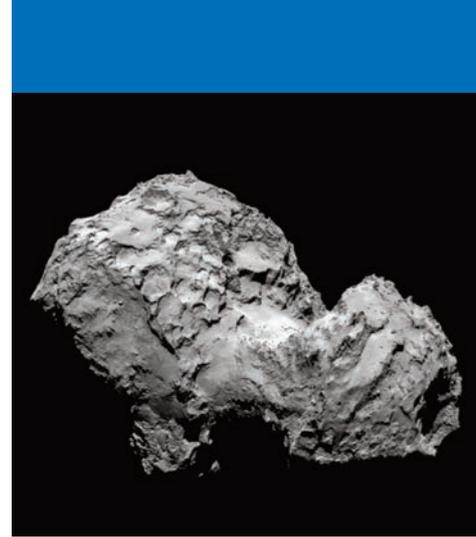




INSTITUT DE FRANCE  
Académie des sciences



## La fantastique aventure de ROSETTA sur la comète

**24 janvier 2017 de 14h30 à 17h30**  
**Grande salle des séances de**  
**l'Institut de France**

**23, quai de Conti, 75006 Paris**

Troisième pierre angulaire du programme de l'Agence Spatiale Européenne, la sonde Rosetta a rejoint après neuf ans en orbite solaire le noyau de la comète Churyumov-Gerasimenko. Elle a frôlé les astéroïdes Steins et Lutetia avant d'hiberner pendant 30 mois et de se réveiller en janvier 2014. Elle a libéré le robot PHILAE qui s'est posé en novembre 2014 à la surface du noyau cométaire, et a permis une avancée spectaculaire sur la connaissance de la physique des comètes : collision de deux fragments accolés, formation en couches concentriques, porosité, existence d'acides aminés et de dioxygène  $O_2$ , glaces amorphes et cristallines, jets de molécules et de poussières.

Les présentateurs montreront les résultats exceptionnels obtenus par l'instrument auquel ils ont participé de manière décisive.

# Les organisateurs du colloque



## **Françoise COMBES**

Françoise Combes est professeur au Collège de France (chaire Galaxies et Cosmologie), membre et délégué de la section Sciences de l'Univers de l'Académie des sciences. Ses recherches à l'Observatoire de Paris portent sur la nature de la matière noire, la formation et l'évolution des galaxies, de même que sur le rôle des trous noirs dans leur formation.

Elle a reçu la médaille d'argent du CNRS, et le Prix Tycho Brahe de la Société Astronomique Européenne.



## **Pierre ENCRENAZ**

Après son entrée à l'ENS Ulm en 1965, Pierre Encrenaz a participé aux développements de l'astronomie millimétrique au sol (découverte de nouvelles molécules interstellaires) puis dans l'espace (ballons stratosphériques avec le CNES), avion KAO de la NASA, satellites ODIN, HERSCHEL (Mission Scientist), CASSINI (membre de l'équipe radar) et ROSETTA (membre de l'équipe MIRO). Il a été élu correspondant (1981), puis membre (2000) de l'Académie des sciences dans la section des sciences de l'univers.

# Programme

- 14:30** Ouverture du colloque  
**Pierre CORVOL**, vice-président de l'Académie des sciences  
**Catherine BRÉCHIGNAC**, secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences  
**Françoise COMBES**, membre de l'Académie des sciences  
**Pierre ENCRENAZ**, membre de l'Académie des sciences
- 14:50** La France dans la mission européenne Rosetta-Philae  
**Francis ROCARD**, programmes d'exploration du système solaire, CNES
- 15:15** La composition moléculaire de la comète 67/Churyumov-Gerasimenko  
**Nicolas FRAY**, LISA, université Paris-Est Créteil, université Paris Diderot et CNRS
- 15:40** Portait d'un noyau cométaire : résultats de l'instrument OSIRIS à bord de Rosetta  
**Sonia FORNASIER**, LESIA, observatoire de Paris, université Pierre et Marie Curie, université Paris Diderot et CNRS
- 16:05** La structure interne de la comète 67P/Churyumov-Gerasimenko révélée par CONSERT  
**Wlodek KOFGAN**, IPAG, université de Grenoble, CNRS
- 16:30** Deux ans de suivi de l'activité et de la composition de la comète 67P/Churyumov-Gerasimenko avec les instruments radio et infrarouge de Rosetta  
**Nicolas BIVER**, LESIA, observatoire de Paris, université Pierre et Marie Curie, université Paris Diderot et CNRS
- 16:55** Discussion générale et conclusion

