

spécifiques et à la profondeur atteinte par la sonde, la composition des gaz serait analogue à celle de l'ensemble de l'atmosphère. Or, celle-ci ne semblait pas être telle que d'autres mesures l'indiquaient. Jupiter contenait-elle vraiment aussi peu d'oxygène et de soufre que le module le mesurait? Personne n'a pu expliquer comment ces éléments ont été éliminés si efficacement.

La composition des points chauds différait-elle alors considérablement de celle du reste de l'atmosphère? Par exemple, un fort courant descendant de gaz froid et sec, en provenance de l'atmosphère supérieure, engendre-t-il la modification atmosphérique observée? Cette théorie comporte des difficultés, mais elle est aujourd'hui la plus plausible. En effet, juste avant que le module ne cesse d'émettre, les concentrations en eau, en ammoniac et en sulfure d'hydrogène augmentaient rapidement, comme si la sonde approchait la base d'un courant descendant. Les images d'un autre point chaud important, fournies par l'orbiteur, montrent que les vents convergent vers le centre du point chaud à partir de toutes les directions (voir l'illustration de la page 66). Le gaz ne peut aller que vers le bas. En outre, les spectres obtenus ont montré que les quantités d'eau et d'ammoniac varient d'un facteur 100 entre les différents points chauds, ce qui corrobore l'idée selon laquelle les conditions météorologiques locales déterminent la composition détaillée de l'atmosphère.

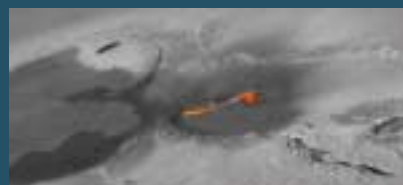
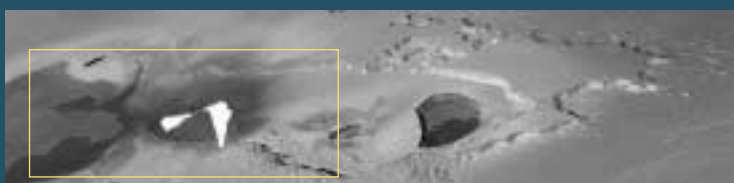
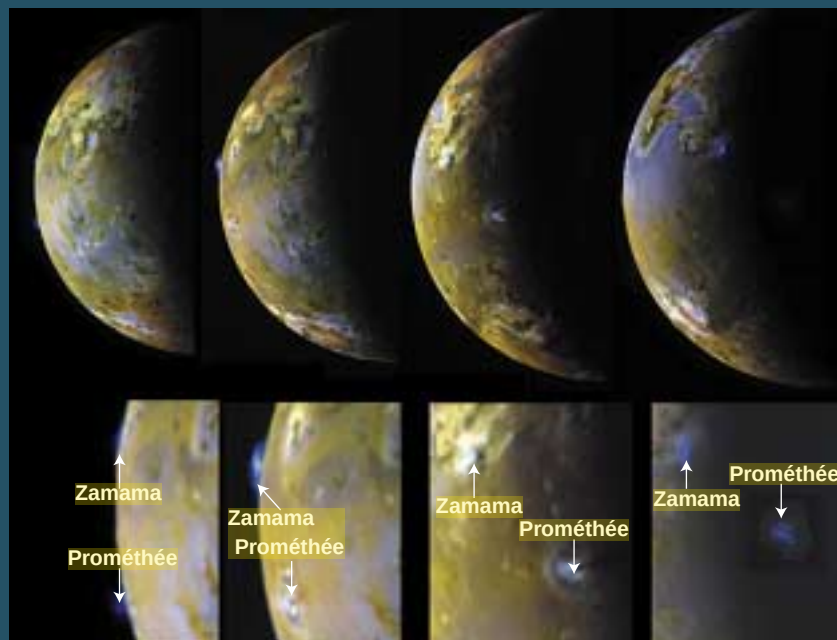
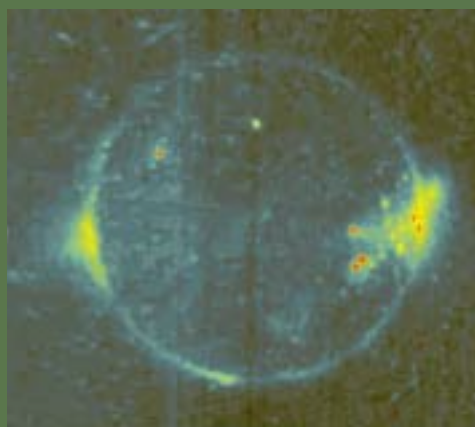
De la pluie sur toutes les planètes

