

CNES MAG



ESPACE • INNOVATION • SOCIÉTÉ

#71

Janvier 2017

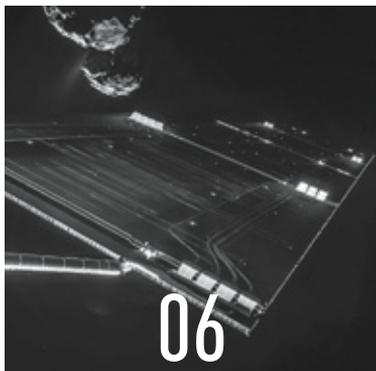


ROSETTA-PHILAE

L'AVENTURE CONTINUE



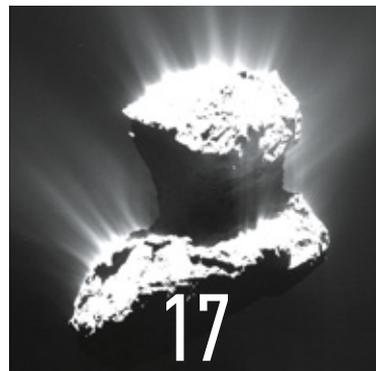
SOMMAIRE



06



13



17

05 ÉDITORIAL

06 L'ESSENTIEL

Structure, magnétisme, composition chimique : le point sur les premières découvertes de la mission Rosetta

12 #COMMUNAUTÉ

Les actualités de Philae relayées par les followers du CNES

13 GRAND ORAL

Jean-Pierre Bibring, responsable scientifique de Philae, souligne l'action déterminante du CNES dans le succès de la mission Rosetta

16 EN IMAGES

Atterrissage historique de Philae et vision grandiose des jets de gaz de Chury

18 EN CHIFFRES

Les données clés de la sonde Rosetta et du célèbre Philae

19 LE CNES EN ACTIONS

Rosetta : une mission hors norme

27 MATIÈRE

La batterie innovante de Philae

28 INSTANTS T

Retour sur les 60 heures passées par Philae sur la comète

30 RENCONTRES

- Fatima Hamani, coordinatrice du projet de maquette Philae
- Philippe Gaudon, chef de projet de la mission Rosetta au CNES
- Dominique Bockelée-Morvan, astrophysicienne au CNRS

33 ESPACE ÉTHIQUE

Le drame de la comète, par Jacques Arnould

34 EN VUE

Les manifestations, les expos et les ouvrages réalisés ou soutenus par le CNES

36 TRANSFERT

Antennes : toujours un temps d'avance

PARTENAIRES

Sont cités dans ce numéro : p. 15 l'Institut d'astrophysique spatiale de Paris (IAS); p. 23 l'Institut de planétologie et d'astrophysique de Grenoble (IPAG); p. 26 le Centre des données sur la physique des plasmas (CDPP); p. 32 le Laboratoire d'études spatiales et d'instrumentation en astrophysique (Lesia) du CNRS; p. 34 l'Institut de recherche en astrophysique et planétologie (IRAP).

En couverture : © ESA/Rosetta/NAVCAM, 2014



WWW.CNES.FR

Découvrez les contenus en ligne de ce nouveau numéro sur cnes.fr/cnesmag



CNESfrance



@CNES



CNES



P. 20

WAHNHEIDE

Situé en Allemagne, le Lander Control Centre (LCC) est le centre de contrôle de l'atterrisseur Philae. Il est notamment responsable du bon fonctionnement de la plateforme de Philae.



P. 24

DARMSTADT

Situé en Allemagne, le Rosetta Mission Operation Centre (RMOC) est le centre principal de la sonde Rosetta. Parmi ses missions : le bon fonctionnement de la plateforme de Rosetta et les manœuvres d'orbite.

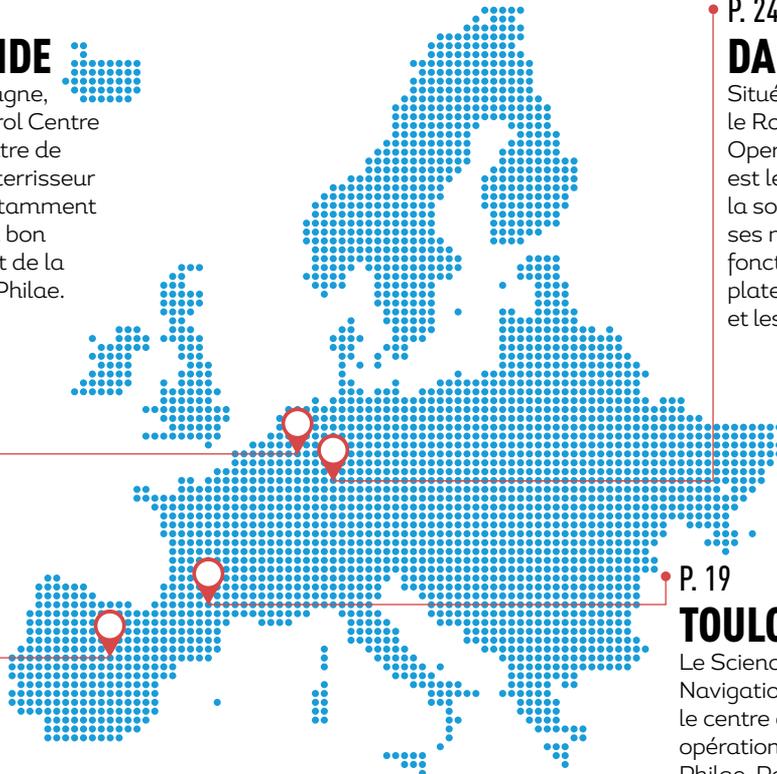
P. 19

TOULOUSE

Le Science Operation and Navigation Centre (Sonc) est le centre de planification des opérations scientifiques de Philae. Parmi ses missions : le suivi du bon fonctionnement des 10 expériences de Philae, le traitement des données, le choix du site et l'optimisation de la trajectoire d'atterrissage, puis la recherche de Philae post-atterrissage.

VILLANUEVA DE LA CAÑADA

Situé en Espagne, le Rosetta Science Ground Segment (RSGS) est le centre de planification des opérations scientifiques des 11 expériences de la sonde Rosetta. C'est aussi le centre d'archivage à long terme des données récoltées.





CONTRIBUTEURS



FRANCIS ROCARD

Expert dans les programmes du Système solaire au CNES. Francis Rocard est astrophysicien de formation. Des aléas du début de la mission Rosetta à la moisson de données, il a été de toutes les étapes de l'aventure. En contact permanent avec les équipes scientifiques et techniques, il a été pour nous le garant objectif de cette mission hors du commun.



JOËLLE DURAND

Actuel chef de projet Rosetta au CNES. Joëlle Durand a succédé à Philippe Gaudon. Auparavant, elle était aux manettes des opérations depuis le Sonc. Grâce à elle, nous avons revécu les heures palpitantes de la descente de Philae sur la comète, et l'arrivée des premières données. Elle a fermé définitivement les portes du Sonc pour se consacrer aujourd'hui à la longue vie des données.



THIERRY GENTET

Ancien ingénieur du CNES, ses deux passions – l'aventure spatiale et l'image – s'exercent désormais dans le cadre de la société Mira Productions. Il réalise des films documentaires pour la télévision et des films corporate pour le CNES, dont celui réalisé avec Steve Balestreri sur le programme Rosetta que vous pouvez visionner en ligne sur la version numérique de *CNESmag*.



JEAN-MICHEL MARTINUZZI

Responsable des projets éducatifs Sciences au sein du service Éducation Jeunesse du CNES, Philea (réplique pédagogique de Philae) c'est grâce à lui. Après avoir noué différents contacts avec les académies de la région parisienne, il a contribué à la mise en place et au suivi de ce projet réalisé par l'Éducation nationale en un peu plus d'un an. Aujourd'hui, il en gère l'exploitation, même s'il est engagé sur d'autres projets.

CNESMAG

CNESmag, le magazine d'information du Centre national d'études spatiales, 2 place Maurice Quentin. 75039 Paris cedex 01. Adresse postale pour toute correspondance : 18 avenue Édouard Belin. 31401 Toulouse cedex 9. Tél. : +33 (0)5 61 28 33 90. Internet : <http://www.cnes.fr>. Cette revue est adhérente à Communication&Entreprises. Abonnement : <https://cnes.fr/reabonnement-cnesmag>

Directeur de la publication : Jean-Yves Le Gall. **Directrice éditoriale :** Marie-Claude Salomé. **Rédactrice en chef :** Brigitte Alonzo-Thomas. **Secrétaire générale de la rédaction :** Céline Arnaud. **Rédaction :** Liliane Feuillerac, Didier Jarret, Marie-Claude Siron, Brigitte Alonzo-Thomas. **Photothèque (recherche iconographique) :** Marie-Claire Fontebasso. **Crédits photo :** p. 04 CNES/S.Godfrey, J. Durand, T. Gentet, F. Maligne ; p. 05 CNES/O. Pascaud ; p. 06 CNES/ESA/Rosetta/Philae/CIVA ; p. 07 haut ESA/Rosetta/Navcam ; p. 07 bas CNES/F. Maligne ; p. 08-09 ESA/Rosetta/Navcam ; p. 08-09 bas CNES/ESA/NASA/NASDA ; p. 10-11 ESA/Rosetta/MPS for OSIRIS Team/MPS/UPD/LAM/IAA/SSO/INTA/UPM/DASP/IDA ; p. 13 CNES/F. Maligne ; p. 15 ESA ; p. 16 ESA/Rosetta/Philae/CIVA ; p. 17 ESA/Rosetta/NAV CAM ; p. 18 CNES/H. Piraud ; p. 19 CNES/A. Torres/IAS/IP. Bibring/D. Ducros ; p. 20 CNES/ESA/Arianespace/CSG Service Optique ; p. 21 CNES/D. Ducros ; p. 22 CNES/E. Grimault ; p. 23 ESA/Rosetta/Philae/CIVA ; p. 24 RGA/MM/R. Gabalda ; p. 25 ESA/Rosetta/MPS for OSIRIS Team/ MPS/UPD/LAM/IAA/SSO/INTA/UPM/DASP/IDA/NavCam ; p. 26 ESA/Rosetta/MPS for OSIRIS Team MPS/UPD/LAM/IAA/SSO/INTA/UPM/DASP/IDA ; p. 27 CNES/IL. Auriol ; p. 34 milieu Collections La Cinémathèque de Toulouse ; p. 33-34-36 CNES. **Illustrations :** David Ducros (p. 21), François Foyard (p. 07, 08 et 35), Robin Sarian (IDIX) (p. 28-29), Jean-Marc Pau (p. 30-32). **Web master :** Sylvain Charrier. **Traduction :** Boyd Vincent. **Conception, conseil et réalisation :** Citizen Press – Camille Aulas, Stéphane Boumendil, David Corvaisier, Alexandra Roy, Aurélien Saublet. **Impression :** Ménard. ISSN 1283-9817. **Ont participé à ce numéro :** Laurence Amen, Guilhem Boyer (réseaux sociaux), Fabienne Casoli, Céline Cenac, Sylvain Charrier, Philippe Collot, Christine Correcher, Emline Deseez, Joëlle Durand, Jean-Luc Issler, Aurélie Jeanne, Séverine Klein, Didier Lapière, Eric Médaille, Jean-Gabriel Parly, Amélie Proust, Mélanie Ramel, Francis Rocard, Sophie Roelandt, Florence Serroussi, Marie-Claude Siron (Cnesmag numérique), Michel Viso, Mathilde de Vos (réseaux sociaux).



ÉDITORIAL



1994 : les États membres de l'Agence spatiale européenne décident, à l'initiative de la France, d'aller étudier *in situ* le noyau d'une comète pour rechercher les origines de la vie.

2004 : Ariane 5 s'élance du Centre Spatial Guyanais, Rosetta et Philae commencent une partie de billard cosmique qui va durer 10 ans.

2014 : le 6 août, Rosetta se met en orbite autour du noyau de la comète Churymov Gerasimenko et le 12 novembre, Philae se pose à sa surface.

Ces trois dates ont fait entrer définitivement l'Europe dans l'histoire de la science spatiale. Elles montrent aussi à quel point notre continent peut se dépasser lorsqu'il le veut. Il fallait en effet une vraie vision politique pour engager un programme de 1,5 milliards d'euros dont les résultats n'étaient pas attendus avant 20 ans. Il fallait aussi une remarquable capacité industrielle pour construire et lancer Rosetta et Philae. Il fallait enfin une expertise scientifique hors du commun pour réussir le rendez-vous avec la comète et l'atterrissage sur son noyau.

