

# ARTICLE DE FOND

## Premiers résultats de la mission Rosetta

**Janet Borg**, Institut d'astrophysique spatiale (Orsay) et revue *L'Astronomie*

*Dans cet article vous saurez presque tout sur la fabuleuse mission Rosetta après son long périple et l'arrivée tourmentée de son atterrisseur Philae. Le dépouillement des enregistrements commence et les premiers secrets de ce vestige du tout début du système solaire apparaissent : constitution du noyau, composition, structure... Probablement que ces informations permettront une progression significative de la compréhension du démarrage de la vie à partir du monde minéral.*

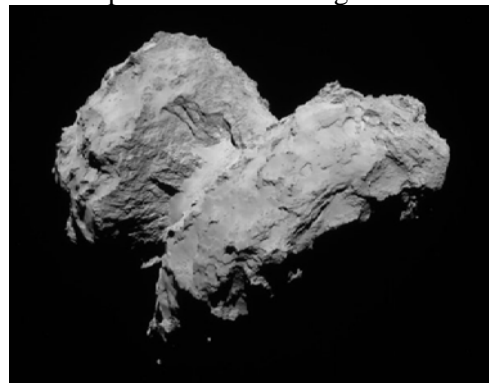
### La mission Rosetta

La mission la plus ambitieuse de ces dernières années en direction d'une comète, est certainement la mission *Rosetta* de l'agence spatiale européenne (ESA), lancée en mars 2004 vers la comète 67P/Churyumov-Gerasimenko (voir encart sur la comète). La sonde transporte à son bord un petit robot *Philae* qui doit atterrir sur le sol de la comète et effectuer toute une série d'analyses. C'est en 1994 que l'ESA a décidé d'envoyer une sonde vers une comète pour la suivre au cours de son voyage alors qu'elle se rapproche de son périhélie, contourne le Soleil et s'en éloigne à nouveau. Tout a commencé au début des années 1980, avant même le survol de la comète Halley par la sonde Giotto en 1986, quand a germé dans l'esprit d'ingénieurs et de chercheurs ambitieux et inventifs l'idée d'une sonde qui se mettrait en orbite autour d'une comète pour la suivre pendant plusieurs mois. De nombreuses péripéties ont retardé le départ (voir *L'Astronomie* d'octobre 2014) et c'est finalement en 2004 que *Rosetta* a quitté la base de Kourou en Guyane pour atteindre sa cible le 6 août 2014, à plus de 500 millions de km du Soleil. Jamais une sonde n'avait été si loin et les panneaux solaires, aussi larges soient-ils [1], ne suffisent pas pour fournir l'énergie nécessaire au fonctionnement de tous les appareils embarqués pendant tout ce trajet. Il faut donc réduire l'énergie utilisée et *Rosetta* est endormie pendant 2 ans, 7 mois et 12 jours ; elle est entrée dans sa période d'hibernation, pendant laquelle tout sera éteint, sauf l'ordinateur de bord, des systèmes de chauffage interne et des horloges programmées pour le réveil à 10:00 UTC, le 20 janvier 2014. Au grand soulagement de tous, le réveil a lieu comme prévu et la mission fonctionnait toujours, prête pour son rendez vous avec la comète. Entre le réveil et le rendez-vous, les 21 instruments embarqués (voir encart sur les instruments embarqués) ont été testés et la sonde a dû effectuer les manœuvres nécessaires pour réduire suffisamment la vitesse pour permettre un rendez-vous plutôt qu'un survol. L'équipe de vol

doit calculer l'orbite de *Rosetta* autour de la comète, pour les mois à venir, quand elle va larguer l'atterrisseur *Philae* à sa surface et suivre la comète au cours de son voyage, tout d'abord jusqu'au périhélie prévu en août 2015, puis au delà, pendant le début de son voyage de retour vers les confins de Jupiter ; il a été décidé en juin 2015, au vu des succès rencontrés, de prolonger la mission jusqu'en septembre 2016, et au lieu de décembre 2015 comme prévu initialement, et, cerise sur le gâteau, il est même question d'un atterrissage de *Rosetta* sur le sol cométaire pour terminer en beauté une mission qui a si bien commencé.

### Les premiers résultats

Pendant la période d'approche, entre le réveil de *Rosetta* et l'arrivée au voisinage de la comète au début août 2014, les instruments embarqués et les caméras de navigation préciseront les caractéristiques de la comète, en cartographiant sa surface, surveillant une éventuelle activité et en précisant les modèles définissant sa masse et son champ gravitationnel, ainsi que sa forme, sa période et son axe de rotation. En même temps, les images envoyées par la caméra à haute résolution OSIRIS affinent la connaissance que l'on a de sa forme si particulière (figure 2), permettant ainsi aux équipes de navigation de mieux contrôler la trajectoire et de commencer à planifier l'atterrissage de *Philae*.



