

Titre du projet : Préparation des missions spatiales Rosetta 2014 et New Horizon 2015 – Données base GhoSST

Volet : Recherche & Observation (Jouvence)

Porteur du projet : Bernard Schmitt

Laboratoires impliqués : IPAG, équipe Planéto

Bilan du projet pour la période 2013-2014

Bilan d'activité

Contexte et objectif de la demande

Deux importantes missions spatiales d'exploration de petits corps du système solaire sont en cours pour les 3 prochaines années :

- Rosetta (ESA) : exploration de la comète P67/Churyumov-Gerasimenko durant au moins 2 ans (août 2014-2016)
- New Horizons (NASA) : survol de Pluton et de ses satellites (juillet 2015) et d'un/plusieurs Objet de la ceinture de Kuiper (> 2017)

Ces missions vont nous apporter de grandes quantités d'information sur la nature, la composition, les évolutions et l'origine de ces objets lointains du système solaire. Et par là sur les conditions ayant prévalu dans les parties externes de la nébuleuse lors de la formation de ces objets. Nous sommes co-investigateurs du spectromètre / spectro-imageur visible-infrarouge **VIRTIS de Rosetta** et du spectro-imageur visible-infrarouge **RALPH de New Horizons** avec dans les deux cas la charge de l'analyse de la nature et de la composition de la phase solide à la surface et dans les grains du fait de notre expérience dans ce domaine depuis près de 25 ans (LGGE=>LPG=>IPAG). En particulier une de nos forces dans la communauté planétologique mondiale est le développement d'expériences de laboratoire originales pour l'étude des propriétés spectroscopiques et thermodynamiques des glaces, des minéraux hydratés et de la matière organique, ainsi que l'étude de leurs liens génétiques et de leurs interactions. Renforcée par la **base de données spectroscopiques des solides GhoSST**.

Les deux premiers systèmes expérimentaux qui ont été développés sont :

- Un système de spectroscopie en transmission des solides à basse température : un **spectromètre infrarouge à transformée de Fourier équipé d'une enceinte optique ultravide** munie d'un cryostat à circuit fermé d'Hélium (10-300K) pouvant accueillir divers types de cellules optiques cryogéniques (fenêtre infrarouge, cellule fermée, ...).
- Un système de réflectance bidirectionnelle des surfaces : un **spectro-gonio radiomètre** couvrant le spectre solaire et l'ensemble des configurations angulaires soleil-cible-satellite. Il est placé en chambre froide (-20°C) et peut accueillir diverses cellules environnementales (SERAC, CarboNIR, ...).

