

UNE MISSION DANS LA MISSION

# La France dans Philae

Dédiée à la connaissance des comètes, considérées comme les archives du Système solaire, Rosetta est la mission scientifique la plus ambitieuse et la plus complexe de l'Europe dans l'exploration spatiale robotisée. Après un voyage interplanétaire de 10 ans dans l'espace, l'orbiteur est sur le point d'atteindre son but : se mettre en orbite autour de la comète Churyumov-Gerasimenko et larguer Philae, un atterrisseur de 100 kg, à sa surface. Le rendez-vous est pris pour le 10 novembre 2014. Après deux ans d'hibernation, la sonde a été réveillée le 20 janvier. S'approchant encore rapidement de sa cible, elle va subir une série de freinages en mai et juin. A partir de juillet, une activité intense de modélisation du noyau cométaire (forme, rotation, masse, relief, dégazage, etc.) va commencer en vue de sélectionner le site d'atterrissage et déterminer la procédure de largage. Un largage très délicat sur une comète dont les émissions de gaz et de poussières ne sont pas constantes ni en surface ni dans le temps. Philae a donc une mission encore plus délicate que celle de Rosetta.

Mission internationale menée sous la responsabilité de l'Agence spatiale européenne, Rosetta bénéficie d'une forte participation française. Depuis les études préliminaires jusqu'aux opérations en passant par la fourniture d'instruments et de composants, tant de l'orbiteur que de l'atterrisseur, le CNES tient sa place d'expert auprès non seulement de 300 scientifiques et industriels français, mais aussi de ses partenaires internationaux. La France est, avec l'Allemagne, l'Etat le plus gros contributeur. C'est pourquoi le CNES a soutenu techniquement et financièrement tous les laboratoires spatiaux français impliqués dans l'aventure (IAS, IPAG, IRAP, LAM, LATMOS, LERMA, LESIA, LPC2E, etc.). Sur Philae, le DLR, l'agence spatiale allemande, a la responsabilité du centre de contrôle (LCC à Cologne) et le CNES du centre de mission scientifique (SONC à Toulouse). Il a également la responsabilité du développement de deux sous-systèmes de la plateforme (les piles et batteries lithium/ion ainsi que le système de communication entre Philae et l'orbiteur), de la planification des opérations scientifiques des 10 instruments (18 instruments secondaires) et de la recherche des sites d'atterrissage par le calcul de trajectoires de descente. Il est le garant de la fourniture des nombreux équipements scientifiques.

## LE SONC PARÉ À TOUTE ÉVENTUALITÉ

Installé au cœur du Centre spatial de Toulouse, le SONC (pour *Science Operation & Navigation Center*) a pour tâche de préparer et de suivre les opérations scientifiques de Philae. Il a pour mission de sélectionner les zones d'atterrissage en calculant les trajectoires pour le poser sur la comète en toute sécurité, de préparer et de suivre les opérations scientifiques en déterminant l'ordre d'intervention des instruments, et de traiter et d'archiver les données. Des missions complémentaires assurées par trois équipes distinctes : une de mécanique spatiale pour le calcul de trajectoire, une dite de « bord » pour les opérations, et enfin une de gestion des données opérationnelles. Les moyens de calcul sont gérés par la direction des Systèmes d'information du CNES, qui héberge les machines et en assure l'administration, que ce soit pour les calculs de mécanique spatiale ou les activités de planification des opérations scientifiques au travers de l'outil Most, développé spécialement pour Rosetta. Le CNES a été responsable de l'analyse mission et de toutes les études de mécanique spatiale pour Philae. Les logiciels vont produire les trajectoires de descente pour le premier niveau de sélection entre les différents sites situés sur l'hémisphère de la comète qui se trouve en été.



© CNES/AIRBUS



## COSAC

Pyrolyseur et analyseur d'échantillons

- Système de stockage & de distribution de gaz haute pression
- Colonnes chromatographiques
- 📍 Laboratoire Atmosphères, Milieux, Observations Spatiales (Guyancourt)
- 📍 Laboratoire Inter-universitaire des Systèmes Atmosphériques (Créteil)

## CONCERT

Sondeur hyper fréquence du noyau cométaire

- Responsabilité globale
- Boîtiers électroniques & hyperfréquences
- 📍 Institut de Planétologie et d'Astrophysique de Grenoble (Saint-Martin d'Hères)
- 📍 Laboratoire Atmosphères, Milieux, Observations Spatiales (Guyancourt)

## GRANDE PREMIÈRE : SE POSER SUR UNE COMÈTE

Philae va jouer un rôle déterminant en se posant sur Churyumov-Gerasimenko. Un des défis jamais relevés jusqu'à présent porte sur l'analyse sur place de composés organiques extrêmement complexes. Pour l'atterrisseur, l'essentiel se jouera durant les deux jours et demi qui suivent sa séparation de l'orbiteur. Cette période relativement brève correspond à la durée pendant laquelle il fonctionnera avec l'énergie dans sa pile afin de réaliser la première séquence scientifique. Une opération réglée et supervisée depuis le SONC. Cette première phase sera suivie par une phase scientifique de long terme, qui reposera sur l'énergie délivrée par la batterie rechargée par ses propres panneaux solaires. De son côté, l'orbiteur Rosetta poursuivra son étude à distance au moins jusqu'en décembre 2015.