*Fig.2. Image de la comète 67P/Churyumov-Gerasimenko, prise par la caméra de navigation NAVCAM le 22 Août 2014, quand Rosetta était à environ 64 km de la comète. © ESA/Rosetta/NAVCAM*

Deux instruments ont fourni des données essentielles pour la suite des opérations, il s'agit de VIRTIS dont les mesures de température informent sur la nature du sol et MIRO qui renseigne sur l'activité de la comète, qui se manifeste déjà. Des premières mesures montrent des zones toujours illuminées et d'autres jamais, ce qui va aider au choix du site d'atterrissage. Une donnée fondamentale est la nature du sol qui peut être connue par les mesures de sa température et du gradient thermique sur les premiers centimètres. VIRTIS, indique que la température de surface est plus élevée que prévu, suggérant une surface poreuse, plutôt pas glacée, et mesure une modulation de cette température entre un maximum de 222 K pour le corps et un minimum de 205 K pour le cou, ce qui traduit des différences d'illumination et/ou de composition. Plus de 3 millions de spectres sont collectés, pour définir une température moyenne et des points chauds repérés dans les premiers microns de la surface.

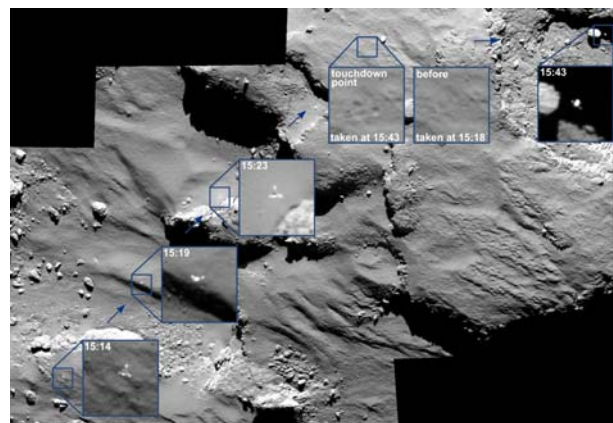
MIRO joue un rôle essentiel dans la caractérisation du noyau cométaire et le suivi de l'évolution de la comète (le dégazage du noyau et le développement de la coma) ; pour cela, a été préprogrammé le suivi de 4 espèces volatiles ( $H_2O$ ,  $CO$ ,  $CH_3OH$  et  $NH_3$ ) et des isotopes  $H_2^{17}O$  et  $H_2^{18}O$ , sondes de l'activité cométaire. Il s'agit de cartographier la comète, mesurer le gaz qui s'échappe, la température et le gradient thermique des premiers 10 cm de surface. D'ores et déjà, avant la mise en orbite, MIRO montre que la vapeur d'eau s'échappe en jets, et non pas de manière continue de l'ensemble de la comète, depuis des sites qui ont été localisés ; l'estimation est d'environ deux verres d'eau par seconde qui s'échappent, quantité qui ne fera qu'augmenter en approchant du périhélie.

### L'atterrissage de *Philae*.

Toutes les images et informations, recueillies entre le 6 août 2014, date d'arrivée de Rosetta au voisinage de la comète et le 12 novembre, date de l'atterrissage de *Philae*, vont jouer un rôle capital dans le choix du site d'atterrissage de *Philae*. Quelles seront les conditions du choix du site qui rendront l'atterrissage possible ? La condition première est que le site doit être techniquement possible, indépendamment des critères scientifiques. Pour cela, plusieurs facteurs entrent en jeu, dont on peut citer les plus importants : pendant la phase de descente, les conditions de communication et d'observation doivent être optimales ; la topographie du lieu doit convenir aux expériences prévues ; il est indispensable que des communications régulières entre atterrisseur et orbiteur puissent être maintenues et enfin, *Philae*

devra atterrir avec la vitesse la plus faible possible ( $< 4$  km/h), une durée de descente la plus courte possible (de 5 à 6 heures), tout en vérifiant les conditions d'ensoleillement ou de visibilité de l'orbiteur.

