

## Postdoc à l'Observatoire Royal de Belgique

### Cédric GILLMANN Ph.D. (Planetologie)

E-mail: [cedric.gillmann@observatoire.be](mailto:cedric.gillmann@observatoire.be)

Web site: <http://gillmann.planeto.free.fr/>

Tel.: +32 (0)4 70 21 26 78

Av. de Neptune 16

1190 Bruxelles

Belgique



Né: 16 Mai 1982, à Ajaccio

Nationalité: Français

Status familial: Marié, 1 enfant

**Diplome:** Ph.D. reçu à l'IPGP, Paris, France le 14 Janvier 2010

### ACTIVITES

**2012-présent:** Postdoc à l'Observatoire Royal de Belgique, Bruxelles.

**2012:** Qualification aux postes de Maître de Conférence en France.

**2010-2012:** Postdoc Fellow à l'ETHZ, Institut für Geophysik, Department of Earth Sciences

**2009-2010:** Postdoc à l'Institut de Physique du Globe de Paris

**2005-2009:** Thèse à l'Institut de Physique du Globe de Paris « Long Term Habitability of Terrestrial Planets ». Space Geophysics and Planetology Team. Soutenue le 8 Octobre 2009.

**2004-2005:** ENS Paris 3<sup>eme</sup> année « Magistère des Sciences de la Terre » Master II Paris 6

### ENSEIGNEMENT

- 2012-2017 Pas de charge d'enseignement ; conférences grand public.
- 2010-2012 à l'ETHZ, Zürich, Suisse, 128 heures. Gravimétrie Stage de terrain, Atmosphères Planétaires, Physique et Chimie Planétaire.
- 2008-2010 à l'IPGP, Paris, France, 62 heures. Planétologie, Dynamique des Fluides, Introduction aux Géosciences, Mathématiques Appliquées et Méthodes Numériques.

### ETUDIANTS

- Pierre Boussinot (2017) Master Student Internship (Uni. Nantes)
- Quentin Wallemacq (2016) Postdoc

### ADMINISTRATION

- Convener et chair à l'EGU 2015-2016, PS division: Habitability, General Planetology.
- Convener et chair à l'AGU 2016, P019: Planetary atmospheres and Evolution.
- Convener et chair à l'ESPC 2014.
- Juge pour le EGU Outstanding young scientist poster award et pour l'AGU depuis 2014
- Organisation de congrès, expositions et conférences ("Mars en Mars" à Paris, congrès des étudiants IPGP, Open Day à l'ORB 2013 and 2014, young scientists lounge à l'EPSC et EGU depuis 2014).

### DISTINCTIONS et FINANCEMENTS

- EGU PS Division Early Career Scientist award 2017.
- Prix du Collège de l'Académie royale des Sciences, des Lettres et des Beaux-Arts de Belgique en 2016
- BRAIN Grant 2017 (Belgian Research Action through Interdisciplinary Networks) "From cratering to mass extinction" (avec P. Claeys, O. Karatekin et P. Godefroit)
- Planet TOPERS member 2012-2017
- ETH fellow 2010-2012
- HPC-Europa grant 2009 (Modeling the 3D evolution of the Tharsis volcanic region).
- PNP Grant 2006-2008 (Programme National de Planétologie) sur l'habitabilité des planètes.

### AUTRES

- EANA : Représentant Belgique 2017
- Membre de l'outreach team EGU PS 2014-17.
- Membre de l'équipe EGU PS ECS 2014-17.
- Membre du « Collège des Alumni » de l'Académie royale des Sciences, des Lettres et des Beaux-Arts de Belgique depuis 2015.
- Membre du comité scientifique de Mars Society Switzerland (2010-2016).
- Membre de "Association Planète Mars" et de Mars Society US depuis 2010.
- Reviewer pour EPSL et Icarus.
- Membre de l'EGU et AGU depuis 2006.

## INFORMATIQUE

- Bonne connaissance du Fortran
- Notions de C++, Gibiane, MPI
- Logiciels graphiques: Paintshop Pro, Photoshop, Powerpoint
- Matlab, IDL, Paraview, Sepran
- Bonne connaissance de la bureautique (Internet, Word, Excel...)
- Experience avec différents systèmes d'exploitation, Windows, Linux, Mac OS
- Experience de l'utilisation de super-ordinateurs (Brutus, Euler; Suisse)

## LANGUES

- Anglais courant
- Allemand: Niveau Lycée
- Grec moderne: notions
- Latin, Grec ancien: Niveau Lycée

## Bibliographie (sélection)

103 citations – 32 publications

Selon Google scholar

*Et 54 communications en premier auteur, dont 11 présentations invitées et 44 abstracts d'oraux dans des conférences avec comité de sélection scientifique*

### Chapitres (dans des livres)

- P. van Thienen, K. Benzerara, D. Breuer, **C. Gillmann**, S. Labrosse, P. Lognonné and T. Spohn. Water, Life and Planetary Geodynamical Evolution. Space Sci. Rev. 129. In Geology and Habitability of Terrestrial Planets, K.E. Fishbaugh, P. Lognonné, F. Raulin, D.J. Des Marais and O. Korablev, Springer, 2007.