# Résumés et biographies



## **Francis ROCARD**

Programmes d'exploration du système solaire, Centre national d'études spatiales (CNES)

Francis Rocard est astrophysicien, spécialisé en planétologie. Il a participé aux missions VEGA de survol de la comète de Halley en 1986 et PHOBOS-88 d'étude minéralogique de la surface de Mars. En 1989, il entre au CNES où il est responsable des Programmes d'exploration du Système solaire.

A ce titre, il a suivi la réalisation des grandes missions d'exploration des planètes où la France s'est impliquée. Tel Curiosity et InSight, d'exploration de Mars ; Cassini-Huygens (NASA-ESA) d'étude du système de Saturne et de son satellite Titan ; Rosetta - Philae, étude in situ d'une comète ; BepiColombo (ESA-Jaxa) étude de Mercure ; JUICE (ESA) d'étude des lunes glacées de Jupiter.

## **La France dans la mission européenne Rosetta-Philae**

La mission Rosetta-Philae est une aventure qui a débuté juste après le survol de la comète de Halley en 1986. Tout d'abord étudiée pour un retour d'échantillons cométaires, Rosetta sera finalement une mission de rendez-vous avec une comète afin d'étudier l'émergence de son activité. Le rôle de la France dans la mission est multiple : une forte communauté scientifique présente sur presque tous les instruments de Rosetta (12) et Philae (11) dont deux sous responsabilité française : le radar CONSERT et le système optique CIVA de Philae. Le CNES a joué un rôle central dans le développement de Philae par la fourniture de certains sous-systèmes (batteries et transpondeur) mais aussi les opérations. La coordination des opérations scientifiques et le calcul de la trajectoire de descente de l'atterrisseur ont été réalisés par le SONC (*Science, Operation & Navigation Center*) au CNES à Toulouse. Soutenue pendant plus de deux décennies par le CNES, la mission Rosetta a eu un retentissement mondial notamment lors de l'atterrissage de Philae en novembre 2014 mais son impact scientifique sur ces objets primitifs a aussi révolutionné notre connaissance sur les conditions de formation des petits corps qui ont abouti au système solaire que nous connaissons aujourd'hui.



## **Nicolas FRAY**

LISA, université Paris-Est Créteil, université Paris Diderot et CNRS

Nicolas Fray est maître de conférences en physique à l'université Paris-Est Créteil (UPEC), au Laboratoire Interuniversitaire des Systèmes Atmosphériques (LISA-CNRS). Ses travaux de recherches sont principalement consacrés à la caractérisation de la matière organique cométaire grâce à des expérimentations en laboratoire et des observations in-situ. Il est aussi membre du groupe de travail "Exobiologie, Exoplanètes et Protection Planétaire" du CNES.

## **La composition moléculaire de la comète 67/Churyumov-Gerasimenko**

Avant l'arrivée de la mission Rosetta dans l'environnement de la comète 67P/Churyumov-Gerasimenko, plus de 25 molécules-mères avaient déjà été identifiées en phase gazeuse et la présence d'une matière organique réfractaire était avérée dans les grains cométaires. Les analyses effectuées grâce aux instruments embarqués sur la mission Rosetta ont permis de doubler le nombre de molécules connues en phase gazeuses et une première caractérisation in-situ de la matière organique réfractaire a été effectuée. Cette grande diversité chimique est héritée des différents processus à l'origine du matériau cométaire et permet de contraindre l'origine et l'évolution des comètes. D'autre part, ces nouvelles observations permettent aussi de mieux comprendre les apports cométaires sur la Terre primitive.

## **Sonia FORNASIER**

LESIA, observatoire de Paris, université Pierre et Marie Curie,  
université Paris Diderot et CNRS

Sonia Fornasier est Astrophysicienne au laboratoire d'études spatiales et d'instrumentation en astrophysique (LESIA) et maître de conférences à l'université Paris Diderot depuis 2006. Elle a fait ses études à l'université de Padoue se spécialisant en planétologie. Elle travaille sur la caractérisation des propriétés physiques des petits corps du système solaire via observations multi longueur d'onde obtenues à partir de télescopes au sol et dans l'espace. Elle est impliquée dans plusieurs missions spatiales de l'ESA et de la NASA dédiées à la planétologie (missions Rosetta, BepiColombo, OSIRIS-REX, JUICE).



