

Pascal RANNOU

Groupe de Spectrométrie Moléculaire
et Atmosphérique (UMR 7331)
Université de Reims Champagne-Ardenne
UFR des sciences exactes et naturelles
Moulin de la Housse
51687 REIMS
(<http://www.univ-reims.fr/GMSA>)

Professeur des universités
Section CNU 34
Membre de l'Institut Universitaire de France

pascal.rannou@univ-reims.fr
Tel: (+33/0) 3 26 91 84 92
Fax: (+33/0) 3 26 91 31 46

Cursus:

2007 : Professeur des Universités (Univ. de Reims Champagne-Ardenne, section 30 puis 34)
2006 : Membre Junior de l'Institut Universitaire de France (promotion 2006)
2006 : Habilitation à diriger des recherches (soutenue le 14 novembre 2006)
1997- : Maître de conférences (Université Versailles-St-Quentin, section 34)
1996-1997: Post-Doc à NASA Ames Research Center (NRC Award).
1993-1996: Doctorat de l'Université Paris 6 (Spécialité: Astronomie).
1991-1992: DEA Océanologie, Météorologie et Environnement (Paris 6).

Thèmes de recherche:

- Microphysique et transfert radiatif dans l'atmosphère de Titan et Mars.
- Diffusion par des particules irrégulières.
- Modélisation du climat de Titan.

Publications:

76 publications de rang A, 16 en premier auteur, 12 après un doctorant ou post-doc
Facteur h=32 (Scopus)

Responsabilité d'enseignement:

J'ai pris la responsabilité le module d'enseignement pour la période 2012-2016 d'UE et UE Libres (UEL) en planétologie, physique de l'atmosphère et relativité restreinte. Les UE de master se font dans le cadre du master M1-M2 Nanoscience/Optique/Atmosphère de l'université de Reims.

Période 2012-2016 :

- UEL PH207 : Option planétologie L1
- UE PH604 : Relativité restreinte
- UE PH706 : Dynamique et Thermodynamique Atmosphérique de l'atmosphère M1

Animation/responsabilité dans la communauté scientifique:

- 2016 Organisation du Workshop International TAC à Reims (planeto.univ-reims.fr/tac)
- 2015-*, Co-I de l'instrument SIS sur Exomars 2016 (PI, I. Arruego-Rodriguez - INTA, Espagne)
- 2012-2016, Membre élu de la section 19 du comité national du CNRS
- 2012-2014, Membre du conseil du département de physique - UFR Sciences Exactes et Naturelles
- 2012-2016, Responsable du projet ANR APOSTIC (48 mois + 12 mois)
- 2010-*, Co-PI de l'instrument ODS sur Exomars 2018 (PI J.P. Pommereau - LATMOS)
- 2010-*, Membre du Comité Scientifique du LMDZ (Modèle de Climat du LMD).
- 2008-*, Membre du Conseil de Laboratoire du GSMA.
- 2001-2006, Membre du CS du Programme National de Planétologie (PNP).
- 2001-2005, Membre du CS de l'Institut Pierre-Simon Laplace (IPSL).
- 2003-2004, Membre du CS de l'Université Versailles-St-Quentin (UVSQ).
- 2000-2007, Membre de la Commission de Spécialiste (34-35-37) de l'UVSQ.

Evaluation/expertise

- 14 Participations à des jurys de thèse et HDR

- Concours enseignant-chercheurs (membre local ou extérieur)
- Rapporteur pour Icarus, Planetary and Space Science, Geoph. Research Letter, Nature, Science
- Expertise NASA/NSPIRE, AERES/HCERES (au titre de la section 19 du CoNRS)
- Mise à disposition en libre accès de modèles
Base de donnée GCM-IPSL : <http://web.lmd.jussieu.fr/titanDbase/>
Modèles de diffusion par des agrégats fractals : <http://planeto.univ-reims.fr/rannou>

Encadrement de thèses:

6 encadrements doctoraux (dont 1 en cours)
1 encadrement d'IR (2 ans)

Autres encadrement/transmission :

- Accueil d'étudiant de master 2 (×3)
- Accueil de binômes L3 en stage scientifique (×2)
- Stagiaire découverte de 3ème (3 jours) (×2)
- Parrainage d'un étudiant d'école d'ingénieur

Communication :

- Organisation de conférences grand public à Reims (11 conférences à ce jour - certaines sont disponibles <http://podcast.univ-reims.fr/channels/CONFERENCES/#> - onglet "jeudi de la science").
- Diffusion vers la presse locale (~ 8 articles sur les activités planéto du GSMA).
- Diffusion concernant des résultats scientifiques dans la presse spécialisée .

Développement et animation de l'équipe planétologie au GSMA :

La thématique principale du GSMA est la spectrométrie moléculaire théorique et expérimentale. En 2007, j'ai été recruté sur un poste de professeur pour continuer cette démarche de développement des applications de la spectrométrie en y apportant une expertise sur les atmosphères planétaires. L'objectif était également de développer un groupe de recherche en planétologie au sein du GSMA. Le groupe de planétologie au GSMA est maintenant constitué de 4 chercheurs permanents. En outre, l'équipe a accueilli depuis 2007 trois doctorants (un en cours) et un IR CDD pendant deux ans. Le détail est donné dans la partie "**3. Encadrement et animation recherche : ↓**"

Séjours à l'étranger :

- Avril 2001 : une semaine au SwRI, Boulder, CO (E.F. Young)
- Septembre 2003 : une semaine à NASA Ames Research Center, Moffett Field, CA (C.P McKay)
- Octobre 2010 : une semaine au LPL/Université d'Arizona, Tucson, AZ (C. Griffith/R. Yelle)
- Octobre 2014 : une semaine au LPL/Université d'Arizona, Tucson, AZ (C. Griffith)

1) Activité scientifique détaillée :

1. Présentation des thématiques de recherche :

Je développe dans ce paragraphe 4 grands axes structurant mon activité de recherche passée et présente. D'autres travaux que j'ai réalisés de façon périphérique se trouvent dans la liste de publication, comme - par exemple - les travaux sur la diffusion et l'absorption par des particules irrégulières, la photométrie de Pluton, et des travaux sur les flux de diffusion moléculaire dans du régolite.

Modélisation du climat de Titan : Ce projet a démarré depuis 1996 et se poursuit sans interruption depuis. Il a consisté à utiliser une version 2D (latitude-altitude) d'un modèle de climat général (GCM) 3D issu du Laboratoire de Météorologie Dynamique et d'y introduire différents processus

physiques (microphysique des nuages et de la brume). Développé essentiellement avant l'arrivée de Cassini, ce travail a permis de comprendre le fonctionnement du climat de Titan, d'en révéler les couplages principaux, de prédire l'état de l'atmosphère et son évolution saisonnière. A l'arrivée de Cassini, le modèle a aussi contribué à la compréhension des observations faites par différents instruments.

Cependant, une nouvelle étape doit être franchie. Depuis 2008, une version 3D du GCM a été développée au LMD dans le cadre du projet ANR **EXOCLIMAT** (Porteur : S. Lebonnois), et nous sommes en train d'y inclure un modèle de microphysique et de brume (Thèse Jérémie Burgalat). Le principe étant de simplifier le modèle en remplaçant pour certains processus physiques une description des distributions en cases de rayons des aérosols, des noyaux de condensation et des glaces par une description en moments, moins coûteuse en temps. Ce travail donne lieu à une révision profonde du modèle de microphysique ainsi qu'à une écriture totalement inédite des équations de la microphysique des aérosols et des nuages dans le cas d'une description en moments pour des aérosols fractals. A terme, ce modèle doit permettre de prédire et d'étudier l'ensemble des processus en longitude (nuages, ondes, interaction surface atmosphère, etc...) ce qui échappait jusqu'à présent au modèle 2D. Cette inclusion n'est pas finalisée, et une version intermédiaire, plus lourde, mais plus simple à mettre en oeuvre a été mise en place pour obtenir rapidement des résultats et produire des résultats de référence afin de valider le futur modèle.

Pour soutenir ces activités importantes de l'équipe, un projet ANR, dont je suis le porteur principal, a été sélectionné en 2011 (**APOSTIC** pour **A**nalysis of **P**hotometric **O**bservation for the **S**tudy of **T**itan **C**limate). Onze articles directement liés au développement et aux résultats du GCM ont été écrits depuis le début du projet en 1996. Cet axe de recherche figure toujours dans mes activités actuelles.

Analyse d'observations: J'ai participé depuis 1995, soit directement, soit en collaboration ou à travers l'encadrement de la thèse d'Alberto Negrão, à de nombreuses analyses d'observations télescopiques (CFHT, ISO, HST, VLT), soit des re-analyses d'observations de Voyager. Avant Cassini, les analyses d'observations avaient pour but essentiellement d'explorer et de comprendre les grandes lignes des propriétés de l'atmosphère, de la surface et du climat de Titan. Depuis 2007, l'analyse des observations se fait d'une part en comparant les prédictions du GCM 2D aux observations - ouvrant ainsi de nombreuses collaborations, et d'autre part en analysant des observations comme celles du spectro-imageur VIMS et d'ISS, et en modélisant le transfert radiatif. Pour ce faire, j'ai d'abord amélioré le modèle en changeant la partie liée à la préparation des propriétés de l'atmosphère, et en utilisant des modèles de transfert radiatif (SHDOMPP, SPSDISORT) plus performants que les modèles utilisés précédemment. Les observations de VIMS ont permis de caractériser la couche de brume et de nuages, ainsi que leur évolution au cours du temps. Les analyses d'ISS se sont concentrées sur la couche détachée et nous ont permis de retrouver des informations sur la distribution en taille des aérosols et sur les conditions de l'équilibre radiatif de cette couche. Une partie de ce travail se fait dans le cadre de l'ANR **CH4@Titan** (Porteurs : A. Coustenis, V. Boudon) dont l'objectif est la caractérisation de l'absorption du méthane dans les atmosphères froides, et les applications planétologiques. D'autre part, ce travail va se poursuivre et s'accroître car le volet le plus important du projet ANR **APOSTIC** est précisément de permettre l'analyse exhaustive d'observations de Cassini dans le but de caractériser Titan et de comprendre le climat et les interactions des différents composants. Je suis auteur/co-auteur de 32 articles liés directement à l'analyse d'observation ou aux aspects connexes (propriétés de diffusion des aérosols, absorption du gaz). Cet axe de recherche figure aussi dans mes activités actuelles

Microphysique, climat et photométrie sur Mars: Le code microphysique de Titan a été adapté aux nuages de Mars. La partie traitant de la microphysique des nuages (nucléation, condensation) a été développée par F. Montmessin lors de sa thèse (1999-2002). La poursuite de son travail a été réalisée dans le cadre du couplage entre le GCM de l'atmosphère martienne développé

au LMD et le modèle de nuage. L'ensemble de ce travail a significativement amélioré le cycle saisonnier de l'eau, grâce au transport de l'eau sous forme de nuages. J'ai aussi analysé des observations de l'instrument SPICAM UV sur Mars Express. Une partie des observations traitées concernent la diffusion par les poussières au limbe éclairé de la planète et ont montré la présence de très petites poussières (quelques dizaines de nanomètres) à haute altitude et la présence fréquente de nuages à haute ou très haute altitude, révélés par leur indice de couleur différent. Cette analyse, avec celles menées par ailleurs sur les occultations stellaires de SPICAM, permet de mieux caractériser la météorologie des poussières et des nuages, en particulier à haute altitude. Cette activité de recherche concernant Mars correspond à 6 articles dans ma liste de publication. Cet axe de recherche est (pour le moment) suspendu faute de temps.

Capteur de poussière ODS : Le but de l'instrument est de mesurer l'opacité et la taille des poussières, ainsi que l'opacité et l'altitude des nuages. ODS a été initialement conçu pour MARS 96 qui a été un échec au lancement, puis dans le cadre de la mission NETLANDER/CNES, qui a été annulée. Ensuite, le capteur a été inclus dans la charge utile le réseau de stations météorologiques PASCAL (non sélectionné), en réponse à l'A.O. NASA/Scout 2007, puis enfin dans le paquet AEP en réponse à l'A.O. ESA pour la station de surface HUMBOLDT/EXOMARS (annulée).

La mission EXOMARS est revenue sous la forme d'une mission ESA/NASA, et ODS a été sélectionné lors de l'A.O. joint ESA/NASA pour faire partie de la station de surface EDM (Entry and Descent Module) /EXOMARS/MARS 2016. En juin 2012, le volet MARS 2016 d'EXOMARS a reçu le feu vert de l'ESA pour continuer, suite au désengagement de la NASA. Cependant, le CNES a décidé de ne plus financer les instruments français de l'EDM, pourtant sélectionnés suivant une procédure standard (réponse à l'AO, lettre "d'endorsement" du CNES, sélection conjointe NASA/ESA). Une nouvelle solution se dessine pour ODS sur EXOMARS 2018, avec une inclusion dans le paquet météologique proposé par l'IKI (Moscou, Russie). Le capteur ODS a été remplacé sur Exomars 2016 par l'instrument espagnol SIS (INTA) mais les compétences développées pour ODS seront utiles pour SIS : Le doctorant Daniel Toledo est actuellement en post-doc à l'INTA pour préparer l'analyse des observations de cet instrument, et pour préparer les versions de l'instrument qui voleront également sur les missions EXOMARS 2018 et Mars2020/NASA. Par ailleurs, Daniel Toledo et moi-même sommes maintenant inclus dans l'équipe scientifique de DREAMS /EXOMARS 2016 et Co-I de l'instrument SIS.

Le capteur ODS est également utilisé pour étudier l'atmosphère terrestre dans deux types d'environnements. **1)** L'étude de l'environnement tropical est important car c'est là que se font les échanges d'eau entre la troposphère et la stratosphère. ODS a déjà été utilisé en Afrique pour des campagnes de test et a permis de faire des mesures de nuages sub-visibles proches de la tropopause (thèse de Tran The Trung). Nous avons également impliqué ODS dans la campagne d'observation du projet ANR Tro-PICO dont le but est de caractériser le climat tropical en Amérique du sud et les échanges à l'interface tropo/strato. **2)** Des observations en milieu arctique vont être menées dans le cadre du projet (sélectionné) EQUIPEX IAOOS, dans lequel 40 exemplaires d'ODS doivent être embarquées sur des bouées dérivantes prises dans la glace. Le but étant d'étudier la dérive de la banquise ainsi que les environnements atmosphérique et océanique immédiats qui conditionnent son évolution. ODS est l'un des instruments dont l'objectif est de caractériser le contenu atmosphérique en aérosols et nuages au dessus de la banquise.

Pour ces deux applications terrestres et l'application martienne, des modèles de photométrie sont développés (ou en cours) afin de contribuer à la définition des instruments en fonction des environnements, et pour réaliser ou préparer les analyses d'observations (thèse de Tran The-Trung puis Daniel Toledo). Cet axe est appelé à prendre de l'importance compte tenu des échéances prévues dans les années qui viennent.

2. Publications : présentation, en quelques lignes, des 5 publications

1) Rannou, P., Cours, T., Le Mouelic, S., Rodriguez S., Sotin, C., R. Brown and P. Drossart "Titan

haze and optical properties retrieved from recent observations”, *Icarus*, doi:10.1016/j.icarus.2009.12.009, (2010).

Résumé : L'instrument VIMS, à bord de Cassini, a observé la région polaire nord de Titan le 28 Décembre 2006. Sur cette image spectrale, prise à 113° d'angle de phase, on observe un vaste nuage polaire au nord de 62°N et ailleurs la brume apparaît comme la principale source de diffusion. Tout d'abord, nous avons caractérisé la répartition spatiale de la couche de brume au dessus de 100 km entre 80° S et 70° N. Nous trouvons une asymétrie nord/sud avec une opacité brume augmentant d'un facteur 3 entre le pôle sud et l'équateur. Ensuite avons partiellement identifié l'origine des caractéristiques spectrales de la fenêtre de méthane 2,80 µm, qui sont dues en partie au méthane deutéré. Enfin, nous avons contraints les valeurs et les comportements spectraux de la partie imaginaire de l'indice de réfraction des aérosols dans la gamme comprise entre 0,3 et 4,0 µm.