Le CNES a bien sûr joué un rôle clé dans chacune de ces trois étapes. Et aujourd'hui, 55 ans après la création de notre Établissement, nos scientifiques et nos ingénieurs inventent l'espace de demain et continuent la fabuleuse aventure de Rosetta et Philae. Parce qu'*in fine*, nous sommes tous un peu les enfants de la comète...

JEAN-YVES LE GALL

PRÉSIDENT DU CENTRE NATIONAL D'ÉTUDES SPATIALES

En approche de la comète, selfie de Rosetta pris le 7 octobre 2014 par la caméra Civa à 16 km de la surface de Chury.

VIDÉO



La mort de Rosetta en direct

FIN DE MISSION

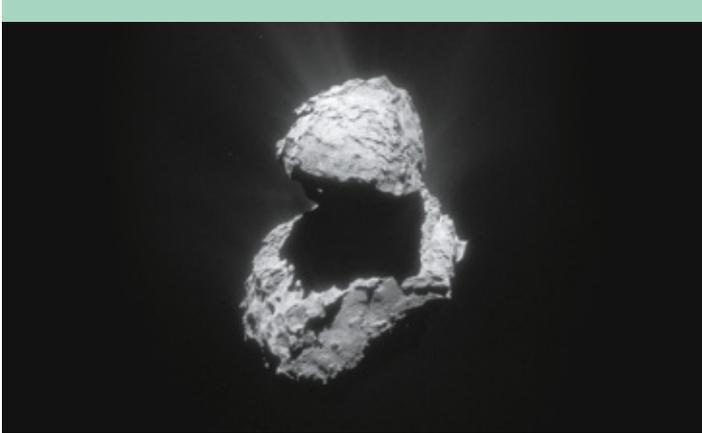
Hasta la vista, Chury!

Alors que la mission Rosetta s'est définitivement achevée en septembre dernier avec l'impact contrôlé de la sonde sur le noyau de la comète 67P/Churyumov-Gerasimenko, il est d'ores et déjà certain qu'elle marquera durablement l'histoire de l'exploration spatiale. Premières historiques, données collectées et découvertes associées : cette mission ambitieuse, qui tenait de l'odyssée par sa durée et ses contraintes opérationnelles, a sans conteste été un franc succès. Grâce à elle, nous pouvons espérer lever bientôt un coin du voile sur les mystères de l'origine de la vie.

 PLUS D'INFOS : [CNES.FR/CNESMAG71-ROSETTA-FIN-MISSION](https://cnes.fr/cnesmag71-rosetta-fin-mission)



L'ESSENTIEL



SURPRISE LA COMÈTE A DEUX CŒURS

La première découverte de la mission fut sans conteste la révélation, à l'été 2014, de l'aspect bilobé du noyau de Chury. Était-ce le résultat de l'érosion d'un noyau initialement plus volumineux, ou le fruit d'un choc mou entre deux noyaux au départ indépendants ? C'est aujourd'hui cette dernière hypothèse qui est privilégiée. L'idée était d'étudier l'horizontalité de ses couches par rapport à la verticale locale, afin de déterminer une éventuelle solution de continuité entre les deux parties. Cette étude très exhaustive va clairement dans le sens d'une origine indépendante pour chacun des noyaux, et apporte une forte contrainte aux modèles de formation cométaire. Les comètes étant des objets très fragiles, les collisions non destructives comme celle qui aurait donné son aspect à Chury, se sont nécessairement produites à des vitesses bien plus faibles que ce qui était imaginé précédemment...



500

En Europe, Rosetta a mobilisé pas moins de 500 scientifiques et ingénieurs dont 150 en France, répartis dans 17 laboratoires et instituts scientifiques.

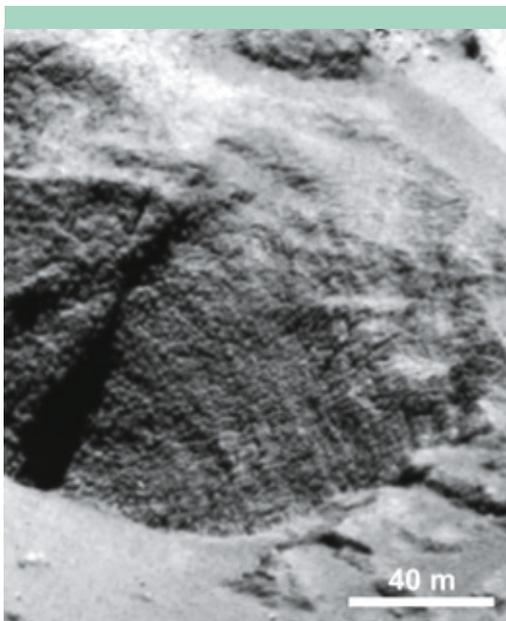
AIMANT PAS DE MAGNÉTISME POUR MISS CHURY



Autre surprise, alors que de nombreux modèles de formation cométaire recouraient à l'hypothèse de la présence d'un champ magnétique afin d'améliorer le processus de formation et de cohésion du noyau, le magnétomètre Romap de Philae est formel : il n'y a pas le moindre champ magnétique rémanent à la surface de Chury ! Un résultat tout à fait fondamental car il impose aux théoriciens de réexaminer de fond en comble leurs scénarios de croissance non seulement des noyaux cométaires, mais aussi des planètes : il faut désormais faire sans champ magnétique ! Mais la comète n'est pas pour autant insensible au champ magnétique transporté par le vent solaire. Par un mécanisme complexe d'interactions entre le vent solaire et la coma, la comète le repousse créant une « cavité magnétique », où le champ s'annule, ce qui a été observé pour la première fois autour de Chury.



L'ESSENTIEL



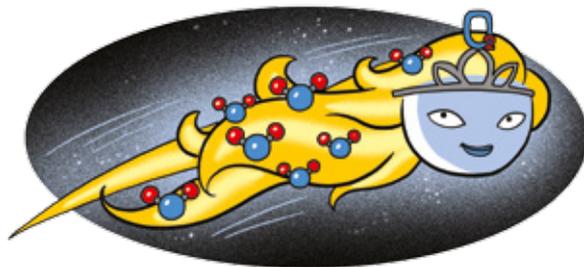
TEXTURE

CHURY A LA CHAIR DE POULE

S'il peut faire incontestablement très froid à la surface de Chury (jusqu'à - 230 °C), ce n'est pas pour cette raison que la comète a la chair de poule. Cette appellation désigne en fait des régions régulièrement tapissées de blocs de 3 m, présents sur les parois de puits d'effondrement circulaires. Repérés par la caméra Osiris de Rosetta, il s'agirait en fait de « cométésimaux », les briques élémentaires à partir desquelles les comètes se sont formées. Ces « cométésimaux » seraient eux-mêmes le fruit de l'agglomération, grain par grain, de poussières, de glace, de silicates et de matière organique jusqu'à une taille de l'ordre du mètre, ce qui est en phase avec les modèles de formation du Système solaire. Seule différence entre les modèles et l'observation : les briques de Chury sont un peu plus grandes que prévu, ce qui ne remet pas fondamentalement en cause les modèles mais appelle à les compléter.

ÉMISSIONS

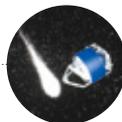
UNE COMÈTE SOUS OXYGÈNE



C'est sans doute un des résultats les plus étonnants, dans la moisson de découvertes de Rosetta et Philae : Chury émet dans sa chevelure de surprenantes proportions d'oxygène, jusqu'à 10 % de la vapeur d'eau mesurée ! La surprise est de taille car l'oxygène est une molécule extrêmement volatile et prompte à réagir avec d'autres composés pour former, par exemple, de l'eau ou de l'ozone. Si on trouve autant d'oxygène autour de Chury, c'est sans doute le signe que la comète s'est formée à très basse température, très loin du Soleil, et qu'elle a depuis lors très peu évolué. Cet élément vient confirmer *a posteriori* que Chury était bien un excellent objet d'étude pour la mission Rosetta, dont l'objectif était d'analyser un des corps célestes les plus primitifs du Système solaire.

30 ANS D'EXPLORATION DES PETITS

1986



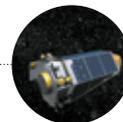
Les sondes soviétiques Vega 1 et 2 et l'européenne Giotto survolent la comète de Halley. Giotto révolutionne notre vision des comètes.

2000



La sonde Near a rendez-vous avec l'astéroïde Eros.

2001



La sonde à vocation technologique Deep Space 1 survole les comètes Wilson-Harrington et Borrelly.



INFOG



Infographie active :
le bilan

10 MILLIARDS DE TONNES

Inconnue à l'origine, la comète a livré quelques secrets. Son noyau mesure environ 4,1 x 5,4 km, soit l'équivalent de la taille des six premiers arrondissements de Paris. Sa masse est évaluée à 10 milliards de tonnes. Le noyau tourne sur lui-même en 12 h 24 min.

250 MILLIONS D'EUROS

Le financement de la mission Rosetta s'est étiré sur 20 ans. Au total, la France a contribué à hauteur de 250 millions d'euros. Cela représente 20 centimes d'euro par an et par Français. Le coût total de la mission à l'échelle européenne est de 1,3 milliard d'euros, soit l'équivalent de quatre Airbus A380.

70 EXPERTS

Le choix du site d'atterrissage de Philae était du ressort du CNES. À ce titre, le Centre spatial de Toulouse a accueilli 70 experts venus d'Europe et des États-Unis pour aider à sélectionner les meilleurs sites. Début août 2014, ils en ont analysé dix pour en retenir cinq. Tous ont été passés au peigne fin par la caméra Osiris, jusqu'à pouvoir compter les « rochers » de plus d'un mètre. Trois semaines plus tard, deux sites possibles étaient sélectionnés, dont Agilkia, retenu par l'ESA.

RECORD

UN TRÉSOR DE MOLÉCULES

Pulvérisé! Le précédent record du nombre de molécules découvertes au voisinage d'une comète, une quarantaine, était jusqu'ici détenu par Hale-Bopp, comète brillante de 1997 scrutée en détail depuis la Terre. Mais grâce à Rosetta et Philae, Chury met tout le monde d'accord avec plus d'une soixantaine de molécules recensées, dont un véritable joyau de la couronne, la glycine. La présence confirmée dans sa chevelure de cet acide aminé, un des constituants de base des protéines qui intervient dans le fonctionnement des cellules, vient conforter l'hypothèse selon laquelle les éléments nécessaires à la vie auraient été apportés sur Terre par les comètes.

CORPS DU SYSTÈME SOLAIRE

2004



Stardust survole la comète Wild 2 et collecte au passage des échantillons de poussière rapportés sur Terre en 2006 / Lancement de Rosetta.

2005



Deep Impact, spectaculaire mission d'étude avec un impacteur lancé contre la comète Tempel 1 afin de provoquer une activité artificielle.

2010



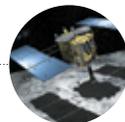
Retour sur Terre d'échantillons collectés par la sonde Hayabusa sur l'astéroïde Itokawa.

2014



Arrivée de Rosetta, atterrissage de Philae, début d'une mission de deux ans. 2016 : fin de mission sur la comète 67P/Churyumov-Gerasimenko.

2020



Retour d'échantillons de l'astéroïde Ryugu par Hayabusa 2.

2023



Retour d'échantillons de l'astéroïde Bennu par Osiris-Rex.



COMPORTEMENT DE LA COMÈTE UNE MACHINERIE COMPLEXE RÉVÉLÉE



Chury en flagrant délit d'activité.

S'il est un domaine dans lequel l'étude *in situ* de Chury s'est révélée déterminante, c'est bien celui de la compréhension des mécanismes à l'œuvre dans les comètes à l'approche du Soleil. Une des énigmes du comportement des comètes tient notamment au fait que, pour une même distance au Soleil, elles se révèlent plus actives après être passées au plus près de notre étoile que pendant leur phase d'approche, possible indice d'un effet d'inertie thermique et d'accumulation de chaleur. Dans le cas particulier de Chury et sur une période beaucoup plus courte, un effet d'accumulation de chaleur a bien été observé. Sur Chury, l'ensoleillement d'une même région dure un peu plus de 6 heures, pendant lesquelles la surface se réchauffe fortement de plusieurs dizaines de degrés. Dès que cette onde de chaleur atteint une zone de glace, celle-ci se transforme en vapeur d'eau,

créant de fait une surpression. Mais lorsque la nuit vient, la surface gèle instantanément et perd une cinquantaine de degrés sur 10 cm d'épaisseur. Cependant, l'importante quantité de chaleur emmagasinée pendant la journée continue de se propager vers l'intérieur de la comète. Le gaz s'échappe par les fissures, mais se condense sur la face interne de la croûte de surface, redevenue très froide. La glace s'accumule ainsi sous la surface chaque nuit, pour finir par s'échapper ensuite sous forme de jets de vapeur dès que les températures remontent avec le lever du jour. Ces jets de gaz entraînent alors avec eux des grains de matière organique plus ou moins grands. Les plus petits, les plus rapides, sont dispersés dans la queue alors que les plus volumineux retombent à la surface en formant une couche poussiéreuse (principalement dans l'hémisphère Nord).