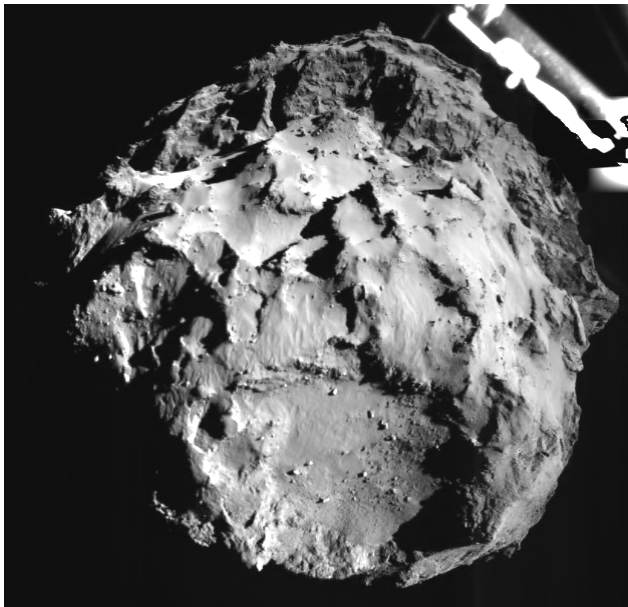
Le feu vert est finalement donné et, le 12 novembre au matin, *Philae* quitte *Rosetta* pour sa longue descente solitaire de 22 km. Après sept heures de chute libre, l'atterrissage à une dizaine de mètres du site prévu a lieu à 16 h 34 min 54 s, heure de Paris, et à 17 h 03 min, le signal radio témoignant de cette réussite sans précédent a été reçu. C'est alors que les inquiétudes ont commencé à se faire jour : les deux harpons semblaient bloqués, les signaux reçus par CIVA tanguaient, et ce n'est qu'au bout de 2 heures que les signaux arrêtent de bouger. Très vite, on comprend que le petit robot s'est bien posé au point voulu, mais que la communication fluctuante entre Rosetta et *Philae* est le signe qu'« on n'a peut-être pas atterri une fois sur la comète mais deux ... » (Stephan Ulamec, responsable de *Philae* à l'agence spatiale allemande DLR, le 12 novembre au soir). En fait, on saura que *Philae* a atterri trois fois : il y eut deux rebonds, dont le premier a duré près de 2 heures en culminant à 1 km d'altitude et le second seulement 7 minutes. Au final, *Philae* s'est retrouvé à quelques centaines de mètres du site prévu d'atterrissage (figure 3). Un poids de 100 kg sur Terre ne représenterait que 1 gramme sur la comète, compte tenu de sa très faible gravité, et il était donc facile pour une "petite" sonde comme *Philae* (volume de  $1\text{ m}^3$  et masse de 100 kg) de rebondir, d'où l'utilité des harpons, qui n'ont pas rempli leur rôle.



**Fig.3.** La descente et le premier rebond de *Philae* sur 67P. Mosaique d'images prises par la caméra OSIRIS-NAC de Rosetta à 15,5 km de distance, le 12 novembre 2014. La résolution est de 28 cm/pixel et chaque image encadrée mesure 17 m de côté. Les heures indiquées dans l'image sont en UTC (Paris est à UTC + 1 h).

Crédits : ESA/Rosetta/MPS for OSIRIS Team MPS /UPD /LAM /IAA /ISSO/INTA / UPM /DASP/IDA

Philae a pu prendre des photos du sol cométaire pendant la descente, grâce à la caméra ROLIS, l'une des deux caméras à bord de Philae (figure 4). C'est une caméra CCD miniature, placée sous le ventre de Philae afin d'imager le site d'arrivée sur la comète avec une résolution spatiale de plus en plus pointue.

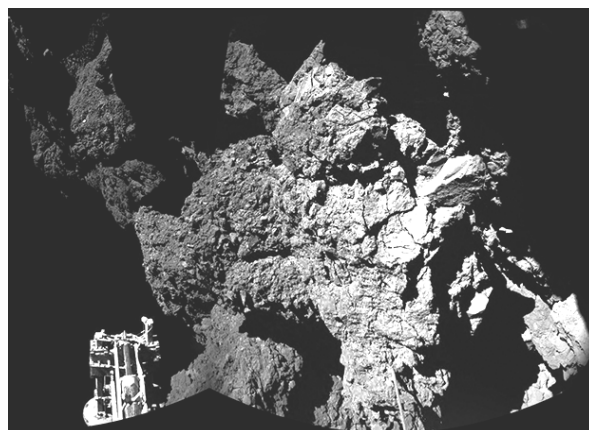


**Fig.4.** Image de la descente de Philae, à 3 km du sol de la comète (résolution de 3 m/pixel). En haut à droite on remarque un segment du train d'atterrissage.

