

Planètes géantes et lunes glacées

Jupiter et Uranus

Basé sur un communiqué ESA

Depuis son lancement en 1990, le télescope spatial Hubble est un observateur assidu de la météorologie des grosses planètes du Système solaire.

Inauguré en 2014, le programme OPAL (Outer Planet Atmospheres Legacy) de Hubble nous fournit régulièrement des images des planètes géantes. En voici quelques-unes de Jupiter et Uranus, montrant ces deux mondes en constante évolution.

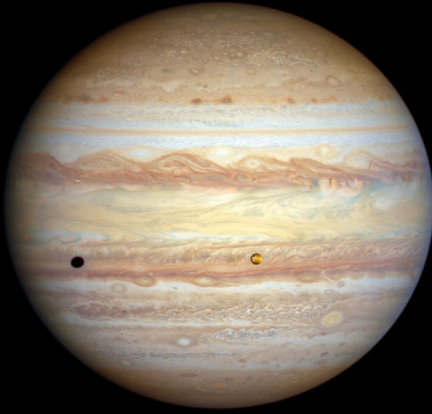
Les planètes extérieures, au-delà de Mars, n'ont pas de surfaces solides affectant le temps comme sur Terre. L'énergie distribuée par le Soleil n'y est pas le moteur unique de la circulation atmosphérique. Ainsi, la météo de Jupiter est contrôlée de l'intérieur de la planète, car plus de chaleur provient de son noyau que du Soleil. Cette source d'énergie entraîne indirectement des cycles de changement dans l'apparence des nuages, comme celui qui met actuellement en évidence une alternance de cyclones et d'anticyclones.

Jupiter et ses grandes lunes « océaniques » (Ganymède, Callisto et Europe) sont les cibles de la mission Juice (Jupiter Icy Moons Explorer, cf. page 337) lancée en avril. Juice effectuera de nombreux survols de Ganymède et finira par entrer en orbite autour

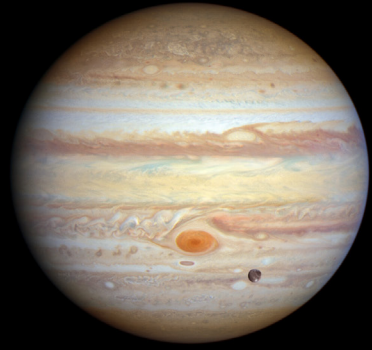
d'elle. La mission explorera différents sujets clés : le champ magnétique mystérieux de Ganymède, son océan caché, son noyau complexe, sa teneur en glace, les interactions avec son environnement local et celui de Jupiter, son activité passée et présente, et si oui ou non la lune pourrait être un environnement habitable.

Alors qu'elle suit son orbite de 84 ans, l'étrange planète Uranus roule autour du Soleil sur le côté, plutôt que de tourner dans une position plus « verticale » comme le font la Terre et les autres planètes. Son axe de rotation « horizontal » est incliné de seulement 8 degrés sur le plan de l'orbite de la planète. Une théorie récente propose qu'Uranus ait eu autrefois une lune massive qui l'a déstabilisée gravitationnellement puis s'est écrasée sur elle. D'autres possibilités incluent des impacts géants lors de la formation des planètes, ou même des planètes géantes exerçant des couples de résonance les unes sur les autres au fil du temps. Les conséquences de l'inclinaison d'Uranus font que, pendant des périodes allant jusqu'à 42 ans, des parties d'un hémisphère sont complètement privées de lumière solaire. Ainsi, lors de la visite du vaisseau spatial Voyager 2 dans les années 1980, le pôle sud de la planète était pointé presque directement vers le Soleil.