### Articles

- **C. Gillmann**, E. Chassefière and P. Lognonné. A consistent picture of early hydrodynamic escape of Venus atmosphere explaining present Ne and Ar isotopic ratios and low oxygen atmospheric content. Earth and Plant. Sci. Lett. 2009, Volume 286, Issues 3–4, p. 503–513.
- **C. Gillmann**, P. Lognonné and E. Chassefière, The Present-Day Atmosphere of Mars: Where Does it Come From?, Earth and Plant. Sci. Lett. 2009, volume 277, Issues 3-4, 384-393.
- **C. Gillmann**, E. Chassefière, P. Lognonné. Water on Venus: Implications of the Early Hydrodynamic Escape. EPSC, 2010. Roma, Italy.
- **C. Gillmann**, P. Lognonné and M. Moreira, Volatiles in the atmosphere of Mars: the effects of volcanism and escape constrained by isotopic data. Earth and Plant. Sci. Lett. 2011, Volume 303, Issues 3–4, p. 299–309.
- **C. Gillmann**, P. Tackley. The effects of mantle dynamics and atmospheric escape on the atmosphere of terrestrial planets. EPSC-DPS, 2011. Nantes, France.
- Leblanc F., E. Chassefière, **C. Gillmann** and D. Breuer. Mars' atmospheric  $^{40}\text{Ar}$ : A tracer for past crustal erosion. Icarus, 2012, Volume 218, Issue 1, Pages 561-570.
- **C. Gillmann** and P. Tackley, Atmosphere/mantle coupling and feedbacks on Venus. Journal of Geophysical Research: Planets. Volume 119, Issue 6, pages 1189–1217, June 2014.
- **C. Gillmann**, P. Tackley and G. Golabek. Large impacts and the evolution of Venus; an atmosphere/mantle coupled model. EPSC 2014. Cascais, Portugal.
- Dehant V., Baludikay B. K., Beghin J., Breuer D., Claeys Ph., Cornet Y., Cornet L., Debaille V., El Atrassi F., François C., De Keyser J., **C. Gillmann**, Goderis S., Hidaka Y., Höning D., Hublet G., Javaux E., Karatekin Ö., Maes L., Mattielli N., Maurice M., McKibbin S., Neumann W., Noack L., Pittarello L., Plesa A.-C., Robert S., Spohn T., Storme J.-Y., Tosi N., Valdes M., Vandaele A. C., Vanhaecke F., Van Hoolst T., Wilquet V., and Planet TOPERS group, 2015, "PLANET TOPERS: Planets, Tracing the Transfer, Origin, Preservation, and Evolution of their ReservoirS.", Submitted to Origins of Life and Evolution of Biospheres.
- **C. Gillmann**, G. Golabek, P. Tackley. Effect of a single large impact on the coupled atmosphere-interior evolution of Venus. Icarus 2016.
- **C. Gillmann**, Golabek G. and Tackley, P., 2015. "Effects of Giant Impacts on the Mantle and Atmosphere of Terrestrial Planets at Medium and Long Timescales" (oral). EPSC 2015, Nantes, France, 5-9 October 2015.
- **C. Gillmann**, Golabek G. and Tackley P. Large Impacts on Venus, Effects on long term evolution. International Venus Conference 2016, Oxford, U.K., 4-8 April 2016.
- (en prep.) **C. Gillmann**, O. Karatekin and Q. Wallemacq. Surface heating by impacts on primitive Mars.
- (en prep.) **C. Gillmann**, G. Golabek, S. Raymond. Consequences of Late Veneer era on Venus.

### Autres publications

- **C. Gillmann**. Habitabilité à long terme des planètes telluriques (PhD Thesis). Directed by Philippe Lognonné and Eric Chassefière at IPGP, Paris, 2009
- **C. Gillmann** Evolution of the Martian Atmosphere: a Short Review. In « Mars Transaction » (Mars), 2012.
- **C. Gillmann**. MAVEN, à quoi ça sert ?, Published by the Mars Society, France. 2016.

