

De toutes les planètes rocheuses du Système solaire, Mercure est celle qui a été la moins visitée. Pourquoi ?

Jusqu'à présent, seules deux sondes ont survolé Mercure: *Mariner 10* entre 1974 et 1975, puis *Messenger* entre 2011 et 2015. *BepiColombo* sera donc la troisième sonde à visiter la planète la plus proche du Soleil. La première raison à cette rareté des explorations est qu'on a longtemps pensé que Mercure était juste une «Lune-bis», donc un corps *a priori* pas très intéressant. On sait maintenant que c'est tout le contraire: Mercure est très surprenante.

La seconde raison est technique. Même si Mercure est à environ 60 millions de kilomètres du Soleil et qu'elle n'est donc *a priori* pas si lointaine de la Terre (laquelle est à peine 2,5 fois plus distante de l'astre du jour), envoyer une sonde pour la mettre en orbite autour de Mercure demande beaucoup d'énergie. C'est donc une mission coûteuse, comparable aux missions qui explorent les parties externes du Système solaire.

Pourquoi faut-il beaucoup d'énergie ?

Lorsqu'elle se rapproche du Soleil, la sonde gagne en vitesse, puisqu'elle tombe vers l'étoile. Il faut donc freiner pour réduire la vitesse à environ 13 kilomètres par seconde, de façon que la sonde soit capturée par la gravité de Mercure. Et pour freiner, il faut de l'énergie. On pourrait utiliser des systèmes de propulsion classiques avec du carburant. Mais cela coûterait beaucoup trop cher, sachant que le carburant représente une grande part de la masse de la sonde au moment du décollage.

Quelle est donc la solution ?

Pour freiner, on adopte une autre approche: l'assistance gravitationnelle. Le parcours de la sonde est calculé de telle sorte qu'elle frôle une planète et mette à profit son champ gravitationnel afin de gagner ou perdre de la vitesse (selon la façon dont on s'approche de la planète). C'est une stratégie très utilisée dans l'exploration du Système solaire. Par exemple, la sonde *Rosetta* a profité de plusieurs assistances gravitationnelles pour atteindre la comète Tchouri après plus de dix ans de voyage. Avec neuf assistances gravitationnelles (un survol de la Terre, deux de Vénus et six de Mercure elle-même avant la mise en orbite), *BepiColombo* établit un record; cela explique aussi pourquoi la sonde mettra sept ans pour arriver à destination.

Pourquoi la mission BepiColombo a-t-elle été nommée ainsi ?

En hommage justement au scientifique italien Giuseppe «Bepi» Colombo, un spécialiste de l'assistance gravitationnelle. Il avait conçu la trajectoire de la sonde *Mariner 10*, qui a ainsi effectué trois survols de Mercure au lieu d'un grâce à l'assistance gravitationnelle. Ce

chercheur a aussi expliqué la résonance gravitationnelle particulière de Mercure, notée 3:2. La planète réalise trois tours sur elle-même (le jour mercurien dure 58,6 jours terrestres) en exactement deux révolutions autour du Soleil (une année mercurienne dure 88 jours terrestres). Ce phénomène s'explique par la proximité de Mercure au Soleil et les forces de marée qu'exerce l'étoile sur la planète. C'est le même mécanisme qui fait que la Lune présente toujours la même face à la Terre: notre satellite tourne sur lui-même en un temps exactement égal à celui qu'il lui faut pour faire un tour complet autour de la Terre.

Pourquoi pensait-on que Mercure était similaire à la Lune et donc d'un intérêt limité ?

Les premières images de la surface de Mercure, prises par *Mariner 10*, ont montré qu'elle est couverte de cratères d'impact. Quelque chose donc de très similaire à la Lune. Et par certains aspects, Mercure était même moins palpitante. Par exemple, on n'observait aucune trace d'activité volcanique actuelle ou passée, alors que les mers lunaires sont d'anciens bassins remplis de magma qui s'est refroidi. Mercure semblait donc assez inerte et bien moins intéressante que Mars, Vénus ou les géantes gazeuses.