Jupiter



Nov 2022



Jan 2023

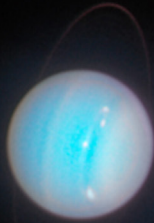
En 2022 (image de gauche), la planète Jupiter subissait un temps orageux aux basses latitudes nord. Une chaîne proéminente d'orages alternés forment une allée de vortex. Il s'agit de vagues de cyclones et d'anticyclones imbriqués, verrouillés ensemble comme les engrenages alternés d'une machine, et tournant dans les sens horlogique et antihorlogique. Si les tempêtes se rapprochent suffisamment les unes des autres et fusionnent, elles peuvent créer une tempête encore plus grande, rivalisant potentiellement avec la Grande Tache rouge. Le schéma échelonné des cyclones et des anticyclones empêche cependant les tempêtes individuelles de fusionner. L'activité est également apparente à l'intérieur de ces tempêtes; dans les années 1990, Hubble n'avait pas vu de cyclones ou d'anticyclones avec des orages, mais ces tempêtes ont surgi au cours de la dernière décennie.

La lune orange Io s'est invitée dans cette vue montrant les sommets de nuages multicolores de Jupiter. Elle projette son ombre sur le limbe ouest de la planète. La résolution de Hubble est si nette qu'il peut voir l'apparence orange marbrée d'Io, résultat de ses nombreux volcans

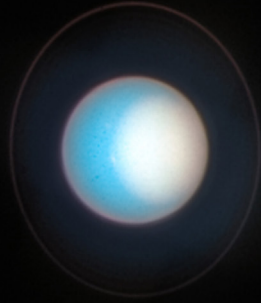
actifs. Ces volcans ont été découverts pour la première fois lorsque Voyager 1 l'a survolé en 1979. L'intérieur en fusion de la lune est recouvert d'une fine croûte à travers laquelle les volcans éjectent des matériaux. Le soufre prend différentes teintes à différentes températures, c'est pourquoi la surface d'Io est si colorée. Cette image a été prise le 12 novembre 2022. En 2023, la légendaire Grande Tache rouge de Jupiter occupe le devant de la scène dans l'image de droite. Bien que ce vortex soit assez grand pour avaler la Terre, il s'est en fait réduit à la plus petite taille qu'on lui a jamais connue selon les enregistrements d'observations datant de 150 ans. La lune glacée de Jupiter, Ganymède, peut être vue transitant devant la planète géante en bas à droite. Légèrement plus grande que la planète Mercure, Ganymède est la plus grande lune du Système solaire. C'est un monde cratérisé, dont la surface est faite principalement de glace d'eau avec des écoulements glaciaires apparents entraînés par la chaleur interne. Cette image a été prise le 6 janvier 2023.

(NASA, ESA, STScI, A. Simon/NASA-GSFC, MH Wong/UC Berkeley, J. DePasquale/STScI)

Uranus



2014



2022

L'image de gauche d'Uranus a été prise par Hubble sept ans après l'équinoxe de printemps dans l'hémisphère nord lorsque le Soleil brillait directement au-dessus de l'équateur de la planète. C'est l'une des premières images du programme OPAL. De multiples tempêtes avec des nuages de cristaux de glace de méthane apparaissent aux latitudes nord moyennes au-dessus de la basse atmosphère teintée de cyan de la planète. Hubble a photographié le système d'anneaux de profil en 2007, mais les anneaux commencent à s'ouvrir sept ans plus tard dans cette vue. À cette époque, la planète avait de multiples petites tempêtes et même de faibles bandes nuageuses.

Comme on le voit en 2022, le pôle nord d'Uranus montre une brume photochimique épaisse qui ressemble au smog au-dessus des villes. Plusieurs petites tempêtes peuvent

être vues à la frontière de la brume polaire. Hubble a suivi les variations de la taille et de la luminosité de la calotte polaire nord. Elle continue de s'éclaircir d'année en année. Les astronomes démêlent de multiples effets – de la circulation atmosphérique, des propriétés des particules et des processus chimiques – qui contrôlent la façon dont la calotte polaire atmosphérique change avec les saisons. Lors de l'équinoxe uranien en 2007, aucun pôle n'était particulièrement brillant. À l'approche du solstice d'été du nord en 2028, la calotte pourrait devenir encore plus brillante. Elle sera dirigée directement vers la Terre, permettant une bonne vue sur les anneaux et le pôle nord; le système des anneaux apparaîtra alors de face. Cette image a été prise le 10 novembre 2022. (NASA, ESA, STScI, A. Simon/NASA-GSFC, MH Wong/UC Berkeley, J. DePasquale/STScI)

Les anneaux de Saturne chauffent son atmosphère

Basé sur un communiqué NASA-ESA-STScI

Les anneaux de Saturne ne sont pas aussi calmes qu'ils en ont l'air. En laissant pleuvoir des particules de glace, ils chauffent la haute atmosphère de la planète. Il a fallu 40 ans d'observations, glanées lors de cinq missions planétaires, pour arriver à cette conclusion. Les observations du télescope spatial Hubble ont été utilisées pour relier toutes les preuves, recueillies en lumière ultraviolette (UV).