## I. Activités d'enseignement

Année	Lieu	Niveau des étudiants	Contenu des cours	Nombre d'heures
2008-2009	IPGP	L2	Hydrodynamique et mécanique des fluides (cours, TD, examen)	32 h
2008-2009	IPGP	L3	Méthodes numériques et mathématiques appliquées (oraux)	14 h
2008-2009	IPGP	L1	Introduction aux géosciences (oraux)	10 h
2009-2010	IPGP	M1	Planétologie générale (oraux)	6 h
2010-2011	ETHZ	L (divers)	Stage de terrain de gravimétrie (stage et rapport)	60 h
2010-2011	ETHZ	L1	Planétologie : atmosphères planétaires (cours)	2 h
2011-2012	ETHZ	L(divers)	Stage de terrain de gravimétrie (stage et rapport)	60 h
2011-2012	ETHZ	L1	Planétologie : atmosphères planétaires (cours + évaluation)	2 h
2011-2012	ETHZ	L1	Planétologie : Physique et chimie planétaire (cours + évaluation)	4 h
<b>Total</b>				190 h

J'ai eu l'occasion d'enseigner des matières variées dans le cadre d'une université française à l'IPGP au cours des années 2008-2009 et 2009-2010 pour des étudiants de cursus divers, comme c'est souvent le cas dans les filières de sciences de la Terre

- **Hydrodynamique et mécanique des fluides.** J'étais responsable de la totalité du module et de son organisation, concernant aussi bien la partie administrative que l'enseignement. J'ai pris en charge la mise en place du cours proprement dit, celle des travaux dirigés ainsi que des examens et de leur correction. Les acquisitions essentielles étaient techniques (outils mathématiques nécessaires, manipulation des équations...) mais aussi physiques (compréhension des processus et des phénomènes, applications aux géosciences...).
- **Méthodes numériques et mathématiques appliquées.** *Responsable : Stephane Jaquemoud.* Dans ce module, je me suis occupé de la partie orale (rédaction des exercices et mise en œuvre). Contenu du cours : résolution numérique d'équations différentielles, résolution numérique d'équations aux dérivées partielles, interpolation polynômiale, etc.).
- **Introduction aux géosciences.** *Examens oraux, rédaction des sujets et mise en œuvre.* Ce module portait sur l'application de notions scientifiques simples à différents domaines des géosciences (mécanique du système solaire, cycle des océans et sel, réservoirs d'eau sur Terre, etc.).
- **Planétologie générale.** *Examens oraux, rédaction des sujets et mise en œuvre.* Ce module portait sur la connaissance du système solaire et des planètes. Les aspects physiques et chimiques étaient abordés à l'échelle de la planète (manteau, atmosphère) et du système stellaire (mécanique céleste, accréation).

J'ai pu aussi enseigner à l'étranger, en langue anglaise à l'ETHZ (Ecole Polytechnique de Zürich) au cours des années 2010-2011 et 2011-2012. Cette occasion d'effectuer des enseignements en langue étrangère a été pour moi très enrichissante.

- **Stage de terrain de gravimétrie.** J'ai été chargé de l'organisation (sujet et administration) et du déroulement de ce stage, étalé sur deux semaines, du recrutement de doctorants pouvant m'assister ainsi que de la responsabilité du matériel de qualité professionnelle. Ce stage était ouvert à différents niveaux d'étudiants et avait pour but de les initier aux manipulations de terrain pratiquées en géosciences. Le but était d'amener les étudiants à pratiquer eux-mêmes une expérience et à l'exploiter pour produire un rapport.
- **Planétologie.** *Cours, exercices, évaluation.* Ce cours abordait la structure, la physique et la chimie des atmosphères des planètes du système solaire ainsi que les récentes découvertes à leur sujet. Les méthodes d'étude à distance, de relevés et les missions spatiales étaient aussi abordées dans ce cours.

La période 2012-2017 correspond à mon poste à l'Observatoire Royal de Bruxelles, organisme de recherche n'ayant pas de charge d'enseignement. Pour compenser cette absence, je me suis impliqué dans les **conférences grand public et interventions d'information** générales tels que les journées portes-ouvertes organisées, l'animation du planétarium, les conférences extérieures (Association des Astronomes Amateurs de Charleroi, Ecole Jeunesse et science à Huy). De plus, je suis impliqué dans **l'encadrement d'étudiants** et jeunes chercheurs de séjour à l'observatoire Royal de Belgique.

Le faible nombre de cours que j'ai pu assurer lors de mes fonctions à l'IPGP s'explique par la situation de cet institut qui possède généralement plus d'enseignants que nécessaire pour assurer le suivi des étudiants. S'intégrer dans l'enseignement de modules est donc un choix délibéré de ma part, de même que mon implication dans les charges additionnelles de correction et surveillance d'examens (non mentionnées ci-dessus).

Comme l'indique la liste des cours que j'ai pu effectuer, j'ai eu l'occasion de participer à l'enseignement de disciplines variées, ce qui est tout à fait en adéquation avec mon cursus ainsi que mon domaine de recherche de prédilection, la

planétologie. En effet, la pluridisciplinarité et la capacité à lier différents domaines est essentielle en sciences de la Terre et de l'Univers.

