

La sonde européenne MPO (Mercury Planetary Orbiter), l'une des deux composantes de la mission BepiColombo, lors de son arrivée à la base de Kourou, en Guyane.



> Quels sont les atouts de BepiColombo, par rapport à la mission Messenger?

Messenger a recueilli beaucoup d'informations et révélé la grande singularité de Mercure, qui est loin d'être une « Lune bis » contrairement à ce que l'on pensait au début de l'exploration du Système solaire. Mais les découvertes de Messenger ont soulevé beaucoup de questions restées sans réponses. C'est en fait assez normal. Messenger était une mission du programme Discovery de la Nasa; ces projets dédiés à l'exploration robotisée du Système solaire (à l'exception du satellite Kepler spécialisé dans la recherche d'exoplanètes) ont un budget limité à moins de 500 millions de dollars. L'idée était de faire des missions fréquentes, aux objectifs variés et à un coût limité. C'est pourquoi Messenger n'avait que sept instruments à son bord – deux caméras, des spectromètres, un altimètre et un magnétomètre.

La sonde BepiColombo, dont le budget est presque triple, embarque 16 instruments scientifiques, plus sensibles et plus précis. Ils devraient nous permettre de collecter de nombreuses données et de répondre aux grandes questions sur Mercure, son histoire, sa structure interne, son champ magnétique et son exosphère.

Exosphère? De quoi s'agit-il?

L'atmosphère de Mercure est si ténue que l'on parle plus volontiers d'exosphère. La différence entre une atmosphère et une exosphère est que, dans la seconde, une molécule de gaz a plus de chance de percuter la surface de la planète qu'une autre molécule de gaz. On est typiquement à 10^{-12} bar, soit un millionième de millionième de la pression atmosphérique à la surface de la Terre.

L'exosphère de Mercure contient de l'hydrogène, de l'hélium, de l'oxygène, du sodium, du potassium, du calcium et des traces d'autres éléments. Leur distribution n'est pas homogène et elle varie au cours du temps. Par exemple, on trouve le sodium et le potassium surtout près des pôles et le calcium vers l'équateur.

L'atmosphère primordiale de la planète a probablement été perdue assez rapidement du fait de la faible gravité de la planète, de la température élevée et de l'action du vent solaire. L'exosphère perd son contenu en permanence, mais elle est alimentée par différents processus. L'hydrogène et l'hélium viendraient principalement du vent solaire. Et les autres éléments seraient arrachés à la surface, selon un mécanisme qui reste à préciser: érosion par le vent solaire? Variations thermiques entre les zones éclairées à 430 °C et à l'ombre à -180 °C? Impacts des météorites?

Cette exosphère interagit avec le vent solaire, mais aussi avec la magnétosphère de la planète. Mercure est un système vraiment intéressant pour étudier comment ces différents éléments se comportent les uns avec les autres. Par exemple, le sodium est arraché de l'exosphère par la pression de radiation du Soleil, et forme une queue comparable à celle d'une comète, sur plus de deux millions de kilomètres.

Comment BepiColombo étudiera-t-elle l'exosphère et la magnétosphère?

Cette mission est en réalité constituée de deux sondes, fruits d'une collaboration entre l'Agence spatiale européenne (ESA) et l'Agence spatiale japonaise (Jaxa), ce qui est une première. L'idée était d'avoir deux sondes aux missions complémentaires, avec une stratégie

scientifique et une coordination optimale. Les sondes effectueront le voyage fixées l'une à l'autre et elles se sépareront à l'arrivée en orbite autour de Mercure. La sonde japonaise MMO (*Mercury Magnetospheric Orbiter*), rebaptisée *Mio*, sera placée sur une orbite lointaine et elliptique, à l'extérieur du champ magnétique, tandis que la sonde européenne MPO (*Mercury Planetary Orbiter*) évoluera sur une orbite basse, dans la magnétosphère. Nous aurons ainsi deux points de vue sur le champ magnétique et nous pourrons étudier sa dynamique et voir comment il se comporte face au vent solaire.

La sonde MMO comprend cinq instruments scientifiques : un magnétomètre, un appareil pour étudier la dynamique de la magnétosphère et divers dispositifs pour analyser le contenu en particules et en poussière du milieu entourant la planète.

Quant à la sonde MPO, sa mission s'étend aussi à la compréhension de la surface et de l'intérieur de la planète. Elle est équipée de onze instruments dont un altimètre, un accéléromètre, un magnétomètre, des spectromètres sensibles à différentes gammes de longueurs d'onde et un transpondeur radio.