2) Rannou, P. and Durry, G., "The extinction layer detected by the 2003 star occultation on Pluto", *Journal of Geoph. Res.*, doi:10.1029/2009JE003383, (2009)

Résumé : Une occultation d'étoile par Pluton a été observée en août 2003 par plusieurs télescopes et à plusieurs longueurs d'onde entre 0,7 µm et 2,25 µm. Cette observation a révélé un effet chromatique dans la lumière transmise à travers l'atmosphère attribué à une couche d'extinction produites par des particules sphériques d'environ 0,2 µm. Dans cet article, nous utilisons un modèle de microphysique pour estimer si cette extinction pourrait être due à des aérosols produits par la photochimie seulement. Nous utilisons Titan comme cas de référence, et nous montrons que l'effet chromatique sur Pluton ne peut pas être produit de cette manière. Nous étudions ensuite comment des gouttelettes de condensation pourraient être générées dans la troposphère de Pluton. Nous concluons qu'une telle couche d'extinction produite par de la condensation pourrait potentiellement atteindre la taille observée.

3) Rannou, P., Montmessin, F., Hourdin, F. and Lebonnois, S. "On the latitudinal distribution of clouds on Titan", *Science*, 311, 201-205 (2006).

Résumé : Des nuages ont été observés sur Titan à travers la brume épaisse, juste avant 2006, en spectroscopie proche infrarouge et en imagerie. Ils ont été observés près du pôle sud et dans les régions tempérées près de 40°S. L'ensemble des observations télescopiques et d'instruments embarqués sur l'orbiteur Cassini donnent un aperçu de la climatologie des nuages. Pour étudier les nuages, nous avons développé un modèle de circulation générale de Titan qui inclue la microphysique des nuages. Nous identifions et expliquons la formation de plusieurs types de nuages d'éthane et de méthane, y compris sud des nuages polaires et des nuages sporadiques dans les régions tempérées et en particulier à 40°, dans l'hémisphère d'été. Les emplacements, les fréquences, et la composition de ces types de nuages s'expliquent essentiellement la circulation à grande échelle.

4) Rannou, P., Perrier, S., Bertaux, J.-L., Montmessin, F., Korablev, O. et Rébérac, A. "Dust and clouds detection at Mars limb with UV scattered sunlight with SPICAM", *Journal of Geophysical Research*, 111, E09S10, doi:10.1029/2006JE002693 (2006)

Résumé : Le détecteur SPICAM UV à bord de Mars-Express a mesuré plusieurs profils de lumière diffusée au limbe de la planète Mars. Dans cet article nous présentons 33 profils pris entre janvier 2004 et août 2005. La diffusion de la lumière UV au limbe de Mars est due aux molécules de l'atmosphère, aux particules de poussière et parfois aux nuages qui apparaissent comme des couches détachées au dessus de la couche de poussière. Nous avons utilisé un modèle de transfert radiatif pour retrouver les propriétés de la brume et des nuages. Une estimation rapide montre que la taille des particules, pour les nuages et la poussière au-dessus 20 km, sont dans la gamme de 10 à 100 nm. De telles particules sont beaucoup plus petites que les particules de poussière microniques observés dans la basse atmosphère, généralement par les instruments à la surface de Mars. La ségrégation gravitationnel est probablement responsable de ces différences dans la taille

des particules entre bas et haute atmosphère.

5) Rannou, P., F. Hourdin and C.P. McKay, "Wind origin for Titan's haze structures", Nature, 418, 853-856, (2002)

Résumé : Titan, la plus grande lune de Saturne, est le seul satellite du système solaire à posséder une atmosphère dense. L'atmosphère de Titan est principalement composée d'azote avec une pression de surface de 1,5 atmosphère et une température de 93 K. La brume globale, avec des variations saisonnières, est la principale source de chauffage et de refroidissement qui contrôle la circulation atmosphérique. La brume a de nombreuses caractéristiques qui sont restées longtemps inexplicables. On trouve plusieurs couches distinctes, y compris une capuche polaire, et un contraste inter-hémisphérique prononcé. La haute atmosphère tourne beaucoup plus vite que la surface (superrotation), et il y a une importante asymétrie de température latitudinal à l'équinoxe. Dans cet article, nous décrivons les résultats d'une simulation numérique de l'atmosphère de Titan, qui explique les caractéristiques observées de la brume. L'apport essentiel de notre modèle réside dans la prise en compte du couplage entre la formation de brume et la dynamique atmosphérique, qui produit une forte rétroaction positive entre la brume et les vents.

3. Encadrement et animation recherche :

Direction, animation laboratoires et développement d'équipes de recherche

La thématique principale du GSMA est la spectrométrie moléculaire théorique et expérimentale. Au tournant des années 2000, des recrutements ont été réalisés pour apporter au GSMA une thématique liée à l'application de la spectrométrie à l'atmosphère terrestre (Georges Durry, PR, Emmanuel Rivière, MC). En 2007, j'ai été recruté sur un poste de professeur pour continuer cette démarche de développement des applications de la spectrométrie en y apportant une expertise sur les atmosphères planétaires. L'objectif était également de développer un groupe de recherche en planétologie au sein de l'équipe aéronomie du GSMA. Le groupe de planétologie au GSMA se compose maintenant ainsi :

Personnel permanents : Il y a quatre personnes avec un statut permanent (Daniel Cordier, CR, Thibaud Cours, MCF, Panayotis Lavvas, CR, Pascal Rannou, PR). A mon arrivée en 2007, Thibaud Cours fait une reconversion thématique pour aborder les sciences planétaires, Panayotis a été recruté en 2011 au CNRS et enfin Daniel Cordier a demandé sa mutation au GSMA qui est devenue officielle à l'automne 2015 (après une période de transition de deux ans).

Doctorants : Depuis 2007, un doctorant (Jérémie Burgalat) a terminé sa thèse en mars 2012, sur le développement de la microphysique du modèle de climat de Titan, un autre doctorant (Daniel Toledo) a terminé sa thèse en octobre 2015 pour travailler sur le capteur de poussière ODS, sélectionné pour la mission Exomars/DREAMS 2016 (puis descopé faute de moyens financiers au CNES) et sur Exomars/Lander 2018. ODS a également été inclus dans plusieurs projets de campagnes terrestres. Un dernier doctorant (Benoît Seignovert) est en thèse depuis octobre 2014 pour analyser sur les observations de Titan par Cassini (ISS, UVIS) et étudier la formation et la croissance des aérosols dans haute atmosphère (400-1000 km).

Post-doc/IR CDD: Dans le cadre de l'ANR APOSTIC, un IR CDD a été recruté en 2013, pour deux ans, pour travailler sur les aspects techniques liés au développement du GCM 3D de Titan (mis en place d'un modèle de microphysique en moments, parallélisation du code, interfaçage). Ce poste est occupé par Jérémie Burgalat, qui après un an de post-doc au LATMOS (UVSQ/UPMC) sur le développement et l'utilisation d'un modèle de microphysique terrestre dans le cadre du projet MACC II est revenu au GSMA pour ce contrat, avec de nouvelles idées.

Le travail d'animation relatif à l'équipe de planétologie, dans un labo de petite taille comme le GSMA (environ 55 personnes, dont 35 permanents et 24 EC/C) se décompose en plusieurs volets :

1) Organiser la discussion et favoriser les échanges entre les membres de l'équipe par des réunions

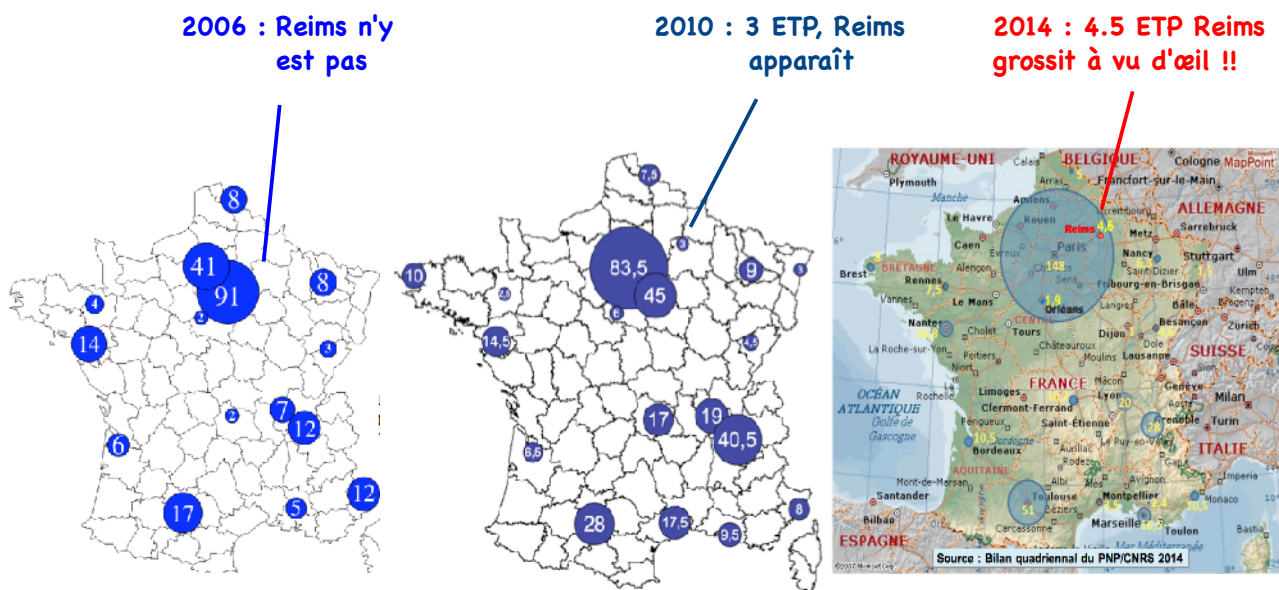
et la discussion de l'avancement des projets.

2) Favoriser le développement et la pérennité de ce groupe en trouvant ou en aidant à trouver les moyens financiers de subsistance (ANR, Programme Appel d'offre Région Champagne-Ardenne, Programme PNP ou autres programmes du CNRS...)

3) Rechercher les financements doctoraux pour soutenir les activités de recherche planéto du laboratoire. Faire connaître le groupe de planétologie auprès de la communauté scientifique, mais aussi localement, auprès des étudiants, des personnels de l'université et du public. Par exemple, le laboratoire a proposé Panayotis Lavvas pour la médaille de bronze et il a obtenue en 2015, ce qui est un succès personnel pour lui, mais aussi un élément de reconnaissance extrêmement important de l'activité de planétologie à Reims.

4) Utiliser les programmes d'échange ou d'invitation de chercheurs et d'étudiants de master ou en thèse. Ces programmes sont proposés par l'université, la région ou le CNRS. Certains projets que j'ai porté ou initié ont finalement abouti (le détail de ces actions se trouve dans la partie "**Echanges internationaux : ↓**").

Le bilan du développement de l'équipe planétologie est donc positif puisque le groupe planéto a crû de façon substantielle mais aussi des collaborations avec les équipes de spectrométrie ont été ouvertes pour l'étude des atmosphères planétaires (spectrométrie du CH₄, C₄H₂, C₂H₆, gaz chauds). Signe de ce succès, le GSMA figure, par exemple, sur la cartographie du PNP/CNRS avec les ETP conjoints des personnes du groupe de planétologie et des personnes des équipes de spectrométrie moléculaire.



Cartes de la planétologie en France (en Equivalent Temps Plein sur différents sites) figurant dans les rapports de bilan et prospectives du programme national de planétologie du CNRS en 2006, 2010 et 2014.

Direction de thèses et autres travaux (détail en annexe)

- 1999-2002, Franck Montmessin : (50 % - Dir: M. Cabane, SA/IPSL)
Microphysique des nuages et poussières sur Mars.
Actuellement: DR2 au CNRS (LATMOS, UMR 8190).
- 2002-2005, Tran-The-Trung : (50 % - Dir: J.-P. Pommereau, SA/IPSL)
Développement d'un capteur optique de poussières (ODS).
Actuellement: Enseignant et doyen, Ecole de commerce FTP, Hanoi, Viet-Nam.
- 2002-2006 Alberto Negrão : (15 % - Dir: A. Coustenis, LESIA, Obs. Meudon)
Analyse de spectres et de spectro-imagerie IR de Titan.
Actuellement: Enseignant à l'ESTG de Leiria, Portugal.
- 2008-2011 Jérémie Burgalat (GSMA, Univ. de Reims Champagne-Ardenne)

Microphysique des nuages dans le modèle de circulation 3D de Titan.

Actuellement: IR/URCA titulaire au GSMA

- 2010-2013 Mathieu Perreux (GSMA, Univ. de Reims Champagne-Ardenne)
Préparation du capteur de poussière ODS pour Mars.
(Démissionnaire au 30/11/2011)
- 2012-2015 Daniel Toledo (GSMA, Univ. de Reims Champagne-Ardenne)
Préparation du capteur de poussière ODS pour Mars.
Actuellement: Chercheur post-doctoral à l'INTA (Espagne, Madrid)
- 2014-2017 Benoît Seignovert (50% - co-dir : P. Lavvas, GSMA, Univ. Reims C.-A.)
Formation des Aerosols par Croissance Moléculaire sur Titan.
Début de thèse le 1 octobre 2014

Autres encadrement/transmission :

- Parrainage d'un étudiant d'école d'ingénieur (ECAM Strasbourg)
 - F. Favetta - Année 2015-2016
- Accueil de binômes L3 physique en stage scientifique
 - J. Boan et V. Niederkorn - avril 2012
 - M. Michaud et C. Driau - avril 2014
- Accueil d'étudiant de master 2 .
 - Jérémie Burgalat, 4 mois en 2008 (Master Planétologie IdF)
 - Viet Phuong Nguyen, 3 mois en 2009 (Master NOA Université de Reims)
 - Mathieu Perreux, 4 mois en 2010 (Master NOA Université de Reims)
- Stagiaire de découverte de 3ème (3 à 5 jours effectués sous ma supervision)
 - F. Deramond 20-22 octobre 2010
 - A. Klising, E. Dreuilhe -14-18 décembre 2015

Réseaux de recherche

L'insertion dans le panorama de la recherche se fait à travers des projets de type ANR, et PNP. A titre personnel, en plus de mon propre projet ANR APOSTIC, j'ai participé à deux projets ANR directement en lien avec mon activité. Le projet EXOCLIMAT (Modélisation climatique de Titan et Vénus, porteur S. Lebonnois) et CH₄@Titan (Caractérisation de l'absorption du méthane pour les atmosphères froides, Porteurs A. Coustenis, V. Boudon). Dans le cadre de ces projets, je collabore avec des personnes et des laboratoires de planétologie en France (LMD-UPMC, LESIA-Obs. Meudon, LAIM-CEA-PARIS 7, LATMOS-UVSQ, LPGN-Nantes,...) mais aussi avec des laboratoires spectroscopie (UCB Dijon, LSP Grenoble).

Le PNP me permet également de structurer une partie de notre projet de recherche en formalisant des projets avec le LMD (UPMC), le LPGN (Nantes) et le LAIM (CEA/Paris 7). Le projet ANR APOSTIC est aussi de nature à permettre encore une meilleure insertion de notre groupe dans la communauté française. Pour ces deux projets, les collaborations proposées sont tournées vers le LMD (UMPC) pour le climat de Titan et les laboratoires fortement liés à l'analyse des observations de Cassini (LESIA, LPGN, LAIM).

Les futurs développements d'ODS, pour Mars (modélisation liée à EDM/Mars 2016 et Exomars 2018) mais aussi pour les applications terrestres (en particulier la participation au projet ANR Tro-Pico au Brésil et Equipex IAOOS en arctique) donneront davantage de possibilité de travailler avec des laboratoires français et étranger (INAF-OAC - Italie, INTA - Espagne, IKI - Russie).

Enfin, les programmes d'échange obtenus par le passé mais aussi ceux déjà acceptés pour le futur constituent un outil idéal pour maintenir des collaborations internationales efficaces. Ces aspects sont détaillés dans la partie **Echanges internationaux** ↓, ci dessous.

