

Le système de détection du spectromètre de masse à double focalisation de l'expérience ROSINA: la participation belge à la mission Rosetta

Eddy NEEFS, Dennis NEVEJANS, Niels SCHOON, Etienne ARIJS
BIRA-IASB, Belgian Institute for Space Aeronomy

Ce 2 mars 2004, à 7h17 UT, une Ariane 5G décollait sans problème du site de lancement européen situé à Kourou en Guyane Française. Elle avait à son bord la sonde de l'ESA Rosetta. Deux heures quart après le lancement, exactement au moment prévu, Rosetta était séparé du dernier étage du lanceur et placé sur son orbite interplanétaire.

Rosetta est le troisième maillon du programme Horizon 2000+ de l'ESA. Son objectif scientifique premier est l'étude de l'origine des comètes, des relations existant entre les milieux cométaire et interstellaire et des implications de celles-ci sur l'origine du système solaire. La destination du satellite : la comète 67P/Churyumov-Gerasimenko. Rosetta en étudiera la composition et y fera atterrir un module, dénommé Philae, à sa surface. La comète 67P/Churyumov-Gerasimenko est une comète périodique, qui a été piégée dans le système solaire interne après avoir frôlé Jupiter de trop près. Elle a été découverte en septembre 1969 à l'Institut d'astrophysique d'Almaty (Kazakhstan) par l'astronome Klim Churyumov, de l'Université de Kiev (Ukraine) sur des photographies



prises par sa collègue Svetlana Gerasimenko, de l'Institut d'astrophysique de Douchanbe (Tadjikistan).

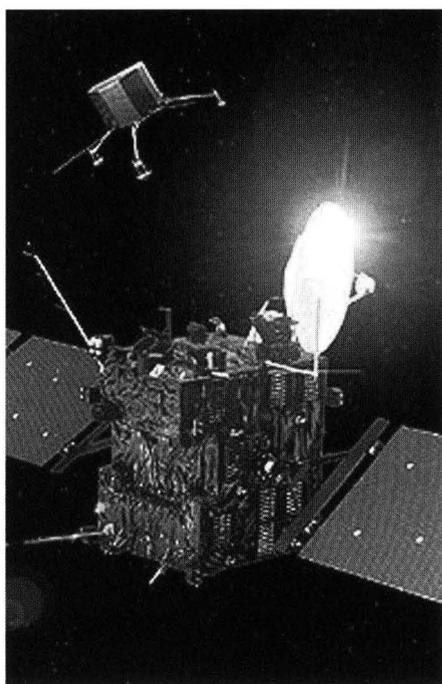
Les noyaux cométaires, le but principal de la mission Rosetta, représentent les entités les plus primitives du système solaire. On suppose qu'elles ont conservé l'histoire des processus physiques et chimiques, qui régnaient au début de l'évolution du système solaire. C'est justement l'abondance des espèces volatiles dans les comètes qui font d'elles des objets aussi importants. Ils sont la preuve que les comètes ont été formées dans des régions très éloignées du Soleil et ont été conservées à basse température depuis leur formation. La matière cométaire représente donc ce que nous pouvons observer qui se rapproche le plus de la matière condensée de la nébuleuse solaire. Ce potentiel énorme qui permettrait de mieux appréhender l'évolution du système solaire, est encore à exploiter.

Un long voyage

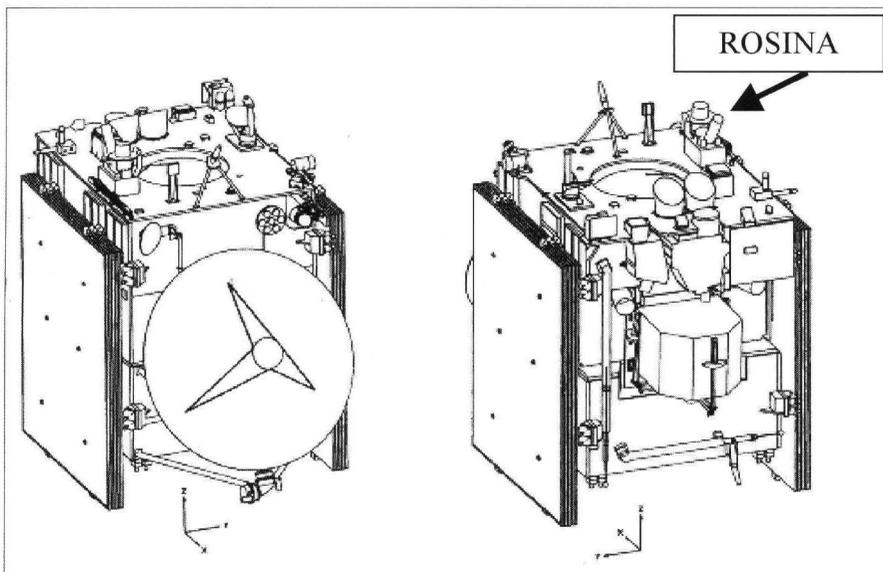
Il faudra à peu près 10 ans pour que Rosetta atteigne son but, en janvier 2014. Rosetta sera alors en orbite autour de la comète Churyumov-Gerasimenko pour les deux années qui suivront. Pour y arriver, Rosetta devra repasser à proximité de la Terre (en 2005, 2007 et 2009) et de Mars (en 2007) pour des manœuvres d'assistance gravitationnelle. L'étude détaillée de Churyumov-Gerasimenko, de son noyau et de son envi-