Les prévisions étaient justes sur un point : le vent. Les bandes de nuages de Jupiter sont associées à des courants rapides, des vents d'Est et des vents d'Ouest soufflant à plusieurs centaines de kilomètres par heure. Sur la Terre, les vents analogues faiblissent près de la surface. Cependant, Jupiter n'a pas de surface, puisque c'est une planète formée de gaz. De ce fait, si une source d'énergie interne (comme l'énergie libérée par la contraction gravitationnelle) dominait, les vents devraient rester forts, voire s'accroître en profondeur. Inversement, si l'énergie était apportée principalement par une source externe (comme la lumière solaire), le contraire se produirait : comme sur la Terre, les vents faibliraient avec la profondeur. En descendant, le module atmosphérique observa que les vents



Io, le satellite infernal

La belle couleur rouge orangé qui caractérisait Io sur les images données par la sonde *Voyager*, il y a 20 ans, n'apparaît pas sur ces images en fausses couleurs obtenues par *Galileo*. Elles n'en sont pas moins spectaculaires. Lorsque le satellite se trouve dans l'ombre de Jupiter (*en haut*), les écoulements de lave sont visibles sous la forme de petites taches rouges et jaunes. Les panaches volcaniques apparaissent comme des lueurs sur le pourtour ; le panache de gauche s'échappe du volcan Prométhée. Une séquence de quatre images en couleurs renforcées (*au milieu*) montre les volcans Prométhée et Zamama : on voit d'abord apparaître des panaches, puis les volcans eux-mêmes, entourés d'anneaux de débris de plus de 100 kilomètres de diamètre. En novembre 1999, la sonde *Galileo* a obtenu des images du volcan Pelé dans le visible (*en bas à gauche*) et en infrarouge (*en bas à droite*). Au centre de cette dernière image se trouve un point rouge sombre : le rougeoiement de la lave au cœur du volcan.

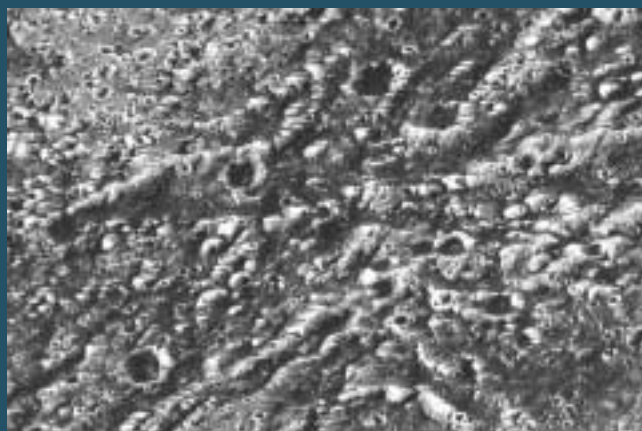


Ganymède, mélange glacé

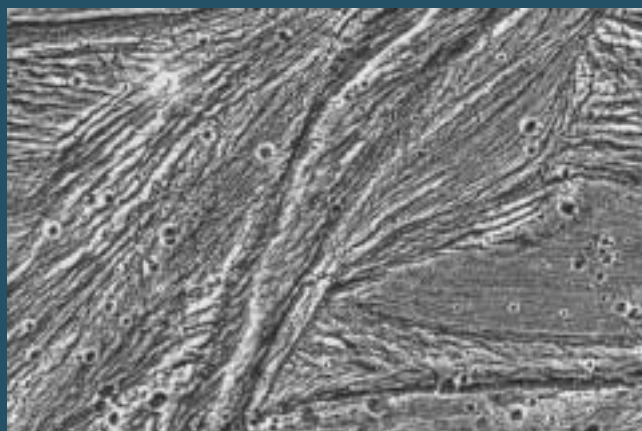


Le plus gros satellite du Système solaire est un étrange mélange de terrains sombres ou clairs. Les régions sombres, comme *Galileo Regio* (première image), comportent de nombreux cratères. Les sillons profonds pourraient contenir des pous-

sières laissées par la sublimation de la glace. Les régions claires, comme *Uruk Sulcus* (deuxième image), présentent moins de cratères, et davantage de caractéristiques tectoniques, tels des sillons. Cette image couvre environ 400 kilomètres de côté. Certaines régions, comme *Tiamat Sulcus* (troisième image), ici juste après le lever du Soleil, contiennent les deux types de terrain.