Echanges internationaux :

Afin de maintenir des contacts avec nos partenaires de recherche étrangers, plusieurs

programmes d'échange sont à notre disposition. Il s'agit de programmes émanant de l'université, de la région Champagne-Ardenne ou du CNRS et visant soit à accueillir des chercheurs où envoyer des étudiants et doctorants dans des laboratoires extérieurs

Accueil de chercheur : Nous avons invité Caitlin Griffith (LPL, Université d'Arizona) au GSMA, à l'automne 2008 et pendant un mois (Programme Chercheur Invité Région Champagne-Ardenne), pour travailler avec notre équipe sur le transfert radiatif et le modèle de climat. Cette période a permis d'échanger au sujet des modèles de transfert radiatif, d'entamer des comparaisons entre nos modèles. Nous avons aussi démarré une collaboration au sujet du cycle modèle dans le modèle de climat du 2D avec en vue, une collaboration approfondie.

Nous avons aussi bénéficié d'un mois de chercheur invité pour la venue de Robert West (JPL, NASA - Pasadena) en novembre 2013 (Programme Chercheur Invité de CNRS). Le travail a consisté en l'analyse d'observations d'ISS pour l'émission à haute altitude et à caractériser la couche nuageuse au pôle sud. Ces travaux ont abouti à la publication de deux articles.

Le Programme Chercheur Invité de CNRS nous a permis de recevoir Christophe Sotin (JPL, NASA - Pasadena) en octobre 2015. Nous avons travaillé sur les observations de VIMS et en particulier sur la transparence de l'atmosphère et l'effet sur l'inversion des propriétés de surface.

Robert West (JPL/NASA) revient cette année pour 4 mois entre mars et juillet 2016 grâce au programme de mobilité entrante de la région Champagne-Ardenne. Le projet de recherche sera axé sur l'analyse des observations de la caméra ISS/Cassini pour Titan mais aussi pour Saturne.

Enfin, en 2014, j'ai proposé à C. Griffith et R. Yelle de soumettre un PICS/CNRS (Programme International de Coopération Scientifique), et ils en ont accepté l'idée. Ce programme a finalement été porté (et écrit en grande partie) par Panayotis Lavvas, pour des raisons "tactiques" (chercheur de moins de 40 ans) et vient d'être accepté par le CNRS en janvier 2016. Il permettra donc d'assurer, pendant les quatre années à venir, les moyens d'entretenir une collaboration scientifique dynamique avec le LPL/Université d'Arizona.

Séjours d'étudiants : Au printemps 2010, nous avons envoyé Mathieu Perreux au LPL (Université d'Arizona), lors d'un stage de M2 au sujet du cycle du méthane sur Titan (programme Mobilité Sortante Université de Reims Champagne-Ardenne). Il a passé 2 mois 1/2 (les 2/3 du stage) au LPL et a mis en place une version 2D du modèle.

En novembre 2014, le doctorant Daniel Toledo a passé un mois au JPL (JPL, NASA - Pasadena) pour travailler avec Robert West sur le transfert radiatif et l'analyse de photos prises par ISS (Programme MOBDOC Université de Reims Champagne-Ardenne).

4. Rayonnement : échanges internationaux, expertises :

Participation à des jurys de thèse et HDR:

- **co-directeur** - Tran The-Trung, Sujet "*Optical Depth Sensor for the measurement of dust and clouds in the atmosphere of Mars. Radiative transfer simulations and validation on Earth*", Université de Versailles-St-Quentin en Yvelines, Directeur de thèse : Dr J.-P. Pommereau (12/2005)
- **co-directeur** - Alberto Negrão, Sujet "*The characterisation of Titan's lower atmosphere and surface from near-infrared spectra*", Université de Lisbonne, Directeur de thèse : Dr A. Coustenis (09/2007)
- **rapporteur** - Pierre-Yves Meslin, Sujet "*Le radon, traceur géophysique de l'environnement martien : étude de son transport, première mise en évidence et développement d'une instrumentation pour sa mesure*", Université Paris 6, Directeur de Thèse : Dr E. Chassefière (05/2008)
- **examineur** - Aurélie Bellucci, Sujet "*Analyse d'occultations solaires et stellaires par Titan observées par l'instrument Cassini/VIMS*", Université Paris 6, Directeur de Thèse : Pr B. Sicardy (10/2008)
- **rapporteur** - Jean-Baptiste Madeleine, Sujet "*Nuages et poussières de l'atmosphère martienne: Télédétection, modélisation des retroactions climatiques et application aux paléoclimats*", Université Paris 6, Directeur de Thèse : Dr F. Forget (02/2011)

- **rapporteur** - Raphael Adam de Villiers, Sujet "*Analyse des propriétés optiques des aérosols observés en Arctique pendant la campagne de printemps de l'API/POLARCAT*", Université Paris 6, Directeur deThèse : Dr G. Ancellet (04/2011)
- **examineur** - Mélanie Vangvichith, Sujet "*Modélisation des atmosphères et des glaces sur Triton et Pluton. Préparation de la mission New Horizons*", Ecole Polytechnique, (05/2013)
- **rapporteur** - Thomas Gautier, Sujet "*Simulation expérimentale de la formation des aérosols de Titan*", Université de Versailles St Quentin, (09/2013)
- **rapporteur** - Anezina Solominodou, Sujet "*Comparative study of the diachronic evolution of the geological and volcanological environments of the Earth and the Saturnian satellites, Titan and Enceladus*", Observatoire de Paris/Université d'Athènes, (11/2013)
- **rapporteur** -Fernando Capalbo, Sujet "*La haute atmosphère de Titan à partir de l'analyse des observations de Cassini-UVIS dans l'ultraviolet*", Université Paris-Est Créteil, (11/2013)
- **rapporteur** -Coralie Brassé, Sujet "*Les aérosols organiques de Titan : Leurs propriétés physico-chimiques et leurs possibles évolution chimiques à la surface*", Université Paris-Est Créteil, (12/2014)
- **rapporteur** - Melody Sylvestre, Sujet "*Les aérosols organiques de Titan : Leurs propriétés physico-chimiques et leurs possibles évolution chimiques à la surface*", Université Paris-Est Créteil, (09/2015)

- rapporteur** - HDR Emmanuel Marcq, Sujet "Observations et modélisations des atmosphères telluriques denses", Université de Versailles-Saint-Quentin, (11/2015)
- rapporteur** - HDR Anni Maattanen, Sujet "Au loin s'en vont les nuages", Université de Versailles-Saint-Quentin, (04/2016)

Participation à des concours de recrutement :

- Membre de la CSE 34-37 de l'Univ. Versailles-St-Quentin entre 2000 et 2007
- Recrutement Maître de conférences 30 Univ. Reims-Champ. Ardenne (05/2009)
- Recrutement professeur Section 34 Univ. Paris Diderot (05/2012)
- Recrutement professeur Section 34 Univ. Versailles-St-Quentin (05/2015)

Evaluation et rapports :

- Comité AERES LISA (Université Paris-Est Créteil) - (12/2013)
- Comité AERES OSU EFLUVE (UPEC, Paris 7, Ecole des Ponts/ParisTech, CNRS) - (01/2014)
- Rapporteur pour Icarus, Planetary and Space Science, Geoph. Research Letter, Nature, Science
- Expertise pour NASA/NSPIRE

Séjours à l'étranger :

A plusieurs occasions, j'ai réalisé des séjours dans des laboratoires aux Etats-Unis dans le cadre de collaborations scientifiques. Ces collaborations avaient pour but de travailler sur quelques points précis dans le cadre de collaborations installées de longues dates. Depuis 2000, j'ai effectué quatre séjours :

Avril 2001 : 1 semaine (autour d'un workshop de 2 jours) au SwRI, Boulder, CO (E.F. Young)

*Travail autour de l'analyse des observations de Titan avec le télescope HST, et inversion de la couche de brume troposphérique. Ce travail a ensuite conduit à la publication de l'article Young et al., *Astroph. Journ.*, 123-6, 3473-3486 (2002).*

Septembre 2003 : 1 semaine à NASA Ames Research Center, Moffett Field, CA (C.P McKay)

*Travail autour de l'écriture d'un modèle de microphysique et de transfert radiatif de la brume de Titan. Ce travail a ensuite conduit à la publication de l'article Rannou et al. *Space Sci.*, 51, 963-976 (2003).*

Octobre 2010 : 1 semaine au LPL/Univ. d'Arizona, Tucson, AZ (R. Yelle, P. Lavvas + R. West)

*Discussions autour des processus de formation de la couche détachée de Titan et deux scénarii concurrents publiés dans *Cours et al. Astroph. Journ. Letters*, 741, L32 (2011) et*

Lavvas et al. Icarus, 201,626–633 (2009). Ce séjour a eu plusieurs conséquences : 1) cela a permis d'ouvrir une collaboration très fructueuse avec R. West (plusieurs publications, dont West, R.A. et al., Geoph. Res. Lett., 38, L06204 - 2011 issue des discussions de 2010), 2) ça a ensuite débouché sur la venue de R. West à Reims (2013 et 2016) et au séjour de Daniel Toledo en 2014 au JPL et enfin 3) c'est lors de ce séjour que j'ai proposé à P. Lavvas de candidater au CNRS pour le GSMA, ce qui a été couronné de succès.

Octobre 2014 : 1 semaine au LPL/Univ. d'Arizona, Tucson, AZ (C. Griffith + E. Karkoschka)
Discussion autour de l'albédo de surface de Titan, et comparaison entre les observations de VIMS et DISR. début d'un travail sur l'utilisation de la partie visible de VIMS.

Communication/Diffusion de la science :

• **Organisation de conférences** grand public à Reims (11 conférences à ce jour - certaines sont disponibles <http://podcast.univ-reims.fr/channels/CONFERENCES/>)

- Lundi 16 novembre 2009 - Campus Moulin de la Housse
Caitlin Griffith, Professeur au LPL Université d'Arizona, Etats-Unis
"Titan, de A à Z"
- Vendredi 20 novembre 2009 - Campus Moulin de la Housse
Franck Montmessin, CR au LATMOS, CNRS, Université de Versailles-Saint-Quentin
"Mars : un monde habitable ou habité ?"
- Samedi 21 novembre 2009 - Mairie de Reims
François Raulin, Professeur au LISA (CNRS, Université Paris 12 et Paris 7)
Florence Raulin-Cerceau, Maître de conf. au Centre Koyré (CNRS, EHESS, MNHN)
"Les scientifiques à la recherche de la vie extraterrestre"
- Lundi 1er juin 2010 - Auditorium de la médiathèque de Reims
Franck Montmessin, Chargé de recherche au LATMOS
CNRS, Université de Versailles-Saint-Quentin
"Mars : un monde habitable ou habité ?"
- Jeudi 21 octobre 2010 - Mairie de Reims
Jean-Louis Dufresne, Chercheur au Laboratoire de Météorologie Dynamique
CNRS, Université Pierre et Marie Curie
"Le climat de la terre : en route vers l'inconnu ?"
- Samedi 23 octobre 2010 - Auditorium de la médiathèque de Reims
Roland Thissen, Laboratoire de Planétologie de Grenoble
CNRS / Université Joseph Fourier
"Titan, un satellite au delà de toutes attentes"
- Lundi 3 octobre 2011 - Mairie de Reims*
Jean-Pierre Pommereau, Chercheur au LATMOS
CNRS, Université de Versailles-Saint-Quentin
"La destruction de l'ozone stratosphérique : où en est-on en 2011?"
- Vendredi 14 octobre 2011 - Auditorium de la médiathèque de Reims
Gilles Ramstein - LSCE Université de Versailles/CEA/CNRS
"Les Climats passés de la Terre"
- Vendredi 14 août 2012 - Mairie de Reims*
Athéna Coustenis - LESIA Observatoire de Paris-Meudon
"L'exploration du système de Saturne : Titan, un monde prébiotique"
- Mercredi 13 novembre 2013 - Bibliothèque Universitaire de la Faculté des Sciences
Robert West, JPL - NASA, Pasadena, Etats-Unis.
"Titan's Haze : New Results from the Cassini/Huygens Missions"
- Mercredi 7 octobre 2015 - Bibliothèque Universitaire de la Faculté des Sciences
Christophe Sotin, JPL - NASA, Pasadena, Etats-Unis.
"Exploration de Mars: dernières découvertes du rover Curiosity"
- Mercredi 29 juin 2016 - Mairie de Reims

Christophe Sotin, JPL - NASA, Pasadena, Etats-Unis.

"Exploration des océans extra-terrestres"

* Pour ces deux conférences, j'ai participé au montage de la vidéo avec le SEAD. Pour les autres, j'ai organisé les conférences et, le cas échéant, participé au montage des vidéos.

• **Actions de communication antérieures à 2006**

- Participation à des actions de communications (conférences Action Science 78)
- Participation à des cafés des sciences (avec, entre autres, Action Science 78)
- Interviews à la radio italienne (Radio 3 - Rai, "Oche di Lorenz" en août 2002 et fév. 2005)
- Résultats de recherche relayés dans la presse (ex., San-Francisco Chronicle, USA Today, Le Monde,...)
- Séminaire "grand public" à l'UVSQ pour Action Science 78 (fête de la science)
- Article dans UVSQMAG d'avril 2006

• **Dans la presse locale*, concernant les activités planéto du GSMA (depuis 10 ans) :**

- "Conférence le mardi 1er juin à la médiathèque Jean Falala : De la vie sur Mars ? Le retour du fantasme" dans *l'Union* du 22 mai 2010
- "Un étudiant de l'Urca aux États-Unis : A la recherche des secrets de Titan", dans *l'Union* du 9 juin 2010
- "Conférences scientifiques : Atmosphère, atmosphère..." dans *l'Union* du 07 octobre 2010
- "Fac de sciences/ Enquête à des années lumière de distance" dans *l'Union* du 29 mars 2012
- "Les climats d'avant" dans *l'Union* du 10 octobre 2011
- "Une star de la NASA à l'Université de Reims Champagne-Ardenne", dans *l'Hebdo du vendredi* du 28 octobre 2013
- "Un professeur de la NASA en visite à la fac des sciences" dans *l'Union*, octobre 2013
- "Un rémois honoré par le CNRS" dans *l'Union* du 27 février 2015
- "Si la vie s'est développée sur Mars, elle est restée relativement simple" (Interview de C Sotin, en visite au GSMA) dans *l'Union* 19 octobre 2015

* Ces communications dans la presse locale ont pour objectif premier de faire connaître l'existence de notre équipe planéto et son activité. Elle s'adresse au grand public (en particulier pour signaler des conférences) et également aux acteurs institutionnels locaux. Les articles mentionnés ci-dessus ont tous été publiés suite à une démarche que j'ai effectuée auprès du journal *l'Union* ou *l'Hebdo du vendredi*.

• **Dans la presse spécialisée (depuis 10 ans) :**

- "New model accurately simulates Titan's clouds", dans *New Scientist*, 22/01/2006
- "The 30-year Forecast : Predicting Titan's clouds", Dans *USA Today* et *SPACE.com*, 3/01/2006
- "Season of change on Titan", dans *Astronomy Now*, 22 septembre 2010
- "Des oasis sur Titan", dans *Ciel et Espace*, 14/06/2012

2) Activités pédagogiques :

1. Présentation de l'activité d'enseignement :

Université de Versailles (1997-2007): Mon activité d'enseignement a débuté en 1997, à l'Université de Versailles. Dans la période 1997-2007, j'ai enseigné un service complet (192 h). Sur cette période, en moyenne, les deux tiers de mon service a été constitué d'enseignement (TD, TP) de physique générale (thermodynamique, mécanique du point) ainsi que les mathématiques et l'informatique en première et deuxième année (DEUG, ou plus récemment, en L1 et L2). J'ai aussi enseigné 3 ans la mécanique statistique en Maîtrise (TD) et 1 an la biophysique en PCEM1.

L'autre part de mon service était composée d'enseignement de spécialité ;

- Enseignement de planétologie (création) était essentiellement axé sur la formation du système

solaire et des planètes, la description des atmosphères planétaires et du transfert radiatif. Les dernières années de cet enseignement, j'ai organisé avec un collègue, une partie de l'enseignement sous la forme d'un travail personnel à présenter sous forme d'un cours/conférence de 20 minutes et assorti d'une séance de TD d'une vingtaine de minutes et des TP informatisés de planétologie.