ronnement durera environ 18 mois. La phase consacrée à l'analyse du noyau débutera lorsque le satellite se trouvera à environ 3,25 unités astronomiques (UA) du Soleil par des mesures de télédétection, le satellite se rapprochant de plus en plus de sa cible, pour ne plus en être séparé que d'à peu près 1 km.

L'atterrissage de Philae est prévu pour novembre 2014. Philae est une île sur le Nil sur laquelle fut découvert un obélisque portant une inscription bilingue mentionnant les noms de Cléopâtre et de Ptolémée en hiéroglyphes égyptiens. C'est ce texte qui donna à l'historien français Champollion les clés qui



Lancement réussi!



Le modèle de la sonde Rosetta est basé sur une structure centrale en forme de boîte de 2,8 m x 2,1 m x 2,0 m, sur laquelle viennent se greffer tous les sous-systèmes et les différents équipements de la charge utile. Les panneaux solaires, chacun de 32 m², s'étendent vers l'extérieur définissant une envergure bout à bout de 32 m.

lui permirent de déchiffrer les hiéroglyphes de la pierre de Rosette. L'atterrisseur de 100 kg sera largué à environ 1 km d'altitude et se posera très lentement sur la surface du noyau, en raison de la faible force d'attraction de celui-ci. Il faudra même que Philae s'ancre à la surface à l'aide de ses harpons.

Pendant ce temps, l'orbiteur Rosetta poursuivra ses mesures. Il sera aux premières loges pour assister au réveil de la comète lorsque celle-ci s'approchera du Soleil et passera au périhélie en octobre 2015. La fin nominale de la mission est escomptée pour décembre 2015.

Survols d'astéroïdes

Au cours de son périple, le satellite croisera deux astéroïdes : Steins en 2008 et Lutetia

en 2010. Ces deux objets appartiennent à la ceinture d'astéroïdes située entre les orbites de Mars et de Jupiter.

La possibilité d'étudier un ou plusieurs astéroïdes de près figure depuis l'origine parmi les objectifs scientifiques de Rosetta. Il fallait cependant que les responsables évaluent la quantité de carburant disponible pour ces survols. Ceci ne pouvait être fait qu'après le lancement de la sonde et son insertion sur orbite. Suite à l'excellente mise en orbite réalisée par le lanceur Ariane 5G, il restait suffisamment de carburant pour effectuer le survol de deux astéroïdes. Ces objets sont les

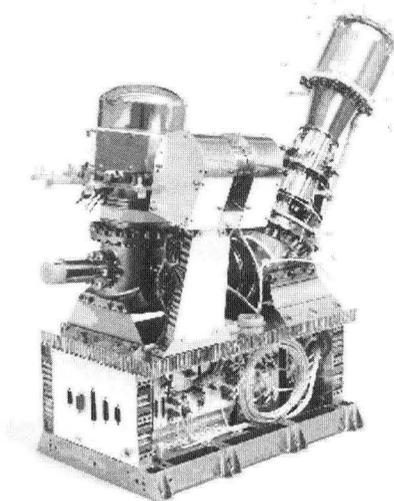
vestiges de l'époque à laquelle s'est formé le système solaire. Ils sont très différents les uns des autres par leur composition, leur forme et leur taille.

Les deux objectifs de Rosetta, présentent des caractéristiques fort différentes : Steins est un astéroïde de petite taille (quelques kilomètres de diamètre), alors que la taille de Lutetia est estimée à environ 100 km de diamètre. Steins sera survolé par la sonde le 5 septembre 2008, à une distance légèrement supérieure à 1700 km. Le 10 juillet 2010, lors de sa deuxième traversée de la ceinture d'astéroïdes, Rosetta survolera Lutetia à environ 3000 km.

