

Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft
Band: 61 (2003)
Heft: 315

Artikel: La mission Rosetta
Autor: Berthet, Stéphane
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-898388>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 29.03.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

La mission Rosetta

DR STÉPHANE BERTHET

Le 15 janvier 2003, suite à l'identification de problèmes dans les procédures de lancement d'Ariane 5, l'Agence spatiale européenne (ESA) et Arianespace ont décidé de reporter le lancement de la sonde Rosetta à une date encore indéterminée. Initialement, le lancement aurait du avoir lieu entre le 13 et le 31 janvier 2002 afin de ne pas manquer le rendez-vous avec la comète Wirtanen en novembre 2011. Le rendez-vous n'aura donc pas lieu. Cependant, la mission n'est pas annulée mais seulement reportée. D'autres comètes ont été identifiées comme objectif de rechange. Aujourd'hui, de nouvelles stratégies sont à l'étude avec des lancements envisageables dès 2004. Les nouvelles comètes seront choisies sur la base des trois critères principaux suivants: maximum de retour scientifique, minimum de risque technique pour le vaisseau Rosetta et coût additionnel limité. Pour l'instant, Rosetta doit être placé dans un lieu sécurisé et ultra propre jusqu'au prochain départ dans deux ans et demi au plus tard. Les ingénieurs vont retirer les batteries, les harpons du module de surface et vidanger les réservoirs de carburant.

Les mois qui vont suivre seront donc consacrés à la redéfinition du profil de mission selon une stratégie proche de celle exposée dans cet article. Une décision sur le scénario à retenir sera prise en mai prochain au plus tard. Il est important de souligner que ce report de mission n'aura pas d'impact sur les instruments à bord de la sonde Rosetta ni sur la science à réaliser. L'avantage de Rosetta étant d'avoir été conçue pour supporter une large gamme de contraintes techniques. Cela dit le coût de ce maintien au sol de Rosetta est évalué à 50 – 100 millions d'Euros selon le temps qui nous sépare du lancement (maximum 2.5 ans) ! Le programme Ariane-5 est maintenant dans une phase de ré-examen et l'ESA espère qu'Arianespace pourra fournir très vite les garanties nécessaires sur les procédures de qualification du système Ariane-5.

1. Introduction

Voici un peu plus de deux siècles, lors de l'expédition d'Égypte (mai 1789 à octobre 1801) de NAPOLÉON BONAPARTE, les savants français, qui l'accompagnaient, recueillirent un grand nombre d'informations scientifiques, artistiques et archéologiques. Mais l'une des

découvertes les plus importantes fut sans doute la pierre de Rosette dans le village de Rashid (Rosette) dans le delta du Nil. Cette pierre portait la copie d'un décret d'un synode de prêtres égyptiens, réuni en 192 av. J.C., instituant un culte en l'honneur de PTOLEMÉE V ÉPIPHANE, inscrit en hiéroglyphes, en démotique et en grec. JEAN-FRANÇOIS CHAMPOLLION parvint à traduire le texte hiéroglyphique, perçant ainsi le secret de l'écriture égyptienne. L'égyptologie était née.

À l'image de la pierre de Rosette, qui livra la clé de l'écriture hiéroglyphique, la mission Rosetta devrait livrer des clés importantes aux scientifiques qui cherchent à percer le secret de la formation des planètes et de l'origine de la vie.

En novembre 1993, la mission Rosetta fut approuvée par le Comité du programme scientifique de l'ESA comme Pierre angulaire de son plan à long terme Horizons 2000.

Depuis scientifiques et ingénieurs de toute l'Europe et des USA ont combiné leurs talents pour construire une sonde spatiale et un module de surface équipés des instruments scientifiques les plus

sophistiqués pour un voyage unique et extraordinaire à la rencontre d'une comète.

2. Objectif

L'objectif de la mission Rosetta est un rendez-vous avec une comète pour une étude détaillée de la structure interne de son noyau, de sa nature et de sa composition minéralogique, chimique et isotopique, notamment de sa composante organique, de l'interaction du noyau avec le vent et la pression de radiation solaire ainsi que de manière plus générale de l'origine des comètes et de leur rôle dans l'origine du système solaire. Quant au module de surface, il analysera in-situ la composition et la structure du noyau de la comète. Rosetta profitera de son voyage pour le survol et l'étude d'astéroïdes. Initialement les astéroïdes Otawara et Siwa devaient être visités.