LE MYSTÈRE DES SURSAUTS D'ACTIVITÉ ÉLUCIDÉ

De tous les corps du Système solaire, les comètes sont sans conteste ceux dont le comportement reste le plus capricieux et imprévisible. Elles connaissent parfois de mystérieux sursauts d'activité, rarement corrélés à leur proximité immédiate du Soleil. Un tel sursaut a eu lieu sur Chury en février 2016, et Rosetta était aux premières loges. De nombreux indices relevés tout au long de la mission (fractures, éboulis) pointent comme cause de ces éruptions des « effondrements de falaise ». Des falaises se situent à la limite de deux strates. Lorsqu'une de ces falaises s'effondre à l'issue du lent travail de sape de l'alternance jour-nuit, elle met à nu des zones plus riches en glace qui se vaporisent immédiatement, provoquant le sursaut. Même si aucun effondrement n'a été directement observé, tous les indices pointent vers ce scénario. Notons néanmoins que tous les sursauts ne sont pas forcément dus à des effondrements de falaise; d'autres causes restent possibles.

ACTIVITÉ

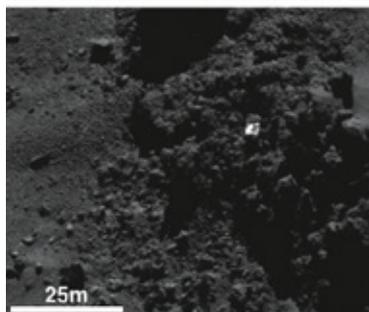
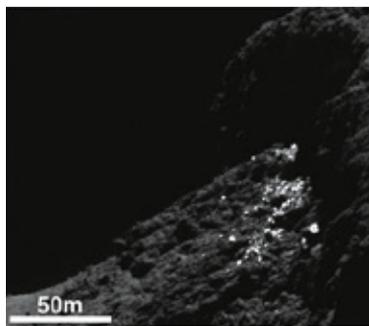
UN GRAND ÉVENTAIL DE JETS

L'activité de la comète se traduit essentiellement sous forme de jets. Ceux-ci sont généralement rectilignes et étroits mais pas toujours. Un travail de reconstitution 3D a permis de localiser la source des jets sur la comète. Ceux-ci proviennent de trous ou dépressions de forme circulaire. Ces trous sont abondants dans l'hémisphère Nord de la comète, où ils peuvent atteindre 100 m de diamètre et autant de profondeur. Mais sur une région particulière, appelée Imhotep, l'activité ne forme pas des trous mais des cercles qui s'étendent jour après jour pendant plusieurs semaines. Cette particularité est mal comprise. Elle est probablement liée à la nature du sous-sol de la région exceptionnellement plate d'Imhotep.



100 MÈTRES

Les jets provenant de la comète émanent de dépressions circulaires qui peuvent atteindre 100 m de diamètre et de profondeur.



ISOTOPE

LE CHOC DES GLAÇONS

Un autre indice d'une formation à très basse température des constituants de cette comète est la richesse de sa vapeur d'eau en deutérium, une variété d'hydrogène. La proportion en deutérium des molécules d'eau dans les glaces des comètes étant une fonction inverse de la température à laquelle ces corps se sont agglomérés, il est manifeste que Chury s'est constituée à partir de la condensation de grains à très basse température lors de la formation du Système solaire. Ces grains pouvant s'être formés dans le milieu interstellaire avant l'effondrement de la nébuleuse. Au final, Chury s'est avérée être la

comète la plus riche en deutérium jamais observée. Faut-il en déduire que l'eau présente sur Terre ne vient absolument pas des comètes ? Le raisonnement serait un peu trop simpliste. Si on connaît deux grandes familles de comètes aux richesses en deutérium bien distinctes, il apparaît en outre que les comètes d'une même famille peuvent contenir une proportion de deutérium très variable selon l'endroit exact de leur formation. Au final, l'eau dont nous bénéficions sur Terre est probablement un mélange de différentes sources, principalement astéroïdes et comètes mais sans doute des reliquats de l'eau primordiale que comportait la Terre à sa formation.



COMMUNAUTÉ

Tous les jours, sur les réseaux sociaux, le CNES discute avec vous. Vous nous faites part de vos réflexions ou questions. Rejoignez la conversation!;



@ NAJAT BELKACEM

Ministre de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche



Félicitations à tous les chercheurs @CNES @ESA_Rosetta pour cette extraordinaire réussite scientifique #Philae #PoseToiPhilae #Rosetta !



@ ZE_B__ÉA

Maman à temps plein, pianiste à mi-temps (Liszt rachmaninoff), photographe mais surtout Nutritionniste et surtout... Marseillaise!



@CNES #FF_Special_Philae qui se bat pour envoyer ses infos à Rosetta! Bravo la Team du CNES! Vous avez réalisé un rêve! #RepondsPhilae

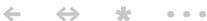


@ MYLLOU

Mes (re)tweets n'engagent que moi + toi + lui.



Bravo à @CNES @ESA_Rosetta @esaoperations et bien sûr @Philae2014! C'est juste passionnant, captivant, époustouflant, bluffant... #Philae



VINCENT DUPONT

📅 30 septembre 2016

Ça fait tout drôle après avoir suivi son évolution pendant des mois. Voilà que tout s'arrête... enfin pas complètement car on apprendra sûrement encore plein de choses grâce à tout ce que Rosetta a pu envoyer comme infos.

Bravo à tous ceux qui ont travaillé sur ce beau projet et qui l'ont ainsi partagé.



XAVIER BAR

📅 30 septembre 2016

Un seul mot... Bravo... quel exploit ... vous avez posé un grain de poussière sur un grain de sable au milieu de l'océan Pacifique...



SETIA BLISS

📅 30 septembre 2016

On imagine pas les années de travail derrière... Puis assister de la naissance à la mort. Qui n'est pas une fin, mais le début d'une nouvelle aventure. Bravo à tous.



VIDÉO



Un pas de géant
dans la connaissance
des comètes !



GRAND ORAL

JEAN-PIERRE BIBRING

ASTROPHYSICIEN ET RESPONSABLE
SCIENTIFIQUE DE PHILAE, Jean-Pierre Bibring
considère Rosetta comme un tournant dans la compréhension
des comètes, témoins de la genèse du Système solaire.
Sans omettre de souligner l'action déterminante
du CNES dans le succès de cette mission.



GRAND ORAL

À PRÉSENT QUE LA MISSION DU COUPLE ROSETTA-PHILAE EST ACHEVÉE, QUEL PREMIER BILAN TIREZ-VOUS ?

Jean-Pierre Bibring : Cette mission aura marqué une étape essentielle, non seulement dans l'exploration des comètes, mais aussi dans celle du Système solaire dans son ensemble. Entre ce que nous savions à la fin des années 1980 sur le Système solaire et ce que nous en connaissons aujourd'hui grâce aux résultats de l'exploration spatiale, il y a un monde ! Ce qui a été mis en évidence, c'est l'incroyable diversité des mondes planétaires et de leurs chemins d'évolution, pourtant issus de l'effondrement d'un même nuage primordial. Nous commençons seulement à mettre en évidence les raisons, et le couple Rosetta-Philae y contribue considérablement. Il témoigne de la dynamique d'évolution du jeune Système solaire, et de ce qu'étaient les ingrédients primordiaux ; avec en ligne de mire cette question lancinante de ce qui est responsable de l'émergence et de l'évolution du vivant.

LA MISSION A-T-ELLE VRAIMENT TENU SES PROMESSES DANS CE DOMAINE ?

J.-P. B. : Absolument. Elle modifie en profondeur notre vision de la nature des comètes et du rôle qu'ont pu jouer de tels objets. Or il n'était pas évident que Rosetta et Philae, conçus il y a plus de 25 ans, alors que des questions essentielles quant à l'évolution planétaire n'étaient pas même encore posées,

puissent contribuer à y répondre. Mais ils le font, et avec brio ! Un exemple : Rosetta et Philae montrent que les noyaux cométaires ne sont pas ces « boules de neige sale » que l'on décrivait auparavant. La structure de ces objets n'est pas faite de glace, mais essentiellement de matière organique, composée de grains moléculaires riches en carbone, hydrogène, oxygène et azote, piégeant grains de glace et minéraux, minoritaires. Ces grains organiques, jusqu'à plusieurs millimètres de dimension, sont ce qui domine sur les images prises par les caméras Civa de Philae, témoignage inouï du matériau d'origine.

QUE PEUT-ON EN DÉDUIRE ?

J.-P. B. : Un paradigme est en train d'être fondamentalement bousculé : le passage de l'inerte au vivant. Pendant très longtemps, l'apparition du vivant a été envisagée sous l'angle de la capacité à synthétiser des molécules spécifiques. Avec Rosetta, une perspective tout autre se profile : l'essentiel des ingrédients nécessaires au vivant aurait déjà été là, avant même que les planètes ne se forment ! Ils se seraient formés dans l'effondrement même du nuage, puis du disque protosolaire. Ces constituants ont été accrétés

dans les régions externes, très froides, du disque, dans des objets similaires à ceux de Chury. Ces molécules ne sont pas « vivantes » par elles-mêmes. Le vivant, ce serait plutôt le processus par lequel ces ingrédients, mis dans un environnement particulier, ont pu évoluer par des réactions chimiques auto-catalytiques, afin de fabriquer des membranes isolantes qui ont permis au « vivant » de perdurer.

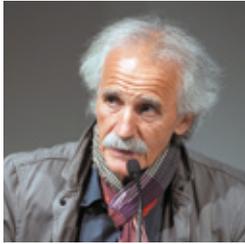
POURQUOI ÉTAIT-CE SI IMPORTANT DE SE POSER SUR LE NOYAU AVEC PHILAE ?

J.-P. B. : Le couple Rosetta-Philae a offert une vision renouvelée de ce que sont une comète, son activité, sa structure, ses propriétés, sa composition. Il y a de grandes différences entre les résultats acquis par Philae au contact de la comète et ceux enregistrés par Rosetta dans sa chevelure et à distance. Le fait que Philae ait rebondi, les caractéristiques du site où Philae s'est finalement arrêté, les mesures réalisées tout au long des opérations de Philae... révèlent des propriétés totalement inédites, et pour l'essentiel imprévues. Les rebonds de Philae traduisent l'existence, en surface, d'une croûte rigidifiée, qui contraste avec le matériau

« SANS LE CNES, ROSETTA ET PHILAE N'AURAIENT PU ATTEINDRE CE SUCCÈS QUI MARQUERA L'HISTOIRE DE L'EXPLORATION SPATIALE DU SYSTÈME SOLAIRE »



GRAND ORAL



JEAN-PIERRE BIBRING

ASTROPHYSICIEN ET RESPONSABLE
SCIENTIFIQUE DE PHILAE

« UN PARADIGME
EST EN TRAIN D'ÊTRE
FONDAMENTALEMENT
BOUSCULÉ : LE PASSAGE
DE L'INERTE AU
VIVANT »

sous-jacent poreux et fragile. Cette croûte semble résulter d'un effet de « frittage » purement thermique, qui pourrait avoir joué un rôle de bouclier protecteur, lorsque des objets similaires auraient frappé l'atmosphère de la Terre primitive, favorisant l'ensemencement des océans par les grains organiques cométaires. Les mesures de composition réalisées avec Philae révèlent des molécules en partie distinctes de celles mesurées dans la **coma**¹. Elles ont été effectuées à partir des grains présents dans le nuage de poussière soulevé par Philae lorsqu'il a touché le sol avant de rebondir. Ces grains sont venus en contact avec nos instruments, chauffés pendant les 7 heures de descente en chute libre, et ont relâché des molécules à des températures

beaucoup plus élevées que celles qui nourrissent la coma cométaire. Les mesures ont révélé des molécules complexes, très intéressantes. Pour le moment, conformément aux usages des publications scientifiques, seules 16 molécules ont été découvertes par Philae. Mais d'autres viendront par la suite dès que les résultats auront été vérifiés et confirmés, en particulier par des expériences de simulation au sol. Bien sûr, nous aurions souhaité redémarrer Philae pour porter les échantillons à 250 °C afin de compléter l'analyse. Cela nous invite à poursuivre les recherches et l'exploration...

JUSTEMENT, CETTE PROCHAINE FOIS, COMMENT L'IMAGINEZ-VOUS ?

