

Fiche Résumé

La Mission ROSETTA, de l'Agence Spatiale Européenne (ASE), a pour objectif l'étude de la comète Churyumov Gerasimenko avec laquelle une sonde a rendez-vous en 2014. Après une période pendant laquelle sera réalisée une cartographie de l'astre par le satellite principal (orbiteur), suivra une phase d'observation rapprochée avec notamment l'envoi d'un module (atterrisseur) à la surface de la comète. Le lancement, prévu entre le 26 Février et le 24 Mars 2004 sur un lanceur Ariane 5, conduira à une mise en orbite à proximité de la comète vers mi 2004 pour une période d'observation de 18 mois environ.

La France participe doublement à cette mission au travers:

- de participations techniques à l'orbiteur (par le biais de sa contribution à l'Agence Spatiale Européenne) et à l'atterrisseur (par le biais d'un accord de coopération avec l'Agence Spatiale Allemande DLR)
- de participations scientifiques aux instruments embarqués sur l'orbiteur et l'atterrisseur.



Sites internet: <http://rosetta-mission.cnes.fr/>

<http://sci.esa.int/home/rosetta/>

Le cadre de la mission

La mission Rosetta est la 3^{ème} pierre angulaire du programme scientifique Horizon 2000 de l'ASE. Après l'abandon d'un retour d'échantillon cométaire, jugé trop ambitieux sur les plans technique et budgétaire, la mission a été redéfinie en 1993 comme une mission de rendez-vous avec un noyau cométaire. En effet, après avoir réalisé un survol rapide d'une comète (68 km/s par GIOTTO pour la comète de Halley – illustration 1), il est important d'effectuer une nouvelle mission pour recueillir, lors d'observations prolongées en orbite et sur le sol même de la comète, de nouvelles mesures permettant de conforter les théories actuelles ou d'en développer de nouvelles.

La problématique scientifique associée

Avec les astéroïdes, les comètes constituent la famille des petits corps du système solaire. Ceux-ci sont considérés aujourd'hui comme des reliquats de la matière primitive à partir de laquelle s'est formé le système solaire, il y a 4,5 milliards d'années (illustration 2). A l'inverse des astéroïdes qui paraissent être constitués de blocs rocheux de composition et de texture variable (plusieurs survols ont été réalisés par des engins spatiaux), les comètes se présentent comme des petits agrégats (noyaux de taille inférieure à 10 km) de grains non volatiles et de gaz congelés (illustration 3).

Outre une contribution au processus de formation du système solaire, les comètes paraissent avoir joué aussi un rôle essentiel dans l'évolution biologique de la Terre. En effet, certaines théories laissent supposer qu'elles ont pu apporter une fraction importante de la matière organique terrestre à partir de laquelle se sont constituées les briques élémentaires de la vie.

Les trajectoires des comètes connues sont généralement fortement elliptiques, les faisant passer périodiquement à proximité du Soleil. Un dégazage conduit alors à la formation d'un nuage de poussières (coma) qui peut s'étendre sur des distances considérables, pour former une queue, sous l'effet de la pression de radiation et du vent solaire (illustration 4).

Les objectifs scientifiques

Les objectifs de la mission Rosetta peuvent se résumer comme suit :

- Caractérisation globale du noyau, détermination des propriétés dynamiques ;
- Composition chimique, minéralogique et isotopique des volatiles et du matériau réfractaire du noyau ;
- Propriétés physiques et interaction volatiles réfractaires ;
- Etude du développement de l'activité cométaire ;
- Origine des comètes ; relation entre les matériaux cométaires et interstellaires ;
- Etude de la structure interne du noyau ;
- Caractérisation globale des astéroïdes, détermination des propriétés dynamiques et de leur composition.

Le profil de mission

Afin de rejoindre sa cible, le satellite ROSETTA devra avoir une trajectoire faisant appel à quatre assistances gravitationnelles (Terre, Mars, Terre, Terre) permettant de modifier sa trajectoire initiale sans dépense excessive d'ergols (illustration 5).