Le seul point dans les observations de *Mariner 10* qui suscitait un peu de curiosité était la présence d'un champ magnétique planétaire. Son intensité était estimée à environ 1,1% de celle du champ magnétique terrestre. C'est suffisant pour dévier le vent solaire (le flux d'ions et d'électrons éjectés par la haute atmosphère du Soleil) et constituer une magnétosphère. Mais les données de la sonde étaient insuffisantes pour dire s'il s'agissait d'un champ rémanent, c'est-à-dire un champ magnétique qui aurait été préservé lors de la solidification de roche fondue, ou d'un champ magnétique actif.

Finalement, c'est un peu pour toutes ces raisons, coût de la mission et faible intérêt scientifique, qu'il a fallu attendre plus de trente ans pour qu'une nouvelle sonde, *Messenger*, aborde Mercure.

Et les observations de Messenger ont créé la surprise ?

À plus d'un titre! Les résultats des sept instruments scientifiques embarqués sur *Messenger* ont soulevé de nombreuses questions. L'une des plus importantes concerne le champ magnétique. La sonde a confirmé que le champ de Mercure est actif et qu'il est de même nature que celui de la Terre. Cela signifie qu'il est créé par un noyau de fer liquide dont les mouvements de rotation, de convection et de turbulence engendrent un effet dynamo. Or cette observation pose des questions. Pourquoi la Terre et Mercure ont-elles un champ magnétique alors ➤

que Mars et Vénus n'en ont pas ou plus? Pour Vénus, la raison est probablement liée à sa faible vitesse de rotation. Pour Mars, c'est son refroidissement. La chaleur accumulée lors de sa formation s'est dissipée dans l'espace sous la forme de rayonnement infrarouge, et la différence de température entre le centre de la planète et sa surface est aujourd'hui insuffisante pour entraîner des mouvements de convection dans le noyau de fer. Or le temps de refroidissement est proportionnel au rayon de la planète, ce qui explique pourquoi Mars a perdu son champ magnétique et pas la Terre, qui est plus grosse. Mais comme Mercure est encore plus petite que Mars, on ne comprend pas pourquoi l'effet dynamo y subsiste encore.

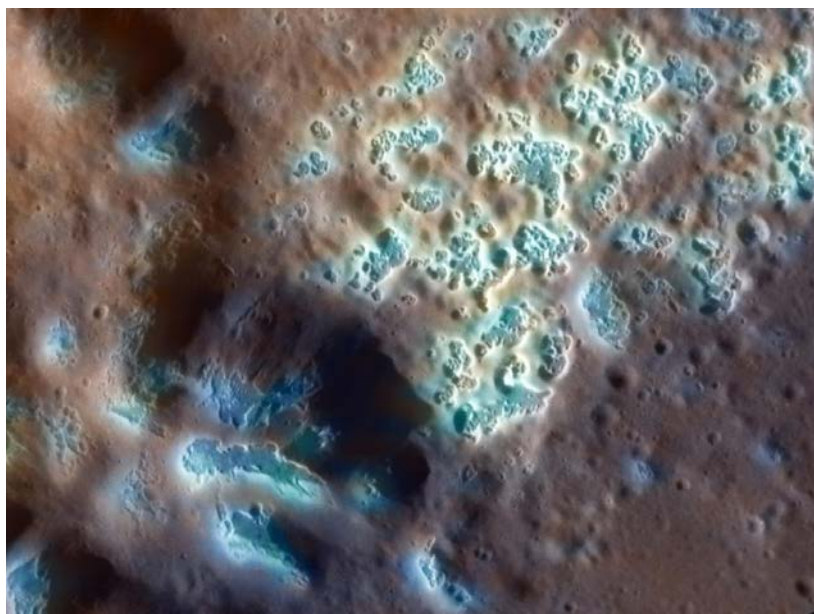
Que sait-on de la structure interne de Mercure?