### **Portait d'un noyau cométaire : résultats de l'instrument OSIRIS à bord de Rosetta**

L'instrument OSIRIS est le système d'imagerie de la sonde Rosetta comprenant deux caméras, une première à haute résolution (NAC) et une seconde avec un champ de vue large (WAC). OSIRIS a acquis des milliers d'images de la comète 67P/Churyumov-Gerasimenko durant environ 2 ans, avec une résolution spatiale allant de plusieurs mètres jusqu'à quelques centimètres par pixel. Les données d'OSIRIS ont mis en évidence la forme complexe du noyau, avec une grande diversité de structures géologiques qui résultent des phénomènes d'érosion, d'effondrement et de redéposition du matériel. Le noyau est un objet binaire, résultant de la collision à faible vitesse de deux corps indépendants dans les premiers stades de formation du système solaire. Les images ont permis également de mettre en évidence des variations de couleurs saisonnières et même diurnes à la surface du noyau, et d'observer de la glace d'eau exposée localement à la surface ainsi que de dépôts de givre. L'intensification de l'activité à l'approche du périhélie, qui a révélé les couches enrichies en glace affleurant à la surface, et les phénomènes de condensation de la vapeur d'eau sont à l'origine de ces variations de couleurs.

## **Wlodek KOFMAN**

IPAG, université de Grenoble, CNRS

Wlodek Kofman est directeur de recherche émérite au CNRS à l'Institut de Planétologie et d'Astrophysique de Grenoble. Il est également professeur au Space Research Center, Varsovie et Distinguished Visiting Scientist au Jet Propulsion Laboratory, USA. Ses recherches, initialement orientées vers le traitement du signal, ont évolué vers l'étude de l'environnement terrestre pour se consacrer finalement, à la planétologie au travers d'expériences spatiales. Il est le responsable de l'expérience CONSERT de la mission ROSETTA. L'astéroïde 13368 a été nommé «Wlodekofman» pour honorer ses recherches.



### **La structure interne de la comète 67P/Churyumov-Gerasimenko révélée par CONSERT**

La sonde Rosetta et l'atterrisseur Philae ont offert une opportunité unique d'étudier la structure du noyau cométaire par sondage par ondes radioélectriques (CONSERT). La connaissance de la structure interne permet d'obtenir des informations sur la formation et l'évolution de la comète de l'époque du système solaire naissant. CONSERT est un radar bistatique entre la sonde Rosetta et Philae posé sur la surface. Pendant la première nuit après l'atterrissage de Philae, CONSERT a effectué les mesures à travers le petit lobe (tête) de la comète. Nous décrivons des mesures, discuterons les résultats et leur interprétation. Les analyses et l'interprétation ont été effectuées en utilisant la forme des signaux reçus puis la modélisation 2D et 3D du signal qui s'est propagé à travers la comète. Cela nous amène à conclure que la comète est homogène à l'échelle d'une dizaine de mètres et peut-être lentement variable avec la constante diélectrique diminuant à l'intérieur de la comète. La valeur mesurée de 1,27 de la constante diélectrique moyenne nous permet d'interpréter la composition des matériaux en termes de porosité (75-85%), de rapport poussière / glace et de matériaux possibles.