Ceci constitue une opportunité pour laquelle je suis particulièrement reconnaissant dans la mesure où la transmission du savoir est, à mon sens, une partie essentielle et incontournable de l'activité de chercheur et de maître de conférences. L'accumulation de connaissances n'est en effet rien sans la possibilité de transmettre cette dernière et la capacité à la mettre à portée du public. La publication d'articles scientifiques remplit une part de ce rôle envers le reste de la communauté des chercheurs, cependant, l'avenir des sciences en général, et de mes domaines d'intérêt particuliers, dépend de l'efficacité et de la clarté de cette transmission. Avoir l'occasion d'exposer des étudiants à notre passion pour nos objets d'étude est donc tout aussi enrichissant que de publier des résultats. Transmettre ses propres connaissances ajoute aux sciences un aspect humain et est un vrai plaisir qui nécessite à la fois patience, rigueur et exigence, tout autant que passion et respect.

**Projets d'enseignement :** j'aimerais avoir l'occasion de continuer à enseigner des disciplines liées au spatial et à la planétologie. Ayant une approche pluridisciplinaire des sciences et ayant déjà approché des domaines très variés aussi bien en tant qu'étudiant qu'en tant qu'enseignant ou chercheur, je suis capable de m'adapter et de remplir mes fonctions dans une large gamme de disciplines, aussi bien dans une approche descriptive que plus technique. Les enseignements que j'ai effectués sont un bon indicateur de mes préférences pour le futur. Cependant, je suis aussi très intéressé par la possibilité d'étendre mon expérience à d'autres domaines (physique, géodynamique, surfaces planétaires, formation des planètes, exoplanètes).

## II. Activités en matière d'administration et d'animation

Parmi mes autres activités, on peut noter ma participation à **l'organisation et à l'animation d'expositions, congrès et conférences. Parmi ceux-ci :**

- **L'exposition « Mars en Mars »**, proposée par l'IPGP à Paris en 2006, qui avait pour vocation d'accueillir le grand public et de lui présenter l'état de nos connaissances sur Mars et les efforts d'exploration passés et futurs. L'exposition accueillait des groupes scolaires de tous âges et leur proposait des expériences.
- **L'organisation du « congrès des doctorants » de l'IPGP** durant ma thèse.
- Les activités **de l'équipe des jeunes scientifiques de la section Sciences Planétaires de l'EGU (2014-2017)**. Elles couvrent l'organisation de cours pratiques à destination des jeunes scientifiques sur des thèmes tels que la rédaction de proposals ou la création de présentations. Nos activités incluent aussi la communication avec la gestion des pages Facebook et twitter de la division, l'organisation de compétitions et d'espaces de discussion pour jeunes scientifiques au cours des conférences de l'EGU et de l'EPSC.
- **Les journées portes ouvertes de l'Observatoire Royal de Belgique**. Ces dernières incluent des expositions, démonstrations des recherches effectuées à l'observatoire et des conférences grand public. Elles rassemblent généralement plusieurs milliers de personnes au cours d'un weekend.

Je suis aussi impliqué dans **l'organisation de sessions** dans de grandes conférences internationales, telles que l'AGU (2016, P53B: Planetary Atmospheres and Evolution), l'EGU (2016, 2015, PS division: Habitability, General Planetology) et l'EPSC (2014).

Je fais aussi office de **juge** pour les compétitions récompensant les meilleurs posters étudiants à **l'AGU et l'EGU** (depuis 2014).

Depuis 2017, je suis de plus **représentant de la Belgique pour l'EANA** (European Astrobiology Network Association) pour promouvoir ce domaine de recherche en Europe par la communication et l'aide aux jeunes chercheurs.

Je suis impliqué dans l'élaboration de la proposal pour la **mission Européenne ENVISION** vers Venus.

Par ailleurs, je suis depuis 2010 **membre de la « Mars Society Switzerland »** (et des sociétés homologues française et américaine) et **membre de son conseil scientifique (jusqu'en 2014)**. A ce titre, j'ai été impliqué dans le projet **« Mars Swiss Cube »**. Ce projet a pour but de financer et lancer un satellite de petite taille (une dizaine de centimètres de côté) vers Mars (plutôt qu'en orbite terrestre comme le premier « Swiss Cube »).

J'assume aussi des responsabilités de **rapporteur pour les journaux EPSL (Earth and Planetary Sciences Letters) et Icarus**.

Enfin, à l'échelle locale, je suis impliqué dans l'accueil et l'encadrement scientifique et administratif des étudiants extérieurs en stage à l'ORB ou sous contrat de recherche. (2016, Quentin Wallemacq ; 2017, Pierre Boussinot).

### III. Activités de recherche



MOTS CLES : Planètes telluriques, planétologie comparée, Mars, Vénus, exoplanètes, atmosphère, habitabilité, volcanisme, géodynamique, modélisation, échappement atmosphérique.

#### 1. Avant la thèse

**Mon premier stage de recherche**, au cours de ma maîtrise de sciences de la Terre à l'ENS de Paris (Magistère I, 2003) avait pour objet la modélisation de la rupture de la plaque plongeante lors de la subduction menant à la formation d'adakites. Ce stage (à l'université de Nantes) sous la direction des professeurs C. Sotin et O. Grasset. Ce premier stage m'a permis d'acquérir des connaissances de base sur la modélisation numérique.