NASA/Jet Propulsion Laboratory



NASA/Jet Propulsion Laboratory

s'intensifiaient d'abord rapidement, puis se stabilisaient : l'atmosphère de Jupiter est régie par des sources d'énergie internes.

Bien que le module de descente n'ait détecté que peu de signes d'orages, l'orbiteur a vu les nuages illuminés par des éclairs brillants (voir l'illustration de la page 66). Comme *Voyager* l'avait fait avant elle, *Galileo* a observé que les éclairs étaient circonscrits à des latitudes précises. Ces zones sont des régions de cisaillement anticyclonique : les vents Est-Ouest y changent de vitesse de façon brusque du Nord au Sud. Ces changements d'intensité créent des conditions turbulentes et orageuses. Comme sur la Terre, des éclairs naissent dans des nuages où des grains de glace partiellement fondus s'élèvent et retombent dans la turbulence, ce qui sépare des charges positives et négatives. On estime la profondeur à laquelle l'éclair se produit d'après la taille de la tache illuminée sur les nuages : plus la tache est grande, plus la décharge est profonde. Les mesures de la sonde ont montré que les éclairs émanent des couches de l'atmosphère où sont censés se former des nuages d'eau. L'importance de ces phénomènes orageux confirme que toutes les régions de l'atmosphère ne sont pas aussi sèches que le site traversé par la sonde atmosphérique.

Le module a cessé d'émettre après avoir parcouru 0,1 pour cent de la dis-

tance au centre : les fortes pressions et la température élevée l'ont ensuite détruit. Cependant, grâce à certaines de ses mesures, les astronomes entrevoient les profondeurs de l'atmosphère. Les concentrations en gaz rares – hélium (l'élément le plus abondant dans Jupiter après l'hydrogène), néon, argon, krypton et xénon – sont particulièrement instructives. Ces gaz ne réagissant pas chimiquement avec les autres éléments, ils indiquent les conditions physiques au sein de la planète. Notamment, la concentration en hélium est si révélatrice qu'un instrument de *Galileo* était consacré à sa mesure.

Les spectres infrarouges obtenus par *Voyager* indiquaient que l'atmosphère de Jupiter contenait proportionnellement beaucoup moins d'hélium que le Soleil. Les astronomes se perdaient en conjectures sur les mécanismes qui avaient vidé la haute atmosphère de cet élément. Toutefois, les mesures de *Galileo* ont montré que Jupiter renferme à peu près la même concentration en hélium que les couches externes du Soleil (voir l'illustration de la page 67). Ce nouveau résultat allège la difficulté, mais ne la résout pas complètement, car les couches externes du Soleil ont elles-mêmes perdu de l'hélium. Un mécanisme a dû appauvrir les couches externes de Jupiter en hélium, mais ce mécanisme a vraisemblablement démarré plus tard,

dans l'histoire de la planète, qu'on ne le supposait. Par ailleurs, les instruments de la sonde *Galileo* ont mesuré sur Jupiter une concentration en néon égale au dixième de la valeur solaire.

Ces deux résultats corroborent l'hypothèse, autrefois controversée, selon laquelle les profondeurs de Jupiter subissent un déluge d'hélium. Là, la pression est si considérable (des millions de fois la pression au niveau de la mer, sur la Terre) que l'hélium ne se mélange plus à l'atmosphère riche en hydrogène. L'hélium formerait alors un océan qui occuperait le centre de la planète. Dans certaines conditions, le néon se dissout dans les gouttes de pluie d'hélium. Selon les résultats de *Voyager*, l'hélium précipiterait de la même façon sur Saturne.

En revanche, après plusieurs années d'analyses, les planétologues ont récemment annoncé que Jupiter renferme les autres gaz rares en abondance. La planète gazeuse est plus riche que le Soleil en argon, en krypton et en xénon ; cet enrichissement est analogue à celui en carbone et en soufre. Pourquoi tant de gaz rares ? Le seul moyen de piéger de telles quantités de ces gaz rares serait par « congélation », ce qui n'est pas possible à la distance par rapport au Soleil à laquelle se trouve actuellement Jupiter. Par conséquent, une bonne partie des matériaux dont est constituée la planète proviendrait de régions plus froides et plus éloignées. Jupiter pourrait s'être