## Le scénario de la descente



### Plan 1

En septembre, Rosetta arrive dans l'orbite de la comète. Philae fixé sur son côté puise encore son énergie dans la batterie de l'orbiteur.

### Plan 2

Le 10 novembre, Rosetta amène Philae à quelques kilomètres au dessus de la surface du noyau cométaire : la descente balistique aura été calculée préalablement par le Centre de mission SONC à Toulouse.

### Plan 3

Mise en œuvre avant la séparation depuis le centre de contrôle (LCC) à Cologne, la roue à inertie de Philae reste active tout le long de la descente. Philae est éjecté avec une vitesse comprise entre 0,05 m/s et 0,5 m/s (soit environ 1,8 km/h) fournie par le système de séparation MSS.

### Plan 4

Le train d'atterrissage (landing gear) s'ouvre progressivement. L'énergie cinétique emmagasinée régule les perturbations enregistrées sous gravité faible.

### Plan 5

Le logiciel de vol est mis en mode attente jusqu'à l'atterrissage.

### Plan 6

Les accéléromètres détectent l'atterrissage quand deux des trois pieds munis d'absorbeurs de choc touchent le sol.

### Plan 7

Les 3 pieds ont touché le sol, le système de propulsion est activé pour éviter le rebond, 2 harpons (anchors) sont déclenchés simultanément. Philae est arrimé sur le noyau de la comète et prêt pour commencer sa séquence scientifique.

## PARTICIPATIONS INSTRUMENTALES FRANÇAISES

Philae est géré dans le cadre d'un consortium d'instituts et d'agences spatiales dont la direction est assurée par le DLR. Le CNES en est co-gestionnaire. Au final, deux scientifiques français assurent la responsabilité principale (PI) de deux instruments, Civa et Consert, et d'autres scientifiques ont des coresponsabilités sur Cosac, Sesame et Apxs. Les instruments de Philae sont complexes. Ils sont pour la plupart d'entre eux composés de plusieurs expériences qui peuvent elles-mêmes fonctionner suivant plusieurs modes. Chacun a un logiciel de vol ou le partage avec un autre instrument (cas de Civa et Rolis). Ils sont destinés à trois types d'investigation : l'étude de la structure du noyau, l'analyse de la composition du sol de la comète, l'étude des propriétés physiques du noyau. La foreuse va fournir quant à elle les échantillons prélevés jusqu'à 40 cm de profondeur aux microscopes et analyseurs de ces échantillons.

## CIVA

- 7 Caméras optiques
- 3 Microscope optique & spectromètre infrarouge
- Responsabilité globale
- Expertise stéréovision
- 📍 Institut d'Astrophysique Spatiale (Orsay)
- 📍 Laboratoire d'Astrophysique de Marseille (Marseille)

## APXS

Spectromètre X, alpha et protons

- Essais
- 📍 Institut de Recherche en Astrophysique et Planétologie (Toulouse)

## LA PILE, LA BATTERIE ET LES 10 INSTRUMENTS

Après dix ans de séjour dans l'espace à une température moyenne de -40 °C, la pile de Philae doit encore disposer d'une énergie de l'ordre de 1300 wattheures. L'objectif principal est d'optimiser l'utilisation de l'énergie disponible afin de produire la meilleure science possible. Une fois sur la comète, les consommations réelles seront récupérées par télémétrie. Quand la pile sera vide, environ une cinquantaine d'heures après le début des opérations, il sera l'heure de clore la première phase d'activités scientifiques et d'entamer la deuxième, sur la batterie rechargeable capable d'emmagasiner 120 wattheures d'énergie.

## TÉLÉCOMS PHILAE TÉLÉPHONE MAISON

Les liaisons de proximité, entre deux points à la surface d'un astre ou entre atterrisseur et orbiteur, sont une grande spécialité du CNES. S'il a pour cette mission dimensionné la liaison de proximité, choisi les fréquences et les techniques en synergie avec les liaisons de télémétrie/télécommande des microsatellites Myriade, c'est la société Syrlinks qui a fabriqué les équipements.