J'ai rapidement réalisé que mon véritable centre d'intérêt se situait plus dans l'étude des autres planètes, **avec un stage de master I** au DLR de Berlin (2004) sous la direction des professeurs D. Breuer et T. Spohn sur la convection interne des satellites des géantes gazeuses et la génération d'un champ magnétique par Titan.

**En master II**, (2005) j'ai effectué mon stage à l'IPGP sous la direction du professeur P. Lognonné sur le couplage atmosphère/intérieur des planètes telluriques. Cette expérience a directement inspiré mon sujet de thèse et a servi de base à une partie des recherches au cours de celle-ci.

#### 2. Pendant la thèse

Ma thèse (2005-2009), réalisée à l'IPGP sous la direction des professeurs P. Lognonné et E. Chassefière est intitulée « Habitabilité à long terme des planètes telluriques ». Elle a été financée par une bourse MENRT, complétée par plusieurs demandes de financement au PNP (Programme National de Planétologie) et un financement HPC-Europa (2009).

Cette thèse, suivant une approche multidisciplinaire, m'a permis de développer des scénarios d'évolution cohérents pour deux planètes de notre système solaire : Mars et Vénus. Ces travaux ont d'ailleurs mené à trois publications (Gillmann et al., 2009a, 2009b ; van Thienen et al., 2007) chez EPSL et Space Science Review.

**Les premiers résultats** obtenus concernent **Mars** (Gillmann et al., 2009a). Cette étude propose de modéliser l'évolution des espèces importantes de l'atmosphère de la planète (CO<sub>2</sub>) d'après l'échappement atmosphérique (les interactions entre le flux extrême UV et les molécules de la haute atmosphère estimées par des modèles et par des instruments –ASPERA ; Lundin et al., 2009) et le dégazage volcanique au cours des trois derniers milliards d'années (Breuer et Spohn, 2006). Nous concluons que le CO<sub>2</sub> de l'atmosphère martienne actuelle serait jeune et produit en grande partie par le volcanisme tardif de la planète.

**La seconde partie** de mon travail de thèse se consacrait à **Vénus** (Gillmann et al., 2009b) et à l'étude de la période primitive de son évolution (0-500 Millions d'années). Le but de cette étude était de proposer un scénario cohérent des premières centaines de millions d'années de l'évolution de cette planète, une phase cruciale où plusieurs mécanismes complexes tels que l'océan de magma ou l'échappement hydrodynamique sont impliqués. Le travail a porté principalement sur la quantification des effets de l'échappement primitif (Zahnle et Kasting, 1986 ; Hunten et al., 1987 ; Chassefière, 1996). Nous obtenons des simulations reproduisant le fractionnement isotopique des gaz rares mesuré pour Vénus et la Terre. Enfin nous proposons un scénario cohérent expliquant les données isotopiques et prenant en compte les événements probables de l'évolution primitive de Vénus. Nous soulevons l'hypothèse d'une phase d'atmosphère d'oxygène abiotique transitoire, qui pourrait constituer un faux-positif dans l'identification de la vie extra-solaire.

#### 3. Après la thèse

Après ma thèse, j'ai eu l'opportunité d'effectuer **un an d'ATER** (2009-2010) à l'IPGP, ce qui m'a permis d'enseigner et de poursuivre mes projets de recherche. En particulier, j'ai poursuivi mon travail sur **Mars** en perfectionnant le modèle en étendant la période et les espèces étudiées (eau, l'azote et l'argon). J'ai enfin inclus les résultats des dernières études géochimiques (Hirschmann et al., 2008) et isotopiques ainsi que les contraintes observationnelles de la surface de Mars (Greeley et Schneid, 1991). Mes résultats indiquent l'importance du volcanisme dans l'évolution de l'atmosphère martienne au niveau isotopique (Niles et al., 2010), ou à celui de la quantité d'eau à la surface de la planète. L'atmosphère actuelle de Mars possède un âge moyen de 2 Ga. Enfin, l'eau présente à la surface et observée au niveau des calottes sous forme solide (Bibring et al., 2005) proviendrait en grande partie du volcanisme. Les variations de pression et de température (Forget et al., 1999) sont néanmoins insuffisantes pour garantir l'existence de l'eau liquide ou de conditions d'habitabilité pendant les 3,5 à 4 derniers milliards d'années.