À partir des données sur la masse de la planète et son diamètre, les scientifiques ont montré que c'est l'un des corps les plus denses du Système solaire. À titre de comparaison, Ganymède, une lune de Jupiter, est de taille comparable à Mercure alors que sa masse est deux fois moindre.

Pour expliquer une telle densité, le noyau de fer mercurien (plus lourd que la roche du manteau et de la croûte) doit représenter 60% de la masse totale de la planète. Le reste est constitué du manteau, d'environ 400 kilomètres d'épaisseur, et d'une croûte, épaisse de 50 kilomètres (sur un rayon total de 2440 kilomètres). Or pour la Terre ou Mars, le noyau de fer ne représente qu'environ 30% de la masse totale.

Plusieurs hypothèses ont été proposées pour expliquer cette structure surprenante. Mercure aurait eu une masse deux fois plus importante, mais une collision avec un planétésimal aurait pulvérisé une partie de son enveloppe rocheuse

Ces dépressions irrégulières (en bleu) à la surface de Mercure sont nommées *hollows* (« creux » en anglais). Leur nature est encore inconnue. Il est possible qu'elles continuent de se former aujourd'hui, auquel cas la surface de Mercure est loin d'être aussi inerte qu'on ne le pensait.



en laissant le noyau intact. Autre solution: lors de sa naissance dans la nébuleuse de gaz et de poussière du Soleil en formation, la planète se serait formée dans une région pauvre en matériau rocheux. Ce dernier aurait été repoussé au loin par la chaleur de la protoétoile, laissant une majorité d'éléments lourds tels que le fer. Il reste à départager ces scénarios. D'autant plus que, pour l'instant, les modèles de formation des planètes n'expliquent pas les propriétés de Mercure. Cette dernière est un peu le chaînon manquant de la planétologie. Nous avons besoin de mieux comprendre Mercure pour affiner nos modèles. Par la même occasion, nous en saurons alors plus sur la formation de la Terre et des planètes extrasolaires.

Le gros noyau de fer est-il la seule particularité de la structure de Mercure?

Si l'intérieur de Mercure est très riche en fer, à l'inverse, sa surface est très pauvre en éléments lourds, bien plus pauvre que la Lune par exemple. Là encore, nous n'avons pas d'explication. Et pour rajouter au paradoxe, la surface est riche en éléments volatils. Ces éléments légers devraient *a priori* s'échapper facilement de la planète; or ils sont toujours là sur Mercure, exposée au vent solaire et où la température peut monter jusqu'à 430 °C.

Autre différence avec la Lune, la surface de Mercure est deux fois plus sombre. On suppose qu'elle est recouverte d'une couche riche en carbone dont l'origine fait débat. Cette couche est peut-être due à la chute de météorites riches en carbone après la formation de la croûte. Mais elle pourrait aussi être plus ancienne: quand la surface de la planète en formation était recouverte d'un océan de magma, le carbone aurait flotté à la surface et y serait resté lorsque cet océan s'est refroidi et solidifié.

Vous indiquiez que *Mariner 10* n'avait pas détecté de traces de volcanisme sur Mercure. Cette inactivité a-t-elle été confirmée?

Non, au contraire. Dans les années 1990, grâce à de nouveaux outils d'analyse, Mark Robinson, de l'université d'État de l'Arizona, et Paul Lucey, de l'université d'Hawaï, ont décelé des plaines relativement lisses à la surface de la planète. En montrant que ces régions avaient une composition différente du reste de la surface, provenant probablement de matériaux de l'intérieur de la planète, ils ont montré que Mercure a eu une activité volcanique. D'après les données de *Messenger*, ce volcanisme aurait été de type explosif, à l'image du mont Saint Helens, et non effusif comme les volcans d'Hawaï, par exemple.

L'activité volcanique semble avoir duré assez longtemps, mais nous n'avons pas une chronologie précise de l'histoire géologique de