Copyright: ESA/Rosetta/Philae/ROLIS/DLR

De son côté, grâce à la caméra OSIRIS, Rosetta a eu l'occasion de prendre des photos splendides de sa descente (figure 3). Celle-ci s'est effectuée très lentement, à 3,5 kilomètres à l'heure, la vitesse d'un humain marchant tranquillement au pas. La lenteur est nécessaire : toujours à cause de la très faible gravité à la surface de 67P/C-G, la vitesse horizontale devait être nulle à l'arrivée, faute de quoi la sonde aurait pu capoter. Il fallait donc arriver bien verticalement, et se poser "en douceur", après 20 kilomètres de descente, ce qui a été le cas. Après les deux rebonds à la surface de la comète, Philae s'est finalement stabilisé contre ce qui semble être un gros bloc ou une paroi, et les caméras de CIVA ont pu réaliser des images de l'environnement de l'atterrisseur (figure 5). Philae, qui reçoit l'énergie solaire d'en haut est coincé contre une falaise, avec un des trois pieds qui ne touche rien. On a eu quelques nouvelles fraîches après l'atterrissage. Les premières analyses laissent penser que le site sur lequel Philae s'est arrêté n'est que très faiblement actif actuellement, voire totalement inactif : aucune poussière retombant sur le sol n'a en effet été détectée, ce qui implique qu'il n'y a pas de dégazage dans le voisinage immédiat de Philae. Quant aux mesures de transmission

électrique effectuées à l'aide des électrodes de PP, (l'élément Permittivity Probe de SESAME) elles semblent compatibles avec la présence de glace d'eau en abondance juste sous Philae. Le vendredi 14 novembre, la pile de Philae étant bientôt vide, les responsables de la mission ont décidé d'utiliser l'énergie encore disponible pour essayer de forer la surface et recueillir un échantillon pour l'analyser. Le 20 novembre, ils ne savaient pas si la foreuse avait atteint le sol et si un échantillon avait été prélevé. Philae a peut-être basculé en réaction à l'action du forage sur la surface.



**Fig.5.** Gros plan réalisé au sol par 2 des caméras de CIVA. Au premier plan, l'un des 3 pieds de Philae est reconnaissable, calé contre la paroi qui a sans doute arrêté la dérive de l'atterrisseur.

Crédits : ESA/Rosetta/Philae/CIVA.

Le vendredi 15 novembre, à l'issue de la première séquence scientifique, Philae a ensuite basculé dans un mode comparable à une sorte d'hibernation, dont il ne sortira que lorsque, en s'approchant du Soleil, les panneaux solaires qui tapissent ses parois récolteront assez d'énergie pour le réchauffer et le réveiller. L'idée est alors de retenter un forage. En se rapprochant, la température à laquelle sont soumis les instruments pourra lentement augmenter. Les calculs indiquent que quand, début mars 2015, 67P/C-G sera à 2,15 UA du Soleil, presque 2 fois plus d'énergie pourra être emmagasinée par les panneaux solaires des deux sondes. Hélas, on se souvient que l'arrivée de Philae a été quelque peu acrobatique. Il s'est finalement calé contre une sorte de corniche de glace loin du site initialement visé, ce qui explique qu'au final, un seul panneau est éclairé durant seulement 1 h 20 pendant les 4 h 30 que dure le jour sur la région où est coincé Philae. Ce n'est que le 13 juin que Philae donnera les premiers signes d'un réveil, un peu délicat, avec des périodes de communication avec Rosetta soit insuffisamment stables soit trop courtes pour espérer des échanges de données efficaces.

## **LA COMÈTE 67P/Churyumov-Gerasimenko**

### **Ce qu'on en savait avant Rosetta**

67P/Churyumov-Gerasimenko, 67P/C-G en abrégé ou Chury plus familièrement, a été découverte en 1969 par les deux astronomes ukrainiens Churyomov et Gerasimenko. C'est une comète de la famille de Jupiter (c'est à dire que son mouvement est fortement influencé par la gravité de Jupiter) de forme irrégulière, d'environ 4 km de diamètre, qui tourne en 12,4 heures autour de son axe ; sa période de révolution autour du Soleil est de 6,5 ans et depuis sa découverte, elle a été vue 6 fois lors de ses approches au périhélie situé à 186 millions de km du Soleil (entre la Terre et Mars). Son orbite elliptique l'amène au-delà de Jupiter, à près de 850 millions de km du Soleil.

Les premières images prises par la caméra embarquée OSIRIS ont tout d'abord révélé fin juillet 2014 une comète constituée de deux parties distinctes, qui lui donnent sa forme de canard (la tête et le corps attachés par un « cou » étroit) et au fur et à mesure de l'approche, des falaises, des blocs rocheux, des zones plus lisses, un environnement jamais rencontré sur un autre petit corps observé au cours d'un survol. L'instrument VIRTIS a pu donner une première estimation de sa température, de l'ordre de - 70 °C (220 K).