C'est une interaction inattendue entre Saturne et ses anneaux qui pourrait fournir un outil pour prédire si des planètes autour d'autres étoiles ont également des systèmes d'anneaux du type de celui de Saturne.

La preuve de cet échauffement est venue de l'excès de rayonnement ultraviolet, dû à une émission de l'hydrogène dans l'atmosphère de Saturne. L'explication la plus plausible est une pluie de particules venant des anneaux. Cela pourrait aussi venir de l'impact de micrométéorites, du bombardement de particules de vent solaire, du rayonnement ultraviolet solaire ou encore de champs électromagnétiques capturant des poussières chargées. Tout cela se produit sous l'influence du champ gravitationnel de Saturne qui attire les particules dans la planète. Lorsque la sonde Cassini de la NASA a plongé dans l'atmosphère de Saturne à la fin de sa mission en 2017, elle a mesuré les constituants atmosphériques et confirmé que de nombreuses particules tombent des anneaux.

Tout est entraîné par des particules s'échappant des anneaux et qui tombent en cascade dans l'atmosphère à des latitudes spécifiques. Elles modifient la haute atmosphère, en changeant sa composition. Les collisions avec les gaz atmosphériques chauffent probablement une couche de l'atmosphère.

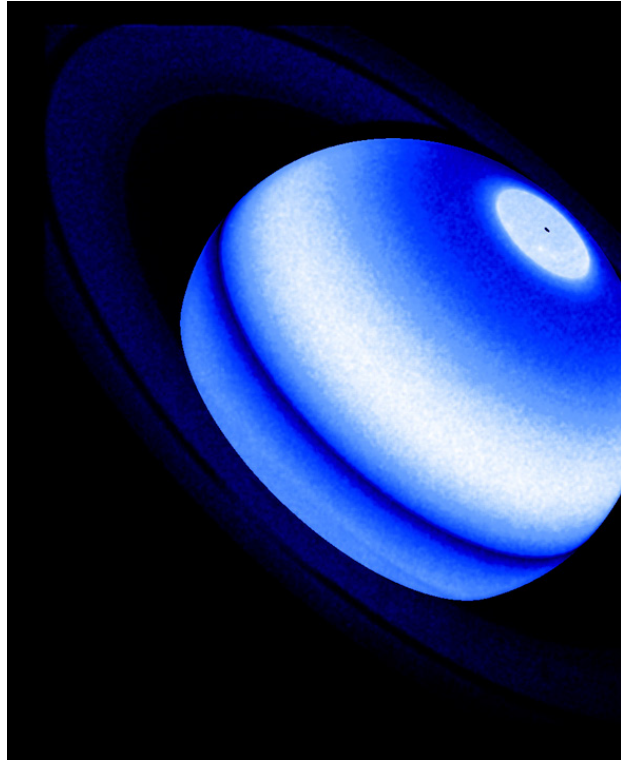
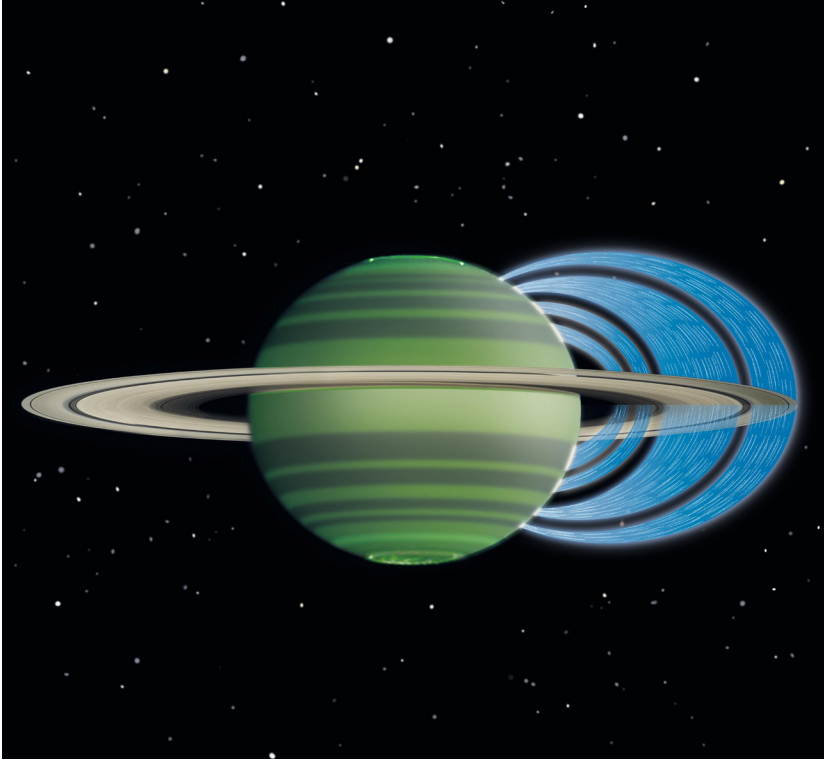