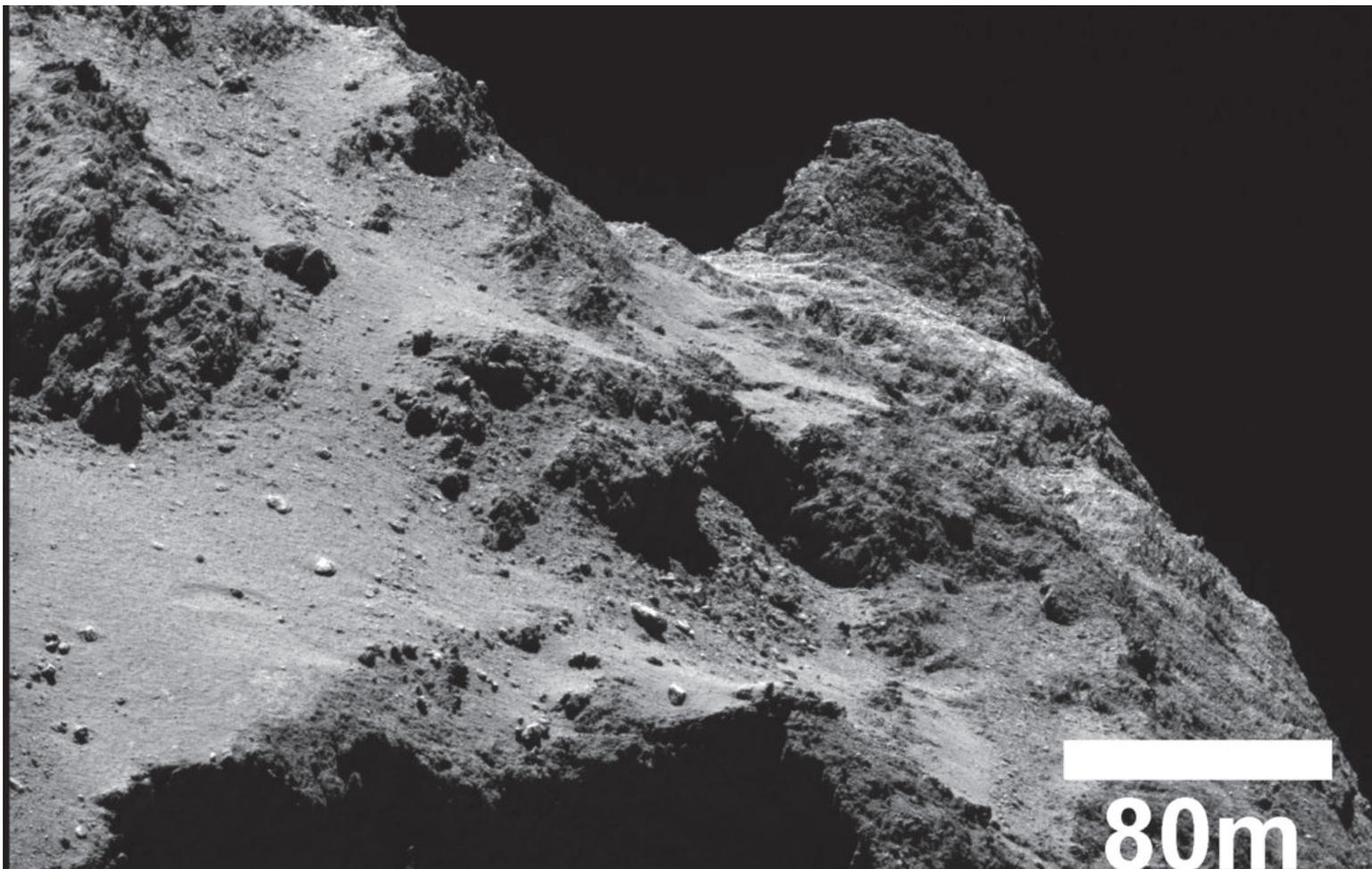
### **Nicolas BIVER**

LESIA, observatoire de Paris, université Pierre et Marie Curie, université Paris Diderot et CNRS