### **Ce qu'on cherche à apprendre**

Rosetta devra répondre à une série de questions, fondamentales pour une meilleure compréhension de ce qu'est notre Système solaire. Ainsi, il faudra :

- Caractériser la morphologie et la composition de sa surface grâce aux instruments à bord de Rosetta et Philae ;
- Suivre le développement de l'activité cométaire et de la coma au fur et à mesure que 67P/C-G s'approche du Soleil ;
- Étudier l'environnement planétaire de la comète et son interaction avec le vent solaire.

On aura alors des réponses aux questions qui ont justifié la mission Rosetta :

- Quels sont les constituants du noyau cométaire, quelles sont sa composition, sa structure ?
- Comment évoluent le noyau et la coma, quotidiennement et au cours de son voyage autour du Soleil ?
- Comment une comète "fonctionne"? Comment est générée son activité ?
- Quel rôle ont joué les comètes dans l'évolution du Système solaire ?
- Quel rôle ont-elles joué dans l'apport d'eau sur Terre ?
- Les comètes contiennent-elles les ingrédients nécessaires au démarrage de la vie sur Terre ?

Beaucoup de questions ! Bien évidemment, une seule comète ne peut pas tout nous faire comprendre, surtout que l'on sait, depuis le survol de la comète de Halley en 1986 et les nombreuses autres missions vers comètes et astéroïdes que chaque objet rencontré et étudié est singulier. Toutefois, de même que la mission Stardust de la NASA, de retour en janvier 2006 de la comète Wild-2 avec sa cargaison de quelques milliers de grains cométaires, nous a permis des avancées considérables dans la connaissance de ces petits corps grâce à l'analyse de ces grains par les instruments les plus performants disponibles, de même la mission Rosetta de l'ESA nous apportera sa moisson d'informations nouvelles qui permettront des progrès indéniables dans la compréhension des petits corps du Système solaire et de leur rôle dans la formation et l'évolution de celui-ci.

## **Les premières données de Rosetta.**

*(références des articles d'où sont tirées ces informations en fin d'article)*

Courant novembre 2014, la sonde *Rosetta* est en orbite autour de la comète, à une distance d'environ 30 km. Ce survol à basse altitude permet aux instruments à bord d'effectuer des mesures inédites permettant une meilleure compréhension d'un des objets les plus primitifs du Système solaire.

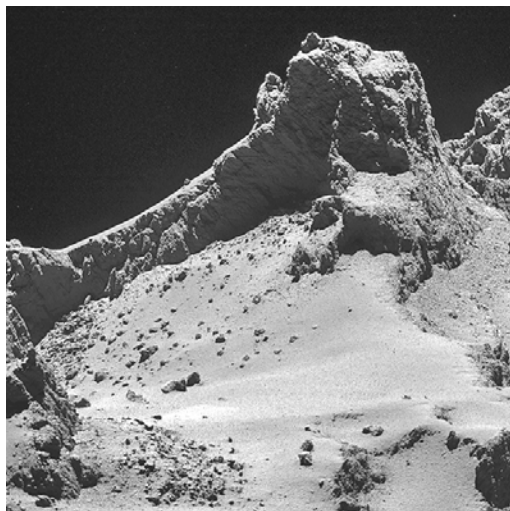
Les premiers résultats de ces mesures ont été publiés courant janvier (dans les revues *Science* et *Nature*). On peut souligner ci-dessous les principales informations que l'on a obtenues sur la comète.

## **Le noyau de la comète 67P/C-G**

Les deux lobes de dimensions inégales sont séparés par un « cou », d'origine inexplicée à ce jour. L'ensemble des images prises a permis de réaliser un modèle du noyau en 3 dimensions, avec un petit lobe de 2,6 x 2,3 x 1,8 (en km) et un grand lobe de 4,1 x 3,3 x 1,8 (en km), ce qui donne un volume total d'environ 21,4 km<sup>3</sup>. La masse de la comète étant estimée à 10<sup>13</sup> kg, la détermination de sa masse volumique est de 470 kg/m<sup>3</sup> (comme le bois ou le liège). Ces résultats contraignent fortement la composition et la structure interne du noyau qui est sans doute extrêmement poreux. Cette hypothèse d'un sol poreux avait déjà été proposée au vu des résultats des mesures de température par VIRTIS pendant l'approche de Rosetta.

