetti, G. Cremonese, L. Jorda, F. Poulet, J.-P. Bibring, M. Pajola, F. La Forgia, M. Massironi, M. R. El-Maarry, N. Oklay, H. Sierks, C. Barbieri, P. Lamy, R. Rodrigo, D. Koschny, H. Rickman, H. U. Keller, J. Agarwal, M. F. A'Hearn, M. A. Barucci, J.-L. Bertaux, I. Bertini, V. Da Deppo, B. Davidsson, S. Debei, M. De Cecco, S. Fornasier, M. Fulle, O. Groussin, P. J. Gutierrez, C. Güttler, S. F. Hviid, W.-H. Ip, J. Knollenberg, J.-R. Kramm, E. Kührt, M. Küppers, L. M. Lara, M. Lazzarin, J. J. Lopez Moreno, F. Marzari, S. Mottola, G. Naletto, F. Preusker, F. Scholten, N. Thomas, C. Tubiana, and J.-B. Vincent. Characterization of the Abydos region through OSIRIS high-resolution images in support of CIVA measurements. Astron. Astrophys., 585:L1, jan 2016.

[417] M. Massé, S. J. Conway, J. Gargani, M. R. Patel, K. Pasquon, A. McEwen, S. Carpy, V. Chevrier, M. R. Balme, L. Ojha, M. Vincendon, F. Poulet, F. Costard, and G. Jouannic. Transport processes induced by metastable boiling water under Martian surface conditions. Nature Geoscience, 9:425–428, 2016.

[418] S. Merouane, B. Zaprudin, O. Stenzel, Y. Langevin, N. Altobelli, V. Della Corte, H. Fischer, M. Fulle, K. Hornung, J. Silén, N. Ligier, A. Rotundi, J. Ryno, R. Schulz, M. Hilchenbach, J. Kissel, and Cosima Team. Dust particle flux and size distribution in the coma of 67P/Churyumov-Gerasimenko measured in situ by the COSIMA instrument on board Rosetta. Astron. Astrophys., 596:A87, dec 2016.

[419] A. Moussi, J.-F. Fronton, P. Gaudon, C. Delmas, V. Lafaille, E. Jurado, J. Durand, D. Hallouard, M. Mangeret, A. Charpentier, S. Ulamec, C. Fantinati, K. Geurts, M. Salatti, J.-P. Bibring, and H. Boehnhardt. The Philae Lander: Science planning and operations. Acta Astronautica, 125:92–104, aug 2016.

[420] M. Pajola, S. Mottola, M. Hamm, M. Fulle, B. Davidsson, C. Güttler, H. Sierks, G. Naletto, G. Arnold, H.-G. Grothues, R. Jaumann, H. Michaelis, J. P. Bibring, C. Barbieri, P. L. Lamy, R. Rodrigo, D. Koschny, H. Rickman, H. U. Keller, J. Agarwal, M. F. A'Hearn, M. A. Barucci, J. L. Bertaux, I. Bertini, S. Boudreault, G. Cremonese, V. Da Deppo, S. Debei, M. De Cecco, J. Deller, M. R. El Maarry, C. Feller, S. Fornasier, A. Gicquel, O. Groussin, P. J. Gutierrez, M. Hofmann, S. F. Hviid, W. H. Ip, L. Jorda, J. Knollenberg, J. R. Kramm, E. Kührt, M. Küppers, F. La Forgia, L. M. Lara, Z. Y. Lin, M. Lazzarin, J. J. Lopez Moreno, A. Lucchetti, F. Marzari, M. Massironi, H. Michalik, N. Oklay, A. Pommerol, F. Preusker, F. Scholten, N. Thomas, C. Tubiana, and J. B. Vincent. The Agilkia boulders/pebbles size-frequency distributions: OSIRIS and ROLIS joint observations of 67P surface. Monthly Notices of the RAS, 462:S242–S252, nov 2016.

[421] A. Piccialli, M. A. López-Valverde, A. Määttänen, F. González-Galindo, J. Audouard, F. Altieri, F. Forget, P. Drossart, B. Gondet, and J. P. Bibring. CO_2 non-LTE limb emissions in Mars' atmosphere as observed by OMEGA/Mars Express. Journal of Geophysical Research (Planets), 121:1066–1086, jun 2016.

[422] C. Pilorget, J. Fernando, B. L. Ehlmann, F. Schmidt, and T. Hiroi. Wavelength dependence of scattering properties in the vis-nir and links with grain-scale physical and compositional properties. Icarus, 267:296–314, mar 2016.

[423] C. Pilorget and F. Forget. Formation of gullies on Mars by debris flows triggered by CO_2 sublimation. Nature Geoscience, 9:65–69, jan 2016.

[424] F. Poulet, A. Lucchetti, J.-P. Bibring, J. Carter, B. Gondet, L. Jorda, Y. Langevin, C. Pilorget, C. Capanna, and G. Cremonese. Origin of the local structures at the Philae landing site and possible implications on the formation and evolution of 67P/Churyumov-Gerasimenko. Monthly Notices of the RAS, 462:S23–S32, nov 2016.

[425] F. Salese, V. Ansan, N. Mangold, J. Carter, A. Ody, F. Poulet, and G. G. Ori. A sedimentary origin for intercrater plains north of the Hellas basin: Implications for climate conditions and erosion rates on early Mars. Journal of Geophysical Research (Planets), 121:2239–2267, nov 2016.

2017

[426] J. Agarwal, V. Della Corte, P. D. Feldman, B. Geiger, S. Merouane, I. Bertini, D. Bodewits, S. Fornasier, E. Grün, P. Hasselmann, M. Hilchenbach, S. Höfner, S. Ivanovski, L. Kolokolova, M. Pajola, A. Rotundi, H. Sierks, A. J. Steffl, N. Thomas, M. F. A'Hearn, C. Barbieri, M. A. Barucci, J.-L. Bertaux, S. Boudreault, G. Cremonese, V. Da Deppo, B. Davidsson, S. Debei, M. De Cecco, J. F. Deller, L. M. Feaga, H. Fischer, M. Fulle, A. Gicquel, O. Groussin, C. Güttler, P. J. Gutiérrez, M. Hofmann, K. Hornung, S. F. Hviid, W.-H. Ip, L. Jorda, H. U. Keller, J. Kissel, J. Knollenberg, A. Koch, D. Koschny, J.-R. Kramm, E. Kührt, M. Küppers, P. L. Lamy, Y. Langevin, L. M. Lara, M. Lazzarin, Z.-Y. Lin, J. J. Lopez Moreno, S. C. Lowry, F. Marzari, S. Mottola, G. Naletto, N. Oklay, J. W. Parker, R. Rodrigo, J. Rynö, X. Shi, O. Stenzel, C. Tubiana, J.-B. Vincent, H. A. Weaver, and B. Zaprudin. Evidence of sub-surface energy storage in comet 67P from the outburst of 2016 July 03. Monthly Notices of the RAS, 469:s606–s625, July 2017.

[427] A. Bardyn, D. Baklouti, H. Cottin, N. Fray, C. Briois, J. Paquette, O. Stenzel, C. Engrand, H. Fischer, K. Hornung, R. Isnard, Y. Langevin, H. Lehto, L. Le Roy, N. Ligier, S. Merouane, P. Modica, F.-R. Orthous-Daunay, J. Rynö, R. Schulz, J. Silén, L. Thirkell, K. Varmuza, B. Zaprudin, J. Kissel, and M. Hilchenbach. Carbon-rich dust in comet 67P/Churyumov-Gerasimenko measured by COSIMA/Rosetta. Monthly Notices of the RAS, 469:S712–S722, July 2017.

[428] J.-P. Bibring, V. Hamm, Y. Langevin, C. Pilorget, A. Arondel, M. Bouzit, M. Chaigneau, B. Crane, A. Darié, C. Evesque, J. Hansotte, V. Gardien, L. Gonnod,

J.-C. Leclech, L. Meslier, T. Redon, C. Tamiatto, S. Tosti, and N. Thoores. The MicrOmega Investigation Onboard Hayabusa2. Space Sci. Rev., March 2017.

[429] J.-P. Bibring, V. Hamm, C. Pilorget, J. L. Vago, and MicrOmega Team. The MicrOmega Investigation Onboard ExoMars. Astrobiology, 17:621–626, July 2017.

[430] H. Boehnhardt, J.-P. Bibring, I. Apathy, H. U. Auster, A. Ercoli Finzi, F. Goesmann, G. Klingelhöfer, M. Knapmeyer, W. Kofman, H. Krüger, S. Mottola, W. Schmidt, K. Seidensticker, T. Spohn, and I. Wright. The Philae lander mission and science overview. Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series A, 375:20160248, May 2017.

[431] A. S. Bonomo, G. Hébrard, S. N. Raymond, F. Bouchy, A. Lecavelier des Etangs, P. Bordé, S. Aigrain, J.-M. Almenara, R. Alonso, J. Cabrera, S. Csizmadia, C. Damiani, H. J. Deeg, M. Deleuil, R. F. Díaz, A. Erikson, M. Fridlund, D. Gandolfi, E. Guenther, T. Guillot, A. Hatzes, A. Izidoro, C. Lovis, C. Moutou, M. Ollivier, M. Pätzold, H. Rauer, D. Rouan, A. Santerne, and J. Schneider. A deeper view of the CoRoT-9 planetary system. A small non-zero eccentricity for CoRoT-9b likely generated by planet-planet scattering. Astron. Astrophys., 603:A43, July 2017.

[432] N. Fray, A. Bardyn, H. Cottin, D. Baklouti, C. Briois, C. Engrand, H. Fischer, K. Hornung, R. Isnard, Y. Langevin, H. Lehto, L. Le Roy, E. M. Mellado, S. Merouane, P. Modica, F.-R. Orthous-Daunay, J. Paquette, J. Rynö, R. Schulz, J. Silén, S. Siljeström, O. Stenzel, L. Thirkell, K. Varmuza, B. Zaprudin, J. Kissel, and M. Hilchenbach. Nitrogen-to-carbon atomic ratio measured by COSIMA in the particles of comet 67P/Churyumov-Gerasimenko. Monthly Notices of the RAS, 469:S506–S516, July 2017.

[433] M. Hilchenbach, H. Fischer, Y. Langevin, S. Merouane, J. Paquette, J. Rynö, O. Stenzel, C. Briois, J. Kissel, A. Koch, R. Schulz, J. Silen, N. Altobelli, D. Baklouti, A. Bardyn, H. Cottin, C. Engrand, N. Fray, G. Haerendel, H. Henkel, H. Höfner, K. Hornung, H. Lehto, E. M. Mellado, P. Modica, L. Le Roy, S. Siljeström, W. Steiger, L. Thirkell, R. Thomas, K. Torkar, K. Varmuza, and B. Zaprudin. Mechanical and electrostatic experiments with dust particles collected in the inner coma of comet 67P by COSIMA onboard Rosetta. Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series A, 375:20160255, May 2017.

