

forme un écran, comme la magnétosphère qui entoure la Terre, mais plus petit. Les magnétosphères évoluent sans cesse au gré de l'activité du Soleil : en raison de sa petite taille, le bouclier magnétique de Mercure peut changer beaucoup plus vite que celui de la Terre ; il réagit rapidement aux modifications du vent solaire, dix fois plus dense près de Mercure que près de la Terre.

Un violent vent solaire bombarde sans cesse la face éclairée de Mercure. Le champ magnétique est tout juste suffisant pour éviter que le vent n'atteigne la surface de la planète, sauf quand le Soleil est particulièrement actif ou quand Mercure est au périhélie. Alors, le vent solaire balaie la surface, et ses protons arrachent des atomes à la croûte, qui sont piégés par la magnétosphère.

Toutefois, des objets aussi chauds et aussi petits que Mercure n'ont presque pas d'atmosphère, car les molécules de gaz ont des vitesses supérieures à celle qui leur permet d'échapper à l'attraction de la planète. Sur Mercure, tout matériau volatil finit par se perdre dans l'espace, au point qu'on a même longtemps pensé que Mercure était totalement dépourvue d'atmosphère. C'était une erreur : les spectromètres ultraviolets de *Mariner 10* ont détecté de petites quantités d'hydrogène, d'hélium et d'oxygène, tandis que d'autres observations, faites de la Terre, ont révélé des traces de sodium et de potassium.

L'origine de ces constituants et leur destinée restent sujets à controverse. Contrairement à l'atmosphère terrestre, celle de Mercure s'évapore et se reconstitue sans cesse. Elle semble surtout résulter de l'action, directe ou indirecte, du vent solaire, bien que quelques constituants proviennent peut-être de la magnétosphère ou de comètes. Quand un atome est éjecté de la surface par le vent solaire, il s'ajoute à la mince atmosphère. La planète elle-même libère peut-être encore ses dernières substances volatiles primordiales emprisonnées dans la croûte.

Récemment, une équipe d'astronomes de Pasadena a observé la polarisation circulaire d'un faisceau radar réfléchi près des pôles de Mercure : les résultats ont révélé la présence de glace. Comment des calottes glaciaires ou toute autre forme d'eau peuvent-elles exister sur une planète aussi chaude que Mercure ? Peut-être la

glace – vestige de l'eau primordiale qui s'est condensée au moment de la formation de la planète – est-elle toujours dans des zones d'ombre situées près des pôles ?

Si tel est le cas, on doit conclure que l'orientation de Mercure n'a pas changé depuis la formation du Système solaire, n'exposant jamais un de ses pôles au Soleil, malgré des événements aussi dévastateurs que la formation du cratère Caloris. Une telle stabilité serait étonnante. Une autre possibilité serait que des comètes, tombant sans cesse sur Mercure, y apportent de l'eau. La glace aux pôles resterait dans l'ombre, s'évaporant lentement, et elle serait à l'origine de l'hydrogène et de l'oxygène présents dans l'atmosphère de Mercure. Enfin, d'autres astronomes pensent que les régions polaires à l'ombre contiendraient d'autres substances volatiles, tel le soufre, qui réémettraient les faisceaux radar comme de la glace, mais auraient un point de fusion bien supérieur à 0 °C.

Les obstacles à l'exploration

Pourquoi Mercure a-t-elle été oubliée depuis près de 25 ans d'exploration du Système solaire ? Peut-être parce que Mercure ressemble à la Lune, mais peut-être aussi parce que la NASA a nommé dans ses conseils de direction des personnes qui ont déjà participé à des missions : les experts de certains corps célestes tendent à privilégier l'exploration de ceux-ci. Mercure, peu explorée, a peu d'avocats.

Le coût des études est également une raison importante. Les dirigeants de la NASA demandent aux scientifiques de proposer des missions toujours plus rapides, plus spectaculaires et moins chères. Les objectifs doivent être précis et limités, et l'enjeu scientifique doit justifier le coût. Dans un contexte de limitations budgétaires, les seules missions lointaines sont celles du programme *Discovery*. Les scientifiques doivent s'associer avec des industriels avant de proposer des missions ; certaines sont ensuite sélectionnées et subventionnées par la NASA (jusqu'à présent, quatre de ces missions ont été décidées). D'après les objectifs du programme *Discovery*, une mission ne doit pas coûter plus de 1,3 milliard de francs. À titre de comparaison, la mission *Galileo* vers Jupi-

L'UNIVERS DES SCIENCES

L'UNIVERS DES SCIENCES

LES ÉTOILES

Vie et mort des soleils lointains

JAMES KALER



POUR LA
SCIENCE
4-11-1997

LES ÉTOILES

Ce livre expose l'origine et la nature de nos connaissances sur les étoiles, avant de les décrire dans leur dynamique et leur devenir. Les objets célestes les plus insolites, géantes rouges, supernovae, pulsars et trous noirs, s'insèrent alors naturellement dans le récit de l'évolution stellaire.