Image composite montrant l'émission Lyman-alpha de l'hydrogène par Saturne. Les anneaux apparaissent beaucoup plus sombres que le corps de la planète car ils réfléchissent beaucoup moins la lumière ultraviolette. Au-dessus des anneaux et de la région équatoriale sombre, le gros de l'émission Lyman-alpha apparaît comme une bande latitudinale étendue (30 degrés) qui est 30% plus lumineuse que les régions environnantes. Une petite fraction de l'hémisphère sud apparaît entre les anneaux et la région équatoriale, mais il est plus sombre que l'hémisphère nord. Au nord, la luminosité du disque diminue progressivement vers la région des aurores lumineuses qui est ici montrée à titre de référence, et pas à l'échelle. Une tache sombre à l'intérieur de la région des aurores représente le pôle de rotation de la planète. On pense que les particules de glace qui pleuvent sur l'atmosphère à des latitudes spécifiques provoquent un échauffement.
(NASA, ESA, Lotfi Ben-Jaffel/IAP & LPL)



Les observations en ultraviolet de Saturne viennent tout d'abord des deux sondes Voyager qui ont survolé la planète dans les années 1980 et ont mesuré l'excès d'UV.

À l'époque, les astronomes avaient rejeté les mesures qu'ils pensaient être du bruit des détecteurs. La mission Cassini, arrivée sur Saturne en 2004, a également collecté des données UV sur l'atmosphère durant plusieurs années. Des données supplémentaires sont venues de Hubble et de IUE, l'International Ultraviolet Explorer, qui a été lancé en 1978.

La question persistante était de savoir si toutes les données pouvaient n'être que du bruit, ou si elles reflétaient un véritable phénomène sur Saturne.

La clé du puzzle est venue des mesures du spectrographe STIS (Space Telescope Imaging Spectrograph) du télescope spatial

Illustration de la façon dont les particules de glace chargées électriquement sont transportées depuis les anneaux vers certaines latitudes de Saturne. (NASA/JPL-Caltech/Space Science Institute/University of Leicester)

Hubble. Ses observations ont été utilisées pour étalonner les données UV d'archives des quatre autres missions spatiales qui ont observé Saturne.

Il est apparu clairement que les spectres étaient cohérents dans toutes les missions.

La quarantaine d'années d'observations couvre plusieurs cycles solaires, ce qui a permis aux astronomes d'étudier les effets saisonniers du Soleil sur Saturne. Ils n'ont constaté aucune variation dans le niveau de rayonnement ultraviolet. Cela indique que la « pluie de glace » régulière des anneaux de Saturne est la meilleure explication.