[434] T.-M. Ho, V. Baturkin, C. Grimm, J. T. Grundmann, C. Hobbie, E. Ksenik, C. Lange, K. Sasaki, M. Schlotterer, M. Talapina, N. Termtanasombat, E. Wejmo, L. Witte, M. Wrasmann, G. Wübbels, J. Rößler, C. Ziach, R. Findlay, J. Biele, C. Krause, S. Ulamec, M. Lange, O. Mierheim, R. Lichtenheldt, M. Maier, J. Reill, H.-J. Sedlmayr, P. Bousquet, A. Bellion, O. Bompis, C. Cenac-Morthe, M. Deleuze, S. Fredon, E. Jurado, E. Canalias, R. Jaumann, J.-P. Bibring, K. H. Glassmeier, D. Hercik, M. Grott, L. Celotti, F. Cordero, J. Hendrikse, and T. Okada. MASCOT - The Mobile Asteroid Surface Scout Onboard the Hayabusa2 Mission. Space Sci. Rev., 208:339–374, July 2017.

[435] R. Jaumann, N. Schmitz, A. Koncz, H. Michaelis, S. E. Schroeder, S. Mottola, F. Trauthan, H. Hoffmann, T. Roatsch, D. Jobs, J. Kachlicki, B. Pforte, R. Terzer,

M. Tschentscher, S. Weisse, U. Mueller, L. Perez-Prieto, B. Broll, A. Kruselburger, T.-M. Ho, J. Biele, S. Ulamec, C. Krause, M. Grott, J.-P. Bibring, S. Watanabe, S. Sugita, T. Okada, M. Yoshikawa, and H. Yabuta. The Camera of the MASCOT Asteroid Lander on Board Hayabusa 2. Space Sci. Rev., 208:375–400, July 2017.

[436] O. I. Korablev, Y. Dobrolensky, N. Evdokimova, A. A. Fedorova, R. O. Kuzmin, S. N. Mantsevich, E. A. Cloutis, J. Carter, F. Poulet, J. Flahaut, A. Griffiths, M. Gunn, N. Schmitz, J. Martín-Torres, M.-P. Zorzano, D. S. Rodionov, J. L. Vago, A. V. Stepanov, A. Y. Titov, N. A. Vyazovetsky, A. Y. Trokhimovskiy, A. G. Sapgir, Y. K. Kalinnikov, Y. S. Ivanov, A. A. Shapkin, and A. Y. Ivanov. Infrared Spectrometer for ExoMars: A Mast-Mounted Instrument for the Rover. Astrobiology, 17:542–564, July 2017.

[437] Y. Langevin, M. Hilchenbach, M. Vincendon, S. Merouane, K. Hornung, N. Ligier, C. Engrand, R. Schulz, J. Kissel, and J. Rynö. Optical properties of cometary particles collected by the COSIMA mass spectrometer on-board Rosetta during the rendezvous phase around comet 67P/Churyumov-Gerasimenko. Monthly Notices of the RAS, 469:S535–S549, July 2017.

[438] S. Merouane, O. Stenzel, M. Hilchenbach, R. Schulz, N. Altobelli, H. Fischer, K. Hornung, J. Kissel, Y. Langevin, E. Mellado, J. Rynö, and B. Zaprudin. Evolution of the physical properties of dust and cometary dust activity from 67P/Churyumov-Gerasimenko measured in situ by Rosetta/COSIMA. Monthly Notices of the RAS, 469:S459–S474, July 2017.

[439] J. R. Michalski, T. D. Glotch, L. R. Friedlander, M. Darby Dyar, D. L. Bish, T. G. Sharp, and J. Carter. Shock metamorphism of clay minerals on Mars by meteor impact. Geophysics Research Letters, 44:6562–6569, July 2017.

[440] F. Montmessin, O. Korablev, F. Lefèvre, J.-L. Bertaux, A. Fedorova, A. Trokhimovskiy, J. Y. Chaufray, G. Lacombe, A. Reberac, L. Maltagliati, Y. Willame, S. Guslyakova, J.-C. Gérard, A. Stiepen, D. Fussen, N. Mateshvili, A. Määttänen, F. Forget, O. Witasse, F. Leblanc, A. C. Vandaele, E. Marcq, B. Sandel, B. Gondet, N. Schneider, M. Chaffin, and N. Chapron. SPICAM on Mars Express: A 10 year in-depth survey of the Martian atmosphere. Icarus, 297:195–216, November 2017.

[441] M. Pajola, S. Rossato, E. Baratti, R. Pozzobon, C. Quantin, J. Carter, and P. Thollot. Boulder abundances and size-frequency distributions on Oxia Planum-Mars: Scientific implications for the 2020 ESA ExoMars rover. Icarus, 296:73–90, November 2017.

[442] C. Re, E. Simioni, G. Cremonese, R. Roncella, G. Forlani, Y. Langevin, V. Da Deppo, G. Naletto, and G. Salemi. Effects of image compression and illumination on digital terrain models for the stereo camera of the BepiColombo mission. Planetary Space Science, 136:1–14, feb 2017.

[443] S. E. Schröder, S. Mottola, G. Arnold, H.-G. Grothues, R. Jaumann, H. U. Keller, H. Michaelis, J.-P. Bibring, I. Pelivan, A. Koncz, K. Otto, E. Remetean, F. Souvannavong, and B. Dolives. Close-up images of the final philae landing site on comet 67p/churyumov-gerasimenko acquired by the rolis camera. Icarus, 285:263–274, mar 2017.

[444] J. L. Vago, F. Westall, Pasteur Instrument Team, Pasteur Landing Team, A. J. Coates, R. Jaumann, O. Korablev, V. Ciarletti, I. Mitrofanov, J.-L. Josset, M. C. De Sanctis, J.-P. Bibring, F. Rull, F. Goesmann, H. Steininger, W. Goetz, W. Brinckerhoff, C. Szopa, F. Raulin, F. Westall, H. G. M. Edwards, L. G. Whyte, A. G. Fairén, J.-P. Bibring, J. Bridges, E. Hauber, G. G. Ori, S. Werner, D. Loizeau, R. O. Kuzmin, R. M. E. Williams, J. Flahaut, F. Forget, J. L. Vago, D. Rodionov, O. Korablev, H. Svedhem, E. Sefton-Nash, G. Kminek, L. Lorenzoni, L. Joudrier, V. Mikhailov, A. Zashchirinskiy, S. Alexashkin, F. Calantropio, A. Merlo, P. Poulakis, O. Witasse, O. Bayle, S. Bayón, U. Meierhenrich, J. Carter, J. M. García-Ruiz, P. Baglioni, A. Haldemann, A. J. Ball, A. Debus, R. Lindner, F. Haessig, D. Monteiro, R. Trautner, C. Voland, P. Rebeyre, D. Goulty, F. Didot, S. Durrant, E. Zekri, D. Koschny, A. Toni, G. Visentin, M. Zwick, M. van Winnendael, M. Azkarate, C. Carreau, and ExoMars Project Team. Habitability on Early Mars and the Search for Biosignatures with the ExoMars Rover. Astrobiology, 17:471–510, July 2017.

[445] J.-C. Viennet, B. Bultel, L. Riu, and S. C. Werner. Dioctahedral Phyllosilicates Versus Zeolites and Carbonates Versus Zeolites Competitions as Constraints to Understanding Early Mars Alteration Conditions. Journal of Geophysical Research (Planets), 122:2328–2343, November 2017.

2018

[446] R. Brunetto, C. Lantz, Z. Dionnet, F. Borondics, A. Aléon-Toppani, D. Baklouti, M. A. Barucci, R. P. Binzel, Z. Djouadi, K. Kitazato, and C. Pilorget. Hyperspectral FTIR imaging of irradiated carbonaceous meteorites. Planetary Space Science, 158:38–45, September 2018.

[447] O. Korablev, F. Montmessin, A. Trokhimovskiy, A. A. Fedorova, A. V. Shakun, A. V. Grigoriev, B. E. Moshkin, N. I. Ignatiev, F. Forget, F. Lefèvre, K. Anufreychik, I. Dzuban, Y. S. Ivanov, Y. K. Kalinnikov, T. O. Kozlova, A. Kungurov, V. Makarov, F. Martynovich, I. Maslov, D. Merzlyakov, P. P. Moiseev, Y. Nikolskiy, A. Patrakeev, D. Patsaev, A. Santos-Skripko, O. Sazonov, N. Semena, A. Semenov, V. Shashkin, A. Sidorov, A. V. Stepanov, I. Stupin, D. Timonin, A. Y. Titov, A. Viktorov, A. Zharkov, F. Altieri, G. Arnold, D. A. Belyaev, J. L. Bertaux, D. S. Betsis, N. Duxbury, T. Encrenaz, T. Fouchet, J.-C. Gérard, D. Grassi, S. Guerlet, P. Hartogh, Y. Kasaba, I. Khatuntsev, V. A. Krasnopolsky, R. O. Kuzmin, E. Lellouch, M. A. Lopez-Valverde, M. Luginin, A. Määttänen, E. Marcq, J. Martin Torres, A. S. Medvedev, E. Millour, K. S. Olsen, M. R. Patel, C. Quantin-Nataf, A. V. Rodin, V. I. Shematovich, I. Thomas, N. Thomas, L. Vazquez, M. Vincendon, V. Wilquet, C. F. Wilson, L. V. Zasova, L. M. Zelenyi, and M. P. Zorzano. The Atmospheric Chemistry Suite (ACS) of Three Spectrometers for the ExoMars 2016 Trace Gas Orbiter. Space Sci. Rev., 214:7, February 2018.

[448] A.-C. Levasseur-Regourd, J. Agarwal, H. Cottin, C. Engrand, G. Flynn, M. Fulle, T. Gombosi, Y. Langevin, J. Lasue, T. Mannel, S. Merouane, O. Poch, N. Thomas, and A. Westphal. Cometary Dust. Space Sci. Rev., 214:64, April 2018.

[449] D. Loizeau, C. Quantin-Nataf, J. Carter, J. Flahaut, P. Thollot, L. Lozac'h, and C. Millot. Quantifying widespread aqueous surface weathering on Mars: The plateaus south of Coprates Chasma. Icarus, 302:451–469, March 2018.

[450] T. Okada, Y. Kebukawa, J. Aoki, J. Matsumoto, H. Yano, T. Iwata, O. Mori, J.-P. Bibring, S. Ulamec, R. Jaumann, and Solar Power Sail Science Team. Science exploration and instrumentation of the OKEANOS mission to a Jupiter Trojan asteroid using the solar power sail. Planetary Space Science, 161:99–106, October 2018.

[451] F. Poulet, C. Quantin-Nataf, H. Ballans, K. Dassas, J. Audouard, J. Carter, B. Gondet, L. Lozac'h, J.-C. Malapert, C. Marmo, L. Riu, and A. Séjourné. PSUP: A Planetary SUrface Portal. Planetary Space Science, 150:2–8, January 2018.

[452] C. Quantin-Nataf, L. Lozac'h, P. Thollot, D. Loizeau, B. Bultel, J. Fernando, P. Allemand, F. Dubuffet, F. Poulet, A. Ody, H. Clenet, C. Leyrat, and S. Harrisson. MarsSI: Martian surface data processing information system. Planetary Space Science, 150:157–170, January 2018.

[453] L. Riu, J.-P. Bibring, C. Pilorget, F. Poulet, and V. Hamm. The on-ground calibration performances of the hyperspectral microscope MicrOmega for the Hayabusa-2 mission. Planetary Space Science, 152:31–44, March 2018.