J.-P. B. : Rapporter un échantillon de ce ciment organique cométaire sur Terre pour l'analyser de façon poussée avec les moyens de laboratoire serait le rêve ! D'ici là, il existe de nombreuses étapes plus accessibles, dont l'intérêt est immense. Il y a tout lieu de penser que le matériau organique présent sur les comètes l'est aussi en partie sur d'autres « petits corps », en particulier sur des astéroïdes qui ont peu évolué depuis leur formation. La mission japonaise Hayabusa 2 doit rapporter en 2021 des échantillons d'astéroïde « carboné », qui seront analysés *in situ* en 2018, grâce à l'atterrisseur Mascot développé avec le soutien du CNES, et à l'expérience Micromega de l'Institut d'astrophysique spatiale.

QUEL REGARD PORTEZ-VOUS SUR LE RÔLE JOUÉ PAR LE CNES AU COURS DE LA MISSION ?

J.-P. B. : L'aspect le plus visible de l'apport du CNES à Rosetta a été la coordination des opérations scientifiques et de navigation de Philae, qui s'est effectuée grâce au Sonc à Toulouse. Ce fut effectivement un élément essentiel du succès de Philae. Le rôle du CNES dans Rosetta va pour autant bien au-delà. Des équipes scientifiques françaises ont été omniprésentes, et c'est principalement au CNES que nous le devons, tant au plan technique que financier, en particulier lorsqu'il s'est agi de fabriquer instruments et systèmes. L'expertise du CNES a été déterminante. Sans lui, Rosetta et Philae n'auraient pu atteindre ce succès qui marquera l'histoire de l'exploration spatiale du Système solaire.

1. Coma : Chevelure de la comète. En s'approchant du Soleil, le noyau s'entoure d'une sorte d'atmosphère constituée de gaz et de poussières, appelée chevelure (coma), souvent prolongée de deux traînées lumineuses, les queues longues de plusieurs millions de kilomètres.

Profil

1978

Docteurat en astrophysique
obtenu à l'université Paris-Sud

2003

Responsable de l'instrument
Omega sur Mars Express,

2015

Membre correspondant de
l'Académie de l'air et de l'espace.



EN IMAGES

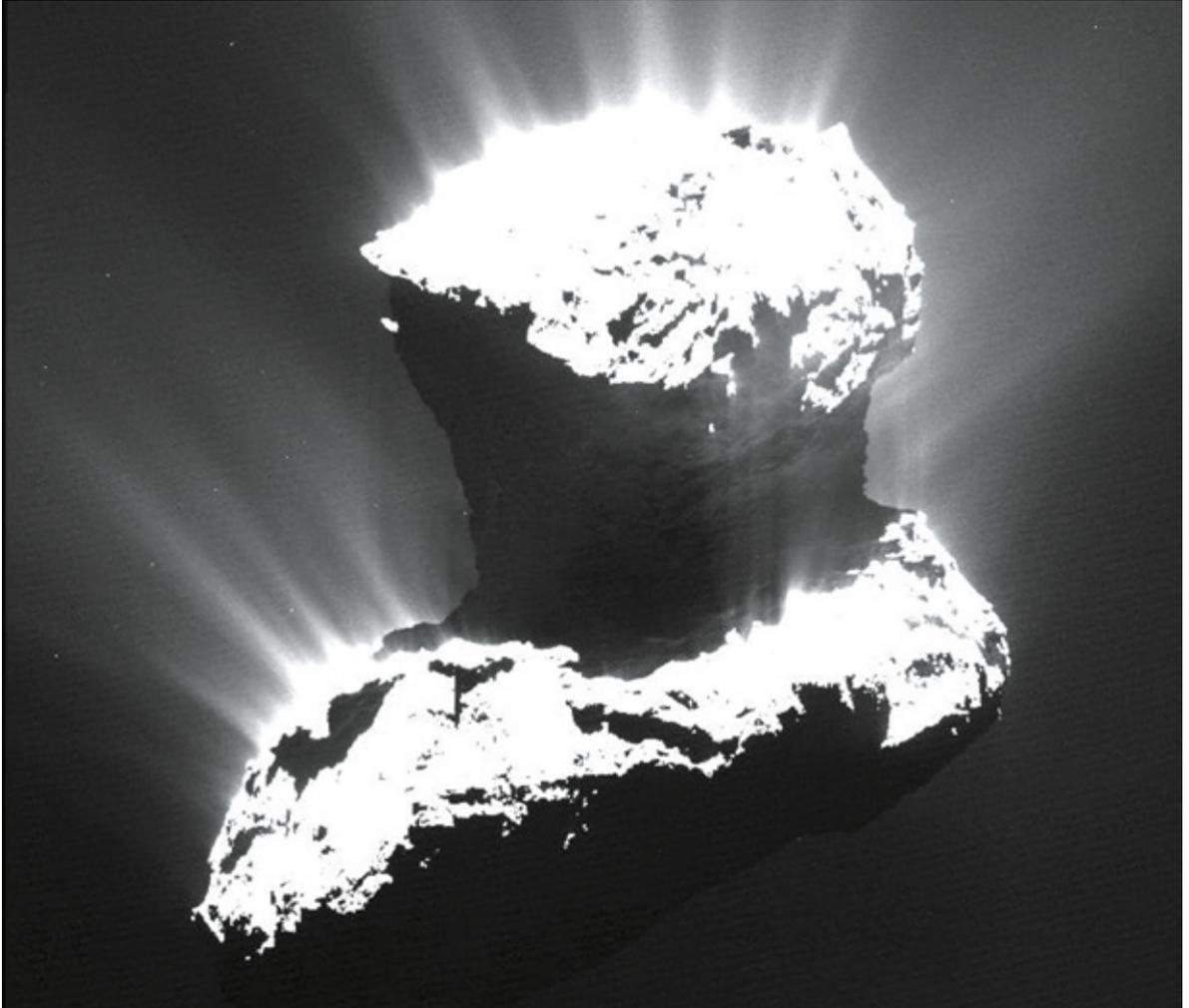


FRACTURES HISTORIQUES

Les caméras panoramiques de Philae ont fourni le premier et unique paysage pris depuis la surface d'une comète. Du jamais vu ! Cette image provient des caméras Civa de l'Institut d'astrophysique spatiale. On voit clairement un des pieds de Philae au contact du sol. Il ne révèle aucun dégât malgré les rebonds violents qu'a subis Philae à son atterrissage ; l'antenne du radar Consert est parfaitement déployée. La scène vue ci-dessus se situe à 1 ou 2 mètres des caméras. Le matériau cométaire riche en carbone est fracturé jusqu'à l'échelle du centimètre.



EN IMAGES



TRAÎNÉES DE POUSSIÈRE

En avril 2015, la comète est encore à 270 millions de kilomètres du Soleil¹, soit à 4 mois du point le plus proche du Soleil. Son activité est déjà très intense : elle produit environ 5 000 tonnes d'eau par jour. Cette activité se traduit par un très grand nombre de jets de gaz et de poussières visibles sur l'image prise par Rosetta. La vitesse d'échappement des gaz peut atteindre 2 000 km/h ; les poussières, elles, sont éjectées à très faible vitesse, entraînées par le flux de gaz. Le gaz est invisible mais les poussières diffusent la lumière, ce qui rend les jets visibles sur l'image.

1. Environ 1,8 unité astronomique du Soleil



EN CHIFFRES

INFOG



L'infographie complète

25 000



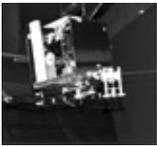
Rosetta voyageait à plus de 800 millions de km du Soleil. Pour compenser le faible éclairage, sa « voile » comportait des panneaux solaires de 32 m de long pour une surface totale de 64 m². Ils étaient composés de pas moins de 25 000 cellules photovoltaïques en silicium.

Assistance gravitationnelle

AUCUN LANCEUR N'AURAIT PU DONNER UNE VITESSE INITIALE SUFFISANTE À ROSETTA POUR ATTEINDRE SON BUT.

Dans ce voyage de 10 ans, la sonde partait avec un handicap sérieux : l'énergie. Elle a donc dû bénéficier de l'assistance gravitationnelle en frôlant trois fois la Terre, une fois Mars. Rosetta s'est ensuite « endormie » pendant 31 mois, coupant toutes communications avec la Terre. Durant ce trajet, elle a survolé également deux astéroïdes.

PHILEA VS PHILAE



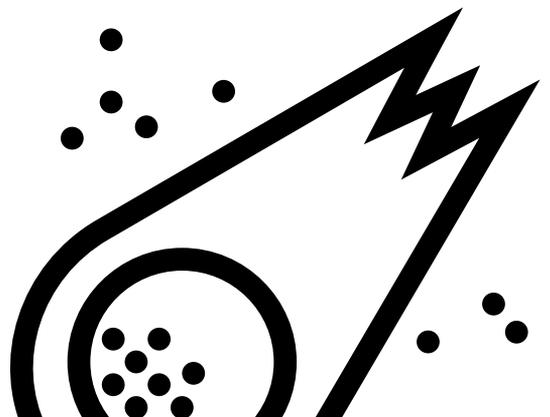
On le sait moins, mais Philae a un double : Philea. Un autre robot? Oui, mais surtout un sujet d'études. En 2013 et 2014, des étudiants de BTS et bac pro d'une quinzaine d'établissements français ont réalisé la réplique de Philae! Malicieusement baptisée Philea, la copie conforme a fait l'objet d'un travail collaboratif qui regroupait les académies de Créteil, Versailles, Paris et Limoges ainsi que le CNES, qui a assuré le financement de ce projet et rédigé le cahier des charges. Livrée le 6 novembre 2014 au Musée de l'air et de l'espace, la réplique à l'échelle 1 de Philae a bénéficié des dernières technologies, plus innovantes et plus performantes que celles de l'original conçues il y a 20 ans.

1 GRAMME

POIDS LÉGER SUR TERRE
où il ne pèse que 100 kg, Philae devient poids plume sur la comète où il ne pèse que 1 gramme, du fait de la très faible gravité locale !

14/10/2016

La mission Rosetta s'est éteinte avec l'atterrissage de la sonde Rosetta. Klim Churyumov ne lui a pas survécu. L'astrophysicien ukrainien est décédé le 14 octobre 2016. En 1969, avec l'astronome Svetlana Gerasimenko, il avait découvert la comète 67P à laquelle ils avaient donné leur nom. Le 12 novembre 2014, Klim Churyumov avait assisté à l'atterrissage de Philae sur « sa » comète depuis le centre européen des opérations spatiales à Darmstadt (Allemagne).





LE CNES EN ACTIONS



ROSETTA

UNE MISSION HORS NORME

PENDANT DOUZE ANS, LA MISSION ROSETTA A TENU EN
HALEINE LA COMMUNAUTÉ SCIENTIFIQUE INTERNATIONALE.
MAIS L'AVENTURE NE S'EST PAS ACHEVÉE AVEC
L'ATERRISSAGE DE PHILAE. ACTEUR ESSENTIEL DE LA
MISSION AUX CÔTÉS DE L'ESA, LE CNES CONTRIBUE AUJOURD'HUI
À L'EXPLOITATION DES DONNÉES ENREGISTRÉES. DE
NOUVEAUX HORIZONS S'OUVRENT DÉSORMAIS SUR LA
COMPRÉHENSION DE LA NAISSANCE DU SYSTÈME SOLAIRE.



LE CNES EN ACTIONS

Dans la nuit du 13 au 14 mars 1986, le survol réussi par la sonde Giotto de la comète de Halley a enflammé la communauté scientifique internationale. Lancé par l'ESA, Giotto a laissé bien plus qu'une photo symbolique; elle a donné des clés de lecture sur la formation du Système solaire. Mais Giotto n'a pas tout dit.

DÉCISION COURAGEUSE

Dès 1987, l'ESA écrit avec la NASA le scénario d'une nouvelle mission cométaire CNSR (Comet Nucleus Sample Return). Le projet n'est plus de frôler une comète, mais bien de se poser sur son noyau pour en rapporter des échantillons. Une mission très ambitieuse. CNSR ne verra pas le jour : en 1993, la NASA déplace ses centres d'intérêt et renonce à cette mission. Le comité européen des programmes scientifiques¹, lui, persiste et signe pour la mission Rosetta, sélectionnée en 1994 comme



50
entreprises
de 14 pays
européens mais
aussi des États-
Unis, de Norvège, de
Suisse, d'Australie
et du Canada ont
participé au
programme Rosetta
dont une dizaine
d'entreprises
françaises.