Cette stratégie impose une durée de croisière longue (10 ans) qui sera mise à profit pour survoler deux astéroïdes. Le reste du temps, tant pour des raisons de fiabilité que de diminution des coûts opérationnels, le satellite sera en mode dormant, sans échange d'information avec la Terre, technique déjà utilisée avec succès pour GIOTTO.

La phase d'observation de la comète, d'une durée d'environ 18 mois, débutera en mi 2014 pour s'achever après le passage au périhélie de la comète. Pendant cette phase les instruments de l'orbiteur seront activés simultanément, lorsque les ressources le permettent, sinon séquentiellement.

L'atterrisseur sera largué quelques mois après la mise en orbite de Rosetta autour de la comète. Pendant 5 jours, la priorité sera donnée à la réception des données de l'atterrisseur par l'orbiteur. Au-delà, la mission de l'atterrisseur ne sera plus prioritaire mais des données pourront néanmoins être transmises lorsque la visibilité sera favorable. La durée de vie totale de l'atterrisseur dépendra de ses capacités à être réactivé grâce aux panneaux solaires qui rechargeront ses batteries. Une (ou plusieurs) réactivation est possible jusqu'à plusieurs mois après la première phase de 5 jours.

Les composantes de la mission

Du fait des performances requises (masse lancée et vitesse fournie), un lanceur de type ARIANE 5G+ sera utilisé (en tir simple) pour injecter le satellite sur une trajectoire de libération (illustration 6).

Le segment spatial se compose d'un orbiteur (cf. illustration de la fiche résumé), développé par Astrium pour le compte de l'Agence Spatiale Européenne, et d'un atterrisseur, développé par un consortium de huit pays européens (Allemagne, France, Italie, Angleterre, Hongrie, Autriche, Irlande, Finlande).

L'orbiteur, d'architecture mécanique basée sur celle d'un satellite de télécommunications, pèse environ 3 tonnes dont la moitié d'ergols. La charge utile (atterrisseur compris) pèse environ 300 kg.

L'atterrisseur lui-même pèse 85 kg dont 25 kg de charge utile. Ses sources d'énergie seront des piles, des batteries et des cellules solaires (illustration 7). Du fait des faibles ressources allouées, un effort de miniaturisation tant sur les instruments que sur les sous-systèmes a été nécessaire.

Chacun de ces deux engins spatiaux embarquera une charge utile scientifique composé d'instruments développés par des laboratoires scientifiques européens ou américains.

Enfin, le segment terrien, sous responsabilité de l'ASE, fera appel à deux stations sol (Perth en Australie et Kourou en Guyane) et à un centre d'opérations (Darmstadt en Allemagne). De plus, l'atterrisseur aura également un centre d'opérations partagé entre l'Allemagne (DLR Cologne) et la France (CNES Toulouse).

Le calendrier de développement et de vol

Le calendrier de la mission Rosetta est résumé dans le tableau ci-dessous.

LA MISSION ROSETTA	DATE
Présélection charge utile (début de phase A instruments)	Mars 96
Confirmation charge utile (début phase définition)	Printemps 97
Phase C/D (développement, intégration & tests)	1999 - 2002
Lancement	Février/Mars 2004
Phase de Croisière & Survol astéroïdes	2004 - 2014
Arrivée autour de la comète	Août 2014
Fin de la mission Rosetta	Janvier 2015

Après les essais réalisés en 2000 sur les modèles mécaniques et thermiques (illustration 8) et sur les modèles électriques (illustration 9), l'année 2001 a été consacrée à l'intégration des modèles de vol qui ont été testés en 2002 en vue du tir prévu initialement début 2003 vers la comète Wirtanen. Pour des raisons liées au lanceur, le tir a dû être reporté et un nouveau schéma de mission a été défini permettant de remplir les objectifs initiaux en prenant pour cible la comète Churyumov Gerasimenko.

La place de la France

La France participe à la mission ROSETTA à trois niveaux :

- Au travers de sa participation au programme obligatoire de l'ASE : De ce fait, l'industrie française intervient dans la réalisation du satellite principal (en particulier Astrium France).
- Au travers de participations instrumentales aux charges utiles, tant du satellite principal que de l'atterrisseur (voir tableaux 1 et 2 ci après).
- Au travers d'une participation à l'ingénierie, au développement, aux tests et aux opérations de l'atterrisseur (voir tableau 3 ci après).