10.1.4 Équipe Physique solaire et stellaire

2013

[454] C. Aerts, S. Simón-Díaz, C. Catala, C. Neiner, M. Briquet, N. Castro, V. S. Schmid, M. Scardia, M. Rainer, E. Poretti, P. I. Pápics, P. Degroote, S. Bloemen, R. H. Østensen, M. Auvergne, A. Baglin, F. Baudin, E. Michel, and R. Samadi. Low-amplitude rotational modulation rather than pulsations in the CoRoT B-type supergiant HD 46769. Astron. Astrophys., 557:A114, September 2013.

[455] A. BenMoussa, S. Gissot, U. Schühle, G. Del Zanna, F. Auchère, S. Mekaoui, A. R. Jones, D. Walton, C. J. Eyles, G. Thuillier, D. Seaton, I. E. Dammasch, G. Cessateur, M. Meftah, V. Andretta, D. Berghmans, D. Bewsher, D. Bolsée, L. Bradley, D. S. Brown, P. C. Chamberlin, S. Dewitte, L. V. Didkovsky, M. Dominique, F. G. Eparvier, T. Foujols, D. Gillotay, B. Giordanengo, J. P. Halain, R. A. Hock, A. Irbah, C. Jeppesen, D. L. Judge, M. Kretzschmar, D. R. McMullin, B. Nicula, W. Schmutz, G. Ucker, S. Wieman, D. Woodraska, and T. N. Woods. On-Orbit Degradation of Solar Instruments. Solar Phys., 288:389–434, November 2013.

[456] A. García Hernández, A. Moya, E. Michel, J. C. Suárez, E. Poretti, S. Martín-Ruíz, P. J. Amado, R. Garrido, E. Rodríguez, M. Rainer, K. Uytterhoeven, C. Rodrigo, E. Solano, J. R. Rodón, P. Mathias, A. Rolland, M. Auvergne, A. Baglin, F. Baudin, C. Catala, and R. Samadi. An in-depth study of HD 174966 with CoRoT photometry and HARPS spectroscopy. Large separation as a new observable for δ Scuti stars. Astron. Astrophys., 559:A63, November 2013.

[457] L. Gizon, J. Ballot, E. Michel, T. Stahn, G. Vauclair, H. Bruntt, P.-O. Quirion, O. Benomar, S. Vauclair, T. Appourchaux, M. Auvergne, A. Baglin, C. Barban, F. Baudin, M. Bazot, T. Campante, C. Catala, W. Chaplin, O. Creevey, S. Deheuvels, N. Dolez, Y. Elsworth, R. Garcia, P. Gaulme, S. Mathis, S. Mathur, B. Mosser, C. Regulo, I. Roxburgh, D. Salabert, R. Samadi, K. Sato, G. Verner, S. Hanasoge, and K. R. Sreenivasan. Seismic constraints on rotation of Sun-like star and mass of exoplanet. Proceedings of the National Academy of Science, 110:13267–13271, August 2013.

[458] C. Guennou, F. Auchère, J. A. Klimchuk, K. Bocchialini, and S. Parenti. Can the Differential Emission Measure Constrain the Timescale of Energy Deposition in the Corona? Astrophys. J., 774:31, September 2013.

[459] I. A. Ivanov and J. Dubau. Jost-function approach to quantum defect theory. Physical Review A: General Physics, 88(2):022702, August 2013.

[460] N. Ozel, B. Mosser, M. A. Dupret, H. Bruntt, C. Barban, S. Deheuvels, R. A. García, E. Michel, R. Samadi, F. Baudin, S. Mathur, C. Régulo, M. Auvergne, C. Catala, P. Morel, and B. Pichon. Differential asteroseismic study of seismic twins observed by CoRoT. Comparison of HD 175272 with HD 181420. Astron. Astrophys., 558:A79, October 2013.

[461] D. B. Seaton, D. Berghmans, B. Nicula, J.-P. Halain, A. De Groof, T. Thibert, D. S. Bloomfield, C. L. Raftery, P. T. Gallagher, F. Auchère, J.-M. Defise, E. D'Huys, J.-H. Lecat, E. Mazy, P. Rochus, L. Rossi, U. Schühle, V. Slemzin, M. S. Yalim, and J. Zender. The SWAP EUV Imaging Telescope Part I: Instrument Overview and Pre-Flight Testing. Solar Phys., 286:43–65, August 2013.

2014

[462] T. Appourchaux, H. M. Antia, O. Benomar, T. L. Campante, G. R. Davies, R. Handberg, R. Howe, C. Régulo, K. Belkacem, G. Houdek, R. A. García, and W. J. Chaplin. Oscillation mode linewidths and heights of 23 main-sequence stars observed by Kepler. Astron. Astrophys., 566:A20, June 2014.

[463] F. Auchère, K. Bocchialini, J. Solomon, and E. Tison. Long-period intensity pulsations in the solar corona during activity cycle 23. Astron. Astrophys., 563:A8, March 2014.

[464] P. Boumier, O. Benomar, F. Baudin, G. Verner, T. Appourchaux, Y. Lebreton, P. Gaulme, W. Chaplin, R. A. García, S. Hekker, C. Regulo, D. Salabert, T. Stahn, Y. Elsworth, L. Gizon, M. Hall, S. Mathur, E. Michel, T. Morel, B. Mosser, E. Poretti, M. Rainer, I. Roxburgh, J.-D. do Nascimento, Jr., R. Samadi, M. Auvergne, S. Chaintreuil, A. Baglin, and C. Catala. Seismic analysis of HD 43587Aa, a solar-like oscillator in a multiple system. Astron. Astrophys., 564:A34, April 2014.

[465] W. J. Chaplin, S. Basu, D. Huber, A. Serenelli, L. Casagrande, V. Silva Aguirre, W. H. Ball, O. L. Creevey, L. Gizon, R. Handberg, C. Karoff, R. Lutz, J. P. Marques, A. Miglio, D. Stello, M. D. Suran, D. Pricopi, T. S. Metcalfe, M. J. P. F. G. Monteiro, J. Molenda-Żakowicz, T. Appourchaux, J. Christensen-Dalsgaard, Y. Elsworth, R. A. García, G. Houdek, H. Kjeldsen, A. Bonanno,

T. L. Campante, E. Corsaro, P. Gaulme, S. Hekker, S. Mathur, B. Mosser, C. Régulo, and D. Salabert. Asteroseismic Fundamental Properties of Solar-type Stars Observed by the NASA Kepler Mission. Astrophys. J. Suppl., 210:1, January 2014.

[466] W. Curdt, D. Germerott, K. Wilhelm, U. Schühle, L. Teriaca, D. Innes, K. Bocchialini, and P. Lemaire. The SUMER Data in the SOHO Archive. Solar Phys., 289:2345–2376, June 2014.

[467] S. Deheuvels, G. Doğan, M. J. Goupil, T. Appourchaux, O. Benomar, H. Bruntt, T. L. Campante, L. Casagrande, T. Ceillier, G. R. Davies, P. De Cat, J. N. Fu, R. A. García, A. Lobel, B. Mosser, D. R. Reese, C. Regulo, J. Schou, T. Stahn, A. O. Thygesen, X. H. Yang, W. J. Chaplin, J. Christensen-Dalsgaard, P. Eggenberger, L. Gizon, S. Mathis, J. Molenda-Żakowicz, and M. Pinsonneault. Seismic constraints on the radial dependence of the internal rotation profiles of six Kepler subgiants and young red giants. Astron. Astrophys., 564:A27, April 2014.

[468] C. Delannée, G. Artzner, B. Schmieder, and S. Parenti. Time Evolution of the Altitude of an Observed Coronal Wave. Solar Phys., 289:2565–2585, July 2014.

[469] C. Dominguez-Tagle, T. Appourchaux, J.-J. Fourmond, A. Philippon, J.-C. Le Clec'h, M. Bouzit, and R. Le Cocguen. Filtergraph Calibration for the Polarimetric and Helioseismic Imager. Japan Society of Aeronautical Space Sciences Transactions, 12, September 2014.

[470] P. Gaulme, J. Jackiewicz, T. Appourchaux, and B. Mosser. Surface Activity and Oscillation Amplitudes of Red Giants in Eclipsing Binaries. Astrophys. J., 785:5, April 2014.

[471] A. I. Gómez de Castro, T. Appourchaux, M. A. Barstow, M. Barthelemy, F. Baudin, S. Benetti, P. Blay, N. Brosch, E. Bunce, D. de Martino, J.-M. Deharveng, R. Ferlet, K. France, M. García, B. Gänsicke, C. Gry, L. Hillenbrand, E. Josselin, C. Kehrig, L. Lamy, J. Lapington, A. Lecavelier des Etangs, F. LePetit, J. López-Santiago, B. Milliard, R. Monier, G. Naletto, Y. Nazé, C. Neiner, J. Nichols, M. Orio, I. Pagano, C. Peroux, G. Rauw, S. Shore, M. Spaans, G. Tovmassian, A. ud-Doula, and J. Vilchez. Building galaxies, stars, planets and the ingredients for life between the stars. The science behind the European Ultraviolet-Visible Observatory. Astrophysics and Space Science, 354:229–246, November 2014.

[472] M. Hareter, M. Paparó, W. Weiss, A. García Hernández, T. Borkovits, P. Lampens, M. Rainer, P. De Cat, P. Marcos-Arenal, J. Vos, E. Poretti, A. Baglin, E. Michel, F. Baudin, and C. Catala. HD 51844: An Am δ Scuti in a binary showing periastron brightening. Astron. Astrophys., 567:A124, July 2014.

[473] P. Heinzel, J.-C. Vial, and U. Anzer. On the formation of Mg ii h and k lines in solar prominences. Astron. Astrophys., 564:A132, April 2014.

[474] M. Meftah, J.-F. Hochedez, A. Irbah, A. Hauchecorne, P. Boumier, T. Corbard, S. Turck-Chièze, S. Abbaki, P. Assus, E. Bertran, P. Bourget, F. Buisson, M. Chaigneau, L. Damé, D. Djafer, C. Dufour, P. Etcheto, P. Ferrero, M. Hersé,

J.-P. Marcovici, M. Meissonnier, F. Morand, G. Poiet, J.-Y. Prado, C. Renaud, N. Rouanet, M. Rouzé, D. Salabert, and A.-J. Vieau. Picard SODISM, a Space Telescope to Study the Sun from the Middle Ultraviolet to the Near Infrared. Solar Phys., 289:1043–1076, March 2014.

[475] T. S. Metcalfe, O. L. Creevey, G. Doğan, S. Mathur, H. Xu, T. R. Bedding, W. J. Chaplin, J. Christensen-Dalsgaard, C. Karoff, R. Trampedach, O. Benomar, B. P. Brown, D. L. Buzasi, T. L. Campante, Z. Çelik, M. S. Cunha, G. R. Davies, S. Deheuvels, A. Derekas, M. P. Di Mauro, R. A. García, J. A. Guzik, R. Howe, K. B. MacGregor, A. Mazumdar, J. Montalbán, M. J. P. F. G. Monteiro, D. Salabert, A. Serenelli, D. Stello, M. Steslicki, M. D. Suran, M. Yıldız, C. Aksoy, Y. Elsworth, M. Gruberbauer, D. B. Guenther, Y. Lebreton, K. Molaverdikhani, D. Pricopi, R. Simoniello, and T. R. White. Properties of 42 Solar-type Kepler Targets from the Asteroseismic Modeling Portal. Astrophys. J. Suppl., 214:27, October 2014.