**A l'ETHZ (2010-2012)**, j'ai obtenu une Fellowship sous la direction du professeur P. Tackley. J'y ai étudié la relation entre dynamique planétaire et habitabilité. Pour cela, j'ai adapté le code StagYY développé par le Professeur P. Tackley depuis plus de 15 ans (Tackley, 1993 ; 2008). Ce code inclut de nombreuses fonctions essentielles pour modéliser de façon réaliste l'évolution des manteaux planétaires, telles que les zones de transition chimique, la fusion partielle, la compressibilité etc. Les échanges d'espèces volatiles peuvent ainsi être modélisées. La partie atmosphérique du code consiste en un modèle d'atmosphère grise radiative-convective (Phillips et al., 2001), combiné avec une étude de

l'échappement atmosphérique. Nous appliquons notre modèle à Vénus dont nous reproduisons le comportement volcanique épisodique (Nimmo et McKenzie, 1998). Ces épisodes volcaniques ont un impact direct sur les températures de surface qui augmentent avec l'ajout d'eau dans l'atmosphère sèche de Vénus, ce qui nous permet d'étudier le couplage atmosphère/dynamique interne. Ainsi, nous mettons en évidence le fort couplage qui lie l'atmosphère et le manteau de Vénus, associant un régime de convection de type couvercle mobile (proche de la tectonique des plaques) aux périodes où la surface est plus froide, tandis que les périodes chaudes sont liées à un couvercle stagnant (Gillmann et Tackley, 2014).

**A l'ORB (2012-2017)**, Je suis membre du programme PlanetTOPERS, destiné à étudier l'évolution des planètes et de leur habitabilité, ainsi que du groupe ACCRETE destiné à étudier les origines du système solaire. Dans ce cadre, je me suis concentré sur l'influence des impacts météoritiques sur l'évolution des planètes telluriques. Les planètes telluriques ont toutes connu de nombreux impacts de tailles très variables. Ces impacts peuvent avoir trois effets majeurs : ils peuvent (i) éroder l'atmosphère en permettant son échappement, (ii) apporter de nouvelles espèces (en particulier volatiles) à la planète et (iii) déposer une grande quantité d'énergie dans la partie solide de la planète sous forme de chaleur. Nous incluons ces trois aspects dans notre modèle global couplé d'évolution de l'atmosphère et du manteau de Vénus (Gillmann et al., 2016). En particulier nous mettons en évidence le peu de conséquences que l'érosion due aux grands impacts peut avoir sur une atmosphère planétaire de type vénusien. Nous démontrons aussi que ces impacts peuvent en revanche affecter profondément la convection mantellique, à la fois directement (par l'anomalie thermique qu'ils génèrent) et sur le long terme (de par les modifications des conditions de surfaces qu'ils impliquent). Enfin, nous soulignons que ces impacts sont susceptibles d'appauvrir considérablement le manteau de la planète en raison de la grande quantité de fusion partielle qu'ils provoquent.

Nous continuons nos investigations en nous concentrant sur la phase la plus précoce de l'évolution des planètes telluriques : la fin de l'accrétion. Cette période, où l'essentiel de la planète est déjà formé, voit se décider ses caractéristiques principales comme la mise en place de son atmosphère et son budget total en espèces volatiles, dont on estime qu'il est primordial pour son évolution future (convection, dégazage, échappement). Cette période est aussi essentielle pour les modèles car les conditions initiales déterminent directement la validité des résultats obtenus. Pour nous pencher sur l'étude de ces conditions nous suivons trois pistes :

- (i) L'amélioration de notre modèle global pour qu'il puisse prendre en compte les nuées de petits impacteurs précédemment ignorés. L'action conjointe de cette multitude d'impacts pourrait éroder l'atmosphère efficacement.
- (ii) La prise en compte de l'effet thermique de surface des impacts, en particulier dans le cas de Mars, afin de déterminer si ces impacts peuvent assurer l'existence d'eau liquide en surface de la planète au cours du premier milliard d'années.
- (iii) L'étude du contenu en volatiles des météorites et comètes qui apportent leur contribution à la fabrication des planètes telluriques, en particulier en considérant leur trajet depuis l'état d'embryons dans le système solaire extérieur et les phénomènes (échappement hydrodynamique) auxquels ils sont soumis.

**Mes projets futurs** incluent deux axes d'étude principaux. Le premier concerne le développement de la modélisation atmosphérique des planètes de façon à représenter plus précisément les processus qui ont lieu en leur sein. Une première étape consisterait en l'inclusion d'un code tel que celui de Robinson and Catling (2012), très versatile, et qui a prouvé qu'il pouvait s'adapter à de nombreux types de planètes. Ainsi nous pourrions obtenir un profil vertical 1D complet de l'atmosphère étudiée plutôt qu'un bilan global de son contenu. Un tel modèle permettrait de s'intéresser à la photochimie de l'atmosphère et pourrait être comparé aux observations. Il permettrait aussi une meilleure compréhension des conditions de surface et de l'habitabilité. De tels modèles ont été réalisés, en particulier pour Vénus (Kasting et Pollack, 1983 et suivants ; Kopparapur et al (2013)), qui constituerait un terrain de test approprié, mais le couplage avec la partie dynamique n'a pas été réalisé et peut avoir d'importantes conséquences, comme l'indiquent nos travaux.