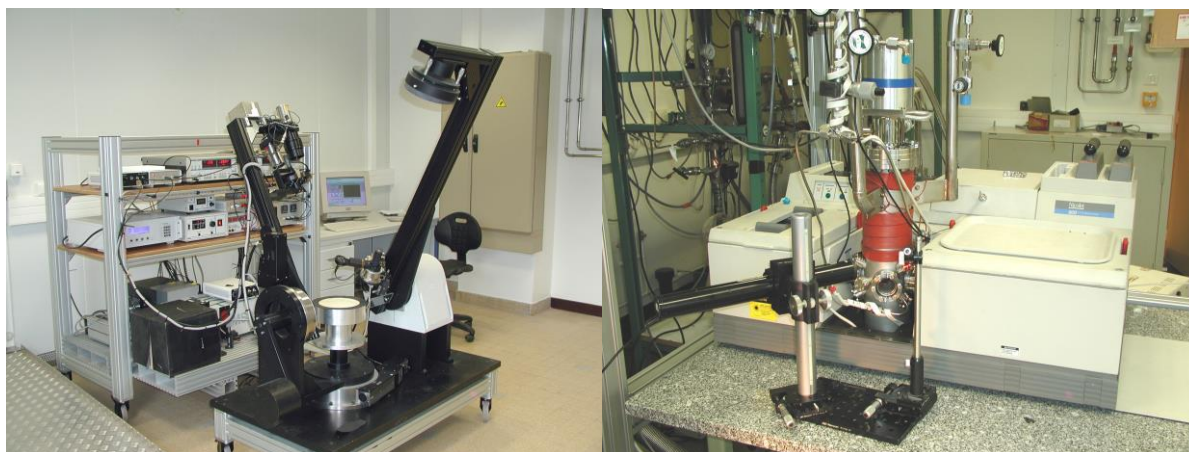
Travail effectué

Une **jouvence** sur les deux instruments nécessaires à ces projets a été réalisée :

- Système de spectroscopie en transmission des solides à basse température : le **cryostat à circuit fermé d'Hélium** (10-300K) a été remplacé (avec mesure et contrôle de température) afin de garantir le fonctionnement de cette expérience.
- Système de réflectance bidirectionnelle des surfaces : Le **contrôleur des mouvements des 3 moteurs du goniomètre** qui a rendu l'âme en octobre 2012 a été remplacé.

Grâce à cette opération de jouvence ces deux instruments ont permis de mesurer les propriétés spectroscopiques en transmission et en réflexion de glaces, de minéraux hydratés et de matière organique terrestre, extraterrestre ou synthétique pour la préparation des missions spatiales Rosetta et New Horizons. Ces mesures ont été faites et se poursuivent dans le cadre de 4 thèses expérimentales : Florence Grisolle (2010-2013), Alexandre Garenne (2011-2014), Mathilde Faure (2013-2016), et Sylvain Philippe (2013-2016). Ces données expérimentales servent actuellement à l'interprétation des spectres de la surface du noyau de la comète P67/Churyumov-Gerasimenko et serviront d'ici peu à l'analyse des spectres de la surface de Pluton, Charon et ses petits satellites. Elles alimentent aussi la base de données de spectroscopie des solides GhoSST (<http://ghosst.osug.fr>).

Illustrations - avec légende et crédit (à envoyer également séparément)



Spectro-gonio radiomètre visible-infrarouge et son instrumentation (crédit : B. Schmitt, IPAG)

Spectromètre infrarouge à transformée de Fourier et son cryostat UHV (crédit : B. Schmitt, IPAG)

Production scientifique

Articles scientifiques

Garenne, A., G. Montes-Hernandez, P. Beck, B. Schmitt, O. Brissaud and A. Pommerol 2013. Gas-solid carbonation as a possible source of carbonates in cold planetary environments. *Planetary & Space Sciences*, **76**, 28-41 [doi: [10.1016/j.pss.2012.11.005](https://doi.org/10.1016/j.pss.2012.11.005)]

Beck, P., A. Garenne, E. Quirico, L. Bonal, G. Montes-Hernandez, F. Moynier, B. Schmitt 2014. Transmission infrared spectra (2–25 μm) of carbonaceous chondrites (CI, CM, CV–CK, CR, C2 ungrouped): Mineralogy, water, and asteroidal processes. *Icarus*, **229**, 263-277 [doi: [10.1016/j.icarus.2013.10.019](https://doi.org/10.1016/j.icarus.2013.10.019)]

Massé, M., P. Beck, B. Schmitt, A. Pommerol, A. McEwen, V.F. Chevrier, O. Brissaud and A. Séjourné 2014. Spectroscopy and detectability of liquid brines on Mars. *Planetary & Space Sciences*, 92, 136-149 [doi: [10.1016/j.pss.2014.01.018](https://doi.org/10.1016/j.pss.2014.01.018)]

Garenne, A., P. Beck, G. Montes-Hernandez, R. Chiriac, F. Toche, E. Quirico, L. Bonal, B. Schmitt 2014. The abundance and stability of “water” in type 1 and 2 carbonaceous chondrites (CI, CM and CR). *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **137**, 93-112 [doi: [10.1016/j.gca.2014.03.034](https://doi.org/10.1016/j.gca.2014.03.034)]