Mercury a joué un rôle historique dans l'acceptation de la théorie de la relativité générale. La mission BepiColombo comporte-t-elle un volet lié à cette théorie ?

Oui, en effet. Rappelons que la relativité générale d'Einstein fait apparaître la force gravitationnelle comme le résultat d'une déformation de l'espace-temps par des objets massifs. Mercure, par sa proximité au Soleil, y est particulièrement sensible. En expliquant correctement, et surtout quantitativement, pourquoi le périhélie de Mercure (le point de sa trajectoire le plus proche du Soleil) avance à chaque révolution d'une fraction d'angle, Einstein a montré la supériorité de sa théorie sur celle de Newton. La sonde MPO permettra d'en faire un test supplémentaire : grâce à l'accéléromètre très précis dont elle est équipée, nous pourrons mesurer la courbure de l'espace-temps au niveau de l'orbite de Mercure et ainsi détecter un petit écart éventuel aux prédictions de la relativité générale.

À quelles difficultés la conception de la mission BepiColombo s'est-elle heurtée ?

Cette mission, dont la réalisation a été décidée en 2000, est bien connue des spécialistes de l'exploration spatiale pour ses multiples reports. Nous avons dû en effet relever des défis techniques assez importants. En général, lorsqu'on conçoit une sonde, on utilise des dispositifs déjà éprouvés. Or avec *BepiColombo*, seuls 17% des éléments l'étaient ; il a fallu inventer tout le reste.

L'une des raisons est la température élevée près de Mercure. Nous avons développé un

revêtement qui isole la sonde du chaud, mais aussi du froid. Même chose pour les panneaux solaires : les dispositifs utilisés pour les satellites en orbite autour de la Terre ou sur les toits des maisons ne résistent pas aux températures

Seuls 17% des éléments de la sonde BepiColombo étaient de conception éprouvée. Il a fallu inventer tout le reste

mercuriennes. Et pour toute l'électronique des instruments, il a fallu la repenser pour qu'elle soit capable de supporter la température, mais aussi les radiations ambiantes.

Enfin, un autre défi technique était la propulsion. *BepiColombo* utilise un moteur ionique. Les propulseurs classiques sont remplacés par un dispositif qui éjecte à grande vitesse des ions de xénon. Cela ne permet pas de produire des poussées courtes et rapides, mais le moteur opère en continu. Ainsi, en cumulé, on obtient une poussée très élevée. C'est la technique idéale pour l'exploration du Système solaire, voire d'autres systèmes stellaires. La Nasa a déjà testé le moteur ionique avec la sonde *Dawn*, l'ESA seulement avec *Smart-1*, à destination de la Lune. *BepiColombo* est donc, pour l'ESA, la première grande mission utilisant cette propulsion. Et déjà d'autres sont programmées comme *Solar Orbiter*, qui décollera en 2019.

Avez-vous des projets en direction du grand public, en liaison avec BepiColombo ?

La sonde décollera de Kourou, en Guyane, sur une fusée Ariane. Avec des collègues européens et japonais, scientifiques et ingénieurs, nous avons décidé de partager ce moment avec les enfants guyanais au travers du projet « Planètes en Guyane ». L'idée de cette initiative est de visiter les classes pour promouvoir les sciences et l'astronomie, les métiers du spatial, notamment auprès des filles, en insistant aussi sur la dimension internationale de ces projets. Il est primordial d'apporter le goût du savoir au jeune public. ■

PROPOS RECUEILLIS PAR SEAN BAILLY

BIBLIOGRAPHIE

Site internet de la mission BepiColombo de l'Observatoire de Paris :
<https://www.planete-mercure.fr/>

D. E. Smith et al., **Gravity field and internal structure of Mercury from Messenger**, *Science Express*, 2012.

S. Murchie et al., **Mercury : une planète dans la fournaise**, *Pour la Science*, n° 402, avril 2011.

R. Vervack et al., **Mercury's complex exosphere : results from Messenger's third flyby**, *Science*, vol. 329, pp. 672-675, 2010.

B. Anderson et al., **The magnetic field of Mercury**, *Space Science Reviews*, vol. 152, n° 1-4, pp. 307-339, 2010.

B. Denevi et al., **The evolution of Mercury's crust : a global perspective from Messenger**, *Science*, vol. 324, pp. 613-618, 2009.