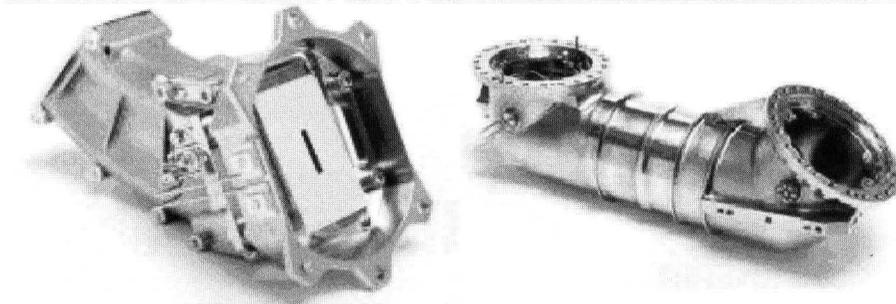
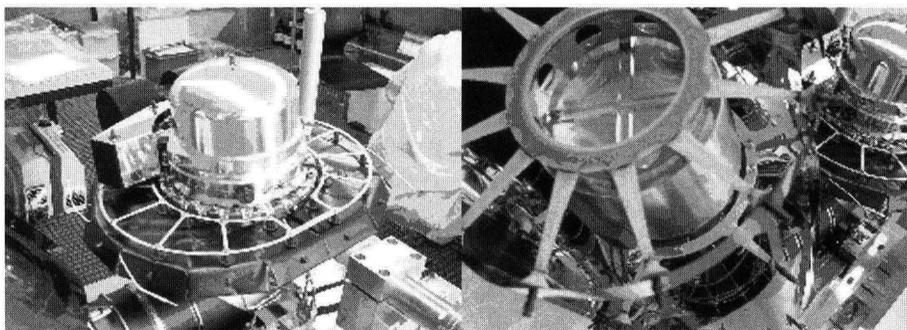
Les instruments embarqués à bord de Rosetta fourniront des informations sur leur masse et leur densité, ce qui permettra de faire des hypothèses sur leur composition. La sonde mesurera également la température de la surface, et observera la présence éventuelle de gaz et de poussières dans leur voisinage.

La mission Rosetta

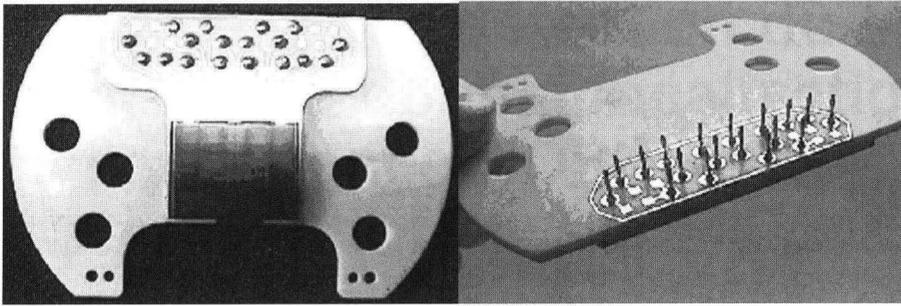
La mission Rosetta a été spécifiquement développée dans le but d'effectuer des analyses in situ de la matière cométaire. La partie conçue pour l'étude de la surface, le module Philae, fournira des informations sur les propriétés physiques et chimiques de la surface et de la sous-surface de la comète. Il sera également possible d'en déterminer la composition isotopique. Ces informations seront utilisées comme mesures sur site témoin par les instruments de télédétection



L'instrument DFMS



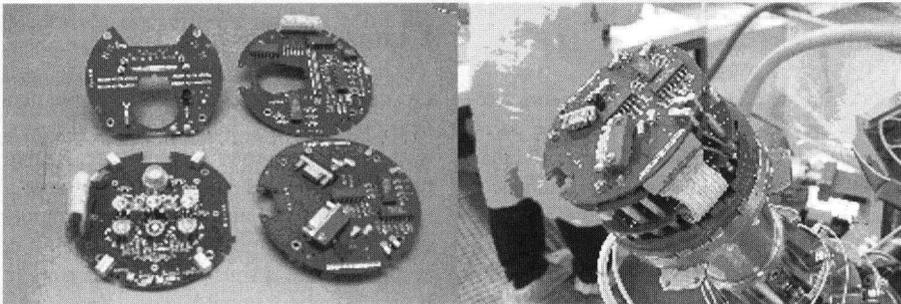
Détails du spectromètre de masse à double focalisation. De haut en bas et de gauche à droite : la source d'ions, le détecteur, l'aimant et la chambre principale de l'analyseur de masse.



Structure en céramique du chip de LEDA et connecteur.