Le second axe se concentre sur l'application des résultats obtenus aux exemples d'exoplanètes disponibles. En effet, à présent, nous sommes capables de détecter des exoplanètes telluriques de taille similaire à la Terre, ce qui offre des possibilités exaltantes tant au niveau de la modélisation que de l'observation. En effet nous souhaitons orienter nos recherches vers la sélection de critères qui pourront, dans un futur proche être comparés aux relevés effectués sur ces exoplanètes. Concrètement, cela signifie s'intéresser aux conséquences des événements de l'évolution de la planète sur l'atmosphère. En effet, il s'agira sans doute des premières données accessibles en dehors des simples paramètres orbitaux.

## COMMUNICATIONS

### Congrès internationaux

Date	Congrès	Lieu	Type	Titre
2016	AGU Fall Meeting	San Francisco USA.	Poster	How multiple impacts affect the evolution of the venusian atmosphere.
2016	AGU Fall Meeting	San Francisco USA.	Oral, <b>Invité</b>	Atmosphere/mantle coupling on Venus and long term planetary evolution
2016	American Astronomical Society, DPS meeting	Pasadena, USA	Oral	3D Global Climate Modelling of the environmental effect of meteoritic impacts on Early Mars
2016	EGU	Vienna, Austria	Oral	How Venus surface conditions evolution can be affected by large impacts at long timescales?
2016	EGU	Vienna, Austria	Oral and Poster	Effects of asteroid and comet impacts on thermal environment and atmospheric erosion
2016	International Venus Conference	Oxford, UK	Oral	Large Impacts on Venus, Effects on long term evolution
2016	Conference “The Astrophysics of Planetary Habitability”	Vienna, Austria	Oral	Modeling Venus Surface Conditions Evolution and the Effects of Early Large Impacts
2015	AGU Fall Meeting	San Francisco USA.	Oral	Impacts and their Consequences on the Evolution of a Coupled Atmosphere-Interior Venus Model
2015	EPSC	Nantes, France	Oral	Effects of Giant Impacts on the Mantle and Atmosphere of Terrestrial Planets at Medium and Long Timescales
2015	EGU	Vienna, Austria.	Poster and Oral	“Long term evolution of surface conditions on Venus: effects of primordial and Late Heavy Bombardment impacts at different timescales.”,
2015	COST Life-Origins (TD1308) meeting on ‘Missions to Habitable Worlds’	Budapest, Hungary	poster	“PLANET TOPERS: Planets, Tracing the Transfer, Origin, Preservation, and Evolution of their ReservoirS.”
2014	AGU Fall Meeting	San Francisco USA.	poster	Short and Long Term Effects of Meteoritic Impacts on the Evolution of Venus and Its Surface Conditions
2014	EGU	Vienna, Austria.	Oral and poster	Large impacts and the evolution of Venus; an atmosphere/mantle coupled model.
2014	EPSC	Cascais, Portugal	oral	Large impacts and the evolution of Venus; an atmosphere/mantle coupled model
2013	AGU Fall Meeting	San Francisco USA.	Oral	Late Coupled Evolution of Venus’ Atmosphere and the Effects of Meteoritic Impacts
2013	International Venus conference	Catane, Italy	Oral	Long term evolution of Venus through Mantle/atmosphere coupling
2013	EGU	Vienna, Austria.	oral	Atmosphere/mantle coupling on Venus and long term planetary evolution
2013	Helmholtz Alliance 'Planetary Evolution and Life' Meeting, 6th Alliance Week	Berlin, Germany	oral	“Atmosphere/mantle coupling on Venus and long term planetary evolution.”