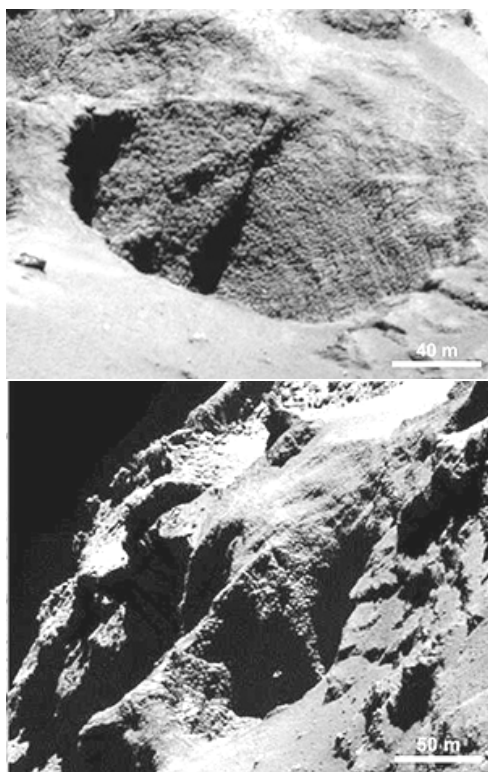
## La surface

La surface, de composition globalement homogène, apparaît riche en composés organiques, avec peu de signes de glace d'eau, sauf peut être dans la région du « cou ». Elle présente une grande diversité de structures géologiques, résultant de phénomènes d'érosion, d'effondrement et de re-déposition (figures 6a et 6b).



**Fig.6a.** Ce gros plan sur une portion du petit lobe du noyau de 67P a été pris par la caméra OSIRIS-NAC de Rosetta le 14 octobre 2014 à l'altitude de 8 km ; résolution 15 cm/pixel.

Crédits : ESA/Rosetta/MPS for OSIRIS Team MPS/UPD/LAM/IAA/SSO/INTA/UPM/DASP/IDA.



**Fig.6b.** Exemple de trou circulaire observé sur le noyau ; l'augmentation du contraste révèle la présence d'activité. OSIRIS-NAC, le 28 août 2014 à 60 km de distance (1 m/pixel).

Crédits : ESA/Rosetta/MPS for OSIRIS Team  
MPS/UPD/LAM/IAA/SSO/INTA/UPM/DASP/IDA.

L'activité de la comète se concentre dans la région du « cou », comme le laissaient voir les images prises par OSIRIS au moment de l'approche de Rosetta au voisinage de la comète. Avec l'instrument MIRO, les chercheurs ont établi une carte de la température de la proche sous-surface de 67P/C-G.

Celle-ci montre des variations saisonnières et diurnes de température qui laissent supposer que la surface est faiblement conductrice thermiquement en raison d'une structure poreuse et peu dense. Les chercheurs de MIRO ont également effectué des mesures du taux de production d'eau de la comète : de 0,3 L/s (on parlait d'environ 2 verres d'eau/seconde) début juin il passe à 1,2 L/s fin août, soit 4 fois plus. Celui-ci varie au cours de la rotation du noyau, l'eau dégagée par la comète étant localisée dans la zone de son « cou ».

## La matière organique

L'instrument VIRTIS a apporté l'évidence de la présence de composés organiques sur le noyau de 67P/C-G. La très faible réflectance du noyau, les caractéristiques spectrales en lumière visible et IR ainsi que la large bande d'absorption dans le domaine 2,9 – 3,6 microns indiquent que ces composés sont associés avec des minéraux opaques et sombres tels que des sulfures de fer. Dans le même temps, l'instrument ROSINA a mesuré la composition de la coma en suivant la rotation de la comète ; il a détecté plusieurs molécules ( $H_2^{17}O$ ,  $H_2^{18}O$ , CO,  $CO_2$ ).

## Le rapport D/H

Le rapport D/H mesuré par Rosetta (instrument ROSINA) dans l'eau dégazée par la comète 67P vient raviver la discussion avec une valeur de  $5,3 \pm 0,7 \times 10^{-4}$ , plus élevée que celle des comètes de Oort et en contradiction avec les deux autres comètes de la famille de Jupiter, pour lesquelles des mesures avaient été possibles et qui indiquaient une valeur compatible avec le rapport mesuré dans les océans terrestres ( $\approx 1,5 \times 10^{-4}$ ).

Les auteurs, Alwegg et al, en concluent que, si, en accord avec les modèles de formation du Système solaire primitif, on assiste à une augmentation régulière de ce rapport avec la distance héliocentrique, l'origine des comètes à courte période doit être assez dispersée. De plus, ce résultat vient renforcer une origine principalement astéroïdale des océans terrestres.