3^e pierre angulaire du programme « Horizon 2000 » de l'ESA. Rosetta prévoit d'embarquer deux petits atterrisseurs : Roland, à longue durée de vie et réalisé par l'agence spatiale allemande (DLR), et Champollion à courte durée de vie, fruit d'une coopération franco-américaine avec le JPL. Dix ans après Giotto, en 1996, Rosetta est sur la bonne trajectoire... ou presque! Le 20 septembre 1996, confrontée à des choix budgétaires, la NASA renonce définitivement à sa participation à Champollion au profit d'une autre mission cométaire, DS4-Champollion. Pendant trois ans, le CNES participe à ce nouveau projet. Mais en 1999, la mission DS4 est elle aussi abandonnée. L'Agence spatiale européenne prend alors une décision courageuse : elle invite Français et Allemands à s'unir pour la réalisation d'un gros atterrisseur de 100 kg. Après refonte, Roland sera rebaptisé Philae. Pour conduire le projet, un consortium voit le jour autour de 8 pays et leur agence spatiale et d'une dizaine d'instituts de recherche.

PLONGÉE DANS L'INCONNU

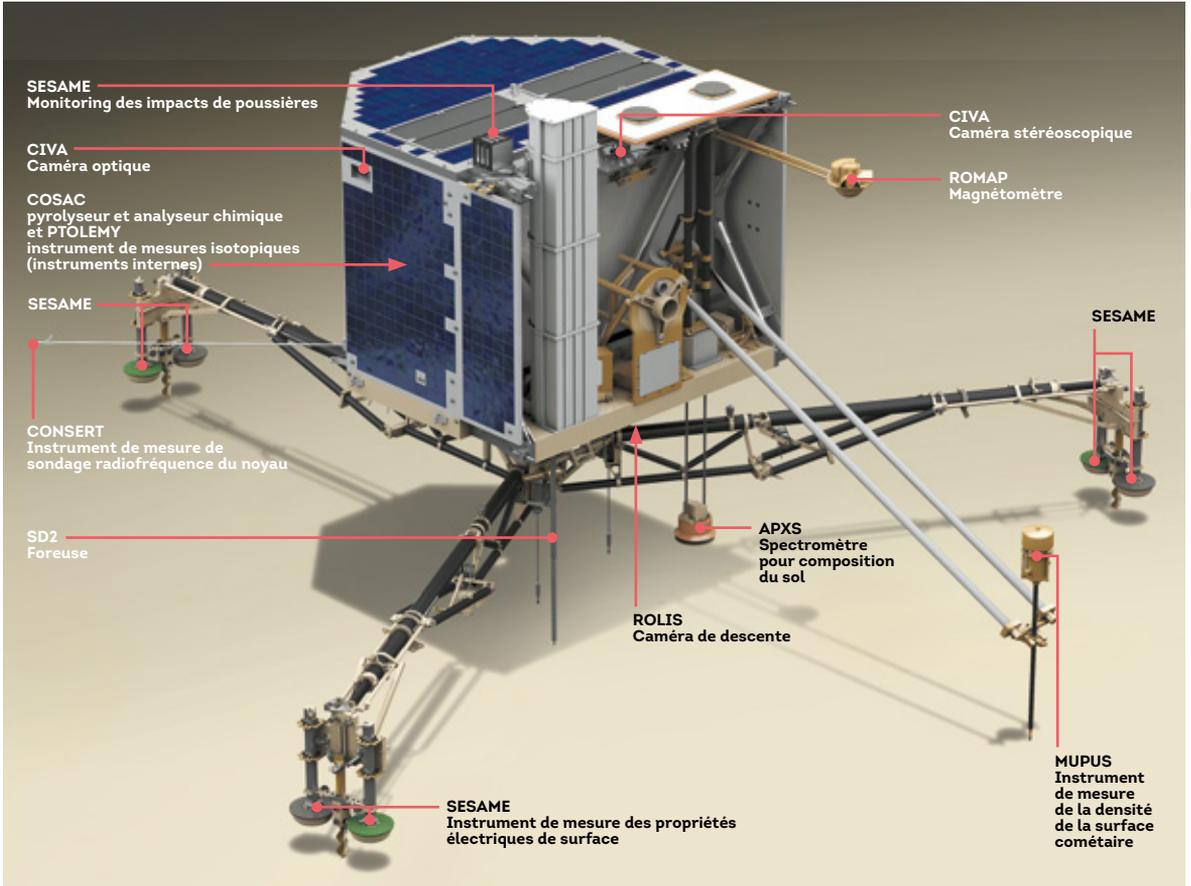
Le profil autant que la complexité technologique de la mission vont justifier une longue période de recherche et développement. Rosetta et Philae totaliseront 21 instruments. Les charges utiles seront fournies par les pays membres. Le DLR assurera le management général de Philae et développera à Cologne le LCC (Lander Control Centre), son centre de contrôle. L'industrie allemande aura également un rôle majeur en assurant la construction de l'orbiteur. Le CNES jouera un rôle clé dans la conception de Philae, qu'il doit « chaperonner » tout au long de sa descente vers la comète. Le Sonc (Science Operations & Navigation Centre), créé pour coordonner les opérations de l'atterrisseur, va mobiliser à Toulouse une équipe du CNES pendant toute l'aventure. Parée pour le départ en 2003, Rosetta va connaître un ultime rebondissement : une défaillance du lanceur peu de temps avant le lancement de 2003 interdit tout lancement d'Ariane 5 pendant un an. Définie comme la plus opportune, la comète Wirtanen devient hors d'atteinte. Cette destination est abandon-



Intégration de la sonde Rosetta et de l'atterrisseur Philae au Centre spatial guyanais, avant leur lancement par le lanceur Ariane 5 le 2 mars 2004 (vol 158).



LE CNES EN ACTIONS



Le « qui fait quoi » des instruments de Philae qui, une fois replié, mesure 1m³.

née au profit de 67P/Churyumov-Gerasimenko. Une plongée dans l'inconnu.

MISSION RÉUSSIE

Le 2 mars 2004, à 7h27, Rosetta décolle enfin. Elle va éclairer la science (cf. rubrique L'essentiel p. 7-11). Le 30 septembre 2016, son « baiser de la mort » avec Chury est un *happy end*. « Nous ne pouvions pas rêver d'une mission plus réussie », déclare Jean-Pierre Bibring, responsable scientifique de Philae. Sans retour pour la sonde, cet atterrissage choisi n'est pas sans retour pour la science ; prometteuses, les données enregistrées représentent de longues années d'exploitation. Et comme on attend toujours plus de la science, toutes les atten-

tions se portent aujourd'hui sur Mascot (cf. Grand Oral p.13-15). Ce petit atterrisseur, développé par le DLR en collaboration avec le CNES, se trouve à bord de la sonde japonaise Hayabusa 2, lancée en décembre 2014. Mascot devrait être largué en octobre 2018 à la surface de Ryugu... Une comète? Non, un astéroïde. Les corps célestes de petite taille n'ayant pas subi de transformation majeure depuis leur formation, les analyses minéralogiques *in situ* ou sur les échantillons rapportés sur Terre devraient également livrer de nouvelles clés de compréhension du Système solaire dans son état primitif.

VIDÉO



Rosetta, une odyssee spatiale de plus de 12 ans

1. Esa Science Programme Committee



LE CNES EN ACTIONS



12 novembre 2014, l'équipe du Sonc en attente du signal de Philae pour confirmer son atterrissage.

PRÉPARATION DES OPERATIONS À FLUX TENDU ET SANS FILET

Jamais aucune agence spatiale ne s'était aventurée à poser une sonde sur un noyau cométaire actif. L'Europe l'a fait. Pour l'accompagner, le CNES a fourni expertise et moyens humains nécessaires pour suivre Philae pas à pas et alimenter la communauté scientifique.

VIDÉO



Au cœur
du centre
d'opérations
du CNES
de Toulouse



Rosetta a fait rêver la France! Et pour cause, si la mission est européenne, Philae, le petit robot, dispose d'une forte attache avec la France via le CNES. Pionnier dans l'exploration cométaire, Philae est devenu « le robot préféré des Français ». Jamais une mission spatiale hautement scientifique n'avait provoqué un tel engouement. Au CNES, l'équipe du Sonc s'en est réjouie sans confondre science et science-fiction! « Si nous avons contribué à cette médiatisation en créant des liens avec le public, tant mieux. Mais le sort de Philae nous préoccupait surtout à l'aune des activités techniques et scientifiques. Il y avait beaucoup d'inconnues et de risques dans cette mission », explique, pragmatique, Philippe Gaudon, à l'époque responsable du Sonc, le centre de mission créé par le CNES pour Philae.

FORCES VIVES

L'agence spatiale française a fourni des composants essentiels, dont la partie Énergie



LE CNES EN ACTIONS

(cf. Matière p. 27) et la partie Communication (cf. Transfert p. 36). Le Sonc, lui, était responsable des opérations des dix instruments scientifiques. Il devait aussi définir le site d'atterrissage le plus opportun et les études de trajectoires qui vont avec. Ce programme a mobilisé un noyau dur d'une dizaine de personnes au lancement et pendant la phase « de croisière ». Mais en interne, le CNES a mis à disposition d'autres forces vives : ingénierie électrique, antennes, mécanique spatiale, traitement des données, informatique, opérations, etc. Et en 2014, année cruciale, le « noyau dur » s'est élargi à une quarantaine de personnes dans les moments décisifs comme l'approche de Chury, l'atterrissage de Philae et les opérations cométaires.

« L'activité opérationnelle du Sonc n'était que la partie visible de l'iceberg », précise Philippe Gaudon. La partie moins visible, c'est tout le travail de développement réalisé à chaque phase tout au long des vingt ans qu'a duré le programme. Depuis la conception de Philae dès 1997 jusqu'aux opérations après lancement, le CNES s'est fortement impliqué... mais pas seul. Sur ce programme d'exception, il a su fédérer et fidéliser des PME et de très nombreux laboratoires, français ou européens. Ils sont tous partie prenante de cette réussite. Sous responsabilité de l'Institut d'astrophysique spatiale et de l'Institut de planétologie et d'astrophysique de Grenoble, les instruments Civa (imagerie du site d'atterrissage et analyse des échantillons) et Consert (sondage du noyau de la comète), sont des exemples de cette collaboration fructueuse.

FAIRE PLUS AVEC PEU

Au-delà de la mission scientifique, le Sonc a été confronté à plusieurs défis technologiques. Orbitateur et atterrisseur ont été conçus dans les années 1990. Les technologies utilisées étaient alors innovantes. Dix ans après, en opérations, elles flirtaient avec leurs limites : Philae péchait par son manque de mémoire et sa faible disponibilité en énergie (cf. Instants T p. 28-29) ! Le Sonc a inventé des stratégies d'adaptation pour faire plus avec peu. L'outil de planification (Most) est de celles-là.

35 000

km/h

C'est la vitesse de croisière moyenne de Rosetta pendant la phase d'hibernation. Le mode « Barbecue » enclenché, elle a pu stabiliser sa température malgré la distance du Soleil. Quand l'horloge a sonné l'heure du réveil, la sonde a pointé son antenne vers la Terre pour envoyer un « Salut le monde ! » en guise de « OK ».

Il l'a fait dans un dialogue permanent avec son homologue allemand, le LCC. Philae et sa plateforme n'allaient pas l'un sans l'autre. Le LCC avait la charge de la plateforme et de l'envoi des télécommandes au robot. Chronophage, parfois pénalisante dans les prises de décision, cette interface interdépendante était une autre contrainte. Elle était vitale pour le bon pilotage des opérations scientifiques, objectif premier de la mission.

Il aura surtout fallu « parer à toutes les éventualités ». La mission Philae était intense mais condensée dans le temps. Ultime contrainte, la réussite à tout prix : le programme Philae n'intégrait pas la fonction « replay » ! Ici, pas de seconde chance. Du début à la fin, jusqu'après l'atterrissage de Philae, toutes les opérations se sont jouées en « one-shot » ! Une situation inconfortable, compensée par une surenchère de prévision et de planification : le Sonc a tout imaginé, les pires cas dégradés, les pannes les plus improbables... et cherché les meilleures contre-mesures ! À flux tendu et sans filet, il a vécu des heures stressantes mais fantastiques.

 **PLUS D'INFOS :** CNES.FR/CNESMAG71-ROSETTA-SONC



A 15h34 (TUC) - Le tout premier cliché de Philae lors de sa séparation de Rosetta.



LE CNES EN ACTIONS

ATTERRISSAGE QUITTE OU DOUBLE

Rosetta aura été « une mission d'audace et de courage » et l'atterrissage de Philae sur Chury un exploit. Le CNES a réaffirmé son expertise dans le domaine de la mécanique spatiale.