[476] A. Miglio, W. J. Chaplin, R. Farmer, U. Kolb, L. Girardi, Y. Elsworth, T. Appourchaux, and R. Handberg. Prospects for Detecting Asteroseismic Binaries in Kepler Data. Astrophys. J. Lett., 784:L3, March 2014.

[477] S. Parenti. Solar Prominences: Observations. Living Reviews in Solar Physics, 11:1, December 2014.

[478] F. J. G. Pinheiro, J. M. Fernandes, M. S. Cunha, M. J. P. F. G. Monteiro, N. C. Santos, S. G. Sousa, J. P. Marques, J.-J. Fang, A. Mortier, and J. Sousa. On the mass estimation for FGK stars: comparison of several methods. Monthly Notices of the RAS, 445:2223–2231, December 2014.

[479] H. Rauer, C. Catala, C. Aerts, T. Appourchaux, W. Benz, A. Brandeker, J. Christensen-Dalsgaard, M. Deleuil, L. Gizon, M.-J. Goupil, M. Güdel, E. Janot-Pacheco, M. Mas-Hesse, I. Pagano, G. Piotto, D. Pollacco, Ċ. Santos, A. Smith, J.-C. Suárez, R. Szabó, S. Udry, V. Adibekyan, Y. Alibert, J.-M. Almenara, P. Amaro-Seoane, M. A.-v. Eiff, M. Asplund, E. Antonello, S. Barnes, F. Baudin, K. Belkacem, M. Bergemann, G. Bihain, A. C. Birch, X. Bonfils, I. Boisse, A. S. Bonomo, F. Borsa, I. M. Brandão, E. Brocato, S. Brun, M. Burleigh, R. Burston, J. Cabrera, S. Cassisi, W. Chaplin, S. Charpinet, C. Chiappini, R. P. Church, S. Csizmadia, M. Cunha, M. Damasso, M. B. Davies, H. J. Deeg, R. F. Díaz, S. Dreizler, C. Dreyer, P. Eggenberger, D. Ehrenreich, P. Eigmüller, A. Erikson, R. Farmer, S. Feltzing, F. de Oliveira Fialho, P. Figueira, T. Forveille, M. Fridlund, R. A. García, P. Giommi, G. Giuffrida, M. Godolt, J. Gomes da Silva, T. Granzer, J. L. Grenfell, A. Grotsch-Noels, E. Günther, C. A. Haswell, A. P. Hatzes, G. Hébrard, S. Hekker, R. Helled, K. Heng, J. M. Jenkins, A. Johansen, M. L. Khodachenko, K. G. Kislyakova, W. Kley, U. Kolb, N. Krivova, F. Kupka, H. Lammer, A. F. Lanza, Y. Lebreton, D. Magrin, P. Marcos-Arenal, P. M. Marrese, J. P. Marques, J. Martins, S. Mathis, S. Mathur, S. Messina, A. Miglio, J. Montalban, M. Montalto, M. J. P. F. G. Monteiro, H. Moradi, E. Moravveji, C. Mordasini, T. Morel, A. Mortier, V. Nascimbeni, R. P. Nelson, M. B. Nielsen, L. Noack, A. J. Norton, A. Ofir, M. Oshagh, R.-M. Ouazzani, P. Pápics, V. C. Parro, P. Petit, B. Plez, E. Poretti, A. Quirrenbach, R. Ragazzoni, G. Raimondo, M. Rainer, D. R. Reese, R. Redmer, S. Ref-

fert, B. Rojas-Ayala, I. W. Roxburgh, S. Salmon, A. Santerne, J. Schneider, J. Schou, S. Schuh, H. Schunker, A. Silva-Valio, R. Silvotti, I. Skillen, I. Snellen, F. Sohl, S. G. Sousa, A. Sozzetti, D. Stello, K. G. Strassmeier, M. Švanda, G. M. Szabó, A. Tkachenko, D. Valencia, V. Van Grootel, S. D. Vauclair, P. Ventura, F. W. Wagner, N. A. Walton, J. Weingrill, S. C. Werner, P. J. Wheatley, and K. Zwintz. The PLATO 2.0 mission. Experimental Astronomy, 38:249–330, November 2014.

[480] K. Verma, J. P. Faria, H. M. Antia, S. Basu, A. Mazumdar, M. J. P. F. G. Monteiro, T. Appourchaux, W. J. Chaplin, R. A. García, and T. S. Metcalfe. Asteroseismic Estimate of Helium Abundance of a Solar Analog Binary System. Astrophys. J., 790:138, August 2014.

2015

[481] J. M. Almenara, C. Damiani, F. Bouchy, M. Havel, G. Bruno, G. Hébrard, R. F. Diaz, M. Deleuil, S. C. C. Barros, I. Boisse, A. S. Bonomo, G. Montagnier, and A. Santerne. SOPHIE velocimetry of Kepler transit candidates. XV. KOI-614b, KOI-206b, and KOI-680b: a massive warm Jupiter orbiting a G0 metallic dwarf and two highly inflated planets with a distant companion around evolved F-type stars. Astron. Astrophys., 575:A71, March 2015.

[482] J. M. Almenara, R. F. Díaz, R. Mardling, S. C. C. Barros, C. Damiani, G. Bruno, X. Bonfils, and M. Deleuil. Absolute masses and radii determination in multiplanetary systems without stellar models. Monthly Notices of the RAS, 453:2644–2652, November 2015.

[483] T. Appourchaux, H. M. Antia, W. Ball, O. Creevey, Y. Lebreton, K. Verma, S. Vorontsov, T. L. Campante, G. R. Davies, P. Gaulme, C. Régulo, E. Horch, S. Howell, M. Everett, D. Ciardi, L. Fossati, A. Miglio, J. Montalbán, W. J. Chaplin, R. A. García, and L. Gizon. A seismic and gravitationally bound double star observed by Kepler. Implication for the presence of a convective core. Astron. Astrophys., 582:A25, October 2015.

[484] K. Belkacem, J. P. Marques, M. J. Goupil, B. Mosser, T. Sonoi, R. M. Ouazzani, M. A. Dupret, S. Mathis, and M. Grosjean. Angular momentum redistribution by mixed modes in evolved low-mass stars. II. Spin-down of the core of red giants induced by mixed modes. Astron. Astrophys., 579:A31, July 2015.

[485] K. Belkacem, J. P. Marques, M. J. Goupil, T. Sonoi, R. M. Ouazzani, M. A. Dupret, S. Mathis, B. Mosser, and M. Grosjean. Angular momentum redistribution by mixed modes in evolved low-mass stars. I. Theoretical formalism. Astron. Astrophys., 579:A30, July 2015.

[486] G. Bruno, J.-M. Almenara, S. C. C. Barros, A. Santerne, R. F. Diaz, M. Deleuil, C. Damiani, A. S. Bonomo, I. Boisse, F. Bouchy, G. Hébrard, and G. Montagnier. SOPHIE velocimetry of Kepler transit candidates. XIV. A joint photometric, spectroscopic, and dynamical analysis of the Kepler-117 system. Astron. Astrophys., 573:A124, January 2015.

[487] J. Cabrera, S. Csizmadia, G. Montagnier, M. Fridlund, M. Ammler-von Eiff, S. Chaintreuil, C. Damiani, M. Deleuil, S. Ferraz-Mello, A. Ferrigno, D. Gan-

dolfi, T. Guillot, E. W. Guenther, A. Hatzes, G. Hébrard, P. Klagyivik, H. Parviainen, T. Pasternacki, M. Pätzold, D. Sebastian, M. Tadeu dos Santos, G. Wuchterl, S. Aigrain, R. Alonso, J.-M. Almenara, J. D. Armstrong, M. Auvergne, A. Baglin, P. Barge, S. C. C. Barros, A. S. Bonomo, P. Bordé, F. Bouchy, S. Carpano, C. Chaffey, H. J. Deeg, R. F. Díaz, R. Dvorak, A. Erikson, S. Grziwa, J. Korth, H. Lammer, C. Lindsay, T. Mazeh, C. Moutou, A. Ofir, M. Ollivier, E. Pallé, H. Rauer, D. Rouan, B. Samuel, A. Santerne, and J. Schneider. Transiting exoplanets from the CoRoT space mission. XXVII. CoRoT-28b, a planet orbiting an evolved star, and CoRoT-29b, a planet showing an asymmetric transit. Astron. Astrophys., 579:A36, July 2015.

[488] W. J. Chaplin, M. N. Lund, R. Handberg, S. Basu, L. A. Buchhave, T. L. Campante, G. R. Davies, D. Huber, D. W. Latham, C. A. Latham, A. Serenelli, H. M. Antia, T. Appourchaux, W. H. Ball, O. Benomar, L. Casagrande, J. Christensen-Dalsgaard, H. R. Coelho, O. L. Creevey, Y. Elsworth, R. A. García, P. Gaulme, S. Hekker, T. Kallinger, C. Karoff, S. D. Kawaler, H. Kjeldsen, M. S. Lundkvist, F. Marcadon, S. Mathur, A. Miglio, B. Mosser, C. Régulo, I. W. Roxburgh, V. Silva Aguirre, D. Stello, K. Verma, T. R. White, T. R. Bedding, T. Barclay, D. L. Buzasi, S. Dehuevels, L. Gizon, G. Houdek, S. B. Howell, D. Salabert, and D. R. Soderblom. Asteroseismology of Solar-Type Stars with K2: Detection of Oscillations in C1 Data. Publications of the ASP, 127:1038–1044, October 2015.

[489] C. Chiappini, F. Anders, T. S. Rodrigues, A. Miglio, J. Montalbán, B. Mosser, L. Girardi, M. Valentini, A. Noels, T. Morel, I. Minchev, M. Steinmetz, B. X. Santiago, M. Schultheis, M. Martig, L. N. da Costa, M. A. G. Maia, C. Allende Prieto, R. de Assis Peralta, S. Hekker, N. Themeßl, T. Kallinger, R. A. García, S. Mathur, F. Baudin, T. C. Beers, K. Cunha, P. Harding, J. Holtzman, S. Majewski, S. Mészáros, D. Nidever, K. Pan, R. P. Schiavon, M. D. Shetrone, D. P. Schneider, and K. Stassun. Young [α/Fe]-enhanced stars discovered by CoRoT and APOGEE: What is their origin? Astron. Astrophys., 576:L12, April 2015.

[490] O. L. Creevey, F. Thévenin, P. Berio, U. Heiter, K. von Braun, D. Mourard, L. Bigot, T. S. Boyajian, P. Kervella, P. Morel, B. Pichon, A. Chiavassa, N. Nardetto, K. Perraut, A. Meilland, H. A. Mc Alister, T. A. ten Brummelaar, C. Farrington, J. Sturmann, L. Sturmann, and N. Turner. Benchmark stars for Gaia Fundamental properties of the Population II star HD 140283 from interferometric, spectroscopic, and photometric data. Astron. Astrophys., 575:A26, March 2015.

[491] C. Damiani and A. F. Lanza. Evolution of angular-momentum-losing exoplanetary systems. Revisiting Darwin stability. Astron. Astrophys., 574:A39, January 2015.