Les scientifiques pourront comparer les résultats de Rosetta avec ceux de la mission Giotto et d'observations réalisées à partir d'observatoires terrestres. Ces premiers résultats ont montré que les comètes contiennent des molécules organiques complexes – composants riches en carbone, hydrogène, oxygène et azote. Ce sont justement ces éléments qui composent les acides nucléiques et aminés qui sont les briques essentielles de la vie. Est-ce que la vie sur Terre trouve son origine dans les comètes? Rosetta fournira peut-être une réponse à cette question fondamentale.

Fig. 1: la pierre de Rosette, actuellement exposée au British Museum à Londres.

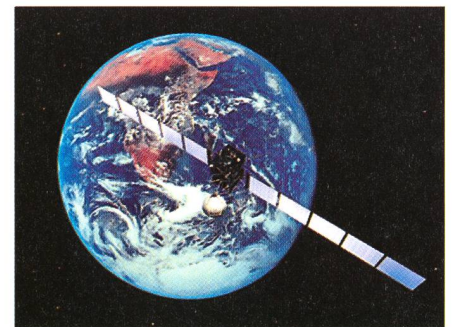


Fig. 2: Rosetta survole la Terre.

3. La mission

L'odyssée de Rosetta devrait durer un peu plus de 10 ans. Le lancement sera effectué par une Ariane 5 depuis le port spatial européen de Kourou en Guyane française. La sonde spatiale de 3 tonnes sera dans un premier temps mise sur une orbite de parking avant d'être envoyé au-delà de la ceinture d'astéroïdes

dans l'espace lointain. Aujourd'hui, il n'existe pas de fusée ayant la capacité d'envoyer directement la sonde Rosetta vers sa cible. C'est pourquoi Rosetta recevra un surcroît d'énergie grâce à l'assistance gravitationnelle de planètes du système solaire. Initialement, Mars et la Terre par deux fois devaient servir de «catapulte» pour lui donner la vitesse nécessaire à la réussite de son périple.

Pendant la plupart de son odyssée, Rosetta sera placée en état d'hibernation afin de limiter sa consommation d'énergie et de carburant ainsi que les coûts d'opération de la mission. Cette longue période d'hibernation sera ponctuée de courtes périodes d'intenses activités lors des phases d'assistance gravitationnelle et le(s) survol(s) d'astéroïde(s). Lors de la mission, les instructions émises par le centre de contrôle au sol mettront jusqu'à 50 minutes pour atteindre la sonde spatiale, c'est pourquoi Rosetta est équipée d'une intelligence de bord capable de contrôler elle-même la gestion des données, l'orbite et l'attitude du vaisseau spatial.

Les phases clés de la mission:

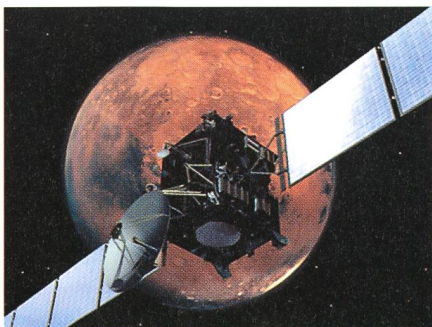
Le lancement

Le lanceur Ariane 5 décollera de Kourou. Au terme de la phase de propulsion de l'étage inférieur, le vaisseau spatial sera placé sur une orbite terrestre de parking (4000 km x 200 km) pour environ 2 heures. Ensuite l'étage supérieur d'Ariane sera mis à feu pour propulser Rosetta sur sa trajectoire interplanétaire avant de se séparer du vaisseau spatial.

Vérification

Le vaisseau spatial déploiera ensuite ses panneaux solaires et les orientera en direction du Soleil. Les premiers mois seront consacrés à la vérification de toutes les fonctions du satellite. Rosetta sera ensuite mise en hibernation, tous les instruments scientifiques seront éteints pour la première étape de son voyage vers Mars (à confirmer).

Fig. 3: *Survols de Mars.*



Assistance gravitationnelle

Le vaisseau sortira d'hibernation quelques mois avant son arrivée à proximité de la planète qui lui donnera la première assistance gravitationnelle. Des corrections d'orbite sont prévues à l'approche et au départ de la planète. Le survol de celle-ci permettra quelques observations scientifiques. Une deuxième voire même une troisième assistance gravitationnelle pourraient être nécessaires.

