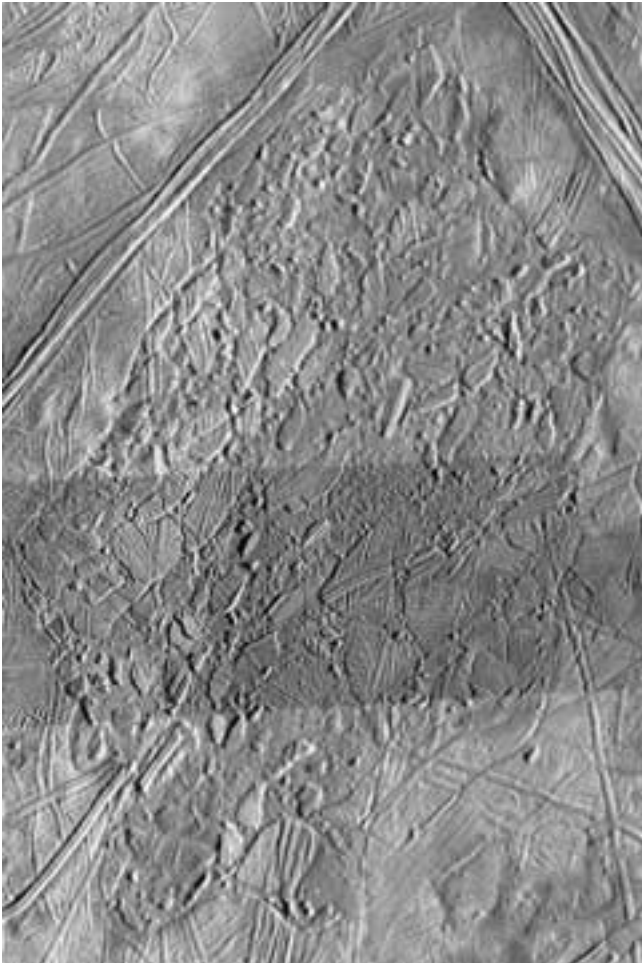
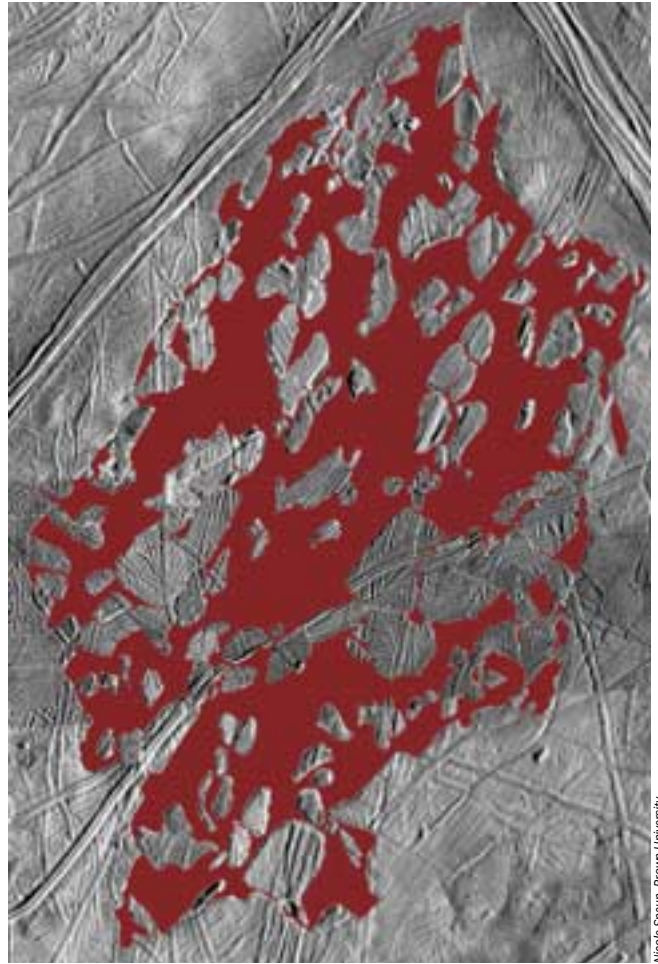




