MISSION BEPICOLOMBO, EN ROUTE POUR MERCURE

PHEBUS, un spectromètre français conçu sous la responsabilité scientifique et technique du LATMOS, embarqué sur la mission BepiColombo, en route pour Mercure.

Le 20 octobre à 03:45 (heure de Paris), la mission spatiale Bepi-Colombo a été lancée depuis le Centre Spatial de Kourou en Guyane, à destination de la planète Mercure. La mission embarque seize instruments scientifiques, parmi lesquels le spectromètre PHEBUS conçu sous la responsabilité scientifique et technique du LATMOS.

La planète Mercure

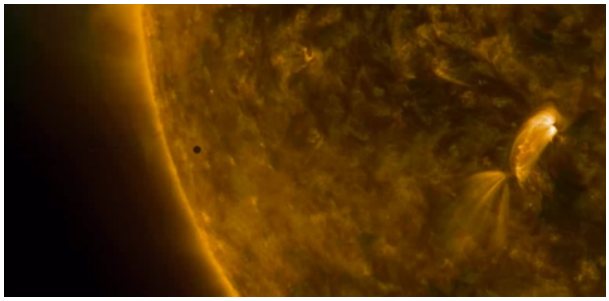


Figure 1. Transit de Mercure devant le Soleil observé dans l'UV par le satellite SDO. Crédit: NASA

Mercure est la planète la plus proche du Soleil (Figure 1). Comme la Lune, Mercure est un astre inerte et désert, doté d'une enveloppe gazeuse très ténue. Sa proximité du Soleil (57,9 millions de kilomètres en moyenne) conjuguée à l'absence de protection atmosphérique, fait subir à la planète des écarts de température extrêmes allant de + 430°C côté jour à -180°C côté nuit, ainsi qu'un niveau de radiations solaires dix fois plus élevé que la Terre. Son environnement hostile fait qu'il est difficile d'y envoyer des sondes spatiales et des instruments de mesure pouvant résister à ces écarts de températures extrêmes.

Après les sondes américaines MARINER 10 (1973) et MESSENGER (2004), la mission Bepi-Colombo est la troisième mission pour l'exploration de la surface et de l' environnement de Mercure.

La mission BepiColombo

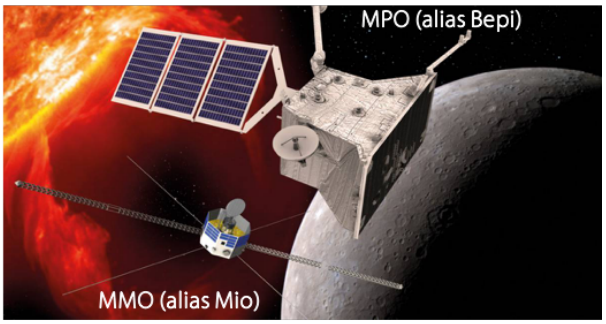


Figure 2 Vue d'artiste des sondes MMO et MPO de la mission BepiColombo à l'approche de Mercure. Crédit : ESA

Première mission européenne à destination de Mercure, Bepi-Colombo est le fruit d'une collaboration entre les agences spatiales européenne (ESA) et japonaise (JAXA). Ce projet est né en 2003 et a impliqué 14 pays européens et le Japon, qui ont relevé les défis technologiques imposés par l'environnement hostile de Mercure. La mission est composée de 2 sondes spatiales (Figure 2) qui se sépareront à l'approche de Mercure pour effectuer chacune leur mission scientifique sur leurs orbites respectives.

La JAXA est responsable de la sonde MMO (Mercury Magnetospheric Orbiter), renommée ("Mio") en japonais, dédiée à l'étude de la magnétosphère, du champ magnétique de la planète mais aussi à l'analyse des poussières interplanétaires. L'ESA est responsable de la sonde MPO (Mercury Planetary Orbiter), renommée « Bepi », qui étudiera la surface, la composition géologique et l'exosphère de Mercure.
L'ESA est également en charge du reste du projet, à savoir du lancement, de la navigation vers Mercure et de l'injection des sondes en orbites autour de Mercure, prévue fin 2025.