Survols d'astéroïdes

Le scénario de mission original prévoyait le survol de deux astéroïdes : Otawara et Siwa. Il est possible que le nouveau profil de mission n'autorise pas de telles visites.

Le rendez-vous avec la comète

La phase la plus difficile de la mission sera le rendez-vous avec la comète avec la manœuvre d'accord de l'orbite du vaisseau à celle de la comète. Ainsi, après des actions de freinage visant à ramener la vitesse relative entre la comète et Rosetta à environ 25 m/s, commencera la manœuvre d'orbite permettant de placer Rosetta en position de rencontrer la comète. Elle sera réalisée avant que les instruments optiques de Rosetta ne soient en mesure d'observer la comète, grâce aux observations au sol qui permettront un calcul précis de l'orbite de la comète.

Fig. 4: *Le module de surface.*



Phases d'approche de la comète

Lors des dernières phases d'approche de la comète les instruments embarqués observeront la comète afin d'étudier ses propriétés dynamiques en détail

pour déterminer avec précision sa trajectoire, ainsi que sa taille, sa forme et sa rotation. La vitesse relative du vaisseau et de la comète sera graduellement ramenée à 2 m/s après environ 90 jours. Elles se terminent par la mise en orbite à une distance de 5 à 25 fois le noyau de la comète.

Cartographie et caractérisation de la comète

A moins de 200 km du noyau des images montreront l'attitude de la comète, sa vitesse angulaire, les principaux sites possibles pour le module de surface ainsi que d'autres caractéristiques de base. Ensuite des manœuvres pourraient amener le vaisseau à une distance d'environ 35 km du noyau. La vitesse relative sera alors de quelques cm/s. L'orbiteur commencera alors une cartographie détaillée du noyau. A l'issue de ces observations, 5 sites seront choisis pour des observations rapprochées. Ces observations, qui pourraient durer 30 jours, amèneront une décision quant au site d'atterrissage.

Fig. 4: *Sur la comète.*



«Atterrissage» sur la comète

Dès qu'un site sera choisi, le module de surface sera libéré (trajectoire balistique) d'une altitude d'environ 1 km. Son atterrissage se déroulera à une vitesse de moins de 1 cm/s. Immédiatement après s'être posé sur la comète, le module de surface s'ancrera à l'aide d'un harpon afin d'éviter d'être éjecté de la comète dont la gravité est très faible. Les opérations de surface sont planifiées pour un minimum de 65 heures, mais elles pourront continuer sur plusieurs mois. Il enverra des images de haute résolution ainsi que d'autres informations sur la nature du sol. Après le largage des instruments, l'orbiteur rejoindra une trajectoire choisie au mieux pour recevoir et relayer vers la Terre les précieuses données transmises depuis la surface.

Escorte de la comète

L'orbiteur escortera la comète sur sa trajectoire en direction du Soleil à une vitesse d'environ 135'000 km/h. En orbite autour de la comète, il observera l'activité de la comète à l'approche du Soleil (les jets de gaz et de poussières, le plasma de la chevelure, etc.). La mission prendra fin, lorsque la comète sera au plus près du Soleil (périhélie).

4. Les comètes

Les comètes sont de petits corps de formes irrégulières qui ressemblent à une boule de neige sale, une sorte d'iceberg cosmique constitué encore aujourd'hui des éléments originels de la formation du système solaire. Plus de la moitié de leur contenu est de l'eau. Elles ont une orbite très elliptique qui les amènent très près du Soleil et les catapultent loin dans l'espace, souvent au-delà de l'orbite de Pluton. En se rapprochant du Soleil, la surface de la comète s'évapore et des jets de gaz soufflent des poussières dans l'environnement de la comète développant ainsi un nuage de matériel diffus appelé la chevelure qui normalement grossit et devient plus lumineuse à l'approche du Soleil. Associé à cela les comètes développent, sous l'influence de la pression de radiation solaire et du vent solaire qui accélèrent les particules de matière en les éloignant de la tête de la comète, d'énormes queues qui s'étendent sur des millions de kilomètres et cela toujours dans la direction opposée au Soleil. Cette chevelure de gaz et de poussière augmente la brillance de la comète mais elle masque aussi complètement son noyau. Rosetta rencontrera sa comète dans les régions froides du système solaire là où il n'y a pas d'activité de surface, où le noyau est calme et sombre. Tout au long de son périple Rosetta pourra ainsi étudier les variations d'activité de surface.