8. LE CHAOS DE CONAMARA peut être reconstitué comme un puzzle. La sonde *Galileo* a observé un fatras de blocs de glace enchevêtrés dans un substrat de glace (à gauche). Dans leur reconstruction (à droite), les planétologues ont identifié le substrat (en



rouge) et remis les blocs de glace à leurs positions originales du mieux possible. Plus de la moitié des pièces manquent, transformées dans le substrat. Cette région accidentée témoigne de la vivacité géologique d'Europe.

d'Europe pourraient être sensiblement plus minces que d'autres.

Les bandes de NIMS

En plus de sa caméra, la sonde *Galileo* a emporté un spectro-imageur (l'instrument NIMS), qui analysait les rayonnements infrarouges proches. Ainsi, on a recueilli les rayonnements réfléchis par la surface d'Europe : comme prévu, le spectromètre a détecté des bandes spectrales caractéristiques de l'eau gelée. Toutefois, les bandes sont déformées, comme si une impureté était mélangée à la glace, notamment dans les régions qui apparaissent sombres et rougeâtres aux longueurs d'onde visibles. L'identité du composé qui rougit l'eau reste inconnue, mais on soupçonne des composés du soufre ou du fer. Avant la mission *Galileo*, quelques planétologues avaient prédit que les eaux de l'éventuel océan interne d'Europe seraient salées, car de nombreuses

météorites contiennent des sels. Les matériaux superficiels d'Europe révèlent peut-être la chimie d'un océan saumâtre caché.

Deux autres instruments de *Galileo* ont également étayé l'hypothèse océanique. Le photopolarimètre-radiomètre a mesuré les températures de la surface du satellite. Les hautes latitudes sont anormalement plus chaudes la nuit (d'environ cinq degrés) que les régions équatoriales. Cette différence confirmerait qu'en plus du faible chauffage externe par le Soleil, Europe possède une forte source interne de chaleur : comme nous l'avons vu, on soupçonne le chauffage par effet de marées (on exclut une source de chaleur intrinsèque, car, dans ce cas, Europe serait homogène).

L'équipe qui s'occupe du magnétomètre de *Galileo* a obtenu l'une des informations les plus fascinantes sur l'état actuel de l'intérieur d'Europe. Les satellites galiléens sont plon-

gés dans le puissant champ magnétique de Jupiter. Les mesures du champ ambiant dans le voisinage d'Europe montrent des déviations associées au satellite. Pourquoi ces déviations ? Un champ magnétique intrinsèque à Europe les expliquerait si l'axe magnétique était très incliné par rapport à l'axe de rotation. D'autres solutions sont possibles. Notamment la subsurface d'Europe pourrait être un conducteur électrique où le champ magnétique jovien variable induirait un champ magnétique. Dans cette seconde hypothèse, la conductivité du conducteur interne devrait être au moins celle de l'eau de mer salée.

Le problème n'est pas simple, car le magnétomètre a aussi détecté un champ similaire près de Callisto, un satellite dont la surface couverte de cratères ne donne aucun signe d'un océan sous la surface. Les autres grands satellites du Système solaire posséderaient-ils un océan interne

salé, vestige de leurs passés plus chauds? Lors du dernier survol d'Europe, le 3 janvier 2000, le magnétomètre a mesuré un champ magnétique variable avec un pôle Nord magnétique qui se déplace. Ce dernier résultat corrobore l'hypothèse d'un champ induit et d'une surface à la conductivité analogue à celle de l'eau salée.

Les arguments théoriques et expérimentaux en faveur d'un océan global situé sous la surface d'Europe s'accumulent. Pourtant, la présence de cet océan n'est pas démontrée : la présence de glace chaude, sous la surface, conduirait à de nombreux effets analogues à ceux qui apparaîtraient si un océan est caché sous la glace de surface. Bien que la surface du satellite ait peu de cratères et qu'elle soit probablement jeune, on n'a pas la preuve que le satellite soit encore le siège d'une activité géologique. Europe aurait eu naguère un océan, qui serait aujourd'hui complètement gelé. La seule manière de s'en assurer sera de placer un engin spatial en orbite autour d'Europe.