- L'enseignement de physique de l'atmosphère était déjà créé, mais je les repris et modifié. Plus classique dans la forme, il se composait d'un cours magistral et de TD d'application. Il comportait une partie liée à l'interaction rayonnement matière, et ensuite décrivait en détail le transfert radiatif infrarouge et visible, puis décrivait les problèmes d'effet de serre et d'équilibre de la planète.

- L'enseignement de physique de l'atmosphère (création) dans le DESS/M2 Qualité de l'Air et Lutte contre le Bruit (Qualub) était destiné à donner aux étudiants les bases de la physique de l'atmosphère et une description simplifiée de la physique des aérosols terrestre, ainsi que leur sources et puits.

- L'enseignement du Master 2 Planétologie d'Ile de France comprenait un cours de microphysique des aérosols (2 fois 3 heures), articulé en trois parties : présentation générale des aérosols, mécanique des aérosols, processus de collection. Cet enseignement était complété par une série d'exercices d'application.

Université de Reims (2007- 2012) : Depuis 2007, mon enseignement se poursuit à l'université de Reims Champagne-Ardenne. Mon service a été allégé (64h) jusqu'en 2011-2012, grâce à mon appartenance à l'IUF en tant que membre junior (moins de 40 ans). Lors de l'année universitaire 2012-2013, j'ai repris un enseignement à plein temps que j'ai cumulé avec ma première année de participation au Comité National (section 19) du CNRS. Cela s'est révélé extrêmement compliqué (j'évalue que cette participation représente une somme de travail qui excède un service d'enseignement). J'ai donc, les années suivantes (2013-2014, 2014-2015 et 2015-2016), demandé une délégation au CNRS pour pouvoir continuer à siéger au CoNRS 19.

En arrivant à Reims, j'ai enseigné, la première année, de la physique générale (TD et TP d'onde) en L1 SVT. Ensuite, avec la nouvelle maquette d'enseignement mise en place à partir de sept. 2008, j'ai enseigné d'une part la planétologie en L1 et la physique de l'atmosphère en M1 et dans le M2 de physique et, jusqu'en 2011, l'enseignement du M2 Planétologie d'IdF.

- L'enseignement de planétologie PH207 (création) que je donne actuellement aux étudiants de L1 est essentiellement axé sur la formation du système solaire et la description rapide des planètes du système solaire. Je donne aussi un cours simplifié sur le transfert radiatif et l'effet de serre (notion d'opacité, transmission, corps noir) et je présente en détail la planète Mars, le satellite Titan, et deux cours sur l'origine de la vie dans le système solaire et la période "snowball" Earth en faisant le lien avec les phases analogues (réelles) sur Mars et (potentielles) sur Titan. Ces cours sont donc adaptés à un public de L1 physique, chimie et biologie. La partie quantitative est donc simplifiée, et une partie des cours prend plutôt la forme de "conférences". J'ai aussi repris l'idée d'un travail personnel en binômes autour d'un sujet de planétologie à approfondir et à présenter lors d'un oral de 20 minutes + 10 minutes de questions. Il s'agit en général pour les étudiants d'un premier oral, et donc je leur donne au préalable les règles élémentaires liées aux présentations orales (structuration du propos, définition des grands axes, clarté de la présentation et de la diction, périmètre du sujet, etc...).

- L'enseignement de physique de l'atmosphère en M1 (PH706 et PH804) se compose d'un cours magistral et de TD d'application. Le cours traite l'interaction rayonnement matière, les processus atmosphériques (thermodynamique de l'atmosphère, processus de diffusion moléculaire et turbulente) et le transfert radiatif infrarouge. En M2 (les années où il s'ouvre), je fais les rappels de M1 (en particulier pour les étudiants qui n'ont pas suivi le cours d'atmosphère optionnel en M1), puis on aborde le transfert radiatif visible, la notion de photométrie et de télédétection, puis les problèmes d'effet de serre et d'équilibre de la planète abordés de façon quantitative.

- Responsabilité pédagogique de l'UE de relativité restreinte en L3 (PH604). J'ai repris cet enseignement et constitué un cours que j'ai décidé de baser sur l'explication du contexte dans lequel la relativité einsteinienne a été découverte, l'établissement *in extenso* des transformations spéciales

de Lorentz (TSL), puis les conséquences et l'utilisation des TSL. Enfin, le cours continue ensuite avec la présentation des quadrivecteurs position, vitesse et accélération et leurs utilisations dans le cadre des TSL pour la composition des vitesses relativistes et les mouvements uniformément accélérés.

Responsabilités d'enseignement

- Depuis mon arrivée à l'université de Reims, j'ai pris la responsabilité pédagogique de plusieurs cours, dans le cadre du quadriennal 2008-2012 puis 2012-2016. Le contenu des cours est décrit dans la partie précédente. Le cours de M1 (PH819) est complété par un cours sur la dynamique atmosphérique fait par Emmanuel Rivière (introduction et approfondissement).

- **Cours PH207** : Option planétologie L1 : Il s'agit d'un cours optionnel de présentation de la planétologie. Ce cours vise à donner des connaissances générales en planétologie, et sur certains sujets, vise également à leur donner un aperçu des arguments physiques utilisés pour comprendre les planètes et le système solaire.

- **Cours PH604** : Relativité restreinte L3 : Il s'agit de 10h de cours magistral + 8h de TD sur la relativité restreinte : ce cours se compose d'une introduction sur les aspects historiques liés à la vitesse de la lumière, l'établissement des transformations de Lorentz et la cinématique relativiste (vitesse, accélération, énergie, impulsion).

- **Cours PH806** : Option physique de l'atmosphère M1 : Il s'agit d'un cours optionnel d'introduction à la physique de l'atmosphère pour les étudiants souhaitant découvrir cette matière, et l'approfondir en M2. Ce cours présente les grands équilibres de l'atmosphère, la problématique de la dynamique de l'atmosphère (par Emmanuel Rivière), l'interaction rayonnement-matière et le début du cours de transfert radiatif (opacité, et TR Infra-rouge).

2. Présentation synthétique des enseignements par niveau (L.M.D)

Tableaux de service pour la période 2010-2016

| <i>Service de l'année 2010-2011 (en htd)</i> | | | | <i>Service de l'année 2011-2012 (en htd)</i> | | | |
|--|--------------------------|----|-----|--|--------------------------|----|----|
| Matière | Cours | TD | TP | Matière | Cours | TD | TP |
| Délégation IUF | | | 128 | Délégation IUF | | | 64 |
| Cycle L | | | | Cycle L | | | |
| Astrophysique L1 | 22.5 | 15 | | | | | |
| Intro. à la recherche L2 | 3.0 | | | Intro. à la recherche L2 | 3.0 | | |
| Init. à la recherche L3 | 3.0 | | | Astrophysique L1 | | | 60 |
| Cycle M | | | | Cycle M | | | |
| Parcours planétologie IdF [®] | 9 | | | Introduction atmosphère M1 | 21 | 16 | |
| Atmosphère M2 | 22.5 | | | Thermo atmosphérique M1 | 21 | 16 | |
| | total = 192.5 htd | | | | total = 201.0 htd | | |

| <i>Service de l'année 2012-2013 (en htd)</i> | | | | <i>Service de l'année 2013-2014 (en htd)</i> | | | |
|--|-------|----|----|--|-------|----|----|
| Matière | Cours | TD | TP | Matière | Cours | TD | TP |
| HRS labo (participation au CNRS CN19) | | | 24 | Déleg. CNRS (CN19) | | | 96 |
| Cycle L | | | | | | | |
| Astrophysique L1 | 22.5 | 15 | | | | | |
| Electro/magnétost. L2 | | 20 | | Electro/magnétost. L2 | | 20 | |
| Thermodynamique III | | 18 | | Thermodynamique III | | 18 | |
| Relativité | 12 | 10 | | Relativité | 12 | 10 | |
| Mécanique/Fluide | | | 36 | | | | |
| Cycle M | | | | Cycle M | | | |
| Introduction atmosphère M1 | 13.5 | 9 | | Introduction atmosphère M1 | 13.5 | 9 | |
| Thermo atmosphérique M1 | 9 | 6 | | Thermo atmosphérique M1 | 9 | 6 | |

| <i>Service de l'année 2014-2015 (en htd)</i> | | | | <i>Service de l'année 2015-2016 (en htd)</i> | | | |
|--|--------------------------|----|----|--|--------------------------|----|----|
| Matière | Cours | TD | TP | Matière | Cours | TD | TP |
| Délégation CNRS | | | 96 | Délégation CNRS | | | 96 |
| Cycle L | | | | Cycle L | | | |
| Astrophysique L1 | | 20 | | | | | |
| Thermodynamique III | | 18 | | Thermodynamique III | | 18 | |
| Relativité | 12 | 10 | | Relativité | 12 | 10 | |
| Cycle M | | | | Cycle M | | | |
| Introduction atmosphère M1 | 13.5 | 9 | | Introduction atmosphère M1 | 13.5 | 9 | |
| Thermo atmosphérique M1 | 9 | 6 | | Thermo atmosphérique M1 | 9 | 6 | |
| | total = 193.5 htd | | | | total = 173.5 htd | | |

3. Direction et animation de formations

Depuis mon arrivée à Reims je n'ai pas eu l'occasion de prendre de responsabilité lié à la formation ; jusqu'en 2012 j'étais membre actif de l'IUF (02/2007-02/2012) et donc peu susceptible de prendre en charge les aspects organisationnels dans une université où je venais juste d'arriver (titularisation 11/2007). Depuis 2012, je suis membre de la section 19 du CoNRS, ce qui est un engagement très lourd (la présence en commission - 18 jours - et la préparation en amont représentent un travail équivalent à une charge complète d'enseignement). Cet engagement, extrêmement utile pour l'université et le laboratoire - mais très mal reconnu - prend fin en juin 2016. Je serai à ce moment disponible pour prendre d'autres responsabilités. La réflexion pour les maquettes d'enseignement du prochain contrat a débuté, et j'ai pris part au travail de préparation pour le master (unique) de physique.

Notons qu'à Reims, les directions et animations de formations en physique sont rares et particulièrement convoitées. De surcroît, la désaffection des étudiants pour la physique est patente à Reims (le nombre d'étudiants inscrits - redoublants inclus - en L3 de physique et sciences physiques est de 15 et 6, de 8 en M1 et 2 en M2 cette année) rendent encore plus difficile la possibilité de prendre la responsabilité de formation. Il devient également difficile de développer de nouvelles filières ou de modifier en profondeur celles qui existent compte tenu du faible flux d'étudiants. C'est pourtant la voie vers laquelle, je pense, il faudrait se diriger pour les rendre plus attractives.

2) Responsabilités Collectives :

Jusqu'à présent, les responsabilités collectives que j'ai prises sont, en général, étroitement liées à mon activité de recherche ou d'enseignement. J'ai participé à plusieurs CS au niveau local (UVSQ, IPSL) et national (PNP). J'ai systématiquement accepté, lorsque cela m'était proposé de participer aux comités de recrutement des enseignant-chercheurs à l'Université de Versailles ou Reims (CSE, comités ad-hoc). Depuis 2012, je suis membre de la section 19 du comité national du CNRS. L'engagement demandé (session d'automne et de printemps + concours : 18 jours ou ~ 126 heures de présence au CN19 + préparation en amont des sessions et concours) est supérieur à un service complet, auquel s'ajoute un service complet (2012-2013) ou un demi-service (2013-2015). Il s'agit donc d'une responsabilité peu compatible avec la prise d'une autre responsabilité importante liée à l'enseignement pour qui veut continuer à maintenir une activité de recherche.

L'ensemble des participations, passées ou présentes, à des instances collectives où des responsabilités prises dans des projets dans lesquelles j'ai été impliqué sont les suivantes :

- 2016 Organisation du Workshop International TAC à Reims (planeto.univ-reims.fr/tac)
- 2015-*, Co-I de l'instrument SIS sur Exomars 2016 (PI, I. Arruego-Rodriguez - INTA, Espagne)
- 2012-2016, Membre élu de la section 19 du comité national du CNRS
- 2012-2014, Membre du conseil du département de physique - UFR Sciences Exactes et Naturelles
- 2012-2016, Responsable du projet ANR APOSTIC (48 mois + 12 mois)
- 2010-*, Co-responsabilité de l'instrument ODS/Mars 2016 (avec J.P. Pommereau - LATMOS)
- 2010-*, Membre du Comité Scientifique du LMDZ (Modèle de Climat du LMD).
- 2009-*, Participation aux comités de recrutement GSMA.
- 2008-*, Membre du Conseil de Laboratoire du GSMA.
- 2001-2006, Membre du CS du Programme National de Planétologie (PNP).
- 2001-2005, Membre du CS de l'Institut Pierre-Simon Laplace (IPSL).
- 2003-2004, Membre du CS de l'Université Versailles-St-Quentin (UVSQ).
- 2000-2007, Membre de la Commission de Spécialiste (34-35-37) de l'UVSQ.

4) Annexes

1. Liste classée des publications :

Ouvrages individuels et collectifs :

-65- Griffith, C.A., Rafkin, S., Rannou, P. and McKay, "Storms, Clouds and Weather", Chapitre de la monographie "Titan", Cambridge University Press, Eds I. Mueller-Wodarg, C. Griffith, E. Lellouch and T. Cravens (2013)

Publications dans des revues internationales à comité de lecture :

76 publications de rang A, 16 en premier auteur (signalées par †), 12 après un doc ou un post-doc (signalées par *). Facteur h=32 (Scopus)

Articles publiés ou acceptés

- 76- *Toledo, D., I. Arruego, V. Apéstigue, J. J. Jiménez, L. Gómez, M. Yela, P. Rannou, J-P. Pommereau. "Measurement of dust optical depth using the Solar Irradiance Sensor (SIS) onboard the ExoMars 2016 EDM", *Accepté*, Planetary and Space Science, [] 2017
- 75- *Seignovert, B., Rannou, P., Lavvas, P., Cours, T. and West, R. A., "Aerosols optical properties in Titan's Detached Haze Layer", *Accepté*, Icarus, [] 2017
- 74- *Burgalat, B. and Rannou, P., "A microphysical model described with moments of distribution for Titan and other planetary atmospheres", Journal of Aerosol Sciences, 105, pp 151–165, (2017)
- 73- *Toledo, D., P. Rannou, J-P. Pommereau and T. Foujols, "The optical depth sensor (ODS) for column dust opacity measurements and cloud detection on martian atmosphere", Experimental Astronomy, doi:10.1007/s10686-016-9500-7 (2016)
- 72- Cordier, D., Cornet, T., Barnes, J. W., MacKenzie, S. M., Le Bahers, T., Nna Mvondo, D., Rannou, P., Ferreira, A. G. "Structure of Titan's evaporites", Icarus, Exp. Astron. DOI 10.1007/s10686-016-9500-7 (2016)
- 71- †Rannou, P., D. Toledo-Carrasco, P. Lavvas, E. D'Aversa, M. L. Moriconi, A. Adriani, S. Le Mouélic, C. Sotin et R. Brown, "Moisted Titan surface at the Huygens Landing Site and around Shangri-la", Icarus, 270, pp 291-306 (2016)
- 70- West, R.A., A.D. Del Genio, J.M. Barbara, D. Toledo, P. Lavvas, P. Rannou, E.P. Turtle, J. Perry, "Cassini Imaging Observations of Titan's South Polar Cloud", Icarus, 270, pp. 399-408 (2016)
- 69- *Toledo, D., Rannou, P., Pommereau, J-P., Sarkissian, A., and Foujols, T., "Measurement of aerosol optical depth and sub-visual cloud detection using the optical depth sensor (ODS)", Atmospheric Measurement Techniques, 9, 455-467, doi:10.5194/amt-9-455-2016, (2016)
- 68- Lavvas, P., West, R.A., Gronoff, G. and Rannou, P., "Titan's emission processes during eclipse", Icarus, 241, p. 397-408, (2014)
- 67- *Burgalat, J., Rannou, P. Cours T. and Rivière, E. "Study of Titan annual and diurnal cycles with a description of distributions with moments", Icarus 231, 310–322 (2014).
- 66- Hirtzig, M., Bézard, B., Lellouch, E., Coustenis, A., de Bergh, C., Drossart, P., Campargue, A., Boudon, V., Tyuterev, V., Rannou, P., Cours, T., Kassi, S., Nikitin, A., Mondelain, D., Rodriguez, S., and Le Mouélic, S. "Titan's surface and atmosphere from Cassini/VIMS data with updated methane opacity", Icarus, Volume 226, 470-486, (2013).
- 65- Griffith, C.A., Rafkin, S., Rannou, P. and McKay, "Storms, Clouds and Weather", Chapitre de la monographie "Titan", Cambridge University Press, Eds I. Mueller-Wodarg, C. Griffith, E. Lellouch and T. Cravens (2013)
- 64- Vinatier, S., Rannou, P., Anderson, C., M., Bézard, B., de Kok, R. and Samuelson, R., "Optical constants of Titan's stratospheric aerosols in the 70-1500 cm⁻¹ spectral range constrained by Cassini/CIRS observations" Icarus, Volume 219, Issue 1, 5-12, (2012)