En parallèle à l'industrie nationale développant une partie du satellite principal sous contrat ASE, les autres activités françaises sont gérées par l'établissement toulousain du Centre National d'Etudes Spatiales.

L'équipe projet qui y travaille s'appuie :

- Pour les participations instrumentales, sur 14 laboratoires du Centre National de la Recherche Scientifiques, de l'Université Paul Sabatier de Toulouse et de l'Observatoire de Paris (illustration 10).
- Pour les participations techniques, sur les services techniques du CNES et sur l'industrie (SOREP, SAFT, STEEL, CISI, REALIX ...).

Illustration 1 : Mission Giotto (Survol de la comète de Halley en Mars 1986)

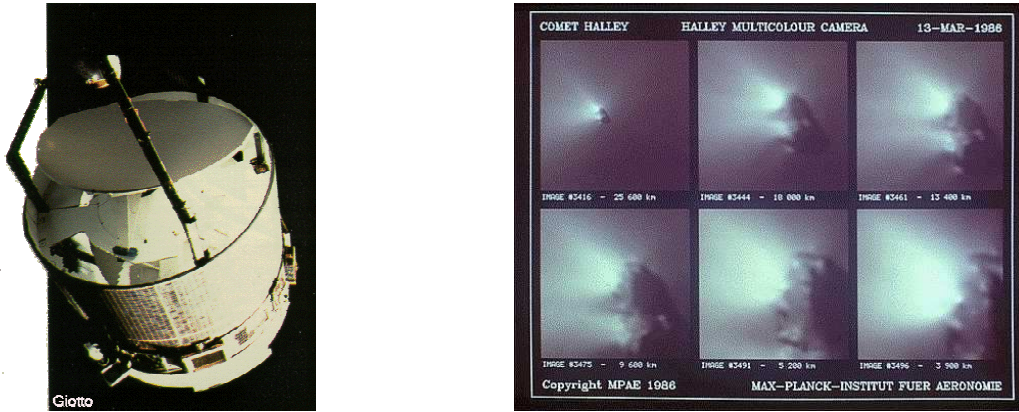


Illustration 2 : Les comètes dans la création et l'évolution du système solaire

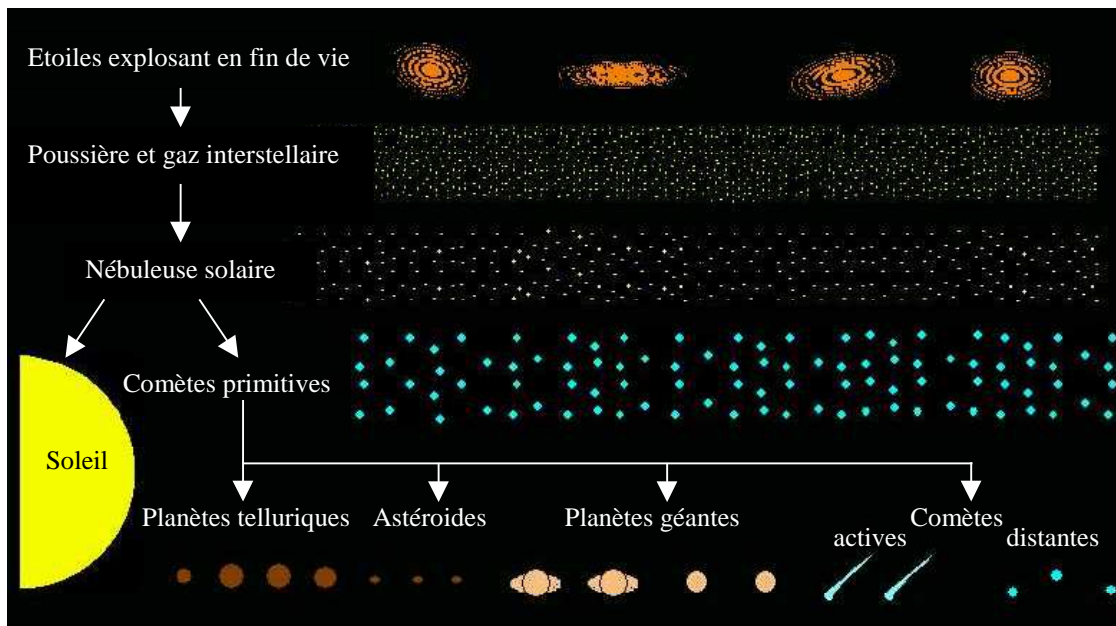


Illustration 3 : Le noyau de la comète de Halley (document source ESA)