[492] G. R. Davies, W. J. Chaplin, W. M. Farr, R. A. García, M. N. Lund, S. Mathis, T. S. Metcalfe, T. Appourchaux, S. Basu, O. Benomar, T. L. Campante, T. Ceillier, Y. Elsworth, R. Handberg, D. Salabert, and D. Stello. Asteroseismic inference on rotation, gyrochronology and planetary system dynamics of 16 Cygni. Monthly Notices of the RAS, 446:2959–2966, January 2015.

[493] C. Froment, F. Auchère, K. Bocchialini, E. Buchlin, C. Guennou, and J. Solomon. Evidence for Evaporation-incomplete Condensation Cycles in Warm Solar Coronal Loops. Astrophys. J., 807:158, July 2015.

[494] P. Lemaire, J.-C. Vial, W. Curdt, U. Schühle, and K. Wilhelm. Hydrogen Ly-α and Ly-β full Sun line profiles observed with SUMER/SOHO (1996-2009). Astron. Astrophys., 581:A26, September 2015.

[495] W. Liu, B. De Pontieu, J.-C. Vial, A. M. Title, M. Carlsson, H. Uitenbroek, T. J. Okamoto, T. E. Berger, and P. Antolin. First High-resolution Spectroscopic Observations of an Erupting Prominence Within a Coronal Mass Ejection by the Interface Region Imaging Spectrograph (IRIS). Astrophys. J., 803:85, April 2015.

[496] B. Löptien, A. C. Birch, L. Gizon, J. Schou, T. Appourchaux, J. Blanco Rodríguez, P. S. Cally, C. Dominguez-Tagle, A. Gandorfer, F. Hill, J. Hirzberger, P. H. Scherrer, and S. K. Solanki. Helioseismology with Solar Orbiter. Space Sci. Rev., 196:251–283, December 2015.

[497] M. Meftah, A. Irbah, A. Hauchecorne, T. Corbard, S. Turck-Chièze, J.-F. Hochedez, P. Boumier, A. Chevalier, S. Dewitte, S. Mekaoui, and D. Salabert. On the Determination and Constancy of the Solar Oblateness. Solar Phys., 290:673–687, March 2015.

[498] T. S. Metcalfe, O. L. Creevey, and G. R. Davies. Asteroseismic Modeling of 16 Cyg A & B using the Complete Kepler Data Set. Astrophys. J. Lett., 811:L37, October 2015.

[499] N. Narukage, F. Auchère, R. Ishikawa, R. Kano, S. Tsuneta, A. R. Winebarger, and K. Kobayashi. Vacuum ultraviolet spectropolarimeter design for precise polarization measurements. Applied Optics, 54:2080, March 2015.

[500] T. Sekii, T. Appourchaux, B. Fleck, and S. Turck-Chièze. Future Mission Concepts for Helioseismology. Space Sci. Rev., 196:285–302, December 2015.

[501] V. Silva Aguirre, G. R. Davies, S. Basu, J. Christensen-Dalsgaard, O. Creevey, T. S. Metcalfe, T. R. Bedding, L. Casagrande, R. Handberg, M. N. Lund, P. E. Nissen, W. J. Chaplin, D. Huber, A. M. Serenelli, D. Stello, V. Van Eylen, T. L. Campante, Y. Elsworth, R. L. Gilliland, S. Hekker, C. Karoff, S. D. Kawaler, H. Kjeldsen, and M. S. Lundkvist. Ages and fundamental properties of Kepler exoplanet host stars from asteroseismology. Monthly Notices of the RAS, 452:2127–2148, September 2015.

[502] J.-C. Vial, G. Eurin, and W. Curdt. The Balmer Lines of He ii in the Blue Wing of the Hydrogen Lyman α Line Observed in a Quiescent Prominence. Solar Phys., 290:381–387, February 2015.

2016

[503] F. Anders, C. Chiappini, T. S. Rodrigues, A. Miglio, J. Montalbán, B. Mosser, L. Girardi, M. Valentini, A. Noels, T. Morel, J. A. Johnson, M. Schultheis, F. Baudin, R. de Assis Peralta, S. Hekker, N. Themeßl, T. Kallinger, R. A.

García, S. Mathur, A. Baglin, B. X. Santiago, M. Martig, I. Minchev, M. Steinmetz, L. N. da Costa, M. A. G. Maia, C. Allende Prieto, K. Cunha, T. C. Beers, C. Epstein, A. E. García Pérez, D. A. García-Hernández, P. Harding, J. Holtzman, S. R. Majewski, S. Mészáros, D. Nidever, K. Pan, M. Pinsonneault, R. P. Schiavon, D. P. Schneider, M. D. Shetrone, K. Stassun, O. Zamora, and G. Zasowski. Galactic archaeology with asteroseismology and spectroscopy: Red giants observed by CoRoT and APOGEE. Astron. Astrophys., 597:A30, December 2016.

[504] T. Appourchaux, H. M. Antia, O. Benomar, T. L. Campante, G. R. Davies, R. Handberg, R. Howe, C. Régulo, K. Belkacem, G. Houdek, R. A. García, and W. J. Chaplin. Oscillation mode linewidths and heights of 23 main-sequence stars observed by Kepler (Corrigendum). Astron. Astrophys., 595:C2, November 2016.

[505] F. Auchère, C. Froment, K. Bocchialini, E. Buchlin, and J. Solomon. On the Fourier and Wavelet Analysis of Coronal Time Series. Astrophys. J., 825:110, July 2016.

[506] F. Auchère, C. Froment, K. Bocchialini, E. Buchlin, and J. Solomon. Thermal Non-equilibrium Revealed by Periodic Pulses of Random Amplitudes in Solar Coronal Loops. Astrophys. J., 827:152, August 2016.

[507] T. L. Campante, M. Schofield, J. S. Kuszlewicz, L. Bouma, W. J. Chaplin, D. Huber, J. Christensen-Dalsgaard, H. Kjeldsen, D. Bossini, T. S. H. North, T. Appourchaux, D. W. Latham, J. Pepper, G. R. Ricker, K. G. Stassun, R. Vanderspek, and J. N. Winn. The Asteroseismic Potential of TESS: Exoplanet-host Stars. Astrophys. J., 830:138, October 2016.

[508] S. Dacie, P. Démoulin, L. van Driel-Gesztelyi, D. M. Long, D. Baker, M. Janvier, S. L. Yardley, and D. Pérez-Suárez. Evolution of the magnetic field distribution of active regions. Astron. Astrophys., 596:A69, December 2016.

[509] C. Damiani, J.-C. Meunier, C. Moutou, M. Deleuil, N. Ysard, F. Baudin, and H. Deeg. Stellar classification of CoRoT targets. Astron. Astrophys., 595:A95, November 2016.

[510] S. Deheuvels, I. Brandão, V. Silva Aguirre, J. Ballot, E. Michel, M. S. Cunha, Y. Lebreton, and T. Appourchaux. Measuring the extent of convective cores in low-mass stars using Kepler data: toward a calibration of core overshooting. Astron. Astrophys., 589:A93, May 2016.

[511] P. Démoulin, M. Janvier, and S. Dasso. Magnetic Flux and Helicity of Magnetic Clouds. Solar Phys., 291:531–557, February 2016.

[512] P. Démoulin, M. Janvier, J. J. Masías-Meza, and S. Dasso. Quantitative model for the generic 3D shape of ICMEs at 1 AU. Astron. Astrophys., 595:A19, October 2016.

[513] J. Dudík, V. Polito, M. Janvier, S. M. Mulay, M. Karlický, G. Aulanier, G. Del Zanna, E. Dzifčáková, H. E. Mason, and B. Schmieder. Slipping Magnetic Reconnection, Chromospheric Evaporation, Implosion, and Precursors in the 2014 September 10 X1.6-Class Solar Flare. Astrophys. J., 823:41, May 2016.

[514] P. Gaulme, J. F. Rowe, T. R. Bedding, O. Benomar, E. Corsaro, G. R. Davies, S. J. Hale, R. Howe, R. A. Garcia, D. Huber, A. Jiménez, S. Mathur, B. Mosser,

T. Appourchaux, P. Boumier, J. Jackiewicz, J. Leibacher, F.-X. Schmider, H. B. Hammel, J. J. Lissauer, M. S. Marley, A. A. Simon, W. J. Chaplin, Y. Elsworth, J. A. Guzik, N. Murphy, and V. Silva Aguirre. A Distant Mirror: Solar Oscillations Observed on Neptune by the Kepler K2 Mission. Astrophys. J. Lett., 833:L13, December 2016.

[515] G. Giono, R. Ishikawa, N. Narukage, R. Kano, Y. Katsukawa, M. Kubo, S. Ishikawa, T. Bando, H. Hara, Y. Suematsu, A. Winebarger, K. Kobayashi, F. Auchère, and J. Trujillo Bueno. Polarization Calibration of the Chromospheric Lyman-Alpha SpectroPolarimeter for a 0.1 % Polarization Sensitivity in the VUV Range. Part I: Pre-flight Calibration. Solar Phys., 291:3831–3867, December 2016.

[516] C. Gontikakis and J.-C. Vial. Evidence of scattering effects influenced by plasma flows in C VI 1548 Å, 1550 Å spectral lines emitted from the Sun. Astron. Astrophys., 590:A86, May 2016.

[517] J. A. Guzik, G. Houdek, W. J. Chaplin, B. Smalley, D. W. Kurtz, R. L. Gilliland, F. Mullally, J. F. Rowe, S. T. Bryson, M. D. Still, V. Antoci, T. Appourchaux, S. Basu, T. R. Bedding, O. Benomar, R. A. Garcia, D. Huber, H. Kjeldsen, D. W. Latham, T. S. Metcalfe, P. I. Pápics, T. R. White, C. Aerts, J. Ballot, T. S. Boyajian, M. Briquet, H. Bruntt, L. A. Buchhave, T. L. Campante, G. Catanzaro, J. Christensen-Dalsgaard, G. R. Davies, G. Doğan, D. Dragomir, A. P. Doyle, Y. Elsworth, A. Frasca, P. Gaulme, M. Gruberbauer, R. Handberg, S. Hekker, C. Karoff, H. Lehmann, P. Mathias, S. Mathur, A. Miglio, J. Molenda-Żakowicz, B. Mosser, S. J. Murphy, C. Régulo, V. Ripepi, D. Salabert, S. G. Sousa, D. Stello, and K. Uytterhoeven. Detection of Solar-like Oscillations, Observational Constraints, and Stellar Models for θ Cyg, the Brightest Star Observed By the Kepler Mission. Astrophys. J., 831:17, November 2016.

[518] L. K. Harra, C. J. Schrijver, M. Janvier, S. Toriumi, H. Hudson, S. Matthews, M. M. Woods, H. Hara, M. Guedel, A. Kowalski, R. Osten, K. Kusano, and T. Lueftinger. The Characteristics of Solar X-Class Flares and CMEs: A Paradigm for Stellar Superflares and Eruptions? Solar Phys., 291:1761–1782, August 2016.

[519] I. A. Ivanov, J. Dubau, and K. T. Kim. Nondipole effects in strong-field ionization. Physical Review A: General Physics, 94(3):033405, September 2016.

[520] M. Janvier, A. Savcheva, E. Pariat, S. Tassev, S. Millholland, V. Bommier, P. McCauley, S. McKillop, and F. Dougan. Evolution of flare ribbons, electric currents, and quasi-separatrix layers during an X-class flare. Astron. Astrophys., 591:A141, July 2016.