- 63- †Rannou, P., Le Mouélic, S., Sotin, C. and Brown, R.H., " Cloud and haze in the winter polar region of Titan observed with VIMS onboard Cassini", *The Astrophysical Journal*, 748 - 4, (2012).
- 62- Lebonnois, S., Burgalat, J., Rannou, P. and Charnay, B., "Titan Global Climate Model: a new 3-dimensional version of the IPSL Titan GCM", *Icarus*, 218, 707-722, (2012).
- 61- De Bergh, C., R. Courtin, B. Bézard, A. Coustenis, E. Lellouch M. Hirtzig, P. Drossart, A. Campargue, S. Kassi, L. Wang V. Boudon A. Nikitin, V. Tyuterev and P. Rannou "Applications of a new set of methane line parameters to the modeling of Titan's spectrum in the 1.58-micron window", *Planetary and Space Science* 61, 85–98,(2012).
- 60- Cordier, D., Mousis, O., Lunine, J.I., Lebonnois, S., Rannou, P., Lavvas, P., Lobo, L.Q., and Ferreire, A.G.L., "Titan's lakes chemical composition : sources of uncertainties and variability", *Planetary and Space Science* 61, 99–107, (2012) .
- 59- Le Mouélic, S., Rannou, P., Rodriguez, S., Sotin, C., Griffith, C., Le Corre, L., Barnes, J., Brown, R.H., Baines, K.H., Buratti, B., Clark, R.N., Nicholson, P.D. and , G., "Dissipation of Titan's North Polar Cloud at Northern Spring Equinox", *Planetary and Space Science*, 60, Issue 1, p. 86-92 (2012).
- 58- Cours, T., Burgalat, J., Rannou, P., Rodriguez, S., Brahic, A. and West, R. A., "Dual Origin of Aerosols in Titan's Detached Haze Layer", *The Astrophysical Journal Letters*, Volume 741, Issue 2, article id. L32 (2011).
- 57- Rodriguez, S., Le Mouélic, S., Rannou, P., Sotin, C., Brown, R.H., Barnes, J.W., Griffith, C.A., Burgalat, J., Baines, K.H., Buratti, B.J., Clark, R.N. and Nicholson, P.D. "Titan's cloud activity from winter to spring with Cassini/VIMS", *Icarus*, 216, 89-110, (2011).
- 57- West, R.A., Balloch, J., Dumont, P., Lavvas, P., Lorenz, R., Rannou, P., Ray, R., and Turtle, E., "The Evolution of Titan's Detached Haze near Equinox in 2009", *Geophysical Research Letter*, 38, L06204, (2011).
- 56- Cours, T., Rannou, P., Negrão, Coustenis, A., and Hamdouni, H., "A new analysis of the ESO Very Large Telescope (VLT) observations of Titan at 2 μm ". *Planetary and Space Science*, doi:10.1016/j.pss.2009.12.009, (2010).
- 55- †Rannou, P., Cours, T., Le Mouélic, S., Rodriguez S., Sotin, C., R. Brown and P. Drossart "Titan haze distribution and optical properties retrieved from recent observations", *Icarus*, doi:10.1016/j.icarus.2009.12.009, (2010).
- 54- †Rannou , P. and Durry, G., "The extinction layer detected by the 2003 star occultation on Pluto", *Journal of Geoph. Res.*, doi:10.1029/2009JE003383, (2009).
- 53- Rodriguez, S., Le Mouélic, S., Rannou, P., Tobie, G., Baines, K.H., Barnes, J.W., Griffith, C.A., Hirtzig, M., Pitman, K.M., Sotin, C., Brown, R.H., Buratti, .J., Clark, R.N. and Nicholson, P.D. "clouds revealing Titan's global climatology", *Nature*, , 7247, 678–682 (2009).
- 52- Bellucci, A., Sicardy, B., Drossart, P., Rannou P., Nicholson, P.D., Heldman, M. and Baines, K.H. "Titan solar occultation observed by Cassini/VIMS: gas absorption and constraints on aerosol composition", *Icarus*, , 198–216, (2009).
- 51- Coustenis, A., Atreya, S. K., Balint, T., Brown, R. H., Dougherty, M. K., Ferri, F., Fulchignoni, M., Gautier, D., Gowen, R. A., Griffith, C. A., and 146 coauthors, "TandEM: Titan and Enceladus mission", *Experimental Astronomy*, , Issue 3, pp.893-946 (2009).
- 50- Lebonnois, S., Rannou, P., Hourdin, F. "The coupling of winds, aerosols and chemistry in Titan s atmosphere", *Royal Society Philosophical Transactions A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 367, 1889, 665–682 (2008).
- 49- Crespín, A., Lebonnois, S., Vinatier, S., Bézard, B., Coustenis, A., Teanby, N. A., Achterberg, R. K., Rannou, P., Hourdin, F. "Diagnostics of Titan's stratospheric dynamics using Cassini/CIRS data and the 2-dimensional IPSL circulation model", *Icarus*, , 2, 556-571, (2008).
- 48- Bertaux, J.-L., Vandaele, A.-C., Korablev, O., Villard, E., Fedorova, A., Fussen, D., Quémerais, E., Belyaev, D., Mahieux, A., Montmessin, F., Muller, C., Neefs, E., Nevejans, D., Wilquet, V., Dubois, J. P., Hauchecorne, A., Stepanov, A., Vinogradov, I., Rodin, A., Cabane, M., Chassefire, E., Chaufray, J. Y., Dimarellis, E., Lefvre, F., Rannou, P., Villard, E., Fussen, D., Muller, C., Neefs, E., van Ransbeeck, E., Wilquet, V., Stepanov, A., Zasova, L., Forget, F., Lebonnois, S., Titov, D.,

- Rafkin, S., Durry, G., Gérard, J. C., and Sandel, B., "A warm layer in Venus' cryosphere and high-altitude measurements of HF, HCl, H₂O and HDO", *Nature*, , 7170, 646-649 (2007).
- 47-** Bertaux, J.-L., Nevejans, D., Korablev, O., Villard, E., Quémerais, E., Neefs, E., Montmessin, F., Leblanc, F., Dubois, J. P., Dimarellis, E., Hauchecorne, A., Lefèvre, F., Rannou, P., Chaufray, J. Y., Cabane, M., Cernogora, G., Souchon, G., Semelin, F., Reberac, A., van Ransbeek, E., Berkenbosch, S., Clairquin, R., Muller, C., Forget, F., Hourdin, F., Talagrand, O., Rodin, A., Fedorova, A., Stepanov, A., Vinogradov, I., Kiselev, A., Kalinnikov, Yu., Durry, Georges, Sandel, B., Stern, A., Gérard, J. C., "SPICAV on Venus Express: Three spectrometers to study the global structure composition of the Venus atmosphere", *Plan. Space Sci.*, , 12, 1673-1700, (2007).
- 46-** Hirtzig, M., A., Coustenis, A., Gendron, E., Drossart, P., Hartung, M., Negrão, A., Rannou, P., and Combes M. "Titan : atmospheric and surface features as observed with NAOS/CONICA at the time of the Huygens' landing", *Journal of Geophysical Research*, , E02S91, doi: 10.1029/2005JE002650, (2007).
- 45-** *Negrão, A., Coustenis, A., Hirtzig, M., Gendron, E., Drossart, P., Rannou, P., Combes, M., and Boudon, V. "2-micron spectroscopy of Huygens landing site on Titan with VLT/NACO", *Journal of Geophysical Research*, , E02S92, doi:10.1029/2005JE002651, (2007).
- 44-** Bertaux, J.-L., Korablev, O., Perrier, S., Quémerais, E., Montmessin, F., Leblanc, F., Lebonnois, S., Rannou, P., Lefèvre, F., Forget, F., Fedorova, A., Dimarellis, E., Réberac, A., Fonteyn, D., Chaufray, J.-Y., Guibert, S. "SPICAM on Mars Express: Observing modes and overview of UV spectrometer data and scientific results" of *Geophysical Research*, , E10S90, doi:10.1029/2006JE002690, (2006).
- 43-** *Negrão, A., Coustenis, A., Lellouch, E., Maillard, J.-P., Rannou, P., Schmitt, B., McKay, C. P., and Boudon, V. "Titan's surface albedo from near-infrared CFHT/FTS spectra : modeling dependence on the methane absorption", *Planet. Space Sci.*, 54, 1225-1246 (2006).
- 42-** †Rannou, P., Perrier, S., Bertaux, J.-L., Montmessin, F., Korablev, O. et Réberac, A. "Dust and clouds detection at Mars limb with UV scattered sunlight with SPICAM", *Journal of Geophysical Research*, 111 E09S10, doi:10.1029/2006JE002693 (2006)
- 41-** Griffith, C. A., Pentead, P., Rannou, P., Brown, R., Boudon, V., Baines, K. H., Clark, R., Drossart, P., Buratti, B., Nicholson, P., McKay, C. P., Coustenis, A., Negrão, A., and Jaumann, R. "Evidence for a Polar Ethane Cloud on Titan", *Science*, 313, 1620-1622 (2006).
- 40-** Hirtzig, M., A., Coustenis, A., Gendron, E., Drossart, P., Negrão, A., Combes M., Lai, O., Rannou, P., Lebonnois, S., and Luz, D. "Monitoring atmospheric phenomena on Titan", *Astronomy and Astrophysics*, 456, 761-774 (2006).
- 39-** Montmessin, F., Bertaux, J.-L., Quémerais, E., Korablev, O., Rannou, P., Perrier, S., Forget, F., Lebonnois, S., Fussen, D., Réberac, A. and Dimarellis, E. "Sub-visible CO₂ ice clouds detected in the Martian mesosphere", *Icarus*, , 403-410 (2006).
- 38-** Montmessin, F., Quémerais, E., Bertaux, J.-L., Korablev, O., Fedorova, Rannou, P. and Lebonnois, S. "Stellar occultations at UV wavelengths by the SPICAM instrument: retrieval and analysis of Martian haze profiles", *Journal of Geophysical Research*, S09, doi:10.1029/2005JE002662 (2006)
- 37-** Maria, J.-L., T.-T. Tran, Pommereau, J.-P., P. Rannou, C. Malique, J.-J. Correia, and J. Porteneuve , "Technical aspect of the instrument Optical Depth Sensor", *Adv. Space Res.*, , 726-729 (2006).
- 36-** †Rannou, P., Montmessin, F., Hourdin, F. and Lebonnois, S. "On the latitudinal distribution of clouds on Titan", *Science*, 311, 201-205 (2006).
- 35-** Coustenis, A., Negrão, A., Salama, A., Schulz, B., Lellouch, E., Rannou, P., Drossart, P., Encrenaz, T., Schmitt, B., Boudon, V. and Nikitin, A. "Titan's 3-micron spectral region from ISO high-resolution spectroscopy", , 180, 176-185 (2006).
- 34-** †Rannou, P., Lebonnois, S., Hourdin, F. and Luz, D., "Titan Atmosphere Database", *Adv. Space Res.*, 36, 2194-2198 (2005).
- 33-** *Tran, T. T., J.-P. Pommereau, Rannou, P. and Maria, J.-L., "Scientific aspect of the instrument Optical Depth Sensor", *Adv. Space Res.*, 36, 2182-2186 (2005).

- 32- Luz, D., Civeit, T., Courtin, R., Lebreton, J.-P., Gautier,., Rannou, P., Kaufer, A., Witasse, O., Lara, L., and Ferri, F. "Characterization of Zonal Winds in the stratosphere of titan with UVES", *Icarus*, 179, 497-510 (2005).
- 31- Hirtzig, M., Coustenis, A., Lai, O., Emsellem, E., Pecontal-Rousset, A., Rannou, P., Negrão, A., and Schmitt, B., "Near-infrared study of Titan's resolved disk in spectro-imaging with CFHT/OASIS". *Space Sci.*, 53, 535-556, (2005).
- 30- *Negrão, A. Roos-Serote, M., Rannou, P., Rages, K., and Lourenço, B., " On the latitudinal distribution of Titan's haze at the Voyager epoch " . *Space Sci.*, 53, 526-534, (2005).
- 29- Hourdin, F., Lebonnois, S., Luz, D., and Rannou, P., "Titan stratospheric composition driven by condensation and dynamics", *Journal of Geophysical Research*, 109, No. E10, E10005, doi: 10.1029/2004JE002282, (2004).
- 28- Anderson, C.M., Chanover, N.J., McKay C.P., Rannou P., Glenar, D.A., and Hillman, J.J., "Titan's haze structure in 1999 from spatial ly-resolved narrow band surrounding the 0.94 um methane win- dow" . *Res. Letter*, 31, L17S06 doi:10.1029/2004GL019857. (2004).
- 27- *Montmessin, F., Forget, F., Rannou, P., Cabane, M. and Haberle, R. M., "Origin and role of water ice clouds in the Martian water cycle as inferred from a general circulation model", *Journal of Geophysical Research*, 109, No. E10, E10004, doi: 10.1029/2004JE002284, (2004).
- 26- †Rannou, P., Hourdin, F., McKay, C.P. and Luz, D., " A coupled dynamics-microphysics model of Titan's atmosphere " 170, 443-462 (2004).
- 25- †Rannou, P., McKay, C.P. and Lorenz, R.D., "A model of Titan's haze of fractal aerosols constrained by multiple observations" . *Space Sci.*, 51, 963-976 (2003).
- 24- Chanover, N.C., C.M. Anderson, C.P. McKay, P. Rannou, D.A. Glenar, J.J. Hillman and W.E. Blass, "Probing Titan's Lower Atmosphere with Acousto-Optic Tuning" , 163, 150-163, (2003).
- 23- Griffith, C.A., T. Owen, T.R. Geballe, J. Rayner and P. Rannou, "Evidence for the exposure of water ice on Titan's surface" , 300, 628-630 (2003).
- 22- Lebonnois, S., F. Hourdin, P. Rannou, D. Luz, and D. Toublanc, "Impact of the seasonnal variations of composition on the temperature field of Titan's stratosphere" , 163, 164-174, (2003).
- 21- Luz, D., Hourdin, F., Rannou, P. and Lebonnois, S., "Latitudinal transport by barotropic waves in Titan's stratosphere: ii. results from a coupled dynamics-microphysics-photochemistry GCM" , 166, 343-358, (2003).
- 20- Botet, R. and P. Rannou, "Optical anisotropy of an ensemble of aligned fractal aggregates" ., *Quant. Spectroc. radiat. transfer*, 78-80, 569-576, (2003).
- 19- *Montmessin, F., P. Rannou and M. Cabane, " New insights into martian dust distribution and water-ice cloud microphysics" , . *Geoph. Res.* 102, 10,997-11,013, (2002).
- 18- †Rannou, P., F. Hourdin and C.P. McKay, "Wind origin for Titan's haze structures" ., 418, 853-856, (2002).
- 17- Young, E.F., P. Rannou, C.P. McKay, C.A. Griffith and K. Noll, "A three dimensional map of Titan's Tropospheric haze distribution based on HST imaging" , *Astroph.. Journ.*, 123-6, 3473-3486 (2002).
- 16- Chassefière, E. J.J. Berthelier, J.-L. Bertaux, E. Quemerais, E., J.-P. Pommereau, P. Rannou, F. Raulin, P. Coll, D. Coscia, A. Jambon, P. Sarda, J.-C. Sabroux, G. Vitter, A. Le Pichon, B. Landeau, P. Lognonné Y. Cohen, S. Vergnole, G. Hulot, M. Mand'a, J.-F. Pineau, B. Bézard, H.-U. Keller, D. Titov, D. Breuer, K. Szego, C. Ferencz, M. Roos-Serote, O. Korablev, V. Linkin, R. Rodrigo, F. W. Taylor, A.-M. Harri, Lavoisier mission : A system of descent probe and bal loon flotil la for geochemical investigation of the deep atmosphere and surface of Venus" , in *Space Research*, 29/2, 255-264, (2002)
- 15- Coustenis, A., E. Gendron, O. Lai, J.-P. Véran, J. Woillez, M. Combes, L. Vapillon, T. Fusco, L. Mugniez and P. Rannou, "Images of Titan at 1.3 and 1.6 micron with adaptative opticsthe CFHT" , 154, 501-515, (2001).
- 14- Lebonnois, S., D. Toublanc, F. Hourdin et P. Rannou, "Seasonnal variations of Titan's atmospheric composition" , , 152, 384-406 (2001).
- 13- Cabane, M., Coll, P., Israel, G., Raulin, F., Sternberg, R., A., Rodier, C., Rannou, P., Niemann,