La sonde *Europa Orbiter* de la NASA devrait quitter la Terre en 2003 et se mettre en orbite autour de Jupiter quatre ans plus tard. Après deux autres années, elle tournera autour d'Europe à une altitude moyenne de 200 kilomètres. En suivant précisément sa trajectoire et son altitude, on explorera le champ gravitationnel et la forme d'Europe avec suffisamment de détails pour détecter les marées solides, lors de l'orbite du satellite autour de Jupiter. Si Europe possède une mer interne, sa surface devrait monter et descendre de 30 mètres à chaque orbite de 3,6 jours ; sans océan, le renflement ne serait que de un mètre. Ainsi *Europa Orbiter* dénouera la question de l'existence d'un océan.

Entre-temps, une caméra embarquée photographiera le satellite, et un radar sondera la subsurface en quête de zones de fonte peu profondes. On espère que les ondes radar pénétreront dans la croûte de glace d'Europe, détecteront un océan sous-jacent, de la même manière que le lac Vostok, dans l'Antarctique, a récemment été découvert par radar, sous quatre kilomètres de glace froide (voir l'encadré de la page 51).

La vie semble nécessiter trois ingrédients fondamentaux : l'énergie, le carbone et l'eau liquide. Europe pourrait posséder les trois. Les effets de marées chaufferaient le manteau rocheux et

conduiraient à du volcanisme au fond de l'océan d'Europe. Dans les régions volcaniques des fonds océaniques terrestres, l'eau circule à travers la roche chaude et arrive dans la mer, enrichie en substances chimiques nutritives. Des communautés biologiques prospèrent autour de ces sources chaudes. Cependant, elles dépendent pour une grande part de l'écosystème de surface ; plus particulièrement, l'oxygène dissous dans l'eau de mer provient de la photosynthèse (voir *Les sources chaudes des fonds océaniques*, par John Edmond et Karen von Damm, *Pour la Science*, juin 1983). Sur Europe, une vie abyssale serait autonome. Les ressources d'énergie chimique disponibles seraient très limitées. Une vie microbienne pourrait sans doute se développer, mais pas des organismes biologiquement complexes et variés comme ceux qui peuplent les océans terrestres.

Si la mission *Europa Orbiter* confirme l'existence d'un océan de subsurface, on voudra l'explorer. Un petit module d'atterrissage automatique pourrait analyser un échantillon de glace à la recherche de composés organiques. Un robot sous-marin pourrait se frayer un chemin à travers la croûte de glace et explorer les eaux salines d'Europe afin de répondre à la lancinante question : sommes-nous seuls dans le Système solaire?

Robert PAPPALARDO et James HEAD sont chercheurs à l'Université Brown. Ronald GREELEY est professeur de planétologie à l'Université d'Arizona. Ils travaillent tous les trois dans l'équipe d'imagerie de *Galileo*.

Baerbel K. LUCCHITTA et Laurence A. SODERBLOM, *Geology of Europa*, in *Satellites of Jupiter*, sous la direction de David Morrison, University of Arizona Press, 1982.

Michael H. CARR et al., *Evidence for a Subsurface Ocean on Europa*, in *Nature*, vol. 391, pp. 363-365, 22 janvier 1998.

Ronald GREELEY et al., *Europa : Initial Galileo Geological Observation*, in *Icarus*, vol. 135, pp. 4-24, septembre 1998.

The New Solar System, 4^e édition, sous la direction de J. Kelly Beatty, Carolyn Collins Petersen et Andrew Chaikin, Cambridge University Press, 1998.

Une liste de sites sur Europe se trouve à l'adresse : www.pourlascience.com/numeros/pls-268/europe.htm