5. Rosetta une mission historique

Rosetta réalisera des premières historiques qui feront date. Ainsi le vaisseau spatial Rosetta sera:

- le premier à se mettre en orbite autour du noyau d'une comète;
- le premier à accompagner une comète dans son périple au sein du système solaire interne;
- le premier à examiner de près la manière dont une comète gelée se transforme à l'approche de la chaleur du Soleil;

- le premier, après son arrivée auprès de la comète, à larguer un module de surface dont les instruments fourniront les premières images de la surface du noyau d'une comète ainsi que les premières analyses in situ;
- le premier, qui sur le chemin de son rendez-vous avec la comète, fera le survol d'astéroïdes de la ceinture d'astéroïdes (à confirmer);
- le premier qui utilise des cellules solaires comme source principale d'énergie à aller aussi loin dans le système solaire (à proximité de Jupiter).

6. La participation de la Suisse

La Suisse participe à la mission Rosetta à deux niveaux:

- au travers de sa participation au programme obligatoire de l'ESA. De ce fait, l'industrie suisse a participé à la réalisation de la sonde spatiale.
- au travers de participations instrumentales à la charge utile sur fonds nationaux.

Science

L'instrument ROSINA (*Rosetta Orbiter Spectrometer for Ion and Neutral Analysis*), l'un des plus importants de l'orbiteur Rosetta, a été conçu par le groupe du prof. H. Balsiger de l'institut de physique de l'Université de Berne et construit avec l'aide de l'industrie suisse.

Industrie

Sur le vaisseau spatial plus de 50 contractants européens et américains ont travaillé sur la maîtrise d'œuvre d'Astrium (D).

HTS: l'antenne (diamètre de 2.2m) à haut gain de Rosetta.

Sur la charge utile (les expériences scientifiques) APCO Technologies SA: instrument RTOF (spectromètre de masse) pour l'expérience Rosina (Uni. Berne) sur ROSETTA avec l'EMPA comme sous contractant; Contraves Space AG: instrument DFMS (spectromètre de masse) pour l'expérience Rosina (Uni. Berne) sur Rosetta;

Space-X: micro-caméras pour l'instrument français Civa.

7. Les instruments scientifiques de l'orbiteur

ALICE:

Ultraviolet Imaging Spectrometer. Spectroscopie UV (70-205 nm) pour des analyses de la composition de surface du noyau, des gaz de la coma et de la queue ainsi que pour des mesures du taux de production d'eau, de monoxyde et dioxyde de carbone.

CONCERT:

Comet Nucleus Sounding Experiment by Radiowave Transmission. Expérience de sondage de la structure interne du noyau par ondes radio en étudiant la manière dont ces ondes sont réfléchies et diffusées par le noyau.

COSIMA:

Cometary Secondary Ion Mass Analyser. Spectroscopie de masse (grains de poussière) afin d'analyser les caractéristiques des grains de poussière (organique ou inorganique) émis par la comète.

GIADA:

Grain Impact Analyser and Dust Accumulator. Mesure de vitesse des particules et force des impacts des grains de poussière provenant du noyau ou d'autres directions (particules réfléchies par la pression de radiation du Soleil).

MIDAS:

Micro-Imaging Dust Analysis System. Système de micro-imageur pour l'étude de la population et de la morphologie des particules dans l'environnement des astéroïdes et de la comète.

MIRO:

Microwave Instrument for the Rosetta Orbiter. Spectroscopie micro-onde pour déterminer l'abondance des gaz, le taux de dégazage de la surface de la comète, la température de la surface du noyau. Des mesures similaires seront faites pour Siwa et Otawara.

OSIRIS:

Optical, Spectroscopic, and Infrared Remote Imaging System. Un système d'imageur, caméras à grand et petit angle, pour obtenir des images à haute résolution des astéroïdes Otawara et Siwa, du noyau de la comète et pour aider à trouver le meilleur site d'atterrissage.

ROSINA:

Rosetta Orbiter Spectrometer for Ion and Neutral Analysis. Spectroscopie

pie de masse, gaz neutres et ions lourds. Deux spectromètres de masse détermineront la composition de l'atmosphère et de l'ionosphère de la comète, la vitesse des particules de gaz chargées et les réaction auxquelles elles participent. (H. Balsiger, Univ. of Bern, Switzerland)

RPC:

Rosetta Plasma Consortium. Sonde de langmuir, détecteur d'ions et électrons, magnétomètre, analyseur de composition ionique.