Beck P., E. Quirico, A. Garenne, Q-Z Yin, L. Bonal, B. Schmitt, G. Montes-Hernandez, G. Montagnac, R. Chiriac, F. Toche 2013. The secondary history of Sutter's Mill CM carbonaceous chondrite based on water abundance and the structure of its organic matter from two clasts. *Meteoritics & Planetary Science*, **49**, 2064-2073 [doi: [10.1111/maps.12273](https://doi.org/10.1111/maps.12273)]

Quirico E., François-Régis Orthous-Daunay, Pierre Beck, L. Bonal, R. Brunetto, E. Dartois, T. Pino, G. Montagnac, J-N Rouzaud, C. Engrand and J. Duprat 2014. Origin of insoluble organic matter in type 1 and 2 chondrites: new clues, new questions. *Geochimica Cosmochimica Acta*, 136, 80-99.

Bonnet J-Y, E. Quirico, A. Buch, C. Szopa, N. Carrasco, G. Cernogora, R. Thissen, N. Fray, H. Cottin, L. Leroy and G. Montagnac 2013. Formation of analogs of cometary nitrogen-rich refractory organics from thermal degradation of tholin and HCN polymer. *Icarus*, in press.

Beck P., A. Pommerol, L. Remusat, B. Zanda, JP Lorand, C. Gopel, R. Hewins, S. Pont, E. Lewin, E. Quirico, B. Schmitt, G. Montes-Hernandez, A. Garenne, L. Bonal, O. Proux, JL Hazemann, V.C.F. Chevrier 2014. Hydrogen-bearing phases in the NWA 7533 meteorite and the origin of Martian surface hydration, *Nature*, submitted.

Capaccioni F., A. Coradini, G. Filacchione, S. Erard, G. Arnold, M.C. De Sanctis, M.T. Capria, F. Tosi, P. Cerroni, D. Bockelee-Morvan, C. Leyrat, B. Schmitt, E. Quirico, V. et al. 2014. 67P/Churyumov-Gerasimenko: The Organic-rich surface of a Kuiper Belt comet as seen by VIRTIS/Rosetta, *Science*, accepted.

Faure M., E. Quirico, A. Faure, B. Schmitt and P. Theulé 2014. Kinetics of hydrogen-deuterium exchanges in cometary and interstellar ices. *Icarus*, submitted

Grisolle F., B. Schmitt, P. Beck, S. Philippe, and O. Brissaud 2014. CarboNIR: an environmental call for the study of the formation and evolution CO₂ ice on Mars. *Planetary & Space Sciences*, in preparation

Actes de congrès

Garenne, A.; Beck, P.; Montes-Hernandez, G.; Chiriac, R.; Toche, F.; Brissaud, O.; Quirico, E.; Bonal, L.; Schmitt, B. 2014. Aqueous Alteration of Carbonaceous Chondrites Determined by Thermogravimetric Analysis and Infrared Spectroscopy. Implications for Interpreting V-NIR

Asteroidal Observation. 76th Annual Meeting of the Meteoritical Society, held July 29-August 7, 2013 in Edmonton, Canada. *Meteoritics and Planetary Science Supplement*, id.5169.

Krebsz, M.; Garenne, A.; Quirico, E.; Bonal, L.; Beck, P.; Vuitton, V.; Thissen, R.; Flandinet, L.; Schmitt, B.; Kereszturi, A. 2013. New Insights into the Composition of Wax-Like Materials in Chondrites. 76th Annual Meeting of the Meteoritical Society, held July 29-August 7, 2013 in Edmonton, Canada. *Meteoritics and Planetary Science Supplement*, id.5131.