à haute résolution. Des analyses *in situ* sophistiquées seront réalisées sur les grains de poussières et sur les gaz s'échappant du noyau. Les processus physico-chimiques qui relient la matière de la chevelure cométaire aux espèces volatiles et réfractaires du noyau seront également étudiés. Pour atteindre ces buts, le satellite restera la plus grande partie du temps de mission à moins de quelques dizaines de kilomètres du noyau. En effet, à cette distance, les poussières et les gaz n'auront subi que des altérations mineures et on pourra les relier à une région active particu-

donc un élément clef de la mission Rosetta. Il est capable de donner des informations pendant toute la durée de la mission, notamment en observant et en caractérisant les différentes phases de l'activité de la comète depuis son apogée jusqu'à son périégée, délivrant ainsi des informations essentielles pour comprendre le comportement des comètes. Aucun instrument unique ne pourrait arriver à cette fin, et c'est pourquoi Rosina est en fait l'assemblage de trois détecteurs : RTOF (Reflectron Time Of Flight mass spectrometer), DFMS



Cartes électroniques de proximité

lière de la surface. La physique sous-tendant les interactions entre la chevelure et le vent solaire sera aussi examinée.

(Double Focusing Mass Spectrometer) et COPS (COMetary Pressure Sensor).

L'instrument ROSINA

L'un des instruments de la charge utile de Rosetta est le spectromètre ROSINA (Rosetta Orbiter Spectrometer for Ion and Neutral Analysis). Il est consacré à l'étude de la composition de l'atmosphère et de l'ionosphère cométaires ainsi que des interactions existant entre elles. Rosina est

DFMS: le spectromètre de masse à double focalisation de ROSINA

Le spectromètre de masse à double focalisation est ce qui existe actuellement de mieux en matière de spectromètres de masse à haute résolution (la résolution $m/\Delta m$ vaut 3000 à 1% d'amplitude) présentant une très

grande gamme dynamique alliée à une grande sensibilité. Il est basé sur un concept aujourd'hui bien connu optimisé pour une meilleure résolution en masse et une large gamme dynamique qui utilise les méthodes modernes de calcul de propriétés optiques des ions. Le spectromètre DFMS possède deux modes opératoires : un mode 'gazeux' pour l'analyse des gaz cométaires et un mode ionique pour la mesure des ions. Les parties principales de l'instrument sont la source d'ions, l'analyseur et le système de détection.

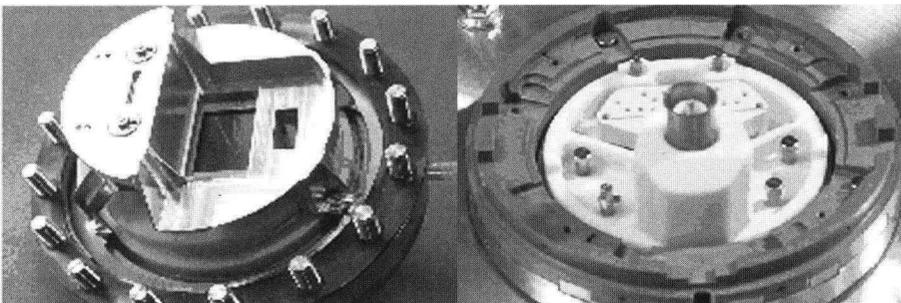
L'Institut d'Aéronomie Spatiale de Belgique (BIRA-IASB) était responsable de la construction d'une partie du système de détection du DFMS. En fait, le système principal de détection (LEDA, Linear Electron Detector Array) a été développé et construit sous sa responsabilité, de même que l'électronique de LEDA ainsi que celle du collecteur de Faraday, et que l'intégration des détecteurs et de leurs modules électroniques dans l'instrument. Les différentes phases de la construction, depuis les études sur papier, le développement des prototypes, la construction et la qualification des modèles de vol ont ainsi été supervisées par nos compatriotes. BIRA-IASB a fait appel à deux sous-traitants belges, IMEC, pour la construction de LEDA et OIP pour la production de PCB qualifiés pour l'espace.

Conclusions

La pierre de Rosette, qui a donné son nom à la mission Rosetta, fut la clef qui permit aux archéologues de déchiffrer les hiéroglyphes et ainsi d'avoir accès à trois millénaires d'histoire et de culture de l'Égypte ancienne. Gageons que Rosetta, en réalisant une étude détaillée du noyau d'une comète et des astéroïdes survolés, permettra à la communauté scientifique de résoudre le mystère des origines de notre système solaire.

Remerciements

La contribution belge à l'expérience Rosetta n'aurait pu se faire sans l'aide financière fournie par l'Office Fédéral Belge pour les Affaires scientifiques, techniques et culturelles (DWTC-SSTC), par l'IASB/BIRA et l'Office PRODEX de l'ESA. Les membres scientifiques et techniques des équipes s'occupant du DFMS à l'Institut de Physique de l'Université de Bern, à IASB/BIRA, CETP-IPSL, IMEC, et OIP sont également remerciés pour leur collaboration et aide durant les phases d'étude, de construction et de tests du détecteur du DFMS.



Bride pour le détecteur du DFMS vue de face (à gauche) et de dos (à droite).