Longtemps il a fallu prévoir sans savoir. Poser Philae sur Chury relevait littéralement du plan sur la comète. « Se poser sur une planète dont on connaît la masse et la densité, on sait faire, fait remarquer Philippe Gaudon. Mais que savait-on de 67 P/Churyumov-Gerasimenko, de sa densité, de sa forme, de sa masse ou de sa composition ? Nous avons juste une idée approximative du diamètre, environ 4 km, et de sa fréquence de rotation, environ 12 heures. » D'où un intérêt scientifique prégnant qui aura primé tout au long de la mission.

PRÉPARER LA DESCENTE

C'est en 2014 seulement que la situation s'est éclaircie. Lové contre la sonde Rosetta pendant dix ans, Philae n'a pas fait un voyage de tout repos dans le Système solaire interne. Il a connu trois phases d'assistance gravitationnelle et une mise en sommeil de 31 mois. Le 21 janvier, le réveil a sonné : Rosetta est sortie la première de son hibernation. Les 11 expériences embarquées chargées de caractériser Chury fonctionnaient parfaitement. Le 28 mars, Philae a été réveillé et testé à son tour. Puis le 6 août, après des manœuvres délicates conduites par l'ESA, Rosetta s'est trouvée en zone d'influence de la comète. Les mesures scientifiques de Rosetta ont été communiquées à différents laboratoires. Leurs experts ont commencé à construire

des modèles de forme et cinématique, de composition, de température, de dégazage et de gravité qu'ils ont livrés au Sonc. Restait alors seulement trois mois pour exploiter ces données, affiner les résultats et faire le choix d'un site que Philae rejoindrait le 12 novembre.

AGILKIA, LE CHOIX DU COMPROMIS

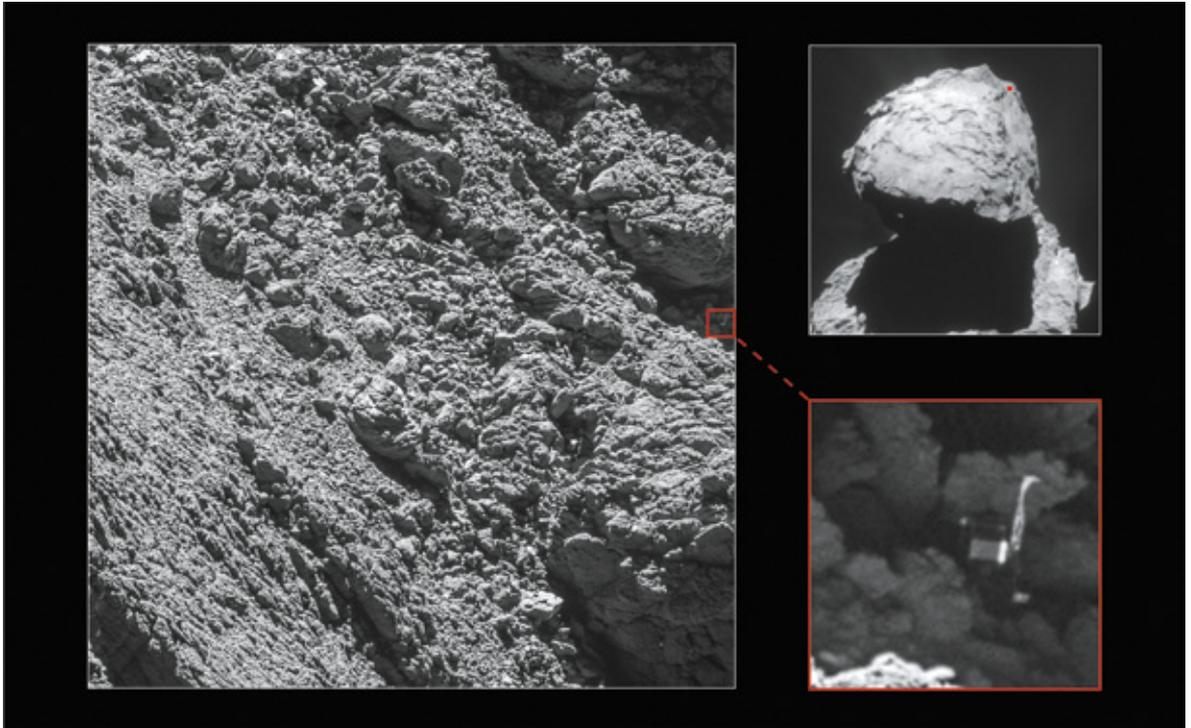
Le site final retenu pour poser Philae a fait l'objet d'un consensus entre les souhaits parfois divergents des équipes scientifiques, les contraintes opérationnelles et la sécurité de Rosetta sur laquelle veillait l'ESOC, le centre européen des opérations spatiales. En trois mois et demi, les modèles ont été précisés et complétés par de nouvelles données. Pendant la phase d'approche, la sélection est passée de dix sites potentiels, à cinq possibles puis enfin à deux. Pendant cette période, la « mécanique spatiale » du Sonc a calculé des millions de trajectoires de descente pour déterminer les zones accessibles. Elle a produit quantité de statistiques sur les ellipses d'incertitude à l'atterrissage et



12 novembre 2014 - Une journée intense au Sonc qui se termine par l'explosion de joie des équipes.



LE CNES EN ACTIONS



2 septembre 2016 - Après une quête de plusieurs mois, Philae est localisé à la surface de la comète par la caméra Osiris de Rosetta. Il a été repéré couché sur une image prise à seulement 2,7 km du noyau cométaire (en bas à droite). C'est exactement à l'endroit prédit par les calculs des ingénieurs en mécanique spatiale du CNES.

sur le risque de tomber ou non sur un rocher. Le choix du site Agilkia résulte du compromis entre la durée de descente de Philae, la sécurité de l'atterrissage, l'ensoleillement et l'intérêt scientifique. Cette option et son back-up ont été actés par l'ESA.

UN SONC SOUS HAUTE TENSION

Le 12 novembre, les équipes toulousaines ont vécu entre espoir et angoisse la descente de Philae jusqu'au signal libérateur. Le public restera marqué à jamais par l'atterrissage de ce petit robot sur une comète. Les rebonds malencontreux à l'arrivée ne doivent pas occulter le parfait déroulement de la séquence scientifique programmée au Sonc. Les mesures effectuées se sont révélées pleines d'intérêt pour les scientifiques. La *first science sequence*¹ minutieusement élaborée

8000

Le nom du site

d'atterrissage a été choisi sur concours. L'Agence spatiale européenne a reçu plus de 8 000 propositions de noms du monde entier. Présélectionné par le CNES, le nom d'Agilkia a été proposé plus de 150 fois et au final retenu.

par les équipes opérationnelles s'est déroulée quasi nominalement après l'arrêt de Philae dans sa course. Durant ces quelques jours, le Sonc et tous les acteurs impliqués ont fait preuve d'une exceptionnelle réactivité. Tous les moyens possibles (analyse des mesures du magnétisme par Romap, mesure de distance au sol de l'expérience Consert, des communications orbiter/lander, des images Civa et Rolis, etc.) ont été mobilisés. Guidées par la position et l'orientation supposées de Philae, les opérations scientifiques ont pu être aménagées au mieux. Au final, tous les instruments ont été activés et ont fonctionné. Un seul regret : la foreuse s'est déployée... mais dans le vide!

1. Première séquence scientifique



LE CNES EN ACTIONS

DES DONNÉES POUR LA SCIENCE

Traitées à chaud, les données de Philae ont orienté les activités des scientifiques. À long terme, elles seront préservées, au bénéfice de la science. Deux temps, deux méthodes.

Les équipes au sol avaient un besoin immédiat des mesures produites par les instruments pour optimiser les activités sur la comète (orienter les panneaux solaires, déployer les bras, etc.). C'était le rôle du Sonc de récupérer les données en provenance de Philae, collectées par les stations-sol et par l'ESA. Immédiatement traitées et datées, elles devenaient alors intelligibles, exploitables et, via un serveur Web, mises à disposition des équipes scientifiques et opérationnelles réparties sur Toulouse, Cologne et Darmstadt.

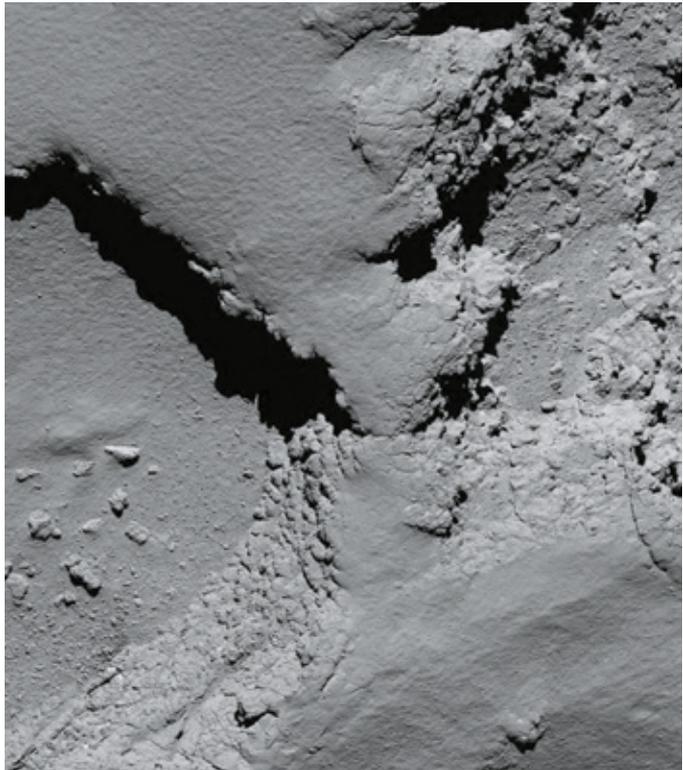
CONTRAT « ZÉRO PANNE »

Une anomalie dans le million de lignes de code, un réseau qui s'engorge, un serveur qui fait défaut et une partie de la mission scientifique aurait été définitivement perdue. Le Sonc, conscient de cet immense enjeu, a testé cette chaîne pendant des années. Un contrat de service « zéro panne » draconien avait été passé avec le centre de calcul. À 3 km de la comète, Philae a envoyé la première image. Quand, traitée, elle est apparue sur les écrans, le Sonc n'était plus qu'un cri de joie : la chaîne fonctionnait 5/5 ! Et elle a continué tout au long de la mission.

AUTRES TEMPS, AUTRES ENJEUX

Les données traitées par Rosetta auront une nouvelle vie. Elles sont restées la propriété des scientifiques pendant six mois puis sont devenues publiques, comme l'ont demandé les accords internationaux. Ces données

seront conservées au Planetary Science Archive (PSA) de l'ESA, aux standards Planetary Data System (PDS) de la NASA. Elles seront accompagnées de toute la mémoire de la mission, des instruments, de l'environnement des mesures et des traitements. Au niveau national, certaines seront reprises par le Centre de données sur la physique des plasmas. Ces mémoires sont précieuses pour les scientifiques de la mission, mais surtout, « c'est un patrimoine qu'il faut laisser aux futurs chercheurs, pour en préparer de nouvelles ou pouvoir un jour réinterpréter ces données à la lumière de nouvelles théories », rappelle Joëlle Durand, responsable actuelle du projet Rosetta au CNES.



Quelques instants avant sa fin de vie, la sonde Rosetta a pris cette image à 5,8 km de son point d'impact. Le signal a cessé de parvenir sur Terre le 30 septembre 2016 à 13h21.



Le maximum
d'énergie dans une
boîte à chaussures

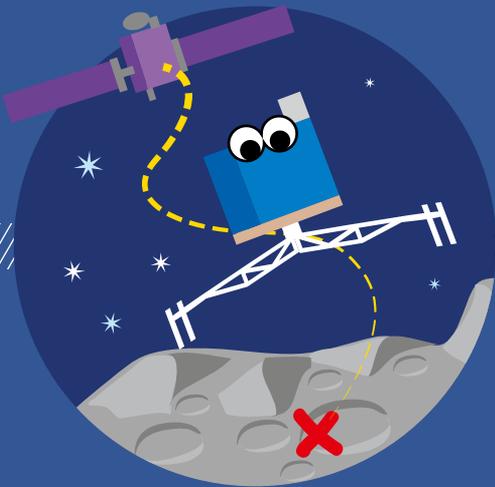
CHARGEUR SOLAIRE

LES 1350 WATTS/HEURE DE SA PILE PRIMAIRE AU LITHIUM couvraient juste les 60 premières heures d'investigation de Philae. Le CNES a donc conçu une batterie secondaire, rechargeable grâce aux panneaux solaires du robot, pour prendre le relais une fois la pile primaire épuisée. Composée de deux packs de 14 cellules électrochimiques chacun, rechargeable tous les deux jours, la pile secondaire apportait un potentiel de 100 watts/h supplémentaires. Testée pendant la phase de vol, elle a prouvé son bon fonctionnement et l'intérêt des cellules rechargeables sur panneaux solaires. Cette batterie a depuis été adoptée sur plusieurs satellites dont Demeter et Pléiades. Répondant parfaitement en termes d'énergie, d'encombrement, de masse et de tenue en vieillissement aux exigences de ces programmes, elle équipera également de futures missions comme Taranis en 2018.