[521] V. Joulin, E. Buchlin, J. Solomon, and C. Guennou. Energetic characterisation and statistics of solar coronal brightenings. Astron. Astrophys., 591:A148, July 2016.

[522] M. Kubo, Y. Katsukawa, Y. Suematsu, R. Kano, T. Bando, N. Narukage, R. Ishikawa, H. Hara, G. Giono, S. Tsuneta, S. Ishikawa, T. Shimizu, T. Sakao, A. Winebarger, K. Kobayashi, J. Cirtain, P. Champey, F. Auchère, J. Trujillo Bueno, A. Asensio Ramos, J. Štěpán, L. Belluzzi, R. Manso Sainz, B. De Pontieu, K. Ichimoto, M. Carlsson, R. Casini, and M. Goto. Discovery of Ubiquitous

Fast-Propagating Intensity Disturbances by the Chromospheric Lyman Alpha Spectropolarimeter (CLASP). Astrophys. J., 832:141, December 2016.

[523] B. Lavraud, Y. Liu, K. Segura, J. He, G. Qin, M. Temmer, J.-C. Vial, M. Xiong, J. A. Davies, A. P. Rouillard, R. Pinto, F. Auchère, R. A. Harrison, C. Eyles, W. Gan, P. Lamy, L. Xia, J. P. Eastwood, L. Kong, J. Wang, R. F. Wimmer-Schweingruber, S. Zhang, Q. Zong, J. Soucek, J. An, L. Prech, A. Zhang, P. Rochus, V. Bothmer, M. Janvier, M. Maksimovic, C. P. Escoubet, E. K. J. Kilpua, J. Tappin, R. Vainio, S. Poedts, M. W. Dunlop, N. Savani, N. Gopalswamy, S. D. Bale, G. Li, T. Howard, C. DeForest, D. Webb, N. Lugaz, S. A. Fuselier, K. Dalmasse, J. Tallineau, D. Vranken, and J. G. Fernández. A small mission concept to the Sun-Earth Lagrangian L5 point for innovative solar, heliospheric and space weather science. Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, 146:171–185, August 2016.

[524] J. J. Masías-Meza, S. Dasso, P. Démoulin, L. Rodriguez, and M. Janvier. Superposed epoch study of ICME sub-structures near Earth and their effects on Galactic cosmic rays. Astron. Astrophys., 592:A118, August 2016.

[525] E. R. Priest, D. W. Longcope, and M. Janvier. Evolution of Magnetic Helicity During Eruptive Flares and Coronal Mass Ejections. Solar Phys., 291:2017–2036, August 2016.

[526] L. Rodriguez, J. J. Masías-Meza, S. Dasso, P. Démoulin, A. N. Zhukov, A. M. Gulisano, M. Mierla, E. Kilpua, M. West, D. Lacatus, A. Paraschiv, and M. Janvier. Typical Profiles and Distributions of Plasma and Magnetic Field Parameters in Magnetic Clouds at 1 AU. Solar Phys., 291:2145–2163, August 2016.

[527] J.-C. Vial and M. Chane-Yook. Neutral Hydrogen and Its Emission Lines in the Solar Corona. Solar Phys., 291:3549–3566, December 2016.

[528] J.-C. Vial, G. Pelouze, P. Heinzel, L. Kleint, and U. Anzer. Observed IRIS Profiles of the h and k Doublet of Mg ii and Comparison with Profiles from Quiescent Prominence NLTE Models. Solar Phys., 291:67–87, January 2016.

2017

[529] F. Anders, C. Chiappini, I. Minchev, A. Miglio, J. Montalbán, B. Mosser, T. S. Rodrigues, B. X. Santiago, F. Baudin, T. C. Beers, L. N. da Costa, R. A. García, D. A. García-Hernández, J. Holtzman, M. A. G. Maia, S. Majewski, S. Mathur, A. Noels-Grotsch, K. Pan, D. P. Schneider, M. Schultheis, M. Steinmetz, M. Valentini, and O. Zamora. Red giants observed by CoRoT and APOGEE: The evolution of the Milky Way's radial metallicity gradient. Astron. Astrophys., 600:A70, April 2017.

[530] F. Auchère, C. Froment, K. Bocchialini, E. Buchlin, and J. Solomon. Erratum: "On the Fourier and Wavelet Analysis of Coronal Time Series" (2016, ApJ, 825, 110). Astrophys. J., 838:166, April 2017.

[531] D. Baker, M. Janvier, P. Démoulin, and C. H. Mandrini. Apparent and Intrinsic Evolution of Active Region Upflows. Solar Phys., 292:46, April 2017.

[532] A. S. Bonomo, G. Hébrard, S. N. Raymond, F. Bouchy, A. Lecavelier des Etangs, P. Bordé, S. Aigrain, J.-M. Almenara, R. Alonso, J. Cabrera, S. Csizmadia, C. Damiani, H. J. Deeg, M. Deleuil, R. F. Díaz, A. Erikson, M. Fridlund, D. Gandolfi, E. Guenther, T. Guillot, A. Hatzes, A. Izidoro, C. Lovis, C. Moutou, M. Ollivier, M. Pätzold, H. Rauer, D. Rouan, A. Santerne, and J. Schneider. A deeper view of the CoRoT-9 planetary system. A small non-zero eccentricity for CoRoT-9b likely generated by planet-planet scattering. Astron. Astrophys., 603:A43, July 2017.

[533] E. Fossat, P. Boumier, T. Corbard, J. Provost, D. Salabert, F. X. Schmider, A. H. Gabriel, G. Grec, C. Renaud, J. M. Robillot, T. Roca-Cortés, S. Turck-Chièze, R. K. Ulrich, and M. Lazrek. Asymptotic g modes: Evidence for a rapid rotation of the solar core. Astron. Astrophys., 604:A40, August 2017.

[534] C. Froment, F. Auchère, G. Aulanier, Z. Mikić, K. Bocchialini, E. Buchlin, and J. Solomon. Long-period Intensity Pulsations in Coronal Loops Explained by Thermal Non-equilibrium Cycles. Astrophys. J., 835:272, February 2017.

[535] G. Giono, R. Ishikawa, N. Narukage, R. Kano, Y. Katsukawa, M. Kubo, S. Ishikawa, T. Bando, H. Hara, Y. Suematsu, A. Winebarger, K. Kobayashi, F. Auchère, J. Trujillo Bueno, S. Tsuneta, T. Shimizu, T. Sakao, J. Cirtain, P. Champey, A. Asensio Ramos, J. Štěpán, L. Belluzzi, R. Manso Sainz, B. De Pontieu, K. Ichimoto, M. Carlsson, R. Casini, and M. Goto. Polarization Calibration of the Chromospheric Lyman-Alpha SpectroPolarimeter for a 0.1% Polarization Sensitivity in the VUV Range. Part II: In-Flight Calibration. Solar Phys., 292:57, April 2017.

[536] J. Guo, T. C. Slaba, C. Zeitlin, R. F. Wimmer-Schweingruber, F. F. Badavi, E. Böhm, S. Böttcher, D. E. Brinza, B. Ehresmann, D. M. Hassler, D. Matthiä, and S. Rafkin. Dependence of the Martian radiation environment on atmospheric depth: Modeling and measurement. Journal of Geophysical Research (Planets), 122:329–341, February 2017.

[537] J. Guo, C. Zeitlin, R. Wimmer-Schweingruber, D. M. Hassler, J. Köhler, B. Ehresmann, S. Böttcher, E. Böhm, and D. E. Brinza. Measurements of the neutral particle spectra on Mars by MSL/RAD from 2015-11-15 to 2016-01-15. Life Sciences and Space Research, 14:12–17, August 2017.

[538] R. Ishikawa, J. Trujillo Bueno, H. Uitenbroek, M. Kubo, S. Tsuneta, M. Goto, R. Kano, N. Narukage, T. Bando, Y. Katsukawa, S. Ishikawa, G. Giono, Y. Suematsu, H. Hara, T. Shimizu, T. Sakao, A. Winebarger, K. Kobayashi, J. Cirtain, P. Champey, F. Auchère, J. Štěpán, L. Belluzzi, A. Asensio Ramos, R. Manso Sainz, B. De Pontieu, K. Ichimoto, M. Carlsson, and R. Casini. Indication of the Hanle Effect by Comparing the Scattering Polarization Observed by CLASP in the Lyα and Si III 120.65 nm Lines. Astrophys. J., 841:31, May 2017.

[539] S.-n. Ishikawa, M. Kubo, Y. Katsukawa, R. Kano, N. Narukage, R. Ishikawa, T. Bando, A. Winebarger, K. Kobayashi, J. Trujillo Bueno, and F. Auchère. CLASP/SJ Observations of Rapid Time Variations in the Lyα Emission in a Solar Active Region. Astrophys. J., 846:127, September 2017.

[540] M. Janvier. Three-dimensional magnetic reconnection and its application to solar flares. Journal of Plasma Physics, 83(1):535830101, February 2017.

[541] W. Jarrah, D. Benredjem, J.-C. Pain, and J. Dubau. NLTE opacity calculations: C-Si and C-Ge mixtures. High Energy Density Physics, 24:64–74, September 2017.

[542] R. Kano, J. Trujillo Bueno, A. Winebarger, F. Auchère, N. Narukage, R. Ishikawa, K. Kobayashi, T. Bando, Y. Katsukawa, M. Kubo, S. Ishikawa, G. Giono, H. Hara, Y. Suematsu, T. Shimizu, T. Sakao, S. Tsuneta, K. Ichimoto, M. Goto, L. Belluzzi, J. Štěpán, A. Asensio Ramos, R. Manso Sainz, P. Champey, J. Cirtain, B. De Pontieu, R. Casini, and M. Carlsson. Discovery of Scattering Polarization in the Hydrogen Lyα Line of the Solar Disk Radiation. Astrophys. J. Lett., 839:L10, April 2017.

[543] D. Matthiä, D. M. Hassler, W. de Wet, B. Ehresmann, A. Firan, J. Flores-McLaughlin, J. Guo, L. H. Heilbronn, K. Lee, H. Ratliff, R. R. Rios, T. C. Slaba, M. Smith, N. N. Stoffle, L. W. Townsend, T. Berger, G. Reitz, R. F. Wimmer-Schweingruber, and C. Zeitlin. The radiation environment on the surface of Mars - Summary of model calculations and comparison to RAD data. Life Sciences and Space Research, 14:18–28, August 2017.