- H. and Mahaffy, P., "In-situ inorganic and organic analysis (Pyr/CIGC/MS) of the martian soil, on Mars 2005 mission", . Space Sci., 49, 523-531, (2001).
- 12- †Rannou, P., E. Chassefière, T. Encrenaz, S. Erard, J.M. Génin, J. Ingrin, A. Jambon, J.P. Jolivet, F. Raulin, P. Renault, P. Rochette, A. Person, J.M. Siguier, D. , "Exocam: Mars in a box to simulate oil-atmosphere interactions", in Space Research, 27/2, 189-193, (2001).
- 11- McKay, C.P., A. Coustenis, R.E. Samuelson, M.T. Lemmon, R.D. Lorenz, M. Cabane, P. Rannou, P. Drossart, "Physical properties of the organic aerosols and clouds on Titan," Planet. Space Science, 49,79-99, (2001).
- 10- Bertaux, J.L., Fonteyn, D., Korablev, O., Chassefière, E., Dimarellis, E., Dubois, J.P., Hauchecorne, A., Cabane, M., Rannou, P., Levasseur-Regourd, A.C., Cernogora, G., Quemerais, E., Hermans, C., Kockarts, G., Lippens, C., De Maziere, M., Moreau, D., Muller, C., Neefs, B., Simon, P.C., Forget, F., Hourdin, F., Talagrand, O., Moroz, V.I., Rodin, A.V., Sandel, B. and Stern, A., "The study of the martian atmosphere from top to bottom with SPICAM light on Mars Express", Planet. Space Sci., 48, 1303-1320 (2000).
- 9- †Rannou P., C. Ferrari, K. Rages, M. Roos-Serote et M. Cabane," Characterization of aerosols in the detached haze of Titan", , 147, 267-281 (2000).
- 8- Botet R. et P. Rannou,"Multispectral backscattering: a fractal-structure probe,": "Paradigms of Complexity - Fractals and Structures in the Sciences" ed. M.M. Novak pps 29-39, World Scientific, Singapore (2000).
- 7- †Rannou P., C.P.McKay, R.Botet et M. Cabane,"Semi-empirical model of absorption and scattering by isotropic fractal aggregates of spheres," . Space Science, 47, 385-396 (1999).
- 6- Botet R., P. Rannou et M. Cabane,"Mean-Field approximation of Mie scattering by a fractal aggregates,"Applied Optics, 36,8791-8797 (1997).
- 5- †Rannou P., M. Cabane, E. Chassefière et R. Botet, "A new interpretation of scattered light measurements at Titan's limb," . Geoph. Res., 102, 10,997-11,013 (1997).
- 4- Botet R., P. Rannou et M. Cabane, "Sensitivity of some properties of fractals to the cut-off functions," J. Phys. A:Math Gen 28, 297-317 (1995).
- 3- †Rannou P., M. Cabane, E. Chassefière, R. Botet et C.P. McKay, "Titan's geometry albedo: Role of the fractal structure of the aerosols," , 111, 355-372 (1995).
- 2- †Rannou P., M. Cabane et E. Chassefière, "Growth of aerosols in Titan's atmosphere and related time scales: A stochastic approach," Research Letters, 20, 967-970 (1993).
- 1- Cabane M., P. Rannou, E. Chassefière et G. Israel, "Fractal aggregates in Titan's atmosphere" Planetary and Space Sciences, 41, 257-267 (1993).

Publications non référées

- 7- Tran, T-T, Rannou, P., Pommereau, J.-P., Maria, J.-L., Correia, J.-J., Porteneuve, J., and Malique, C. "The optical depth sensor", Notes du Pole de Planétologie de l'Institut Pierre Simon Laplace n° 11, ISSN 1768-0042, Mars 2005.
- 6- Rannou P. and S. Lebonnois,"Haze formation and distribution on Titan", ESA SP-1278, 343-354 (2004).
- 5- Bertaux J-L., Fonteyn D., Korablev O., Chassefière E., Dimarellis E., Dubois J-P., Hauchecorne A., Lefèvre F., Cabane M., Rannou P., Levasseur-Regourd A-C., Cernogora G., Quémerais E.,Hermans C., Kockarts G., Lippens C., De Mazière M., Moreau D., Muller C., Neefs E., Simon P-C., Forget F., Hourdin F., Talagrand O., Moroz V-I., Rodin A., Sandel B., Stern A., "SPICAM: studying the global structure and composition of the martian atmosphere", ESA SP-1240, 95-120, (2004).
- 4- Chassefière, E., Rannou, P., Cabane, M., Malique, C., Cernogora, G., Israel, G., Szopa, C., Forget, F., Raulin, F., Coll, P., Carlier, P., Encrenaz, T., Drossart, P., Erard, S., Genin, J.-M., Humbert, B., Rochette, P., Renault, P., Jolivet, J.-P., Tronc, E., Jambon, A., Person, A., Toubanc, D., D'Uston, C., Ingrin, J., Pinet, P., Siguier, J.-M., Millan, P., Jacotin, A. and Costard, F., "Le projet EXOCAM de simulation en labdes processus d'oxydo-reduction a la surface de Mars", Notes du

Pde Planétologie de l'Institut Pierre Simon Laplace n° 4, ISSN 1768-0042, Mars 2004.

-3- Tran, T-T and Rannou, P., "Comparing 3D spherical Monte-Carlo and 2-stream parallelcplane simulation of far-field backscattering image of Titan", Notes du Pole de Planétologie de l'Institut Pierre Simon Laplace °, ISSN 1768-0042, January 2004.

-2- P. Rannou, J.-P. Pommereau, T.-T. Tran, J.-J. Correia, J.-L. Maria, C. Malique, J. Porteneuve, "Optical Depth Sensor on Netlander and Pascal Missions", Mars Atmosphere Modelling and Observation Workshop, 13-15 janvier 2003, Grenade, Espagne.

-1- Levasseur-Regourd A.C., J. Blum, T. Henning, T. Poppe, M. Cabane, V. Haudebourg, P. Rannou et J.C. Worms, "OPAL: A light scattering facility for optical measurements of dust sample on board the International Space Station," SP-385, (1997).

Présentations lors de meeting internationaux (2004-2015):

2015 :

- Hartig, K., T. Barry, C. Y. Carriazo, A. Cole, D. Gault, B. Giles, D. Giles, K. M. Hill, R. R. Howell, G. Hudson, B. Loader, J. A. Mackie, C. B. Olkin, P. Rannou, J. Regester, A. Resnick, T. Rodgers, B. Sicardy, M. F. Skrutskie, A. J. Verbiscer, L. H. Wasserman, C. R. Watson, E. F. Young, L. A. Young, M. W. Buie, M. Nelson, "Constraints on Pluto's Hazes from 2-Color Occultation Lightcurves" (**Poster**), 47th Annual DPS Meeting National Harbor, MD, Unites States, 8-13 November, 2015
- Rannou, P. Seignovert, B., Lavvas, P., Lemouelic, S., Sotin, C. "Titan's aerosol optical properties with VIMS observations at the limb of Titan" (**Poster**), 47th Annual DPS Meeting National Harbor, MD, Unites States, 8-13 November, 2015
- Lavvas, P., Koskinen, T., Royer, E., Rannou, P., West, R.A., "Aerosol properties in Titan's upper atmosphere from UVIS airglow observations", 47th Annual DPS Meeting National Harbor, MD, Unites States, 8-13 November, 2015
- D. Toledo, P. Rannou, J.-P. Pommereau, A. Sarkissian, and T. Foujols, "The Optical Depth Sensor (ODS) for Mars atmosphere" (**Poster**), European Planetary Science Congress 2015, Nantes, France, 27-02 Octobre 2015
- Esposito, F., S. Debei, C. Bettanini, C. Molfese, I. Arruego Rodriguez, G. Colombatti, A-M. Harri, F. Montmessin, C. Wilson, A. Aboudan, S. Abbaki, V. Apestigue, G. Bellucci, J-J. Berthelier, J.R. Brucato, S.B. Calcutt, F. Cucciare, G. Di Achille, F. Ferri, F. Forget, E. Friso, M. Genzer, P. Gilbert, H. Haukka, J.J. Jimenez, S. Jimenez, J-L. Josset, O. Karatekin, G. Landis, R. Lorenz, M. Mannelta, J. Martinez, L. Marty, V. Mennella, D. Moehlmann, D. Moirin, R. Molinaro, E. Palomba, . Patel, J-P. Pommereau, C.I. Popa, S. Rafkin, P. Rannou, N.O. Renno, P. Schipani, W. Schmidt, E. Segato, S. Silvestro, F. Simoes, E. Simoncini, A. Spiga, F. Valero, L. Vazquez, F. Vivat, O. Witasse, R. Mugnuolo, S. Pirrotta, E. Marchetti and the DREAMS Team "The DREAMS experiment on-board the Schiaparelli lander of ExoMars mission", European Planetary Science Congress 2015, Nantes, France, 27-02 Octobre 2015
- P. Rannou, B. Seignovert, P. Lavvas, S. Lemouélic, C. Sotin, and R.H. Brown, "Titan's aerosol optical properties with VIMS observations at the limb of Titan" (**Invited communication**), European Planetary Science Congress 2015, Nantes, France, 27-02 Octobre 2015
- B. Seignovert, P. Rannou, P. Lavvas, T. Cours, and R.A. West, Retrieving the aerosol particle distribution in Titan's detached layer from ISS limb observations, European Planetary Science Congress 2015, Nantes, France, 27-02 Octobre 2015
- D. Toledo, R. A. West, P. Rannou, and P. Lavvas, Analysis of Titan's haze from Cassini/ISS observations (**Poster**), European Planetary Science Congress 2015, Nantes, France, 27-02 Octobre 2015
- P. Rannou, D. Toledo, A. Adriani, M.L Moriconi, E. D'Aversa, S. Lemouélic, C. Sotin, and R.H. Brown, Surface of Titan : model and VIMS observations, European Planetary Science Congress 2015, Nantes, France, 27-02 Octobre 2015
- D. Cordier, J. Roussel, and P. Rannou, About the vertical gradient of composition in Titan's lakes

(Poster), European Planetary Science Congress 2015, Nantes, France, 27-02 Octobre 2015

● L. Maltagliati, S. Rodriguez, C. Sotin, T. Cornet, P. Rannou, S. Le Mouelic, A. Solomonidou, A. Coustenis, and R. Brown, "Simultaneous mapping of Titan's surface albedo and aerosol opacity from Cassini/VIMS massive inversion", European Planetary Science Congress 2015, Nantes, France, 27-02 Octobre 2015

● D. Cordier, J. Roussel, and P. Rannou, "About the vertical gradient of composition in Titan's lakes", (Poster), European Planetary Science Congress 2015, Nantes, France, 27-02 Octobre 2015

2014 :

● Maltagliati, L., Rodriguez, S., Appéré, T., Vincendon, M., Douté, S., LeMouelic, S., Rannou, P., Sotin, C., Barnes, J.W., Coustenis, A. and Brown, R.H. "Mapping the Atmospheric and Surface Properties of Titan by the Massive Inversion of Cassini/VIMS Spectra", 46th Meeting of the Division for Planetary Science, Novembre 2014, Tucson, AZ, Etats-Unis.

● Rannou, P., Toledo, D., Adriani, A., Moriconi, M.L., D'Aversa, E., Le Mouélic, S., Sotin, C. and Brown, Robert H., "Surface of Titan : model and VIMS observations", 46th Meeting of the Division for Planetary Science, Novembre 2014, Tucson, AZ, Etats-Unis.

● Toledo, D., Rannou, P., West, R. and Lavvas, P. "Titan's South Polar cloud optical properties modelisation", 46th Meeting of the Division for Planetary Science, Novembre 2014, Tucson, AZ, Etats-Unis.

● S. Rodriguez, S. Le Mouélic, P. Rannou, C. Sotin, J.W. Barnes, C.A. Griffith, R.H. Brown, K.H. Baines, B.J. Buratti, R.N. Clark, and P.D. Nicholson, "10 years of cloud cover monitoring on Titan with VIMS on board Cassini", European Planetary Science Congress 2014, Cascais, Portugal, 07-12 September 2014.

● Toledo, D., P. Rannou, J.-P. Pommereau, A. Sarkissian, and T. Foujols "Optical Depth Sensor (ODS) for the measurement of dust and clouds properties in the Mars atmosphere", European Planetary Science Congress 2014, Cascais, Portugal, 07-12 September 2014.

● Toledo, D., P. Rannou, R. A. West, P. Lavvas, A. D. Del Genio, J. M. Barbara, M. Roy, and E. P. Turtle, "Titan's South Polar Cloud", European Planetary Science Congress 2014, Cascais, Portugal, 07-12 September 2014.

● Rannou, P., S. Lemouélic, C. Sotin, and R.H. Brown "Constraints on Titan's aerosols optical properties from VIMS observations in the 2 μ m and 2.8 μ m window" European Planetary Science Congress 2014, Cascais, Portugal, 07-12 September 2014.

● P. Rannou, D. Toledo-Carrasco, A. Adriani, M.L Moriconi, E D'Aversa, S Lemouélic, C Sotin, and R.H Brown, "Surface of Titan : model and VIMS observations", European Planetary Science Congress 2014, Cascais, Portugal, 07-12 September 2014.

● Maltagliati, L., S. Rodriguez, T. Appéré, M. Vincendon, S. Douté, S. Le Mouelic, P. Rannou, C. Sotin, J.W. Barnes, A. Coustenis, and R.H. Brown "Massive Inversion of Atmospheric and Surface Properties of Titan from VIMS/Cassini Observations", European Planetary Science Congress 2014, Cascais, Portugal, 07-12 September 2014.

2013 :

● D. Toledo, P. Rannou, J.-P. Pommereau, A. Sarkissian, and T. Foujols, "The Optical Depth Sensor (ODS) for Mars atmosphere", **(Poster)**, European Planetary Science Congress 2013, London, United Kingdom, 08-13 September 2013.

● P. Rannou, S. Lemouelic, C. Sotin, and B. Brown, "Surface of Titan studied with observations made by VIMS", European Planetary Science Congress 2013, London, United Kingdom, 08-13 September 2013.

● Rannou, J. Buralat, and S. Lebonnois, "Titan's climate modeled with the IPSL Titan 3D-GCM", **(Poster)**, European Planetary Science Congress 2013, London, United Kingdom, 08-13 September 2013.

● S. Rodriguez, S. Le Mouélic, J.W. Barnes, M. Hirtzig, T. Appéré, P. Rannou, C. Sotin, R.H.

Brown, J. Bow, G. Vixie, T. Cornet, O. Bourgeois, C. Nartreau, S. Courrech du Pont, C.A. Griffith, R. Jauman, K. Stephan, R.N. Clark, and A. Coustenis " Singular equinoctial activity over Titan's dunefields as seen by CASSINI/VIMS", European Planetary Science Congress 2013, London, United Kingdom, 08-13 September 2013.