 PLUS D'INFOS : CNES.FR/CNESMAG71-ROSETTA-20ANS



INSTANTS T



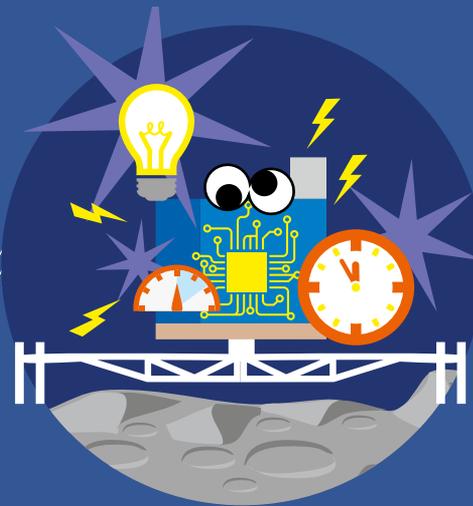
ATTERRISSAGE LA TERRE

RETIENT SON SOUFFLE

Ici Philae, allô la Terre... les communications de Philae avec le sol passaient toujours par Rosetta. Le 12 novembre 2014 à 9h35 (heure de Paris), Philae est éjecté; le contact est temporairement coupé. Pendant 7 heures et 20 kilomètres de chute libre, le silence s'installe. Angoissant ? Interminable.

La communauté scientifique et les équipes opérationnelles retiennent leur souffle.

À 16h34 (heure de Paris), Philae signale qu'il est bien arrivé. À Darmstadt, l'ESOC confirme la bonne nouvelle. Philae a suivi la trajectoire nominale et s'est bien posé à une vitesse d'environ 1 mètre/seconde à 118 m de l'endroit prévu. Historique !



BATTERIE

OPTIMISER

L'ÉNERGIE DISPONIBLE

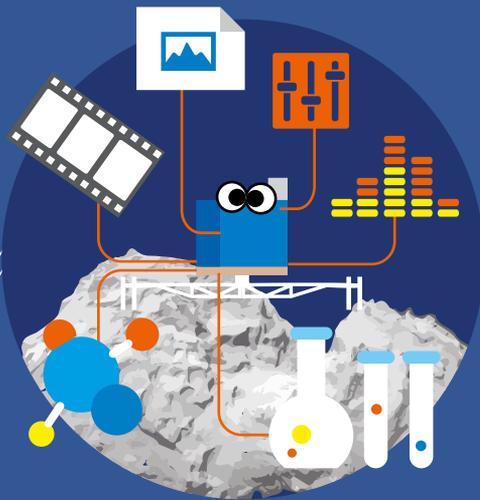
Philae disposait de 1350 watts/heure, juste de quoi alimenter une ampoule de 100 watts pendant 13h30 ! Pas assez, donc, pour faire fonctionner une plateforme, ses équipements électroniques et ses mémoires, son transpondeur ainsi que dix instruments. Face à ces contraintes, le Sonc a dû arbitrer : activités des instruments, acquisition des données, transport vers le logiciel central, vidage des mémoires vers Rosetta.... Il a utilisé Most (Mission Operations Scheduling Tool), un logiciel de planification des opérations sous contrainte. Enrichi d'algorithmes très pointus, il a pris en compte plus d'un millier de contraintes.



INSTANTS T

« TOUCHDOWN! MA NOUVELLE ADRESSE : 67P ». PAR CE TWEET, PHILAE ANNONÇAIT À SES FOLLOWERS SON ARRIVÉE SUR CHURY. COINCÉ DANS UNE CAVITÉ PEU ÉCLAIRÉE DANS LA RÉGION ACCIDENTÉE D'ABYDOS, LE ROBOT S'EST MALGRÉ TOUT ACTIVÉ PENDANT 2 JOURS ET UNE NUIT. MAIS QU'A-T-IL FAIT PENDANT CES 60 HEURES ?

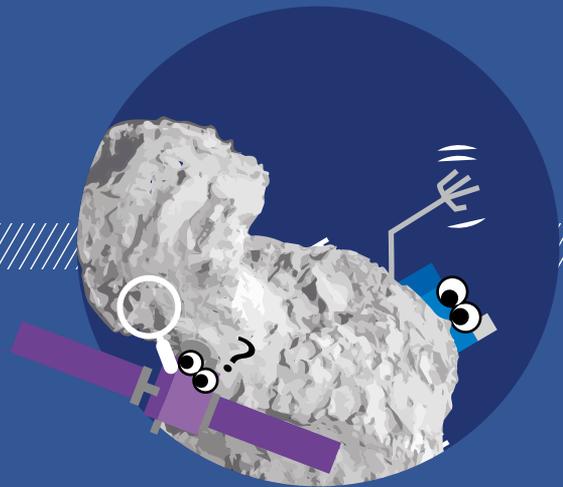
1. Atterrissage



STOCKAGE DES DONNÉES PALLIER

LE MANQUE DE MÉMOIRE

*Grand destin, mais petite mémoire !
Philae ne disposait que de 32 Méga-octets de capacité de stockage des données avant de les transférer à Rosetta. Le Sonc a pris le relais. Les activités ont débuté avant la séparation de Philae et Rosetta. Elles se sont poursuivies tout au long de la descente. Civa et Rolis, les caméras, ont engrangé des images de Rosetta et de la surface de Chury. Philae enregistrait de nouvelles données : champ magnétique, direction de vent solaire, distance Rosetta-Philae, reniflages de gaz et de poussières pendant les rebonds... L'exploitation s'est poursuivie bien au-delà des 60 heures.*



IMPRÉVU RETROUVER PHILAE

Cherche robot désespérément ! Philae a évité le pire, la chute dans le vide. Avec ses deux rebonds inattendus, Philae a disparu des écrans. Sa recherche a duré deux ans. Le Sonc a très tôt disposé d'indices sérieux fournis par les instruments. Il a consolidé ces pistes, étudié la compatibilité des positions avec les conditions d'éclairage, défini l'orientation à partir d'images de l'environnement. De ces calculs théoriques il a déduit la situation de Philae. La caméra Osiris-Nac de Rosetta l'a confirmée le 2 septembre 2016 en photographiant Philae dans une cavité. Ce cliché va remettre dans leur environnement véritable les données acquises pendant 60 heures. Ouf!



RENCONTRES

FATIMA HAMANI

Coordinatrice du projet de maquette Philea.

« Quand Rosetta s'est éteinte,
les yeux des élèves pétillaient toujours. »



« Tous les lycéens qui ont travaillé sur le projet Philea ont poursuivi leurs études en école d'ingénieurs. Tous ont décroché un stage en entreprise. »

Fatima Hamani, aujourd'hui chef d'établissement adjoint au collège Jean-Perin, à Paris, ne cache pas sa satisfaction.

En 2013-2014, elle était l'un des quatre coordinateurs du projet interacadémique inspiré par la mission Rosetta.

Le projet Philea, proposé par le CNES, consistait à fabriquer, instruments compris, une maquette à l'échelle 1 de Philae. Le 12 novembre 2014, Rosetta larguait Philae sur la comète. Au même moment, au Musée de l'air et de l'espace du Bourget, enseignants et lycéens larguaient Philea du haut d'un treuil, sur un sol de comète reconstitué. **« Tout a fonc-**

tionné, sauf deux choses : les harpons et l'ADS¹, comme sur le véritable robot! » s'exclame Fatima.

Pour les élèves, le travail par projet donne un sens à l'apprentissage, mais c'est une mise en danger pour les enseignants. Ils doivent pouvoir dire "Je ne sais pas".

Et toute la relation enseignant-élève bascule. Une dynamique se crée, les élèves prennent des initiatives, s'écoutent, s'entraident, découvrent l'intérêt du travail collectif. Au final, c'est une aventure humaine inoubliable. Rosetta a fasciné tout l'établissement. »

Trois ans après, la passion pour Philea est intacte. « Quand on a retrouvé le robot sur la comète, quand Rosetta s'est éteinte, les yeux des élèves pétillaient toujours ». Mais d'où la toute jeune chef

d'établissement tire-t-elle son énergie ?

« Je suis un vrai produit de l'école de la République et ce que j'ai reçu, je veux le transmettre. » **Donner de l'ambition aux filles et soutenir les filières technologiques sont deux de ses grandes motivations professionnelles.** « Les filières technologiques jouent un rôle d'ascenseur social capital. Bien des lycéens s'épanouiront davantage dans des filières STIDD² que dans un bac S moyen », explique l'enseignante. Fatima Hamani a deux passions : sa famille et son travail. Cerise sur le gâteau, son fils, actuellement en classe de première, prépare un TPE... sur Rosetta.

1. Active Descent System (système de propulsion)

2. Sciences et technologies industrielles et du développement durable



RENCONTRES

PHILIPPE GAUDON

Chef de projet de la mission Rosetta au CNES.

« J'ai conscience de la chance qui a été la nôtre :
cette aventure était historique. »



La mission Rosetta, Philippe Gaudon l'a vécue de l'intérieur. Depuis 2004, à la tête de son équipe au Sonc, il a connu temps forts, adrénaline, inquiétude mais jamais de lassitude. « Il n'y a jamais eu de routine. La mission était complexe et ses objectifs, inconnus. En dix ans, la cote d'enthousiasme n'a jamais faibli. D'ailleurs, peu de gens ont quitté le projet avant la fin de l'aventure », note-t-il. Faire évoluer le Sonc, trouver la meilleure organisation interne, s'entendre avec les partenaires, ingénieurs et scientifiques, français et étrangers... **« Les conditions du one-shot ont créé une obligation de réussite. C'était inconfortable mais forcément stimulant »**, se remémore-t-il.

Pour faire au mieux, pas de baguette magique : « On a planifié les moyens, les équipes et les opérations. » Le 12 novembre 2014, à l'arrivée de Philae sur Chury, Philippe Gaudon était fébrile, mais confiant : « Je savais que l'on avait fait le maximum. Chacun était à son poste, connaissait sa partition. » L'atterrissage délicat de Philae n'a pas déstabilisé l'équipe. Le Sonc a « optimisé la durée de vie de la pile » pour rapporter le maximum à la science... Et pas seulement ! **Pendant cette période, Philippe Gaudon a aussi côtoyé un monde nouveau, celui des médias !** Plus enclin à vivre dans l'ombre d'une vaste organisation européenne que sous le feu des projecteurs, il a plongé

dans l'inconnu. « J'ai conscience de la chance qui a été la nôtre : cette aventure était historique. Pendant les opérations, peu de personnes entraient au Sonc, mais après chaque étape cruciale, je trouvais essentiel de partager cet événement avec le grand public. C'est un moyen de sensibilisation à la science, d'accès à la connaissance », note-t-il. Ces vingt ans d'investissement méritaient d'être valorisés. Dans la limite du raisonnable : le jour de l'atterrissage de Philae, plus d'un million de connexions sont arrivées sur le site de Rosetta. « On a dit Stop ! On a dû bloquer la ligne pour exploiter les données. » Logique, la science et la technique ont primé !



RENCONTRES

DOMINIQUE BOCKELÉE-MORVAN

Chercheuse au Laboratoire d'études spatiales et d'instrumentation en astrophysique (Lesia) du CNRS.

« Ce que nous ont révélé ces instruments est énorme. »



Dominique Bockelée-Morvan a une passion : la danse. Si elle n'avait pas répondu à l'appel pressant de Rosetta, peut-être danserait-elle encore. La lauréate de la médaille d'argent du CNRS (2014) est aussi chercheuse à l'Observatoire de Paris-Meudon. **Pour la spécialiste des gaz, l'aventure Rosetta a commencé en 1992.** Elle participe alors à la définition du spectro-imageur Virtis et du radiotélescope Miro, sélectionnés pour être embarqués à bord de Rosetta. Leur objectif ? Améliorer notre connaissance des surfaces et de l'atmosphère de la comète 67P/Churyumov-Gerasimenko. Plus de vingt ans après, le bilan est colossal. **« Ce que nous ont révélé ces instruments est énorme : de nou-**

velles molécules, des matériaux complexes, etc. On dispose désormais d'une carte de l'eau sur toute la comète élaborée à partir de deux années d'observation. La localisation de l'eau, stockée sous forme de glace sous les couches de surface, sa sublimation, son évaporation, tout ce cycle constitue une découverte considérable », s'émerveille-t-elle. **Toutefois, ces découvertes ne sauraient masquer la persistance de zones obscures.** « Aujourd'hui, je m'intéresse aux sursauts d'activité. Quelle est l'origine des jets de poussière que l'on observe en situation de proximité avec le Soleil ? Des avalanches ? Des poches de gaz sous la surface ? La lecture des données montre aussi une construction

des deux lobes de la comète en pelure d'oignon. Pourquoi ? Intrigant, non ? » La scientifique avoue avoir trouvé le travail de ces deux dernières années particulièrement prenant. La planification des observations, sur un mois, par tranches de trois heures est une lourde tâche, exigeant une large coordination, un temps infini. Si aujourd'hui l'analyse des données recueillies reste complexe (nécessitant la calibration des données, la mise au point de modèles, etc.), la pression s'est largement atténuée. Alors l'Observatoire de Paris-Meudon retrouvera-t-il la cigale qu'il avait perdue ces dernières années ? Des salariés attendent patiemment que la chercheuse rouvre son cours de danse au Lesia.