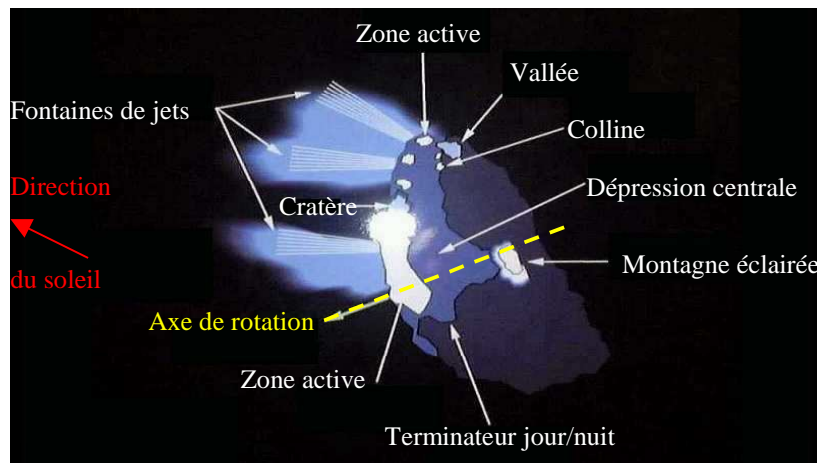


Illustration 4 : Les différentes parties de la coma d'une comète

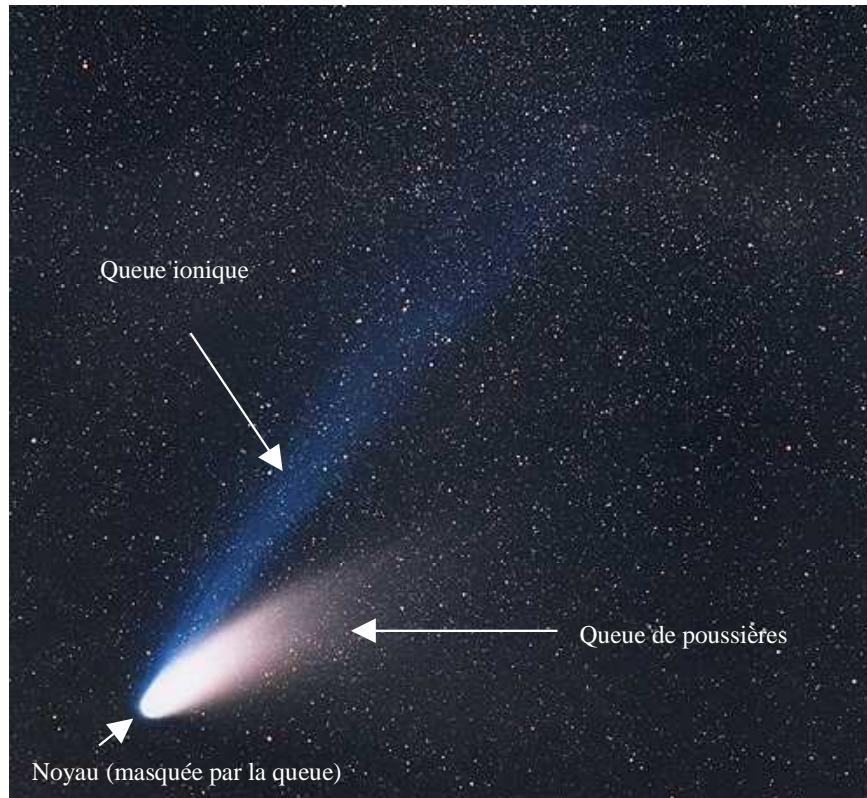


Illustration 5 : Trajectoire de la mission Rosetta

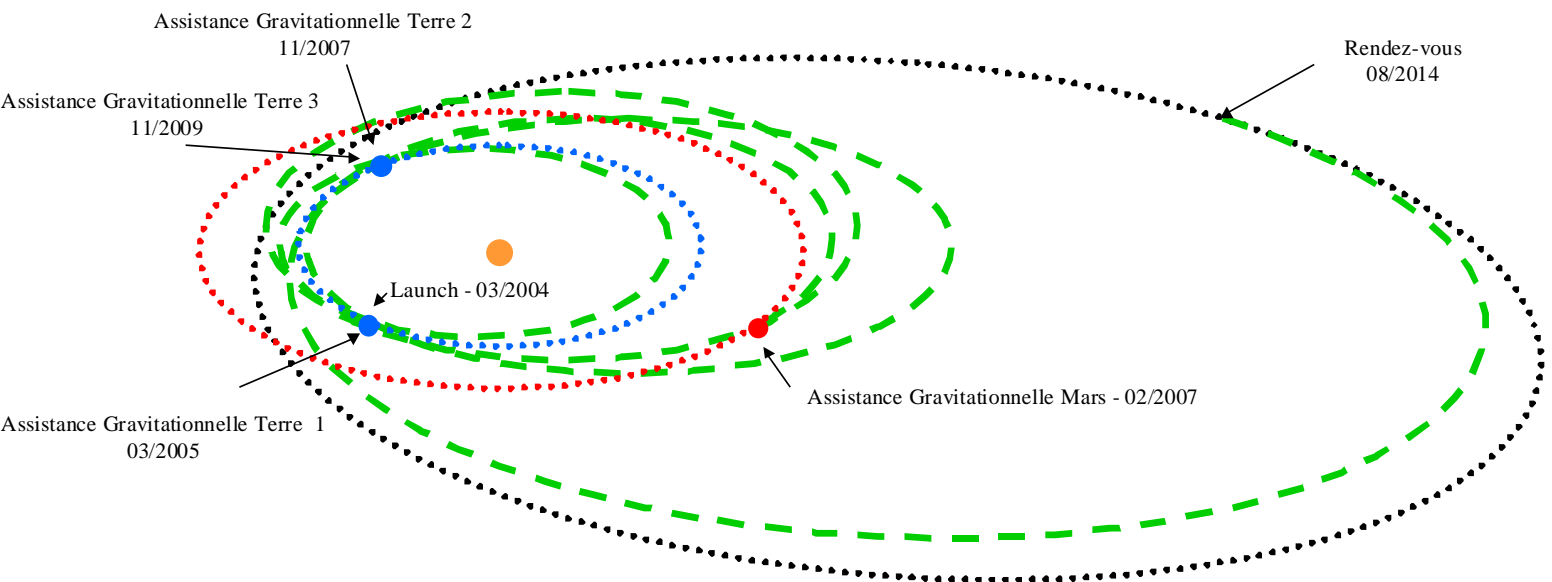


Illustration 6 : Le lanceur de la mission Rosetta (ARIANE 5 version type G+)



Illustration 7 : L'atterrisseur de la mission Rosetta



Illustration 8 : Modèles mécaniques et thermiques (orbiter et atterrisseur)

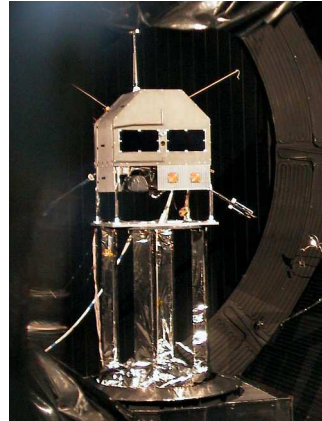


Illustration 9 : Modèles électriques (ici couplés)