## Les poussières

Des observations faites à 3,6 u.a. du Soleil ont permis de mettre en évidence un nuage constitué de

poussières de dimensions supérieures à 5 cm qui entoure la comète sur des orbites liées et que l'on explique par un passage antérieur au périhélie. De plus, le noyau émet des poussières jusqu'à 2 cm en taille, ce qui donne un rapport moyen en masse poussière/gaz de  $4 \pm 2$ , sur la face éclairée de la comète, plus élevé que ce qui est généralement accepté pour les comètes (instrument COSIMA).

### **Mesures du champ magnétique à la surface de la comète**

Le magnétomètre de Philae, ROMAP, a pu enregistrer des mesures du champ magnétique, avant le sommeil du robot. C'est sans doute le seul instrument qui a bénéficié des rebonds successifs de Philae avant son arrêt puisque des mesures du champ magnétique de la comète ont pu ainsi être faites au cours des trajets du robot au dessus du sol cométaire, mais aussi en quatre positions à la surface de la comète. Les mesures à la surface de la comète ont pu être comparées au champ magnétique externe que mesure pendant le même temps le magnétomètre RPC-MAG, à bord de Rosetta.

La trajectoire de Philae a été reconstruite et les différentes mesures de champ magnétique montrent une signature identique pour les différentes positions, principalement due à l'interaction du vent solaire avec la comète, dont le champ magnétique propre est inférieur à 2 nT, ce qui représente un champ magnétique extrêmement faible ; à titre de comparaison, l'intensité du champ magnétique terrestre varie en moyenne entre 40 000 et 60 000 nT. La résolution spatiale des mesures étant de l'ordre du mètre, on peut conclure que, à l'échelle du mètre ou plus, les forces magnétiques ne sont pas la cause de l'accumulation de matériau planétaire dans la formation de 67P.

Bien évidemment, rien ne peut être dit à l'échelle du cm ou du mm. À bord de Rosetta, le magnétomètre RPC-MAG a enregistré depuis le mois d'août 2014 un signal très clair autour de 50 mHz, signature de l'interaction du vent solaire avec l'environnement de la comète. Ce signal est aussi enregistré par ROMAP et le fait que les 2 familles de signaux soient corrélées est une indication que le champ magnétique qui est mesuré à la surface de 67P est principalement dû aux oscillations du plasma et pas à une magnétisation de la surface.

C'est l'association des deux magnétomètres, l'un à bord de Rosetta et l'autre à bord de Philae qui a permis de discriminer entre les différents signaux, et de confirmer que le champ magnétique au sol est

extrêmement faible, bien inférieur à ce qui est mesuré sur une planète comme la Terre.

### **Et Philae ? Que devient Philae ?**

La figure 3 montre la trajectoire suivie par le petit robot entre sa descente, son arrivée sur la comète puis ses 3 rebonds successifs, telle qu'elle a pu être calculée à partir des données de différents instruments. Sa localisation actuelle, connue à 10 mètres près, est entourée de falaises, ce qui rend difficile son éclairage par les rayons solaires : Philae est à l'ombre d'un rocher ou dans un trou et reçoit très peu d'illumination solaire : un seul des panneaux est éclairé 1 h 20 pendant les 12,4 h que dure un jour sur 67P, les autres panneaux sont beaucoup moins éclairés, sinon pas du tout. L'énergie reçue est insuffisante pour réveiller les instruments, mais la situation ne peut que s'améliorer au fur et à mesure que la comète approche du Soleil. On sait que le robot repose dans une faille, avec un des 3 pieds en l'air. On sait aussi que les harpons d'ancrage ne sont pas déclenchés, mais que Philae ne peut pas rebondir et repartir. Les communications radio fréquence sont théoriquement possibles, bien que la faible illumination rende la communication très difficile.

Afin de « réveiller » Philae, deux conditions doivent être remplies : la puissance reçue doit être supérieure à 19 watts et la température doit être au dessus de - 45 °C. Une fois que le réveil aura eu lieu, le contact sera établi avec Rosetta toutes les 35 minutes, si la géométrie entre l'orbiteur et l'atterrisseur le permet. Une première tentative de communications a eu lieu entre le 12 et le 18 mars dernier, mais aucun signal n'a été reçu par Rosetta. Une nouvelle tentative à la mi-avril n'a pas donné plus de résultats. La puissance reçue sur les panneaux devrait être suffisante et de nouvelles tentatives ont lieu régulièrement les jours suivants. Ce n'est que le 13 juin que Philae donnera les premiers signes d'un réveil, un peu délicat, avec des périodes de communication avec Rosetta soit insuffisamment stables soit trop courtes pour espérer des échanges de données efficaces.