Avant de démarrer sa mission nominale autour de Mercure, BepiColombo effectuera 18 révolutions autour du Soleil, survolera 1 fois la Terre, Vénus à 2 reprises et Mercure à 6 reprises lors d'un voyage qui durera 7 ans. La durée nominale de la mission est de 1 an plus 1 an optionnel.

L'instrument PHEBUS

PHEBUS (Probing of Hermean Exosphere By Ultraviolet Spectroscopy) est un double spectromètre optique couvrant les gammes spectrales allant de l'extrême ultraviolet (EUV : 55-155 nm) à l'ultraviolet lointain (FUV : 145-315 nm). Il est dédié à la caractérisation de l'exosphère de Mercure en termes de composition et de dynamique, et des relations entre la surface et l'exosphère.

Par rapport à ses prédécesseurs (MESSENGER/NASA), PHEBUS a la spécificité d'être sensible aux très courtes longueurs d'ondes permettant, pour la première fois, de sonder l'environnement de Mercure jusqu'à 55 nm, et ainsi détecter des espèces supplémentaires comme des métaux (Si, Mg, Fe), des gaz rares (Ar, Ne) et des traces d' hydrogène et d'hélium qui s'y trouvent.

Pour pouvoir détecter les très faibles émissions des constituants de l'exosphère de Mercure, PHEBUS a besoin d'une très grande sensibilité et une forte atténuation de la lumière parasite. Pour atteindre ces objectifs, le système collecteur de lumière de l' instrument comprend un déflecteur de lumière parasite (baffle), et un miroir parabolique hors axe en Carbure de Silicium, faisant office de télescope d'entrée (Figure 4). Les photons observés sont focalisés par le miroir sur une fente, puis impactent deux réseaux holographiques qui vont les séparer en fonction de leur longueur d'onde (Figure 5). Deux détecteurs (détecteur EUV : [55155 nm], détecteur FUV : [145315 nm]) sont placés au plan focal des réseaux et vont imager le spectre obtenu (Figure 6).

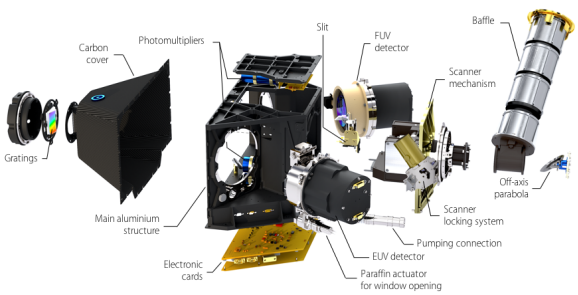


Figure 4. Vue éclatée des principaux sous-systèmes PHEBUS. Crédits: équipe PHEBUS /LATMOS.

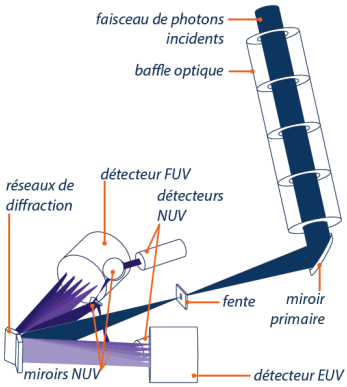


Figure 5. Schéma optique de PHEBUS. Crédits: équipe PHEBUS/LATMOS, L. Meghraoui.

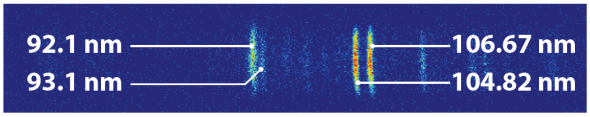


Figure 6. Image du spectre de l'Argon dans l'ultraviolet, obtenu lors des étalonnages de PHEBUS au sol. Crédit : équipe PHEBUS/LATMOS.