Massé, M.; Beck, P.; Conway, S. J.; Gargani, J.; McEwen, A.; Schmitt, B.; Patel, M.; Jouannic, G.; Ojha, L.; Pommerol, A. 2014. Laboratory Simulation of Martian Recurring Slope Lineae (RSL): Origin and Detectability of Liquid Brines. *45th Lunar and Planetary Science Conference*, held 17-21 March, 2014 at The Woodlands, Texas. LPI Contribution No. 1777, p.2137.

Beck, P.; Pommerol, A.; Remusat, L.; Zanda, B.; Gopel, C.; Hewins, R. H.; Pont, S.; Lewin, E.; Quirico, E.; Schmitt, B.; Montes-Hernandez, G.; Garenne, A.; Bonal, L.; Proux, O.; Hazemann, J.-L.; Chevrier, V. C. F. 2014. Hydration of the Dark Meteorite and the Red Planet. *45th Lunar and Planetary Science Conference*, held 17-21 March, 2014 at The Woodlands, Texas. LPI Contribution No. 1777, p.2097.

Philippe, S.; Schmitt, B.; Beck, P.; Grisolle, F.; Appéré, T. 2014. Ices Microphysical Evolution on Mars: Observational Constraints, Spectral and Thermodynamic Modeling, Experimental Approach. *The Fifth International Workshop on the Mars Atmosphere: Modelling and Observation*, held on January 13-16 2014, in Oxford, U.K. Edited by F. Forget and M. Millour, id.2307.

Beck, P.; Pommerol, A.; Remusat, L.; Zanda, B.; Lorand, J.-P.; Gopel, C.; Hewins, R. H.; Pont, S.; Lewin, E.; Quirico, E.; Schmitt, B.; Montes-Hernandez, G.; Garenne, A.; Bonal, L.; Proux, O.; Hazemann, J.-L.; Chevrier, V. C. F. 2014. Hydration of the Dark Meteorite and the Red Planet. *Eighth International Conference on Mars*, held July 14-18, 2014 in Pasadena, California. LPI Contribution No. 1791, p.1127.

Grisolle F., B. Schmitt, P. Beck, S. Philippe and O. Brissaud 2014. Experimental simulation of the condensation and metamorphism of seasonal CO₂ condensates under martian conditions. *EPSC Meeting 2014*, held 8-12 September 2014 in Cascais, Portugal. <http://meetings.copernicus.org/epsc2014>, *EPSC Abstracts*, **Vol. 9**, 635.

Thèses :

Grisolle Florence 2013. Les condensats saisonniers de Mars : étude expérimentale de la formation et du métamorphisme de glaces de CO₂. Thèse de l'ED Terre-Univers-Environnement, Université Joseph Fourier, Grenoble (20/12/2013).

Garenne Alexandre 2014. Étude de l'hydratation à la surface des astéroïdes. Thèse de l'ED Terre-Univers-Environnement, Université Joseph Fourier, Grenoble (10/12/2014).

Bilan financier succinct (avec suivant les cas : co-financements éventuels, équipements achetés, missions, recrutements divers, fonctionnements divers...)

Achats (équipement):

- Cryostat à circuit fermé d'Helium SHI CH-202B + compresseur HC-4E	19155 €
- Pièce d'adaptation cuivre OFHC +dorure	1490 €
- Diodes Si calibrée 10-300K (mesure) et calibrée 2 points (régulation)	1224 €
- Résistances électriques (cartouche UHV)	270 €
- 2 traversées électriques 10 conducteurs UHV 16CF avec connecteurs	1063 €
- 1 contrôleur 3 axes moteur - Newport ESP301	3818 €
Total	27020 €

Financement :

Crédits Labex : (11 800 € volet Observation, 13 500 € volet Recherche)	25300 €
Contribution CNES (Rosetta + New Horizons)	1720 €
Total	27020 €

Annexes si besoin ou lien sur des sites existants et pérennes jusqu'à la fin du Labex (2020)

Base de données GhoSST : <http://ghosst.osug.fr>

Description des systèmes expérimentaux :

http://ghosst.osug.fr/wiki/index.php/Experimental_systems_description