- S. Vinatier, B. Bézard, C. Anderson, N. Teanby, S. Lebonnois, P. Rannou, R. de Kok, and T. CIRS Team, "Seasonal variations in Titan's stratosphere observed with Cassini/CIRS: temperature, trace molecular gas and aerosol mixing ratio profiles", European Planetary Science Congress 2013, London, United Kingdom, 08-13 September 2013.

- F. Esposito, S. Debei, C. Bettanini, C. Molfese, I. Arruego Rodríguez, G. Colombatti, A-M. Harri, F. Montmessin, C. Wilson, A. Aboudan, M. Zaccariotto, S. Abaki, G. Bellucci, J-J. Berthelier, J. R. Brucato, S. B. Calcutt, F. Cortecchia, F. Cucciarrè, G. Di Achille, F. Ferri, F. Forget, E. Frisco, M. Genzer, P. Gilbert, J-P. Goutail, H. Haukka, J. J. Jiménez, S. Jiménez, J-L. Josset, O. Karatekin, G. Landis, R. Lorentz, L. Marthy, J. Martinez, V. Mennella, D. Möhlmann, E. Palomba, M. Patel, J-P. Pommereau, C. I. Popa, S. Rafkin, P. Rannou, N. O. Renno, P. Schipani, W. Schmidt, E. Segato, F. Simoes, A. Spiga, F. Valero, L. Vázquez, F. Vivat, O. Witasse, S. Yahi, R. Mugnuolo, and S. Pirrotta "DREAMS for the ExoMars 2016 mission: a suite of sensors for the characterization of Martian environment", European Planetary Science Congress 2013, London, United Kingdom, 08-13 September 2013.

- Rannou, P., Stéphane Lemouélic, Christophe Sotin, Robert Brown, "Transparency of Titan atmosphere and characterization of the surface", **(Poster)**, Davos Atmosphere and Cryosphere Assembly 2013, Davos, Suisse, 8-13 Juillet 2013.

- D. Toledo, Pascal Rannou, Jean-Pierre Pommereau, Alain Sarkissian, Thomas Foujols, " Mars clouds simulation for the optical depth sensor (ODS)", **(Poster)**, Davos Atmosphere and Cryosphere Assembly 2013, Davos, Suisse, 8-13 Juillet 2013.

- P. Rannou, "Titan surface reflectivity: modelling of the aerosol scattering above a solid substrate", Davos Atmosphere and Cryosphere Assembly 2013, Davos, Suisse, 8-13 Juillet 2013.

- D. Toledo, Pascal Rannou, Jean-Pierre Pommereau, Alain Sarkissian, Thomas Foujols "Polar stratospheric clouds detection in the Arctic environment with the opacity sensor ODS", Davos Atmosphere and Cryosphere Assembly 2013, Davos, Suisse, 8-13 Juillet 2013.

2012 :

- P. Rannou, S. Lemouélic, C. Sotin, and R.H. Brown "Transparency of the 2 μm window on Titan studied with observations made by VIMS", **(communication invitée)** Spectroscopy of methane and derived molecules for atmospheric and planetary applications, Dole, France, 26-28 November, 2012

- P. Rannou, S. Lemouélic, C. Sotin, and R.H. Brown "Transparency of the 2 μm window on Titan studied with observations made by VIMS", European Planetary Science Congress 2012, 23 – 28 September 2012, Madrid, Espagne

- T. Cours, P. Rannou, P. Lavvas, and S. Rodriguez "Aerosol size in the Titan detached haze layer vs latitude", European Planetary Science Congress 2012, 23 – 28 September 2012, Madrid, Espagne

- J. Burgalat, P. Rannou, and T. Cours "Modelling cloud microphysics on Titan using a two-moment hybrid bulk-bin scheme for use in climate models" **(Poster)**, European Planetary Science Congress 2012, 23 – 28 September 2012, Madrid, Espagne

- Burgalat, J., Rannou, P., and Lebonnois, S. "Maps of clouds modeled with the IPSL Titan 3D-GCM" **(Poster)**, European Planetary Science Congress 2012, 23 – 28, September 2012, Madrid, Espagne

- D. Cordier, O. Mousis, J. I. Lunine, S. Lebonnois, P. Rannou, P. Lavvas, L. Lobo, and A. Ferreira "Chemical Composition of Titan's lakes: estimates and uncertainties", European Planetary Science Congress 2012, 23 – 28 September 2012, Madrid, Espagne

- P. Rannou, J.-P. Pommereau, A. Sarkissian, and T. Foujols, "The Optical Depth Sensor (ODS) in the DREAMS package onboard the Exomars Entry Descent and Landing Demonstrator Module" **(Poster)**, European Planetary Science Congress 2012, 23 – 28 September 2012, Madrid, Espagne

2011 :

- M. Hirtzig, C. de Bergh, R. Courtin, B. Bézard, A. Coustenis, E. Lellouch, P. Rannou, P. Drossart, A. Campargue, S. Kassi, L. Wang, V. Boudon, A. Nikitin, V. Tyuterev, and A. Solomonidou "Application of new methane linelists to Cassini and Earth-based data of Titan", EPSC-DPS Joint Meeting 2011, 02 – 07 October 2011, Nantes, France
- S. Rodriguez, S. Le Mouélic, J.W. Barnes, P. Rannou, C. Sotin, R.H. Brown, J. Bow, G. Vixie, T. Cornet, O. Bourgeois, C. Narteau, S. Courrech du Pont, C.A. Griffith, R. Jaumann, K. Stephan, B.J. Buratti, R.N. Clark, K.H. Baines, and P.D. Nicholson, "Singular regional brightening events on Titan as seen by Cassini/VIMS", EPSC-DPS Joint Meeting 2011, 02 – 07 October 2011, Nantes, France
- P. Rannou, S. Le Mouélic, C. Sotin, and B. Brown, "Characterisation of haze, cloud and surface with VIMS onboard Cassini", EPSC-DPS Joint Meeting 2011, 02 – 07 October 2011, Nantes, France
- S. Lebonnois, B. Charnay, J. Burgalat, and P. Rannou, "Analysis of Titan's atmospheric circulation with the new IPSL Titan GCM", EPSC-DPS Joint Meeting 2011, 02 – 07 October 2011, Nantes, France
- J. Burgalat, P. Rannou, and S. Lebonnois, "Maps of clouds modeled with the IPSL Titan 3D-GCM", EPSC-DPS Joint Meeting 2011, 02 – 07 October 2011, Nantes, France
- S. Vinatier, P. Rannou, C.M. Anderson, B. Bézard, R. de Kok, and R.E. Samuelson, "Titan's aerosol optical constants in the 100-1500 cm⁻¹ spectral range constrained from Cassini/CIRS data", **(poster)** EPSC-DPS Joint Meeting 2011, 02 – 07 October 2011, Nantes, France
- D. Cordier, O. Mousis, J.I. Lunine, S. Lebonnois, P. Rannou, P. Lavvas, L.Q. Lobo, and A.G.M. Ferreira, "The hydrocarbon lakes of Titan: uncertainties on their chemical composition", **(poster)** EPSC-DPS Joint Meeting 2011, 02 – 07 October 2011, Nantes, France
- T. Cours, J. Burgalat, P. Rannou, S. Rodriguez, A. Brahic, and R.A. West "Aerosols in Titan detached haze layer", **(poster)** EPSC-DPS Joint Meeting 2011, 02 – 07 October 2011, Nantes, France
- P. Rannou, J.P. Pommereau, M. Perreux, T. Cours, F. Montmessin, A. Sarkissian, and J.L. Maria "The Optical Depth Sensor (ODS) in the DREAMS package onboard the Exomars Entry Descent and Landing Demonstrator Module", **(poster)** EPSC-DPS Joint Meeting 2011, 02 – 07 October 2011, Nantes, France
- Burgalat, J., Rannou, P., Lebonnois, S., and Montmessin, F. "Impact of the size distribution representation on transport in the Titan IPSL-GCM", Titan Science Meeting, June 20-23, 2011, Abbaye de St Jacut de la Mer
- Rannou, P., Cours, T., Burgalat, J., Le Mouélic, S., Sotin, Rodriguez, S., Brahic, A., Bézard, B., West, R., and Brown, R.H., "Physical properties of the haze and cloud layers retrieved with VIMS and ISS onboard Cassini", Titan Science Meeting, June 20-23, 2011, Abbaye de St Jacut de la Mer
- Griffith, C., Rafkin, S., Rannou, P. and McKay, C.P., "Titan's Storms, Clouds & Climate", Titan Science Meeting, June 20-23, 2011, Abbaye de St Jacut de la Mer
- Rodriguez, S., C. Sotin, P. Rannou, S. Le Mouélic, C. A. Griffith, J. W. Barnes, G. Tobie, R. H. Brown, K. H. Baines, B. J. Buratti, R. N. Clark, and P. D. Nicholson, "Following cloud activity in Titan's atmosphere from winter (July 2004) to spring (April 2010) with Cassini/VIMS", Titan Science Meeting, June 20-23, 2011, Abbaye de St Jacut de la Mer
- Vinatier, S., P. Rannou, C. Anderson, B. Bézard, R. de Kok, R. Samuelson and the CIRS, "Investigation Team, Titan's aerosol optical constants in the 100-1500 cm⁻¹ spectral range constrained from CIRS data", Titan Science Meeting, June 20-23, 2011, Abbaye de St Jacut de la Mer

2010 :

- P. Rannou, T. Cours, J. Burgalat, S. Le Mouélic, S. Rodriguez, C. Sotin, P. Drossart and R.

Brown, oral, "Modeling of photometry to analysis VIMS observation", International Workshop Spectroscopy of and planetary applications", -10 novembre 2010, Dijon.

- Rannou, P., T. Cours, J. Burgalat, S. Lemouélic, S. Rodriguez, C. Sotin, and R. Brown oral, "Titan Haze And Cloud Layers Constrained By Photometry", 42nd Meeting of the Division for Planetary Science, 3-8 octobre 2010, Pasadena, Etats-Unis.

- Cours, T., P. Rannou, S. Rodriguez, A. Brahic and R. A. West, "The Detached Haze Layer Of Observed By Cassini/ISS Images", 42nd Meeting of the Division for Planetary Science, -8 octobre 2010, Pasadena, Etats-Unis.

- Burgalat J., P. Rannou and S. Lebonnois, "Cloud And Precipitation Predictions On Titan With The IPSL-GCM", 42nd Meeting of the Division for Planetary Science, -8 octobre 2010, Pasadena, Etats-Unis.

- Burgalat, J., P. Rannou and S. Lebonnois, "Clouds and precipitations prediction on Titan using the IPSL-GCM, National Science Foundation Titan Workshop, -18 juin 2010, Saint Jacut de la mer.

- Burgalat J., P. Rannou, S. Lebonnois and F. Montmessin, "Impact of the size distribution representation on transport in the Titan IPSL-GCM", Faraday Discussion 147, -16 juin 2010, Saint-Jacut de la mer.

- P. Rannou, T. Cours, J. Burgalat, S. Le Mouélic, S. Rodriguez, C. Sotin, P. Drossart and R. Brown, poster, "Titan north polar cloud studied by VIMS observations", Faraday Discussion 147, -16 juin 2010, Saint Jacut de la mer.

- Cours T., P. Rannou, S. Rodriguez and A. Brahic, "Aerosols in Titan detached haze layer observed by ISS/Cassini", Faraday Discussion 147, -16 juin 2010, Saint Jacut de la mer.

2009 :

- Cours, T., P. Rannou, A. Negro, M. Hirtzig, A. Coustenis, and. Boudon, "A new analysis of the ESO Very Large Telescope (VLT) observations of Titan's at 2 μm " Planetary Science Conference, 13 - 18 septembre 2009, Potsdam, Allemagne.

- P. Rannou, T. Cours, S. Lemouélic, C. Sotin, S. Rodriguez and the VIMS Team "New insights into Titan tholins refractive index from photometric observations" (**communication invitée**), European Planetary Science Conference, - 18 septembre 2009, Potsdam, Allemagne.

- Rannou, P., Pommereau, J.-P. and Maria, J.-L. "The Optical Depth Sensor (ODS) for Mars and Earth environments" Planetary Science Conference, - 18 septembre 2009, Potsdam, Allemagne.

- Rodriguez, S. Le Mouélic, P. Rannou, J.P. Combe, L. Le Corre, Tobie, J.W. Barnes, C. Sotin, R.H. Brown and the VIMS Science Team "Titan's surface mapping with VIMS/Cassini thanks to coupled atmospheric empirical correction and radiative transfer modeling", European Planetary Science Conference, 13 - 18 septembre 2009, Potsdam, Allemagne.

- S. Le Mouélic, S. Rodriguez, P. Rannou, C. Sotin, L. Le Corre, W. Barnes, R.H. Brown and the VIMS Science Team "Mapping the north polar regions on Titan with the Visual and Mapping Spectrometer onboard Cassini", European Planetary Science Conference, - 18 septembre 2009, Potsdam, Allemagne.

- J. Burgalat, P. Rannou, and S. Lebonnois "Impact of the size distribution representation on transport in the Titan IPSL-GCM", European Planetary Science Conference, - 18 septembre 2009, Potsdam, Allemagne.

- Rannou, P., Constraints on the optical constants of aerosols from recent observations" (**communication invitée**), Third Workshop on Titan Chemistry – Observations, Experiments, Computations, and Modeling, San Juan, Puerto Rico, 26–28 février 2009.

- Rannou, P., Le Mouélic, S., Sotin, C., Clark, R., Barnes, J., Brown, R., Baines, K., Buratti, B., Drossart, P., and Nicholson, P "The north polar region of Titan with VIMS instrument" Assemblée Générale de l'European Geosciences Union, - 18 avril 2008, Vienne, Autriche.

2008 :

- Rannou, P., Pommereau, J.-P. and Maria, J.-L. "The Optical Depth Sensor (ODS) for Mars and Earth environments" Assemblée Générale de l'European Geosciences Union, 13 - 18 avril 2008,

Vienne, Autriche.

- Cours, T., Rannou, P., Coustenis, A., Negrão A., Hirtzig, M. and Boudon, V. Poster "A new analysis of the ESO Very Large Telescope (VLT) observations of Titans at 2 um." Assemblée Générale de l'European Geosciences Union, - 18 avril 2008, Vienne, Autriche.
- Rannou, P., Lemouelic, S., Sotin, C., Clark, R., Barnes, J., R., Baines, K., Buratti, B., Drossart, P., and Nicholson, P. "The north polar region of Titan with VIMS instrument" Planetary Science Conference, - 26 septembre 2008, Munster, Allemagne.
- Rodriguez, S., Le Mouélic, S., Rannou, P., Sotin, C., Tobie, G., Barnes, J.W., Brown, M.E., Griffith, C.A., Pitman, K.M., Schaller, E.L., THE VIMS SCIENCE TEAM, "Imaging and mapping Titan's clouds over 3.5 years with VIMS/Cassini: implications for Titan's climatology" Planetary Science Conference, - 26 septembre 2008, Munster, Allemagne.
- Cours, T., Rannou, P., Stelandre, J., Negro, A., Hirtzig, M., Coustenis, A. and Boudon, V. "A new analysis of the ESO Very Large Telescope (VLT) observations of Titan's at 2 um" Planetary Science Conference, - 26 septembre 2008, Munster, Allemagne.

2007 :

- P. Rannou and F. Montmessin "Haze and cloud microphysics in the atmosphere of Pluto", Assemblée Générale de l'European Geosciences Union, 15 - 20 avril 2007, Vienne, Autriche.
- Rannou P, F. Montmessin, F Hourdin, S. Lebonnois, G. Tobie "Stability of the methane and the ethane in Titan atmosphere", Assemblée Générale de l'European Geosciences Union, 15 - 20 avril 2007, Vienne, Autriche.