[544] A. Miglio, C. Chiappini, B. Mosser, G. R. Davies, K. Freeman, L. Girardi, P. Jofré, D. Kawata, B. M. Rendle, M. Valentini, L. Casagrande, W. J. Chaplin, G. Gilmore, K. Hawkins, B. Holl, T. Appourchaux, K. Belkacem, D. Bossini, K. Brogaard, M.-J. Goupil, J. Montalbán, A. Noels, F. Anders, T. Rodrigues, G. Piotto, D. Pollacco, H. Rauer, C. A. Prieto, P. P. Avelino, C. Babusiaux, C. Barban, B. Barbuy, S. Basu, F. Baudin, O. Benomar, O. Bienaymé, J. Binney, J. Bland-Hawthorn, A. Bressan, C. Cacciari, T. L. Campante, S. Cassisi, J. Christensen-Dalsgaard, F. Combes, O. Creevey, M. S. Cunha, R. S. Jong, P. Laverny, S. Degl'Innocenti, S. Deheuvels, É. Depagne, J. Ridder, P. D. Matteo, M. P. D. Mauro, M.-A. Dupret, P. Eggenberger, Y. Elsworth, B. Famaey, S. Feltzing, R. A. García, O. Gerhard, B. K. Gibson, L. Gizon, M. Haywood, R. Handberg, U. Heiter, S. Hekker, D. Huber, R. Ibata, D. Katz, S. D. Kawaler, H. Kjeldsen, D. W. Kurtz, N. Lagarde, Y. Lebreton, M. N. Lund, S. R. Majewski, P. Marigo, M. Martig, S. Mathur, I. Minchev, T. Morel, S. Ortolani, M. H. Pinsonneault, B. Plez, P. G. P. Moroni, D. Pricopi, A. Recio-Blanco, C. Reylé, A. Robin, I. W. Roxburgh, M. Salaris, B. X. Santiago, R. Schiavon, A. Serenelli, S. Sharma, V. S. Aguirre, C. Soubiran, M. Steinmetz, D. Stello, K. G. Strassmeier, P. Ventura, R. Ventura, N. A. Walton, and C. C. Worley. PLATO as it is : A legacy mission for Galactic archaeology. Astronomische Nachrichten, 338:644–661, July 2017.

[545] N. Narukage, M. Kubo, R. Ishikawa, S.-n. Ishikawa, Y. Katsukawa, T. Kobiki, G. Giono, R. Kano, T. Bando, S. Tsuneta, F. Auchère, K. Kobayashi, A. Winebarger, J. McCandless, J. Chen, and J. Choi. High-Reflectivity Coatings for a Vacuum Ultraviolet Spectropolarimeter. Solar Phys., 292:40, March 2017.

[546] S. Parenti, G. del Zanna, A. Petralia, F. Reale, L. Teriaca, P. Testa, and H. E. Mason. Spectroscopy of Very Hot Plasma in Non-flaring Parts of a Solar Limb Active Region: Spatial and Temporal Properties. Astrophys. J., 846:25, September 2017.

[547] C. Pinçon, K. Belkacem, M. J. Goupil, and J. P. Marques. Can plume-

induced internal gravity waves regulate the core rotation of subgiant stars? Astron. Astrophys., 605:A31, September 2017.

[548] V. Polito, G. Del Zanna, G. Valori, E. Pariat, H. E. Mason, J. Dudík, and M. Janvier. Analysis and modelling of recurrent solar flares observed with Hinode/EIS on March 9, 2012. Astron. Astrophys., 601:A39, May 2017.

[549] D. I. Pontin, M. Janvier, S. K. Tiwari, K. Galsgaard, A. R. Winebarger, and J. W. Cirtain. Observable Signatures of Energy Release in Braided Coronal Loops. Astrophys. J., 837:108, March 2017.

[550] A. P. Rouillard, B. Lavraud, V. Génot, M. Bouchemit, N. Dufourg, I. Plotnikov, R. F. Pinto, E. Sanchez-Diaz, M. Lavarra, M. Penou, C. Jacquey, N. André, S. Caussarieu, J.-P. Toniutti, D. Popescu, E. Buchlin, S. Caminade, P. Alingery, J. A. Davies, D. Odstrcil, and L. Mays. A propagation tool to connect remote-sensing observations with in-situ measurements of heliospheric structures. Planetary Space Science, 147:61–77, November 2017.

[551] J. F. Rowe, P. Gaulme, J. J. Lissauer, M. S. Marley, A. A. Simon, H. B. Hammel, V. Silva Aguirre, T. Barclay, O. Benomar, P. Boumier, D. A. Caldwell, S. L. Casewell, W. J. Chaplin, K. D. Colón, E. Corsaro, G. R. Davies, J. J. Fortney, R. A. Garcia, J. E. Gizis, M. R. Haas, B. Mosser, and F.-X. Schmider. Time-series Analysis of Broadband Photometry of Neptune from K2. Astronomical Journal, 153:149, April 2017.

[552] D. Schmit, A. V. Sukhorukov, B. De Pontieu, J. Leenaarts, C. Bethge, A. Winebarger, F. Auchère, T. Bando, R. Ishikawa, R. Kano, K. Kobayashi, N. Narukage, and J. Trujillo Bueno. Comparison of Solar Fine Structure Observed Simultaneously in Lyα and Mg II h. Astrophys. J., 847:141, October 2017.

[553] T. R. White, O. Benomar, V. Silva Aguirre, W. H. Ball, T. R. Bedding, W. J. Chaplin, J. Christensen-Dalsgaard, R. A. Garcia, L. Gizon, D. Stello, S. Aigrain, H. M. Antia, T. Appourchaux, M. Bazot, T. L. Campante, O. L. Creevey, G. R. Davies, Y. P. Elsworth, P. Gaulme, R. Handberg, S. Hekker, G. Houdek, R. Howe, D. Huber, C. Karoff, J. P. Marques, S. Mathur, A. McQuillan, T. S. Metcalfe, B. Mosser, M. B. Nielsen, C. Régulo, D. Salabert, and T. Stahn. Kepler observations of the asteroseismic binary HD 176465. Astron. Astrophys., 601:A82, May 2017.

[554] O. Witasse, B. Sánchez-Cano, M. L. Mays, P. Kajdič, H. Opgenoorth, H. A. Elliott, I. G. Richardson, I. Zouganelis, J. Zender, R. F. Wimmer-Schweingruber, L. Turc, M. G. G. T. Taylor, E. Roussos, A. Rouillard, I. Richter, J. D. Richardson, R. Ramstad, G. Provan, A. Posner, J. J. Plaut, D. Odstrcil, H. Nilsson, P. Niemenen, S. E. Milan, K. Mandt, H. Lohf, M. Lester, J.-P. Lebreton, E. Kuulkers, N. Krupp, C. Koenders, M. K. James, D. Intzekara, M. Holmstrom, D. M. Hassler, B. E. S. Hall, J. Guo, R. Goldstein, C. Goetz, K. H. Glassmeier, V. Génot, H. Evans, J. Espley, N. J. T. Edberg, M. Dougherty, S. W. H. Cowley, J. Burch, E. Behar, S. Barabash, D. J. Andrews, and N. Altobelli. Interplanetary coronal mass ejection observed at STEREO-A, Mars, comet 67P/Churyumov-Gerasimenko, Saturn, and New Horizons en route to Pluto: Comparison of its Forbush decreases at 1.4, 3.1, and 9.9 AU. Journal of Geophysical Research (Space Physics), 122:7865–7890, August 2017.

2018

[555] C. E. Alissandrakis, J. C. Vial, A. Koukras, E. Buchlin, and M. Chane-Yook. IRIS Observations of Spicules and Structures Near the Solar Limb. Solar Phys., 293, February 2018.

[556] T. Appourchaux, P. Boumier, J. W. Leibacher, and T. Corbard. Searching for g modes. I. A new calibration of the GOLF instrument. Astron. Astrophys., 617:A108, September 2018.

[557] F. Auchère, C. Froment, E. Soubrié, P. Antolin, R. Oliver, and G. Pelouze. The Coronal Monsoon: Thermal Nonequilibrium Revealed by Periodic Coronal Rain. Astrophys. J., 853:176, February 2018.

[558] O. Benomar, M. Goupil, K. Belkacem, T. Appourchaux, M. B. Nielsen, M. Bazot, L. Gizon, S. Hanasoge, K. R. Sreenivasan, and B. Marchand. Asymmetry of Line Profiles of Stellar Oscillations Measured by Kepler for Ensembles of Solar-like Oscillators: Impact on Mode Frequencies and Dependence on Effective Temperature. Astrophys. J., 857:119, April 2018.

[559] K. Bocchialini, B. Grison, M. Menvielle, A. Chambodut, N. Cornilleau-Wehrlin, D. Fontaine, A. Marchaudon, M. Pick, F. Pitout, B. Schmieder, S. Régnier, and I. Zouganelis. Statistical Analysis of Solar Events Associated with Storm Sudden Commencements over One Year of Solar Maximum During Cycle 23: Propagation from the Sun to the Earth and Effects. Solar Phys., 293:75, May 2018.

[560] C. Froment, F. Auchère, Z. Mikić, G. Aulanier, K. Bocchialini, E. Buchlin, J. Solomon, and E. Soubrié. On the Occurrence of Thermal Nonequilibrium in Coronal Loops. Astrophys. J., 855, March 2018.

[561] W. Liu, J.-C. Vial, P. Antolin, X. Sun, and T. Berger. Cool Material in the Hot Solar Corona and the Chromosphere-Corona Mass Cycle. In 42nd COSPAR Scientific Assembly, volume 42 of COSPAR Meeting, pages D2.2–29–18, July 2018.

[562] F. Marcadon, T. Appourchaux, and J. P. Marques. Asteroseismic and orbital analysis of the triple star system HD 188753 observed by Kepler. Astron. Astrophys., 617:A2, September 2018.

[563] S. Parenti, J.-C. Vial, and G. Del Zanna. Chemical fractionation in solar prominences. In 42nd COSPAR Scientific Assembly, volume 42 of COSPAR Meeting, pages D2.2–40–18, July 2018.

[564] P. Zhang, J.-C. Vial, and E. Buchlin. An analysis of simultaneous observations of a CME-associated eruptive prominence with IRIS, AIA/SDO, EUVI/STEREO and K-COR. In 42nd COSPAR Scientific Assembly, volume 42 of COSPAR Meeting, pages D2.2–35–18, July 2018.

[565] P. Zhang, J.-C. Vial, and E. Buchlin. Physical conditions in a prominence eruption during its pre-eruption and acceleration. In 42nd COSPAR Scientific Assembly, volume 42 of COSPAR Meeting, pages E2.1–30–18, July 2018.