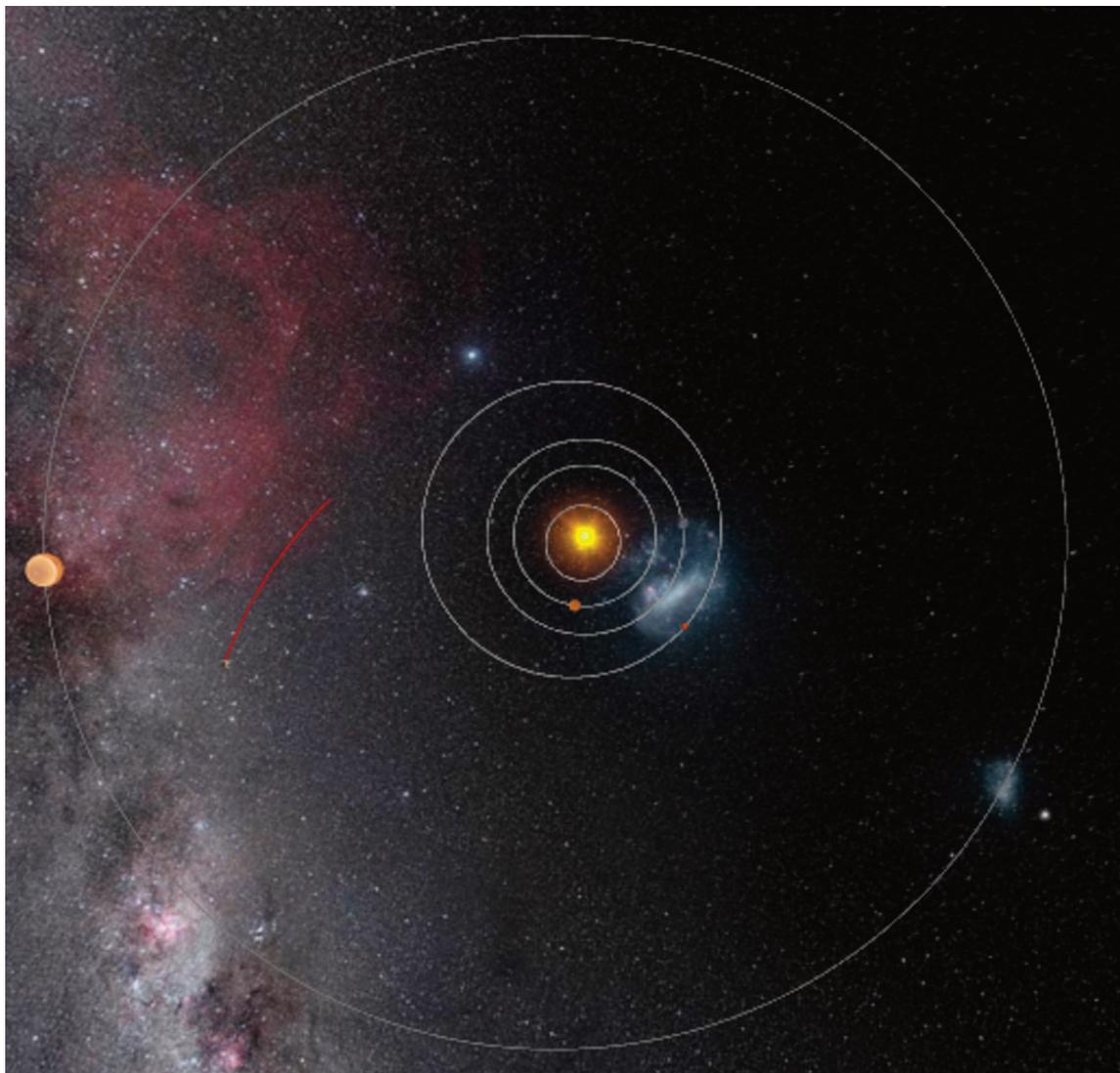
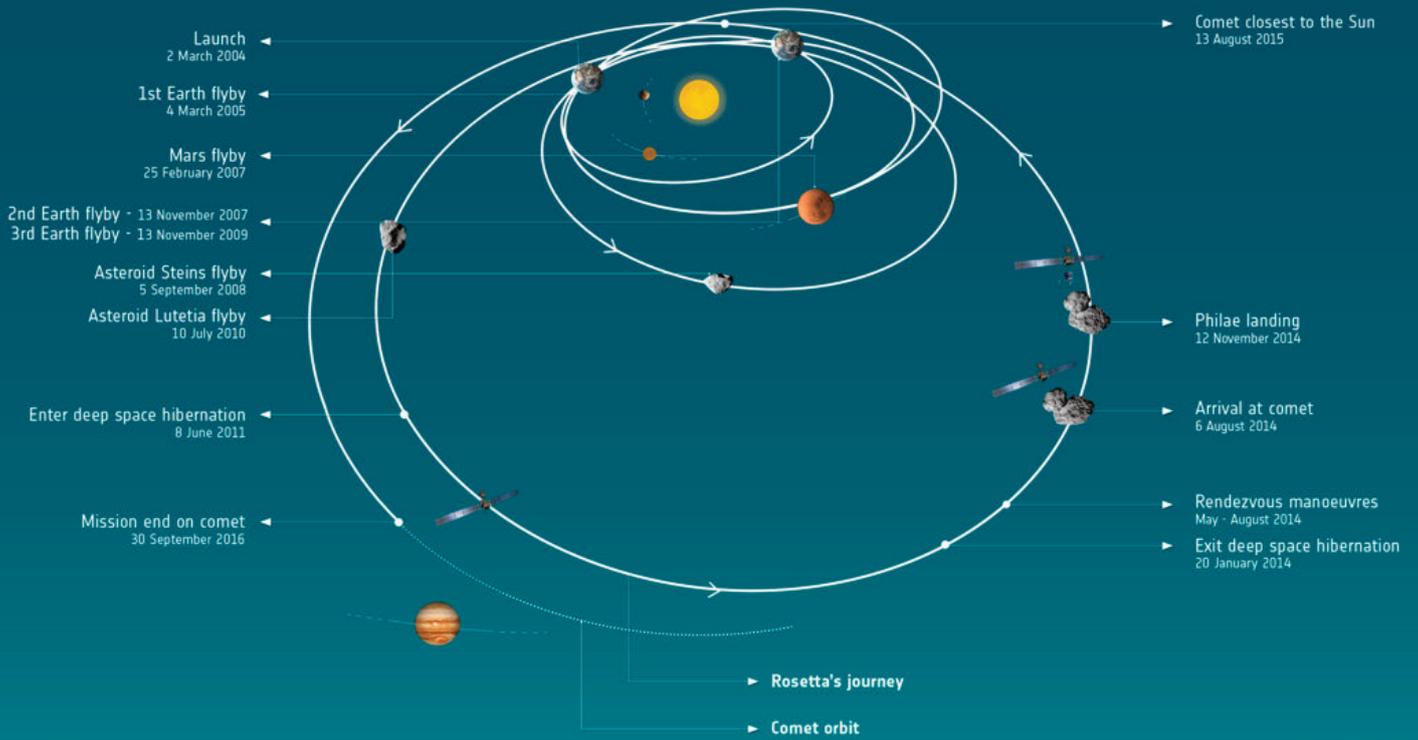
Ingénieur de l'Ecole Centrale de Paris (1992), Nicolas Biver fait une thèse sur les comètes à l'observatoire de Paris/Meudon (1997) suivie d'un post-doc à l'Université d'Hawaii. Il a ensuite travaillé sur l'observatoire spatial submillimétrique franco-suédois Odin puis dans l'équipe de planifications des opérations scientifiques de la mission Rosetta à l'ESA (Pays-Bas). Chargé de Recherche CNRS, au Laboratoire d'Etudes Spatiales et d'Instrumentation en Astrophysique (LESIA, Observatoire de Paris) depuis 2002, Nicolas Biver est spécialiste de l'observation des comètes en ondes radio et co-investigateur de l'instrument MIRO de Rosetta.