RSI:

Radio Science Investigation. Expériences radio où les décalages des signaux radio seront utilisés pour mesurer la masse, la densité et la gravité du noyau, pour définir l'orbite de la comète et pour étudier l'intérieur de la coma. Cette expérience sera aussi utilisée pour mesurer la masse et la densité de Siwa et pour étudier la couronne solaire pendant les périodes où Rosetta, vue depuis la Terre, passera derrière le Soleil.

VIRTIS:

Visible and Infrared Thermal Imaging Spectrometer. Cartographie en spectroscopie visible et infrarouge pour des études de la surface du noyau et de sa température, l'identification des gaz de la comète, caractérisation des conditions physiques de la coma et aide à l'identification d'un site d'atterrissage.

8. Les instruments scientifiques du module de surface

APXS

Alpha X-ray Spectrometer. Analyse élémentaire du matériau cométaire par spectrométrie X, alpha et proton.

ÇIVA

Sept micro-cameras identiques pour des vues panoramiques de la surface. Un microscope dans le visible couplé à un spectromètre infrarouge pour l'étude de la composition, de la texture et de la réflectivité d'échantillons.

ROLIS

Rosetta Lander Imaging System. Une caméra CCD pour l'obtention d'images haute résolution pendant la descente et d'images panoramiques stéréo de haute résolution des zones étudiées par d'autres instruments.

COSAC

Cometary Sampling and Composition experiment. L'un des deux analyseurs de gaz évolués capable de détecter et d'identifier des molécules organiques complexes.

MODULUS PTOLEMY

Un autre analyseur de gaz évolué capable de mesurer avec précision les rapports isotopiques des éléments légers.

MUPUS

Multi-Purpose Sensors for Surface and Subsurface Science. Détecteur polyvalent pour expérience en surface et

en profondeur pour mesurer la densité, les propriétés thermiques et mécaniques de la surface.

ROMAP

Rosetta Lander Magnetometer and Plasma Monitor. Un magnétomètre et un moniteur plasma pour l'étude du champ magnétique local de la comète ainsi que l'interaction comète-vent solaire.

SD2

Sample and Distribution Device. Forage d'environ 20 cm pour collecter des échantillons et les installer dans différents fours ou pour des inspections microscopiques.

SESAME

Surface Electrical, Seismic and Acoustic Monitoring Experiments. Trois instruments pour mesurer les propriétés des couches supérieures de la comète par sondage acoustique, sismique et électrique.

CONSERT

Comet Nucleus Sounding Experiment by Radiowave Transmission. Sondage de la structure interne du noyau. Les ondes radio de l'expérience Consert sur l'orbiteur traversent le noyau de la comète et sont retournées par un transpondeur sur le module de surface.

DR STÉPHANE BERTHET

Chef suppléant du Swiss Space Office
Hallwylstrasse 4, CH-3003 Berne

9. Quelques données sur la mission Rosetta

Masse au lancement

Total	Approximativement 3000 kg
Propergol	1670 kg
Instruments scientifiques	165 kg pour 11 instruments sur l'orbiteur
Module de surface	100 kg avec 9 instruments

Dimensions

Le vaisseau principal: 2.8 m x 2.1 m x 2.0 m, sur lequel sont montés l'ensemble des sous systèmes et des instruments scientifiques.
 Panneaux solaires: Deux de 16 m de long pour une surface totale de 64 m².
 Puissance de sortie des panneaux solaires: 850 W à 3.4 AU, 395 W à 5.25 AU
 Sous-système de propulsion: 24 propulseurs de 10 N pour le contrôle de trajectoire et d'attitude.
 Durée de mission: 10.5 ans
 Centre des opérations de mission: ESOC¹, Darmstadt, D
 Centre des opérations scientifiques: ESOC (Darmstadt, D) et ESTEC² (Noordwijk, NL)
 Centre de contrôle de l'atterrisseur: DLR³ (Cologne, D) et CNES⁴ (Toulouse, F)
 Station sol principale: New Norcia, proche de Perth, Australie.
 Coût de la mission: 701 Million Euros aux conditions économiques 2000 (lancement et opération inclus)

¹ ESOC: centre de contrôle des satellites européens

² ESTEC: centre de recherche et technologie spatiale

³ DLR: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

⁴ CNES: Centre national d'études spatiales