10.2 Liste des thèses et des HDR

10.2.1 Liste des thèses soutenues entre le 01/07/2013 et le 30/06/2018

Doctorant	Date de soutenance	Titre de la thèse
Fabien LACASA	23/09/2013	Non-Gaussianity and extragalactic foregrounds to the Cosmic Microwave Background
Morgane COUSIN	24/09/2013	Formation & Evolution des galaxies par l'approche semi-analytique
Vincent BUTTICE	30/09/2013	Caractérisation et étalonnage de la caméra de l'expérience ballon PILOT (Polarized Instrument for Long wavelength Observation of the Tenuous interstellar medium)
Sihane MEROUANE	11/10/2013	Etude en laboratoire de grains extraterrestres et de leurs analogues de synthèse
Stéphane ILIC	23/10/2013	The large scale structures. A window on the dark components of the Universe
Chloé GUENNOU	24/10/2013	Propriétés thermiques et morphologiques de la couronne solaire : estimation de la robustesse des diagnostics par mesure d'émission différentielle (DEM) et reconstructions tomographiques des pôles
Cédric COLLET	28/04/2014	Role of AGN feedback in galaxy evolution at high-redshift
Marco BOCCHIO	16/09/2014	Modelling Dust Processing and Evolution in Extreme Environments as seen by Herschel

		Space Observatory
Supratik BANERJEE	25/09/2014	Compressible turbulence in space and astrophysical plasmas : Analytical approach and in-situ data analysis for the solar wind
Agnès FERTE	26/09/2014	Statistics of the CMB polarised anisotropies : unveiling the primordial universe
Jiaqiang ZHONG	24/11/2014	Characterization of terahertz superconducting transition-edge sensor bolometric detectors
Paola MODICA	26/11/2014	From astrophysics to astrobiology : significance of laboratory organic residues from photo-irradiation of cosmic ice analogs
Joachim AUDOUARD	08/12/2014	Propriétés thermo-physiques et hydratation de la surface de Mars
Andréa BRACCO	16/12/2014	Statistical properties of the galactic magnetic field observed with the Planck satellite
Julian RODRIGUEZ-FERREIRA	26/01/2015	Étalonnage au sol de l'instrument SIMBIO-SYS à bord de la mission ESA/BEPICOLOMBO
Vincent JOULIN	12/05/2015	Étude statistique et propriétés énergétiques des petits embrillancements dans la couronne solaire
David GUERY	17/09/2015	Étude statistique des structures à grand redshift observées par les satellites Planck et Herschel
Anna PARIKKA	28/09/2015	Properties and evolution of dense structures in the interstellar medium
Antoine MINIUSSI	05/10/2015	Étude et modélisation de l'interaction des particules cosmiques avec les détecteurs cryogéniques de l'astronomie submillimétrique

		et X
Lapo FANCIULLo	16/12/2015	New insights on dust properties from Planck intensity and polarization data
Clément MARTINACHE	26/09/2016	Le printemps cosmique des grandes structures : Spitzer et la recherche de structures à z∼2 à hauts taux de formation stellaire dans le sillage de Planck et Herschel
Raoul CAÑAMERAS	26/09/2016	Zooming in on star formation in the brightest galaxies of the early universe discovered with the Planck and Herschel satellites
Clara FROMENT	29/09/2016	Pulsations d'intensité de longue période : signature de la stratification et de la fréquence du chauffage dans les boucles coronales solaires
Jean-Baptiste DURRIVE	13/10/2016	Processus baryoniques de la structuration de l'univers à grande échelle
Nicolas LIGIER	05/12/2016	Etude des corps glacés du système solaire à travers deux cibles majeures de l'exploration spatiale : la comète 67P/C-G et le satellite Europe
Chentao YANG	22/07/2017	Physical conditions of the ISM in high-z submillimetre bright galaxies
Lucie RIU	09/11/2017	Étude des surfaces planétaires par imagerie hyperspectrale dans le proche infrarouge, à l'échelle macroscopique avec OMEGA et à l'échelle microscopique avec MicrOmega
Frédéric MARCADON	20/03/2018	Détection et modélisation de binaires sismiques avec Kepler

10.2.2 Liste des thèses en cours

Doctorant	Date de première inscription
Benjamin CLARENC	01/10/2015
Samantha STEVER	01/10/2015
Amine HADJ YOUCEF	01/10/2015
Zéliat DIONNET	01/10/2015
Ping ZHANG	04/01/2016
Pierre GUIOT	01/10/2016
Gabriel PELOUZE	01/10/2016
Antoine MARCHAL	01/10/2016
Victor BONJEAN	01/10/2016
Nadège LEMARCHAND	01/10/2016
Thomas BOUTERAON	01/10/2016
Edouard LECOQ	01/10/2017
Louis LEGRAND	01/10/2017
Adélie GORCE	01/10/2017
Thiébaut SCHIRMER	01/10/2017
Natalia ZAMBRANA PRADO	01/10/2017
Louis MANCHON	01/10/2017
Clément ROYER	01/10/2017

10.2.3 Liste des HDR soutenues entre le 01/07/2013 et le 30/06/2018

Nom	Date de soutenance	Titre de la HDR
Zahia DJOUADI	30/09/2013	Analyse et simulation en laboratoire de matériaux extraterrestres
Mathieu LANGER	19/11/2013	Juste une goutte de MARC : Magnétisme, Accélération et Réionisation Cosmiques
Marian DOUSPIS	24/04/2014	Cosmologie et grandes structures en micro-ondes
Julien GRAIN	13/06/2014	Vers une construction microphysique du paradigme cosmologique : Prédictions et observations dans un univers quantique
Eric BUCHLIN	24/10/2014	Dynamique turbulente de la couronne et du vent solaires
Emilie HABART	23/07/2015	Evolution physico-chimique de la matière interstellaire : une des clés de la formation des étoiles et des planètes
Rosario BRUNETTO	15/12/2015	Analyses non-destructives de matériaux extraterrestres et étude des processus énergétiques déterminant leur évolution
Vincent GUILLET	16/12/2015	New constraints for dust models from Planck total and polarized emission
Mathieu VINCENDON	12/07/2016	Mars et de ses évolutions climatiques

11 ANNEXE 3 : LISTES DES PERSONNELS DE L'IAS AU 01/06/2018

Sommaire

11.1 Chercheurs permanents 301
11.2 Post-doctorants 303
11.3 Doctorants 303
11.4 Personnel administratif permanent 304
11.5 Personnel technique permanent 305
11.6 Personnel administratif contractuel 307
11.7 Personnel technique contractuel 307

11.1 Chercheurs permanents

Cosmologie et Extragalactique

Nabila AGHANIM (DR)
Alexandre BEELEN (Ast)
Noël CORON (DR)
Hervé DOLE (MdC)
Marian DOUSPIS (Ast)
Julien GRAIN (CR)
Mathieu LANGER (MdC)
Bruno MAFFEI (PR)
Nicole NESVADBA (CR)
Jean-Loup PUGET (DR)

Astrophysique de la Matière InterStellaire

Alain ABERGEL (PR)
Vincent GUILLET (MdC)
Emilie HABART (MdC)
Anthony JONES (DR)
Guillaume PINEAU DES FORETS (PR)
Laurent VERSTRAETE (PR)
Nathalie YSARD (CR)

Astrochimie et origines

Alice ALEON (MdC)
Donia BAKLOUTI (MdC)
Rosario BRUNETTO (CR)
Zahia DJOUADI (MdC)
Louis d'HENDECOURT (DR)

Physique du système solaire et des systèmes planétaires

Jean-Pierre BIBRING (PR)
John CARTER (Ast)
Yves LANGEVIN (DR)
Alain LEGER (DR)
Marc OLLIVIER (Ast)
Cédri PILORGET (MdC)
François POULET (Ast)
Mathieu VINCENDON (MdC)

Physique solaire et stellaire

Thierry APPOURCHAUX (DR)
Frédéric AUCHERE (Ast)
Frédéric BAUDIN (Ast)
Karine BOCCHIALINI (PR)
Patrick BOUMIER (CR)
Eric BUCHLIN (CR)
Joao CADILHE MARQUES (MdC)
Jacques DUBAU (DR)
Miho JANVIER (Ast)
Jacques SOLOMON (PR)
Jean-Claude VIAL (DR)

11.2 Post-doctorants

Cosmologie et Extragalactique

Giulio FABBIAN
Reinier JANSSEN
Luca PAGANO
Raphael PERALTA
Abdellah ROUSSAFI
Laura SALVATI
Hideki TANIMURA

Astrophysique de la Matière InterStellaire

Pieter DE VIS
Sambit ROY CHOWDHURY

Physique du système solaire et des systèmes planétaires

Cateline LANTZ
Lucie RIU

Physique solaire et stellaire

Susanna PARENTI
Charly PINCON
Mengxue SHI

11.3 Doctorants

Cosmologie et Extragalactique

Victor BONJEAN
Benjamin CLARENC
Adélie GORCE
Edouard LECOQ
Louis LEGRAND
Nadège LEMARCHAND
Samantha STEVER

Astrophysique de la Matière InterStellaire

Thomas BOUTERAON
Amine HADJ YOUCEF
Thiébaut SCHIRMER

Astrochimie et origines

Zélia DIONNET

Physique du système solaire et des systèmes planétaires

Pierre GUIOT
Clément ROYER

Physique solaire et stellaire

Louis MANCHON
Gabriel PELOUZE
Natalia ZAMBRANA
Ping ZHANG

11.4 Personnel administratif permanent

Administratrice

Laurence ANTUNES (IE)

Assistante de direction

Véronique SARRAZIN (AI)

Ressources humaines

Patricia JEAUNEAU (AI)
Aïcha AZZOUZ (AJTP)

Communication

Catherine COUGRAND (TCE)

Gestion financière

Saliha HAMDI (AI)
Sonia GERMANY (TCN)
Sonia LAUNAY (TCS)
Catherine RIVALAIN (AI)

Gestion administrative des projets et équipes

Hélène BLAVOT (AI)
Chloë GUALLAR (AI)

Logistique

Aïcha AZZOUZ (AJTP)
Jack NEBOR (ATRF)

11.5 Personnel technique permanent

Instrumentation

Bruno CRANE (TCE)
Jean-Pierre DUBOIS (IR1-CdP)
François LANGLET (IEHC)
Jean-Christophe LE CLEC'H (IR2-CdP)
Obadias MIVUMBI (ASI)
Claudia RUIZ de GALARETTA FANJUL (IR2)

Informatique et IDOC

Hervé BALLANS (IR2)
Stéphane CAMINADE (IR2)
Martine CHANE-YOOK (IGR2)
Karin DASSAS (IRHC)
Marc DEXET (IR2)
Brigitte GONDET (IRHC)
Claude MERCIER (IR1)
Gilles POULLEAU (IRHC)
Elie SOUBRIE (IR1)
Laurent VIBERT (IR1)

Mécanique/Thermique/Cryogénique

Antoine ARONDEL (IR2)
Julien BARBAY (AI)
Mehdi BOUZIT (IECN)
Cydalise DUMESNIL (IRHC-CdP)
Jean-Christophe LE CLEC'H (IR2-CdP)
Gilles MORINAUD (IEHC)
Gérard ROUILLE (IR1)
Nicolas SZWEC (TCS)

Optique

Vincent HAMM (IR2-CdP)
Benoît LECOMTE (IECN)
Yuying LONGVAL (IR1-CdP)
Anne PHILIPPON (IR1-CdP)
Xueyan SONG-ZHANG (IR1)

Station d'étalonnage

Mathieu CONDAMIN (IR2)
Serge FRANCOIS (AI)
Jérémie HANSOTTE (AI)
Paul LAMI (IGRHC)
Christine NICOLAS (IEHC)
Philippe PRADEL (AI)
Catherine TAMIATTO (IECN)

Electronique

Vincent CARLIER (IR2-CdP)
Mireille CHAIGNEAU (TCE)
Ludovic GONNOD (IEHC)
Cyrille HANNOU (IGE2)
Veronique HERVIER (IEHC)
Stéphane TOSTI (IECN)

11.6 Personnel administratif contractuel

Gestion financière

Loëva REMITA (AJT)
Sonia VANOT (AJT)

Bibliothèque et secrétariat Ecole doctorale

Loëva REMITA (AJT)

11.7 Personnel technique contractuel

Instrumentation

Guillaume LEQUERTIER(IR)
Valentin SAUVAGE (IR)

Informatique et IDOC

Christophe COSSOU (IR)
Vincent DUPLOUICH (IE)
Imène LAJILI (IR)
Magali MEBSOUT (IR)
Sony VINGATARAMIN (IR)
Babacar WADE (IE)

Mécanique/Thermique/Cryogénique

Benjamin VERDIER (AI)

Station d'étalonnage

Mehdy BEN HAFSIA (IR)