272 pages - 220 F
code 1892

POUR LA
SCIENCE
DIFFUSION BELIN

Bon de commande en p.98

ter et la mission *Cassini* vers Saturne coûteront, à elles deux, plus de six milliards de francs.

De surcroît, une mission vers Mercure pose une difficulté technique particulière : la sonde devrait être protégée contre l'intense rayonnement solaire, auquel s'ajoute l'énergie solaire réfléchie par la planète (ce rayonnement pourrait même être encore plus dommageable que le rayonnement direct du Soleil). Malgré toutes ces difficultés, un projet de mission vers Mercure a été soumis en 1994 et deux en 1996.

Le projet de 1994, *Hermès 94*, aurait utilisé un dispositif de propulsion à l'hydrazine nécessitant plus d'une tonne de carburant. La plus grande partie du combustible aurait permis au vaisseau spatial de réduire la taille de l'orbite. Nous n'aurions pu éliminer la charge de carburant qu'en multipliant les rencontres avec d'autres planètes, ce qui aurait ralenti le vaisseau. Ces détours auraient allongé le trajet, qui doit être le plus court possible, car les rayons cosmiques endommagent les instruments embarqués, dont la durée de vie est ainsi limitée. Nous nous proposons de photographier toute la surface de Mercure avec une résolution inférieure à un kilomètre. Nous voulions ensuite relier ces cartes topographiques avec des cartes du champ gravitationnel et du champ magnétique. Finalement, la NASA rejeta le projet en raison de son coût élevé et des risques d'échec.

En 1996, une autre équipe proposa un nouveau projet moins coûteux et plus bref. La quantité de carburant n'aurait pas excédé 300 kilogrammes, car le vaisseau aurait été équipé d'un moteur à propulsion ionique. Ce moteur d'un type nouveau aurait utilisé l'énergie solaire pour ioniser des atomes de xénon et pour accélérer les ions à l'aide d'un champ électrique. La mission *Hermès 96* aurait atteint Mercure une année avant *Hermès 94*. Pourtant, la NASA n'a pas retenu le projet, car elle a jugé que le moteur solaire était encore trop expérimental.

La NASA s'est aussi intéressée à un troisième projet, *Messenger*, soumis dans le cadre des missions *Discovery*. Le vaisseau, conçu par des ingénieurs du Laboratoire de physique appliquée du Maryland, aurait été équipé d'un moteur à propulsion classique. Deux instruments auraient déterminé les proportions des éléments les plus abon-

dants de la croûte rocheuse. Toutefois, la charge supplémentaire due à ces deux instruments aurait imposé d'allonger le trajet : le vaisseau spatial aurait dû passer deux fois à proximité de Vénus et trois fois à proximité de Mercure, avant de se mettre en orbite. Le trajet Terre-Mercure aurait duré plus de quatre ans, le double de ce qui était prévu pour *Hermès 96*. *Messenger* aurait aussi été la mission *Discovery* la plus onéreuse des derniers projets qui ont été évalués (elle a été estimée à 1,2 milliard de francs). C'est vraisemblablement en raison de son coût que le projet n'a pas été sélectionné.

Les personnes qui décident des missions *Discovery* prennent des avis de spécialistes qui ne travaillent pas tous à la NASA, et qui privilégient souvent les techniques éprouvées au détriment des innovations. Pour pallier cette insuffisance, la NASA a décidé de créer un nouveau programme qui s'intéresse exclusivement aux projets futuristes. Ainsi une des missions doit évaluer dans l'espace diverses techniques innovantes qui ont été proposées. En juillet 1998, le vaisseau *Deep Space One*, propulsé par un moteur ionique, entamera un voyage de trois ans en direction de l'astéroïde McAuliffe (du nom de l'astronaute Christa McAuliffe, morte dans l'explosion de *Challenger*), de la planète Mars et de la comète West-Kohoutek-Ikamura. *Deep Space One* devra prouver l'efficacité de la propulsion ionique. Une mission à propulsion ionique vers Mercure est étudiée par l'Agence spatiale européenne pour 2008-2010. Ces missions devraient percer les mystères de la lointaine planète.

Robert NELSON travaille au Laboratoire *Jet Propulsion*, à Pasadena. Il a été l'astronome principal des projets *Hermès 94* et *Hermès 96*, et participe à la mission *Deep Space One* qui sera lancée en 1998.

Atlas of Mercury, sous la direction de M.E. Davies, D.E. Gault, S.E. Dwornik et R.G. Strom, NASA Scientific and Technical Information Office, Washington, D.C., 1978.

Mercury, sous la direction de F. Vilas, C.R. Chapman et M.S. Matthews, University of Arizona Press, 1988.

The New Solar System, sous la direction de J.K. Beatty et A. Chaikin, Cambridge University Press et Sky Publishing Corporation, 1990.