2012	AGU Fall Meeting	San Francisco USA.	oral	Venus as illustration of the importance of atmospheric evolution when modeling terrestrial planets and their surface conditions
2012	EGU	Vienna, Austria.	Poster	Mantle dynamics and the atmospheres of Mars and Venus: implications for surface conditions and interactions.
2011	AGU Fall Meeting	USA San Francisco	Oral	Geodynamic evolution and the history of the atmospheres of Mars and Venus
2011	EPSC-DPS	France Nantes	Oral	The effects of mantle dynamics and atmospheric escape on the atmosphere of terrestrial planets
2011	EMC11	Suisse Neuchatel	Oral, <b>Invité</b>	The long term effects of volcanism and atmospheric escape on the evolution of Mars surface conditions
2011	12th International Workshop on Modeling of Mantle Convection and Lithospheric Dynamics	Allemagne Berlin	poster	The effects of mantle dynamics and atmospheric escape on the atmosphere of terrestrial planets.
2011	EGU	Autriche Vienne	Oral	The effects of degassing on the long term evolution of the Martian atmosphere.
2010	Swiss Geoscience Meeting	Suisse Fribourg	Oral	Volatiles in the atmosphere of Mars: the effects of volcanism and escape.
2010	EPSC	Italie Rome	Oral <b>Invité</b>	Water on Venus: Implications of the Early Hydrodynamic Escape.
2010	AGU Fall Meeting	USA San Francisco	Oral	Long Term Evolution of volatiles in the Martian Atmosphere Constrained by Isotopic Ratios: Degassing and Atmospheric Escape
2010	International Venus Conference	France Aussois	Oral <b>Invité</b>	The early evolution of Venus controlled by hydrodynamic escape
2010	Goldschmidt conference	USA Knoxville	Oral	Atmospheric Evolution of Terrestrial Planets Constrained by Isotopic Data: The Effects of Degassing on Mars
2009	AGU Fall Meeting	USA San Francisco	Oral	The history of water on Venus: a scenario accounting for present Neon and Hydrogen isotopic ratios.
2009	ESLAB (ESA)	Hollande Noordwijk	Oral	Aspects of the Evolutions of Mars and Venus
2008	AGU Fall Meeting	USA San Francisco	Oral	: Volcanism and Young Atmosphere
2008	Europlanet	Allemagne Münster	Oral	Late evolution of the Martian atmosphere
2007	AGU Fall Meeting	USA San Francisco	Poster	The Evolution of the Past Atmosphere of Mars
2007	ESA Mars Express/ ExoMars conference	Hollande Noordwijk	Poster	The Impact of Degassing on the Evolution of the Atmosphere of Mars
2006	AGU Fall Meeting	USA San Francisco	Poster	Evolution of the atmospheres of terrestrial planets: Focus on Mars and Venus.

### Congrès nationaux et présentations locales

Date	Congrès	Lieu	Type	Titre
2016	Conférence grand public, Jeunesse et science	Huy, Belgium	Oral, <b>Invité</b>	L'évolution de Vénus
2016	Conférence Du CAAPC	Charleroi, Belgium	Oral <b>Invité</b>	Habitabilité: Vénus et la Terre
2016	ACCRETE	Nice,	Oral	Early Evolution of Venus and the role of large impacts

	meeting	France	<b>Invité</b>	
2016	Séminaires Université de Bayreuth	Bayreuth, Germany	Oral, <b>Invité</b>	Modelling the evolution of Venus
2016	FNRS contact group astrophysique	Brussels, Belgium	Oral	Habitability... and Venus
2016	Séminaires Université de Nantes	Nantes, France	Oral, <b>Invité</b>	The evolution of Venus: how did it diverge from Earth?
2016	Impact workshop	Brussels, Belgium	Oral	Impacts on Mars and Venus
2016	Planet TOPERS Meeting	Brussels, Belgium	Oral	Planet TOPERS: Habitability.... And stuff.
2015	ORB Mars workshop	Brussels, Belgium	Oral	Mars Impact Project : Modeling and Evolution
2014	PlanetTOPERS meeting	Liège, Belgium	Oral	“PLANET TOPERS: report from the Royal observatory of Belgium.”
2014	Astrobiology FNRS Contact Group	Liège, Belgium	oral	“Long term evolution of Venus through Mantle/atmosphere coupling.”
2014	Journées portes ouvertes de l’ORB	Brussels, Belgium	oral	“Pourquoi Venus et la Terre sont-elles si différentes ?”
2013	ORB seminars	Brussels, Belgium	oral	“Venus and its evolution.”
2013	Séminaires ETHZ	Zürich, Suisse	Oral <b>Invité</b>	, “Why are Earth and Venus so different? The Evolution of Venus: mantle dynamics, atmospheric escape and meteorite impacts.”
2012	Kick-off meeting of Planet TOPERS	Brussels, Belgium	Oral, <b>Invité</b>	“Short presentation of mantle convection and atmosphere interaction in terrestrial planets for Kick-off meeting of Planet TOPERS.”
2010	ETHZ Conference	ETHZ Zurich Suisse	Oral <b>invité</b>	Overview of the habitability and evolution of the surface conditions of terrestrial planets in the solar system
2009	Soutenance de thèse	IPGP Paris	Oral	Habitabilité à long terme des planètes telluriques
2008	Congrès des doctorants IPGP	Paris	Poster	
2007	Congrès des doctorants IPGP	Paris	Oral	
2006	PNP (Programme National de Planétologie)	Nancy	Poster	Atmospheric evolution of terrestrial planets and History of water abundance on Mars.
2006	SF2A	Paris	Poster	Long term Habitability of terrestrial planets
2006	Paris VI	Paris	Oral	Inner Dynamics/Atmosphere coupling for terrestrial planets.
2005	Workshop ISSI ayant donné lieu à une publication	Suisse Bern	auditeur	Geology and Habitability of Terrestrial Planets
2004	DLR (institut de recherche spatiale allemand)	Berlin Allemagne	Oral	Titan’s Mantle convection and magnetic field generation.