La détection est basée sur le principe du comptage de photons et réalisée en utilisant des détecteurs à galettes de microcanaux (MCP - Micro Channel Plate) associées à des anodes résistives (RAE - Resistive Anode Encoder). Cette combinaison (MCP+RAE) confère à l'instrument une très grande sensibilité et un bruit extrêmement faible, sans nécessiter pour autant de système de refroidissement, comme cela peut être le cas sur d' autres instruments.

Le dimensionnement optique a été réalisé en utilisant le minimum de composants afin d' optimiser au maximum le transfert des photons.

Deux voies supplémentaires à base de photomultiplicateurs sont dédiées à la détection des émissions du Potassium (404 nm) et du Calcium (422 nm).

Le système collecteur de lumière est par ailleurs monté sur un mécanisme de balayage à un axe (« scanner ») nous offrant la capacité de sonder des régions et des gammes d' altitude d'intérêt indépendamment de l'orientation de la plateforme satellitaire (Figure 7).

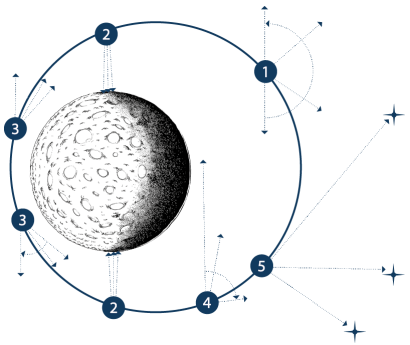


Figure 7. Illustration des différents modes d'observation ou pointages de PHEBUS. Crédits: équipe PHEBUS/LATMOS, L. Meghraoui

Ainsi, PHEBUS peut mesurer simultanément toutes les espèces détectables pour produire des cartes tridimensionnelles (altitude, latitude, longitude) de l'exosphère et étudier son évolution au cours du temps face aux conditions extrêmes de l' environnement de la planète.

Enfin, pour répondre aux exigences imposées par l'environnement spatial extrême, les ingénieurs du LATMOS ont conçu un instrument à la fois compact, léger (7.5 kg) et extrêmement rigide, grâce à l'utilisation d'une structure monobloc en aluminium et d'une coque en carbone.

Durant la mission, l'instrument sera régulièrement étalonné sur des étoiles correctement choisies, de manière à estimer quantitativement la dégradation de la sensibilité de l'instrument avec le temps.

Le LATMOS et ses partenaires

Le LATMOS (Laboratoire Atmosphères, Milieux et Observations Spatiales) est une unité mixte de recherche relevant de l'Institut National des Sciences de l'Univers (INSU) du Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), ainsi que des universités de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines et de Sorbonne Université. Le laboratoire est par ailleurs membre de l'Institut Pierre Simon Laplace (IPSL), fédération de neuf laboratoires publics de recherche en sciences de l'environnement en Ile-de-France.

Principale contribution française à la mission BepiColombo, l' instrument PHEBUS a nécessité près de 15 ans de développement, assurés par une équipe d'une dizaine d'ingénieurs du LATMOS (chef de projet, ingénieurs système, électroniciens, opticiens, mécaniciens, thermicien, responsable assurance produit, informaticiens contrôle commande, génie logiciel et calcul scientifique...), en coopération avec le Japon (Tokyo University, responsable de la fourniture des détecteurs), l'agence spatiale russe (l'IKI, responsable de la fourniture du système de pointage) et l'Italie (LUXOR Lab, Padova

University, support aux étalonnages optiques de l'instrument au sol), et sous maitrise d'ouvrage du Centre National d'Études Spatiales (CNES).

INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES

Pour en savoir plus sur PHEBUS :
http://phebus.projet.latmos.ipsl.fr

Pour suivre l’actualité de la mission :
http://www.esa.int/Our_Activities/Space_Science/BepiColombo

Pour en savoir plus sur Mercure :
https://www.planete-mercure.fr/planete-mercure