2006 :

- Rannou P., F. Montmessin, G. Tobie, S. Lebonnois, F. Hourdin, "The short term stability of Methane on Titan with a circulation model", XVIIIèmes Rencontres de Blois, Planetary Science: challenges and discoveries Mai - 2 Juin 2006, Blois, France
- Rannou, P.J.-L. Bertaux, A. Federova, O. Korablev, F. Leblanc, S. Lebonnois, F. Montmessin, S. Perrier, E. Quémérais, Poster "SPICAM on Mars-Express: Overview of the scientific results", XVIIIèmes Rencontres de Blois, Planetary Science: challenges and discoveries Mai - 2 Juin 2006, Blois, France

2005 :

- Rannou, P., F. Montmessin, F., Hourdin, S. Lebonnois, "On the origin of clouds on Titan", 37th annual meeting of the Division for Planetary Science, -9 September 2005, Cambridge, England.
- P. Rannou "Haze and clouds on Titan studied with a GCM (**communication invitée**)", Spring 2005 Crete Titan/Cassini-Huygens meeting 30 mai - 3 juin 2005, Heraklion, Grèce.
- P. Rannou, M. Montmessin, F., Hourdin, S. Lebonnois, "Haze rainout and clouds on Titan", Assemblée générale de l'European Geosciences Union, 24 - 29 avril 2005, Vienne, Autriche.
- Rannou, P. J.L. Bertaux, E. Quémérais, S. Perrier, O. Korablev, A. Fedorova, "Analysis of SPICAM UV and near IR solar light scattered at the limb by aerosols: evidence for vertical variation of particle size distribution.", 1st Mars Express Science Conference, 21 - 25 février 2005, ESTEC Noordwijk, Pays Bas.

2004:

- Rannou, P, F. Hourdin, S. Lebonnois, D. Luz and F. Montmessin, "Titan's haze and clouds cycle", COSPAR assembly, -25 juil let 2004, Paris, France.
- Rannou, P. F. Hourdin, S. Lebonnois, D. Luz and F. Montmessin, "Titan's haze and clouds cycle", Assemblée générale de l'European Geosciences Union, 25-30 avril 2004, Nice, France.
- P. Rannou, " Titan haze and aerosol characteristics (**communication invitée**) ", Titan from discovery to encounter Workshop, -17 avril 2004, ESTEC Noordwijk, Hollande.
- Rannou, P; F. Hourdin, S. Lebonnois, et D. Luz, "Titan, a planetary scale laboratory ", ISSI meeting , 23-25 Fevrier 2004, Berne, Suisse.

- P. Rannou, "Sedimentation and coagulation of Titan's aerosols (**communication invitée**)", Titan Lower Atmosphere Workshop, -6 janvier 2004, Observatoire de Paris, France.

2. Direction de thèse et situation actuelles des thésards :

Nombre de thèses soutenues et nombre de thèses en cours : 5+1

1999-2002, Franck Montmessin: (50 % - Dir: M. Cabane, SA/IPSL)

Microphysique des nuages et poussières sur Mars.

Actuellement : DR2 (CNRS) au LATMOS Université de Versailles Saint-Quentin, UMR 8190).

Résumé : De par l'influence radiative globale et permanente des poussières en suspension, la caractérisation microphysique de l'atmosphère martienne est un enjeu scientifique majeur. De plus, malgré un contenu humide restreint, des nuages de glace d'eau similaires aux cirrus terrestres se forment régulièrement. Au cours de cette thèse, le développement d'un modèle de microphysique a permis d'étudier la nature du couplage entre poussières, cristaux et vapeur d'eau. Essentiellement axés sur la structure verticale des brumes martiennes, nos travaux ont permis d'interpréter un jeu de données photométriques ayant abouti sur une estimation de la granulométrie de la poussière et des cristaux de glace. La conclusion de cette étude remet en cause le type de fonction jusqu'alors employée pour décrire le spectre en taille de la poussière, une hypothèse étayée par la structure des spectres de poussière observée dans les déserts sahariens. Par ailleurs, nous avons pu effectuer une analyse approfondie de l'impact de la nébulosité sur le cycle hydrologique martien. Notre introduction d'un schéma de nuages simplifié au sein d'un modèle de circulation générale a permis de quantifier le rôle considérable du transport de la glace atmosphérique sur la distribution géographique de l'eau. Cette étude s'inscrit dans la volonté actuelle de comprendre l'évolution de l'eau sur Mars. Liée à cette thématique, l'étude du cycle du deutérium est primordiale pour estimer la quantité d'eau s'étant échappée vers l'espace par le passé. Ce cycle est en partie contrôlé par un effet de fractionnement se produisant au sein des nuages qu'il nous a été possible d'étudier grâce à notre modèle microphysique. Nos résultats permettent de mieux comprendre la faible concentration en deutérium de la haute atmosphère dont l'observation a longtemps posé problème aux études théoriques passées.

2002-2005, Tran-The-Trung: (50 % - Dir: J.-P. Pommereau, SA/IPSL)

Développement d'un capteur optique de poussières (ODS).

Actuellement : Enseignant et doyen de l'Ecole de commerce FTP, Hanoi, Viet-Nam.

Résumé : Un capteur optique de poussières et de nuages avait été développé et embarqué sur la mission Mars 1996 (échec au lancement). De nouvelles opportunités de sont présentées (e.g. PASCAL/scout) et le design d'ODS a été modifié dans le cadre de la préparation de la mission NETLANDER. Le travail de thèse a consisté à développer un modèle de photométrie (calculs des propriétés optiques et transfert radiatif), à réaliser des simulations informatiques pour modéliser l'intensité du ciel martien vue par ODS et à tester la capacité du capteur à retrouver les propriétés physiques des poussières et des nuages. Le capteur ODS a été déposé à Ougadougou pour une période de test, sur un site déjà instrumenté (AERONET). Le travail a consisté à développer les modèles correspondants pour le milieu désertique et à analyser les observations et les comparer à celles d'AERONET. Les résultats montrent la pertinence de l'instrument et permettent de présenter ODS pour des embarquements sur des missions vers Mars. Cela donne aussi une ouverture vers des applications terrestres.

2002-2006, Alberto Negrão: (15 % - Dir: A. Coustenis, LESIA, Obs. Meudon)

Analyse de spectres et de spectro-imagerie IR de Titan.

Actuellement : Enseignant à l'ESTG de Leiria, Portugal.

Résumé : Titan, Saturn's largest moon, is hidden under a veil of thick global aerosol haze. The

visible and near-infrared spectrum in the 0.3–5 μm range is an optimal region to sound the atmosphere at different altitudes. The surface can be probed in very specific and narrow atmospheric windows in the near-infrared (centred at 0.83, 0.94, 1.08, 1.28, 1.58, 2.03, 2.75 and 4.9 μm), where methane is only weakly absorbing. In this thesis report I present my research on Titan's atmosphere and surface, focusing on three main areas:

- the haze distribution as a function of altitude and latitude;
- the methane abundance in Titan's atmosphere and the influence of the use of different methane absorption coefficients on the analysis of spectral near-infrared data;
- the surface albedo and its possible composition. In my work I used different sets of data:
- space-based observations acquired by the Imaging Science Subsystem (ISS) instrument onboard the Voyager spacecraft, in the visible region of the spectrum;
- Earth-orbit Infrared Space Observatory (ISO)/Short Wavelength Spectrometer (SWS) observations (disk-averaged, in the 2.6–3 μm region), complemented by ground-based Keck II data (disk-averaged, in the 2.85– 3.6 μm region);
- ground-based near-infrared measurements obtained with the Canada-France-Hawaii Telescope (CFHT)/Fourier Transform Spectrometer (FTS) (disk-averaged, from 0.9 to 2.5 μm) and the Very Large Telescope (VLT)/Nasmyth Adaptive Optics System (NAOS) - Coude Near-Infrared Camera (CONICA) (disk-resolved, in the 2–2.4 μm region, using adaptive optics) instruments.

2008-2012, Jérémie Burgalat (Direction - 100%)

Microphysique des nuages dans le modèle de circulation 3D de Titan.

Actuellement : Ingénieur de Recherche (titulaire) au GSMA/Université de Reims

Resumé : Depuis une quinzaine d'années, nous avons développé un modèle numérique du climat dans le but de comprendre les différents couplages entre la brume, les nuages, le transfert radiatif et enfin la photochimie. Ce travail, réalisé en collaboration entre plusieurs laboratoires (Laboratoire de Météorologie Dynamique (IPSL/Paris 6), Service d'Aéronomie (IPSL/Univ. Versailles) et maintenant au GSMA (Université de Reims) a permis de saisir la complexité du climat de Titan et d'expliquer de nombreuses observations. Cependant, ce modèle possède pour l'instant une structure bi-dimensionnelle '2D' (latitude-altitude) qui permet de simuler les grands cycles climatiques avec des temps relativement courts. Depuis l'arrivée de Cassini et Huygens dans le système et de Titan, notre vision de Titan a changée. En particulier de nombreuses structures mettent en jeu des phénomènes tri-dimensionnelles '3D' (ondes, effet de marées, reliefs, couverture nuageuse non uniforme en longitude, etc...) sont observées. L'enjeu est donc de restaurer la troisième dimension du modèle de climat. Les modèles de climat sont séparés en deux parties qui sont couplées ; d'une part le coeur dynamique (résolution des équations de la météorologie) qui est commun à toutes les planètes et la partie physique qui est spécifique à chaque planète. Le projet de recherche se décline en plusieurs volets; **dans un premier temps**, le travail consiste à prendre en main le modèle de circulation 2D et à simplifier certains aspects de la partie physique, en particulier concernant la microphysique des aérosols et des nuages, ainsi que le transfert radiatif, en vue d'une utilisation en 3D. Cette étape est nécessaire pour conserver en 3D une description de la physique suffisamment simple pour permettre des simulations en des temps raisonnables. **Ensuite**, nous utiliserons pour Titan le coeur dynamique 3D déjà développé au LMD pour la planète Vénus et nous y adjoindrons la partie physique. Après avoir ajouté la physique manquante (e.g, marées de Saturne) nous effectuerons les simulation du climat, en nous attachant particulièrement aux cycles des aérosols, du méthane, de l'éthane et aux nuages. **Enfin, le dernier aspect** va consister d'une part à décrire le climat de Titan avec ce nouveau modèle, et a mener des comparaisons entre les résultats du modèle et les observations, concernant les aérosols et les nuages. Pour cette étape, il faudra utiliser un modèle de transfert radiatif, utiliser les résultats du GCM, modéliser l'intensité diffusée par la planète dans différentes géométries, et comparer aux observations télescopiques et aux observations des sondes. Le but étant de valider les prédictions, et de diagnostiquer les éventuelles manques du modèle.

2012-2015 Daniel Toledo (Direction - 100%)

Préparation et validation du capteur de poussière et de nuages Optical Depth Sensor (ODS) en vue d'un embarquement sur la mission ESA sur Mars EXOMARS.

Actuellement : Chercheur post-doc à l'INTA (Madrid, Espagne)

Resumé: Un petit instrument ODS (Optical Depth Sensor – PI: Jean-Pierre Pommereau – Service d'Aéronomie/LATMOS) de 30g d'optique et 40 g d'électronique a été conçu pour la mesure de l'épaisseur optique des poussières et la détection des nuages élevés dans l'atmosphère de Mars depuis une station déposée au sol de la planète. Développé pour la mission NETLANDER (version phase B 40g + 50g) aujourd'hui arrêtée. L'instrument est maintenant sélectionné dans le paquet instrumental DREAM de l'EDM (Entry and Descent Module) de EXOMARS/Mars 2016. Pour préparer l'instrument, et à des fins de validation, une version terrestre à deux canaux (bleu et rouge) a été construite pour étudier la poussière désertique et les cirrus fins autour de la tropopause en Afrique.

Que ce soit sur Mars ou sur la Terre, les poussières et la couverture nuageuse jouent un rôle important sur le climat en milieu désertique. Sur Terre: la fréquence d'apparition des cirrus et leur altitude est un sujet d'un grand intérêt, qui sont à l'origine du mécanisme d'hydratation de la stratosphère encore largement débattu. Quant aux poussières, dont l'Afrique sahélienne est une source importante à l'échelle globale, elles entrent en jeu dans le climat de l'ensemble de la ceinture tropicale. Sur Mars: les poussières conditionnent l'équilibre radiatif de la planète, et constituent aussi les seuls noyaux de condensation sur lesquels les nuages peuvent se former. La surveillance et la caractérisation des poussières et des nuages à haute altitude est un enjeu important pour la compréhension du système climatique martien (cycles annuel et interannuel des poussières, cycle de l'eau). Dans un but de validation des mesures et des algorithmes de traitement et d'inversion, plusieurs modèles du senseur ODS ont été construits et un a été installé en Afrique en novembre 2004, à Ouagadougou au Burkina-Faso au côté d'un photomètre PHOTON du réseau AERONET. La première année de mesures à Ouagadougou a démontré la capacité d'ODS à mesurer l'opacité des poussières et - de façon encore préliminaire - à caractériser les cirrus de haute altitude. Récemment le projet Equipex IAOS a été accepté, et inclut 50 exemplaires d'ODS embarqués sur des bouées devant dériver sur la banquise arctique.

Le sujet de thèse proposé consiste à participer au développement d'ODS dans plusieurs directions: l'amélioration de la technique d'inversion de l'opacité des poussières et le développement de l'algorithme de détection des nuages fins à haute altitude. La préparation des algorithmes pour Mars se fera par l'analyse des mesures en Afrique. Evaluation d'autres objectifs scientifiques comme la mesure de la colonne d'ozone sur Mars. Amélioration des choix techniques (en particulier, choix des filtres colorés et masque du champ de vue). Ce travail se fera en lien étroit avec l'équipe du LATMOS.

2014-2017 Benoît Seignovert (Direction 50% - Co-dir: **Panayotis Lavvas, 50%** GSMA, URCA)

Formation des Aerosols par Croissance Moléculaire sur Titan.

Resumé: Titan, the largest of Saturn's satellites, is unique among the moons of our solar system because it possesses a thick atmosphere (surface pressure of ~1.5 bar). Titan's atmosphere is mainly composed of nitrogen (N₂) and methane (CH₄) and the chemistry of these two molecules, driven mainly by high-energy photons and photoelectrons (with contributions from Saturn's magnetospheric particles, and cosmic rays), generates trace amounts of hydrocarbons and nitrogen containing species. These species further grow to increasingly larger molecular structures, the complexity of which became evident only after the on going Cassini/Huygens mission measured the composition of Titan's thermosphere. The perpetual molecular growth eventually results in the production of small diameter (~nm) aerosols, but the specific chemical pathways for this transition (molecules to aerosols) remain unknown. These nascent embryonic aerosols produced by the photochemistry grow further (through chemical processes, as well as by random collisions among them) and eventually reach up to an (optically) effective diameter of ~1 μm before they reach the surface, on a "trip" through the atmosphere that can last tens of Earth years. The investigation of

this path from molecules to aerosols is the underlying goal of this project.

The study proposed here is to characterize the chemical and physical processes leading to the production of aerosols. This task will be accomplished by a combination of observations acquired by Cassini instruments and theoretical models of aerosol production and growth. The optical instruments of Cassini (Imaging Science Subsystem, UltraViolet Imaging Spectrograph) probe the area around 500-1000 km, where the link between macromolecules from photochemistry and the global aerosol layer visible on Titan takes place. By comparison, direct observations by the Cassini mass spectrometers (Ion Neutral Mass Spectrometer, Cassini Plasma Spectrometer) are made above 950 km. Only modeling can make the connection between these two regions and observations can be used to validate these models. Thus the project can be separated into two complementary tasks. From one hand detailed models coupling atmospheric photochemistry with aerosol formation will be developed and applied to Titan's atmosphere. We already have in GSMA such a model that was applied to Titan's ionosphere and was able to explain for the first time of large mass positive and negative ions observed by CAPS. This model will be extended to the lower atmosphere and include a more detailed picture of the atmospheric chemistry that will allow us to evaluate the chemical composition of the particles as well as their physical properties (density, shape, size distribution) at different altitudes. These modeling efforts on the other hand will be validated against observational constraints derived from the analysis of photometric observations from ISS and UVIS. ISS observations at different phase angles constrain the effective aerosol size, while in combination with UVIS observations it is possible to deduce the size distribution and density. Using images at several dates and combining the phase angles and wavelength filters, it is possible to make a spatial/temporal monitoring of the aerosol layer. We have an arsenal of radiation transfer models to analyze these observations in GSMA, as well as a plethora of Cassini observations through direct access to the instrument teams.