En conclusion provisoire, on sait que le robot est placé en un endroit où il reçoit très peu d'illumination solaire, mais la situation de ce point de vue s'améliore chaque jour. Il n'y a évidemment aucun risque de surchauffe, ce qui était une préoccupation au départ ; au contraire, tant que la température est trop basse, les instruments ne peuvent pas se remettre en marche, c'est sans doute le problème majeur. Un calendrier provisoire prévoit que dès les communications entre Rosetta et

Philae reprennent, il faudra à nouveau éloigner Rosetta afin d'éviter que l'augmentation de l'activité cométaire détruise l'orbiteur ; pendant ce temps, les instruments de Philae pourront accumuler des données, qui seront renvoyées ultérieurement à Rosetta, qui, à son tour, les communiquera à la Terre. Entre juillet et septembre, autour du périhélie, les batteries internes pourront se recharger. On peut espérer que l'automne sera riche en informations sur la comète. On sait maintenant que les instruments à bord de Philae ont pu effectuer pendant leurs 60 heures d'activité avant de s'éteindre, une série de mesures qui apporte un éclairage nouveau sur une comète.

C'est le propre de la « science en marche » d'être en retard sur les derniers résultats.

Références des 8 articles parus dans *Science* le 23 janvier 2015 (vol 347 issue 6220)

H. Sierks et al. « On the nucleus structure and activity of comet 67P/Churyumov-Gerasimenko » Instrument OSIRIS

A. Rotundi et al. « Dust measurements in the coma of comet 67P/Churyumov-Gerasimenko inbound to the Sun » Instrument GIADA

F. Cappaccioni et al. « The organic – rich surface of comet 67P/Churyumov-Gerasimenko as seen by VIRTIS/Rosetta » Instrument VIRTIS

H. Nillson et al. « Birth of a comet magnetosphere : a spring of water ions » Instrument PCICA

N. Thomas et al. « The morphological diversity of comet 67P/Churyumov-Gerasimenko » Instrument OSIRIS

K. Altwegg et al. « Comet 67P/Churyumov-Gerasimenko, a Jupiter family comet with a high D/H ratio » Instrument ROSINA

M. Hässig et al. « Time variability and heterogeneity in the coma of comet 67P/Churyumov-Gerasimenko » Instrument ROSINA

-S. Gulikis et al. « Subsurface properties and early activity of comet 67P/Churyumov-Gerasimenko » Instrument MIRO

### Instruments embarqués

Rosetta, comme la pierre de Rosette, une tablette en pierre trouvée en 1799 dans le delta du Nil, près du village de "Rashid", et comportant un texte dont le déchiffrage a permis à Champollion de décrypter les hiéroglyphes. Les archéologues avaient alors une clef pour comprendre une civilisation ancienne, ce qui fut confirmé par la découverte ultérieure dans l'île de Philae, sur le Nil, d'une inscription sur un obélisque qu'il était possible de comprendre.

De même, Rosetta et Philae permettront aux scientifiques de déverrouiller les mystères des comètes, constituants les plus primitifs de notre Système solaire. Pour cela, l'orbiteur et l'atterrisseur sont équipés d'une batterie d'instruments ; ainsi les observations depuis l'orbite seront directement corrélées aux mesures *in-situ* de la surface. Les onze expériences de Rosetta analyseront la comète de très près pendant son voyage dans le Système solaire interne et les dix instruments de Philae, (des spectromètres, des caméras haute résolution et un système de forage) permettront des mesures précises du noyau en surface et en profondeur.

En plus de l'atterrisseur, Rosetta comporte 11 instruments, fabriqués dans divers instituts d'Europe et des États-Unis. Ils sont tous situés sur la partie de l'orbiteur qui fera constamment face à la comète pendant les principales phases scientifiques de la mission.

[http://missions-scientifiques.cnes.fr/IcROSETTA/Rosetta\\_Philae.png](http://missions-scientifiques.cnes.fr/IcROSETTA/Rosetta_Philae.png)

L'atterrisseur Philae comporte 10 instruments, dont certains sont sous un couvercle tapissé de cellules solaires. L'ensemble des instruments pèse 21 kg.

[http://missions-scientifiques.cnes.fr/IcROSETTA/Philae\\_instruments.png](http://missions-scientifiques.cnes.fr/IcROSETTA/Philae_instruments.png)

Pour avoir la description précise des instruments : [http://missions-scientifiques.cnes.fr/ROSETTA/Fr/GP\\_instruments.htm](http://missions-scientifiques.cnes.fr/ROSETTA/Fr/GP_instruments.htm)