Historien des sciences
et théologien,
Jacques Arnould
est chargé de mission
pour les questions
éthiques au CNES.



ESPACE ÉTHIQUE



JACQUES ARNOULD

LE DRAME DE LA COMÈTE

Le succès de la mission Rosetta, les connaissances acquises, l'enthousiasme d'un large public ne doivent pas faire oublier la place occupée par les comètes dans l'imaginaire humain : elles révèlent les craintes et les espoirs qui nous habitent.

Ne tirons pas trop vite de plan... sur la comète ! L'accueil enthousiaste réservé à la mission Rosetta par les médias et l'opinion publique ne doit pas nous faire oublier l'héritage des siècles écoulés, de ces frayeurs cumulées à chaque spectaculaire passage de ces étonnantes chevelures célestes. S'ils ont bousculé les niveaux habituels de captation des publics au-delà des prévisions et même des espérances, les savants discours, les mises en scène colorées d'humour, les récits et les reportages en live laissent intacts la note dramatique qui caractérise les relations qu'entretient l'humanité avec les comètes.

Depuis qu'il a émergé de l'impétueux fleuve de la vie, du riche terroir africain, l'être humain cherche dans la froide sérénité de la voûte céleste un réconfort pour affronter les tragédies de son existence. Pur exercice cosmétique, car, nous le savons désormais, notre univers est lui-même soumis à des drames incommensurables pour des intelligences humaines. Mais ce savoir ne change rien : nous sommes encore des *Homo sapiens*, congénères de ceux qui associèrent la mort de Jules César et d'autres illustres au passage d'une comète. Plus près de nous, le passage de la comète de Halley en 1910 apporta encore son triste lot de suicides, jusqu'à Fred Hoyle qui, dans les années 1980, tenta de trouver une origine

cométaire à la fréquence et la prolifération de certaines épidémies.

REFLET D'UNE DUALITÉ

Oui, ne tirons pas trop vite de plan sur la comète. Les progrès que nous accomplissons à pas de géant dans le champ des savoirs, les efforts que nous réalisons dans celui de l'éducation n'empêcheront jamais l'irruption de ces craintes : *Homo sapiens* aime trop à faire peur à ses semblables, à se faire peur lui-même pour éradiquer de son imaginaire les « mauvais astres » et toutes les autres formes plus terre à terre de désastre. Les « pilules de la comète », ces remèdes vendus par les charlatans de 1910, appartiennent à la pharmacopée de l'humanité ; chaque visite, chaque retour d'une chevelure cométaire nous en rappelle l'existence et même la nécessité. Mission aux doctes d'en modifier judicieusement le contenu, plutôt que le conditionnement... Mélange indissociable de tragédie et de comédie, le drame des comètes semble appartenir à celui-là même de l'humanité. Félicitons-nous de constater que les sympathiques tweets échangés entre Rosetta et Philae ont enthousiasmé les Terriens de ce début du XXI^e siècle. Mais gardons raison, prudence et vif intérêt : les comètes n'ont pas fini de refléter ce double désir qui est le nôtre, celui de connaître nos origines et celui d'appréhender notre destinée.



EN VUE

PODCAST



Parlons Rosetta
autour d'un café !

LIVRES QUELLE EST LA VÉRITABLE HISTOIRE DU SYSTÈME SOLAIRE ?



Comment les planètes peuvent-elles être issues d'infimes poussières interstellaires ?

N'ont-elles pas changé de place à la faveur de quelques grands coups de billard cosmique ? Deux experts du CNES nous éclairent sur la naissance de l'Univers à travers un jeu de questions/réponses.

Quelle est la véritable histoire du Système solaire ? Francis Rocard et Florence Chiavassa, éditions Le Pommier, Coll. Les Petites pommes du savoir, 2014, 128 pages, 7,90 euros

À LA RENCONTRE DES COMÈTES – DE HALLEY À ROSETTA



À l'occasion de l'exploration de la comète Churyumov-Gerasimenko par Rosetta, ce livre se propose de faire le point sur ces objets mythiques que sont les comètes. Un récit original et émaillé d'anecdotes.

À la rencontre des comètes - De Halley à Rosetta, James Lequeux et Thérèse Encrenaz, éditions Belin - Pour la science, 2015, 144 pages, 22,90 euros

À VOIR Philea exposée

La réplique de Philae, Philea, est visible au Musée de l'air et de l'espace, au Bourget. Elle s'accompagne d'une exposition sur les comètes, ainsi que d'une vidéo qui retrace le déroulement du projet. Entrée gratuite.

SORTIE CINÉMA L'odyssée de l'espace



Ce nouvel opus proposé par la Cinémathèque de Toulouse, le CNES et la Cité de l'espace, embarque les cinéphiles en 2017 pour un voyage vers Mars. Au programme : le 18 janvier, *Le Vaisseau du ciel*, un film muet d'Holger-Madsen (Danemark, 1918); le 22 février, *Robinson Crusoe sur Mars*, de Byron Haskin (États-Unis, 1964); et le 29 mars, *Total Recall* de Paul Verhoeven (États-Unis, 1990). Programmée à 20h, chaque séance sera suivie par un débat animé par des spécialistes.

www.lacineathequedetoulouse.com

SYMPOSIUM

COMÈTES, L'ULTIME RENDEZ-VOUS

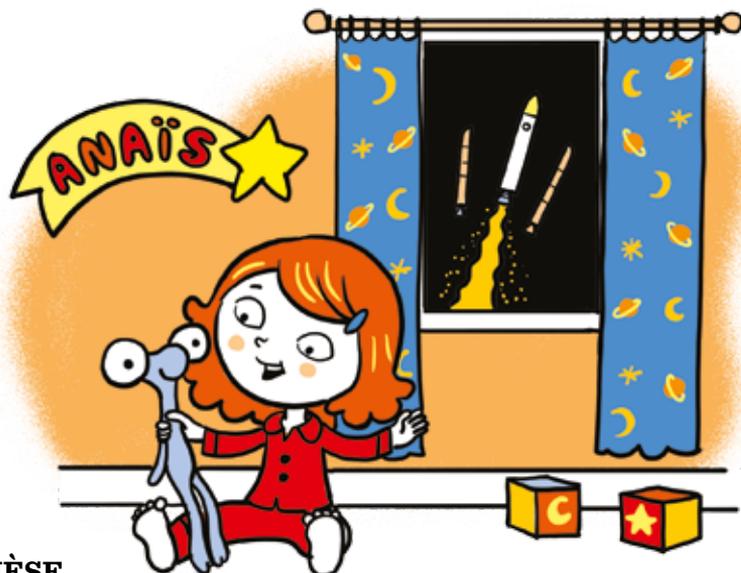


Toulouse, le cœur névralgique de Philae durant toute la mission Rosetta, a réuni pour un ultime rendez-vous l'ensemble de la communauté scientifique lors du symposium Comètes, organisé par le CNES, l'ESA et l'IRAP¹. Avec une participation record bien au-delà de la communauté concernée, les 200 participants issus de 21 pays se sont retrouvés au musée des Abattoirs, du 14 au 18 novembre 2016. « *Toutes les expériences embarquées, 21 au total, ont fonctionné. Nous avons donc une masse de données colossale. Pour l'instant, seules 5 % ont été exploitées* », explique Joëlle Durand, chef de projet Rosetta au CNES. Les débuts du déchiffrement de la formation du Système solaire enthousiasment une communauté déjà très motivée. Marqueur de ce succès, le nombre impressionnant de publications (150 par an depuis trois ans) et de jeunes chercheurs qui ont rejoint les plus anciens.

1. Institut de recherche en astrophysique et planétologie (CNRS)



EN VUE



THÈSE

DE ROSETTA À L'ANTARCTIQUE

La mission Rosetta a suscité de nombreuses interrogations chez les doctorants et post-doctorants. Plusieurs d'entre eux ont consacré leurs travaux à cette aventure. Au cœur de cette communauté, Anaïs Bardyn¹ soutenait, fin 2016, sa thèse sur l'analyse en spectrométrie de masse des grains cométaires par l'instrument Cosima. Objectif : déterminer la composition des particules. Au terme de ses recherches, une surprise attendait la jeune chercheuse : « *On est complètement à côté de nos attentes. Les matières organiques contenues dans les météorites et les comètes pourraient avoir une origine*

commune même si les comètes présentent des matériaux plus primitifs. » Ses découvertes ont fait l'objet d'un article paru dans la revue *Nature*². En lien avec des chercheurs américains, Anaïs souhaite poursuivre ses travaux par des recherches sur des particules extraterrestres recueillies en Antarctique. Mais pourquoi cette passion pour les particules cométaires ? « *Normal, elle fait partie de la génération Rosetta. Elle avait 5 ans lorsque la mission a été sélectionnée par l'ESA* », commente Michel Viso, du CNES, qui suit, admiratif, les travaux de thèse d'Anaïs.

1. Doctorante CNES, LISA/LPC2E

2. *Nature*, octobre 2016, vol. 538, p. 72



AGENDA

23-28 AVRIL
European Geophysical Union
Vienne, Autriche

18-22 SEPTEMBRE
Cospar 2017
Corée

15-20 OCTOBRE
Division Planetary Science
49^e Rencontre annuelle de l'American Astronomical Society
Utah Valley, États-Unis

MARDIS DE L'ESPACE Un bar pour Rosetta



La nouvelle saison des Mardis de l'espace s'est ouverte le 18 octobre 2016 avec « l'Ultime baiser de

Rosetta ». Francis Rocard a dressé un premier bilan scientifique de la mission Rosetta. Quant à Sylvain Lodiote, il nous a fait revivre le voyage de la sonde, non sans encombre, jusqu'à sa comète. Ce podcast ainsi que tous les autres sont désormais accessibles en ligne et dans votre lecteur audio favori > cnes.fr/podcast.
Café du Pont Neuf (Paris). Tous les 3^e mardis du mois. Entrée gratuite.

PLUS D'INFOS : CNES.FR/ CNESMAG71-ROSETTA-MARDIS



TRANSFERT

ANTENNES TOUJOURS UN TEMPS D'AVANCE

Le nano-satellite d'astronomie Eye-Sat sera lancé en 2017. S'il préfigure une nouvelle génération d'antennes made in France et unique en Europe, il a bénéficié de l'expérience Rosetta.



Le nouveau concept est le fruit de récents travaux menés par le service Antennes du CNES, qui s'est aligné sur les tendances actuelles : les technologies doivent anticiper la croissance du marché des nano-satellites. La miniaturisation est donc le maître-mot : taille, volume, poids, coût... tout doit être réduit. Le service Antennes a donc revu à la baisse les dimensions des antennes embarquées tout en garantissant un niveau égal de performances. Les résultats probants ont été obtenus grâce à la diminution de la partie rayonnante. Les nouveaux équipements priorisent aussi la conception du « 2 en 1 ». Les fonctions « émission » et « réception » cohabitent donc sur le même dispositif. Les tests en cours sur Eye-Sat devraient confirmer l'excellence de ces équipements.

L'APPORT DE PHILAE

Au service Instrumentation, télémétrie et propagation du CNES, le retour d'expérience de la mission Rosetta a fait évoluer la question de la localisation. Où trouver Philae sur la comète Chury ? Cette question a taraudé le Sonc et le DLR pendant des mois. En introduisant simplement une mesure de distance dans un système émetteur/récepteur à débit de données plus important, Philae aurait pu être repéré en quelques jours seulement. Cette mesure de distance peut être intégrée sur plusieurs robots pour créer les conditions d'une communication multipoints avec l'orbiteur. Une fonction « plus » qui pourrait être systématisée dans les futures missions d'exploration spatiale.

FR

2/3

L'atterrisseur Mascot

lancé en 2014 a déjà embarqué une antenne miniaturisée. Les prochaines générations vont réduire de 2/3 la taille des antennes.