## **Deux ans de suivi de l'activité et de la composition de la comète 67P/Churyumov-Gerasimenko avec les instruments radio et infrarouge de Rosetta**

Lancée en 2004, la sonde européenne Rosetta a escorté la comète 67P/Churyumov-Gerasimenko de Juillet 2014 à Septembre 2016 à l'occasion de son passage au périhélie en août 2015 à 1.24 UA du Soleil. L'orbiteur Rosetta était équipé d'une dizaine d'instruments dont un petit radiotélescope de 30cm, MIRO, enregistrant le spectre de 6 molécules autour de 560GHz et l'émission continuum à 1.6 et 0.5mm de longueur d'onde, et un spectro-imageur infrarouge, VIRTIS, couvrant la gamme 0.4-5.0 $\mu$ m. Ces instruments ont, entre autres, permis de suivre l'évolution de l'activité du noyau de la comète à son approche du Soleil: émission de poussières et dégazage des principales molécules composant les glaces du noyau: eau, CO<sub>2</sub>, CO, méthanol,... Pour la première fois, ce suivi rapproché (à des distances comprises typiquement entre 5 et 400km) et continu d'une comète a permis de localiser les sources d'activité sur le noyau, de mettre en évidence des effets saisonniers marqués, des variations spatio-temporelles de l'abondance relative des molécules et de mieux comprendre comment fonctionne la comète et la composition chimique du matériau qui la constitue.



# → ROSETTA'S JOURNEY 2004-16





INSTITUT DE FRANCE  
Académie des sciences