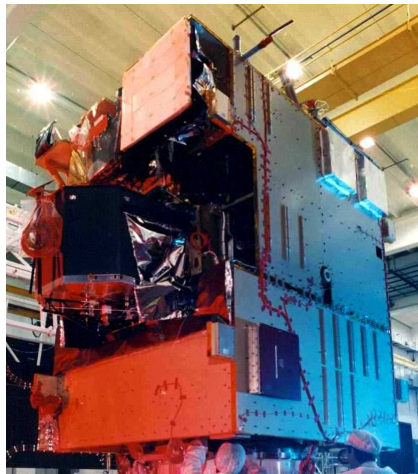


Illustration 10 : Les laboratoires français principaux travaillant sur les instruments de Rosetta



Tableau 1 : participations scientifiques à la charge utile de l'orbiteur Rosetta

INSTRUMENTS	DESCRIPTIFS	PARTICIPATIONS	LABORATOIRES
ALICE	Spectromètre imageur Ultra-Violet	Miroirs & réseau	Service d'Aéronomie (Meudon)
CONCERT	Sondeur hyper-fréquence du noyau cométaire	Responsabilité globale Boîtiers électroniques & hyperfréquences	Laboratoire des Images & Signaux (Grenoble) Service d'Aéronomie (Meudon)
COSIMA	Spectromètre à temps de vol pour analyseur de grains de poussière	Optique ionique primaire. Microscope optique	Laboratoire de Physique & de Chimie de l'Environnement (Orléans) Institut d'Astrophysique Spatiale (Orsay)
MIRO	Radiomètre-spectromètre micro-ondes	Oscillateur ultra-stable	Laboratoire de Radioastronomie millimétrique (Meudon)
OSIRIS	Caméras optiques	Responsabilité globale de la caméra haute résolution	Laboratoire d'Astronomie Spatiale (Marseille)
PLASMA	Analyseurs divers de plasma	Responsabilité du capteur à impédance mutuelle	Laboratoire de Physique & de Chimie de l'Environnement (Orléans)
ROSINA	Spectromètre des gaz neutres et ionisés	Détecteur du spectromètre de masse Electronique de gestion	Laboratoire de Physique & de Chimie de l'Environnement (Orléans) Centre d'Etude Spatiale des Rayonnements (Toulouse)
VIRTIS	Spectromètre-imageur visible & infra-rouge	Responsabilité de la voie infra-rouge à haute résolution	Département de Recherche Spatiale (Meudon)

Tableau 2 : participations scientifiques à la charge utile de l'atterrisseur Rosetta

INSTRUMENTS	DESCRIPTIFS	PARTICIPATIONS	LABORATOIRES
APX-S	Spectromètre X, alpha et protons	Responsabilité des essais	Centre d'Etude Spatiale des Rayonnements (Toulouse)
CIVA	Caméras optique (panorama + stéréo) Microscope optique & spectromètre infra-rouge (analyse d'échantillons)	Responsabilité globale Expertise stéréovision	Institut d'Astrophysique Spatiale (Orsay) Laboratoire d'Astronomie Spatiale (Marseille)
CONCERT	Sondeur hyper-fréquence du noyau cométaire	Responsabilité globale. Boîtiers électroniques & hyperfréquences	Laboratoire des Images & Signaux (Grenoble) Service d'Aéronomie (Meudon)
COSAC	Pyrolyseur et analyseur (spectrométrie de masse et chromatographie) d'échantillons	Système de stockage & de distribution de gaz haute pression Colonnes de chromatographie	Service d'Aéronomie (Meudon) Laboratoire Inter-universitaires des Systèmes Atmosphériques (Paris)

Tableau 3 : participations techniques à l'atterrisseur

<i>PARTICIPATIONS</i>	<i>CONTENUS</i>
Management	Co-direction du projet avec DLR (Allemagne) et ASI (Italie)
Analyses de missions	Responsabilité de l'analyse de la phase de séparation/descente/atterrissage
Ingénierie atterrisseur	Co-ingénierie avec DLR (Allemagne)
Radio-communications	Responsabilité du sous-système assurant les communications entre l'orbiteur et l'atterrisseur
Sources d'énergie	Responsabilité du sous-système piles et batteries
Segment Sol	Responsabilité des études d'architecture globale du segment sol de l'atterrisseur Responsabilité du centre des opérations scientifiques et de navigation (SONC)
Opérations	Responsabilité des opérations du SONC