

La mission Rosetta et les comètes :

mieux comprendre la formation du système solaire

CNAM – Mercredi 30 novembre 2016

Pourquoi étudier les comètes ?, Dominique Bockelée-Morvan, Observatoire de Paris-Meudon, Directrice de recherches au laboratoire d'études spatiales et d'instrumentation en astrophysique (LESIA) du CNRS, Médaille d'argent du CNRS en 2014

Les enjeux technologiques de la mission Rosetta, Jean-Charles Terrien, VP Space Imaging Grenoble & Division Strategy at e2v (entreprise anglaise ayant fourni les capteurs d'image haute résolution pour les caméras de Rosetta)

Les résultats de la mission Rosetta, Dominique Bockelée-Morvan

Petits corps de roche et de glace formés lors de la constitution du système solaire et repoussés à ses confins où ils sont restés de composition inchangée, les comètes sont particulièrement intéressantes à étudier pour comprendre la formation de ce système. C'est l'objet de la mission Rosetta, objet-phare de l'Agence Spatiale Européenne, aux enjeux scientifiques considérables mais d'une grande complexité de mise en œuvre.

Après sa mission Giotto vers la comète Halley (puis quelques autres missions russes et japonaises), l'agence spatiale européenne a réalisé la mission Rosetta vers la comète 67P Tchourioumov-Guérassimenko (orthographe française), dite « Tchouri ».

Les comètes sont des objets de taille intermédiaire entre les météorites et les astéroïdes, venant tous deux, pour l'essentiel, de la ceinture entre Mars et Jupiter à environ 3 UA (1 unité astronomique : distance moyenne de la Terre au Soleil, soit environ 150 millions de kilomètres). Elles proviennent de la ceinture de Kuiper (au-delà de Pluton, plus de 30 UA) et du nuage d'Oort (au-delà du système solaire, plus de 30 000 UA). Ces objets sont apparus lors de la formation du système solaire et sont restés des témoins inchangés de cette époque. Leur observation, lorsqu'une instabilité gravitationnelle les amène plus près du Soleil, apporte donc une information sur l'origine et les mécanismes qui ont prévalu alors (effondrement d'un nuage et formation d'un disque protoplanétaire).

Le noyau des comètes est composé de glaces (H₂O, CO, CO₂...) et de poussières (silicates, molécules organiques simples...). Le réchauffement lors d'un passage près du Soleil amène une sublimation des glaces, d'où les queues de poussières et de gaz partiellement ionisés.

Il est probable que la Terre était sèche à l'origine et que son eau provient, au moins en partie, de la chute de comètes.

La mission Rosetta fut un défi technologique qui s'inscrit dans une longue tradition observationnelle :

- Jusque vers 1600, l'œil assisté de sextants et quadrants,
- à la fin du seizième siècle, la lunette astronomique (Galilée),
- en 1671, le télescope (Newton),
- en 1845, les premiers enregistrements (daguerriotype),
- en 1936, le premier radiotélescope,
- en 1959, les premières sondes spatiales avec récupération de photos argentiques,
- en 1969, les capteurs CCD (images numériques pouvant être transmises),
- années 1970, les premiers télescopes spatiaux (γ , X, UV, IR).

Les principaux défis à relever, en effet, étaient :

- le vide et le froid,
- l'éloignement (une demi-heure pour la transmission d'un signal),
- la fourniture en énergie solaire très faible à cette distance,
- l'atterrissage d'une sonde, Philae, qui ne pèse que l'équivalent d'un gramme sur Terre.

Rosetta était équipée de 11 instruments scientifiques et Philae de 10 : ceux-ci, fabriqués en salles blanches, ont subi des contrôles extrêmement sévères car « la panne n'est pas une option ». Ils représentaient 250 kg sur un total de 3 tonnes dont 1,7 de carburant. Cette mission, d'un coût de 1,3 G€, a été financée par l'ESA.

Rosetta fut au rendez-vous avec 67P en août 2014, après un lancement en 2004, et quatre accélérations gravitationnelles pendant un voyage de dix ans. Le module Philae a rebondi après son atterrissage et a terminé sa course dans un creux à l'ombre, ce qui n'a pas permis un rechargement efficace des batteries après trois jours d'autonomie. En septembre 2016, la mission s'est terminée avec l'écrasement volontaire de la sonde sur la comète.

On a rencontré des difficultés pour orienter correctement la sonde et ses panneaux solaires à cause de confusions dans la recherche d'étoiles-repères dues aux poussières.

La comète a une forme de « canard », d'environ 4 km. Sa masse est de l'ordre de 10^{13} kg et sa densité d'environ $0,4 \text{ g/cm}^3$, soit une porosité de l'ordre de 70 %. Elle tourne sur elle-même en 12,4 heures. Elle est très sombre : sa réflexivité (albédo) n'est que de l'ordre de 5 %. Sa teinte générale est rouge. Sa cartographie est compliquée, se caractérisant par des dolines (trous d'effondrement) et des migrations de poussières d'un hémisphère à l'autre. Il est possible que sa forme en canard s'explique par l'agglomération de deux comètes.

On a pu observer l'augmentation de l'activité au fur et à mesure du rapprochement du Soleil. Équivalente à un verre d'eau par seconde à 4 UA, elle est montée à 300 kg/s au plus près du Soleil. Simultanément la couleur a évolué du rouge au bleu, pour revenir finalement au rouge. Au pic d'activité des avalanches ont pu être observées.

Une analyse chimique précise et une spectrométrie de masse ont pu être faites, révélant bien d'autres molécules que les 28 (dont des molécules organiques) identifiées depuis la Terre. En gros, ce sont les mêmes que celles qu'on observe dans les espaces interstellaires. Cela suggère que ces molécules sont très primitives, antérieures donc à la formation de la comète et du système solaire.