Uranus vue par le JWST

Basé sur un communiqué NASA-Webb

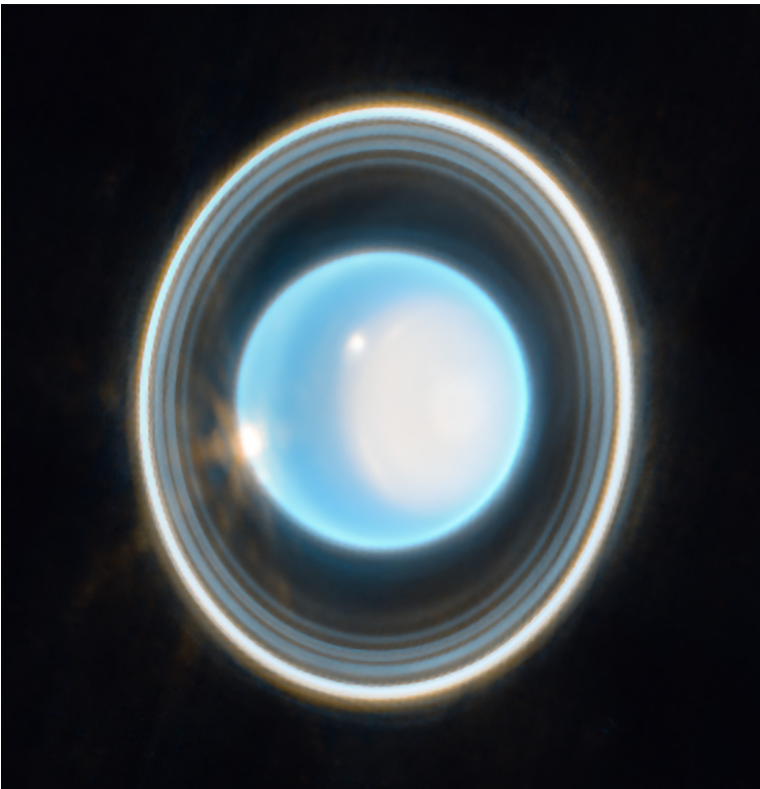
La planète Uranus est une bizarrerie du Système solaire. Comme rappelé plus haut (p. 328), sa forte inclinaison par rapport au plan de son orbite provoque des saisons extrêmes. Les pôles connaissent de nombreuses années d'ensoleillement continu suivies d'un nombre égal d'années d'obscurité totale (Uranus met 84 ans pour compléter son orbite). Actuellement, c'est la fin du printemps pour le pôle nord, qui est visible ici ; l'été boréal aura lieu en 2028. En revanche, lorsque Voyager 2 a visité Uranus, c'était l'été au pôle sud. Celui-ci se trouve maintenant du côté obscur de la planète, hors de vue et face à l'obscurité de l'espace.

Son atmosphère qui était apparue terne et sans intérêt lors de la visite du vaisseau spatial Voyager 2 en 1986, a depuis montré un caractère dynamique, avec des tempêtes turbulentes.

Les images prises par le télescope spatial JWST mettent en évidence le système complexe d'anneaux ainsi qu'une calotte polaire brillante et probablement des nuages d'orage.

Cette planète est classée comme géante de glace en raison de la composition chimique de son intérieur. On pense que la majeure partie de sa masse est un fluide chaud et dense de matériaux « glacés » – eau, méthane et ammoniac – au-dessus d'un petit noyau rocheux.

Uranus a 13 anneaux connus et 11 d'entre eux sont visibles sur cette image Webb. Certains de ces anneaux sont si brillants vus par Webb qu'ils semblent se fondre en un



Uranus capturée par la caméra NIRCam du télescope spatial JWST le 6 février 2023. L'image combine les données de deux filtres isolant les longueurs d'onde infrarouges de 1,4 et 3,0 microns, représentées ici en bleu et orange, respectivement. La zone claire du côté droit est la calotte polaire qui, en raison de l'inclinaison extrême de la planète par rapport à l'écliptique, fait face au Soleil. Quelques nuages brillants témoignent de violentes tempêtes. (NASA, ESA, ASC, STScI, Joseph DePasquale)

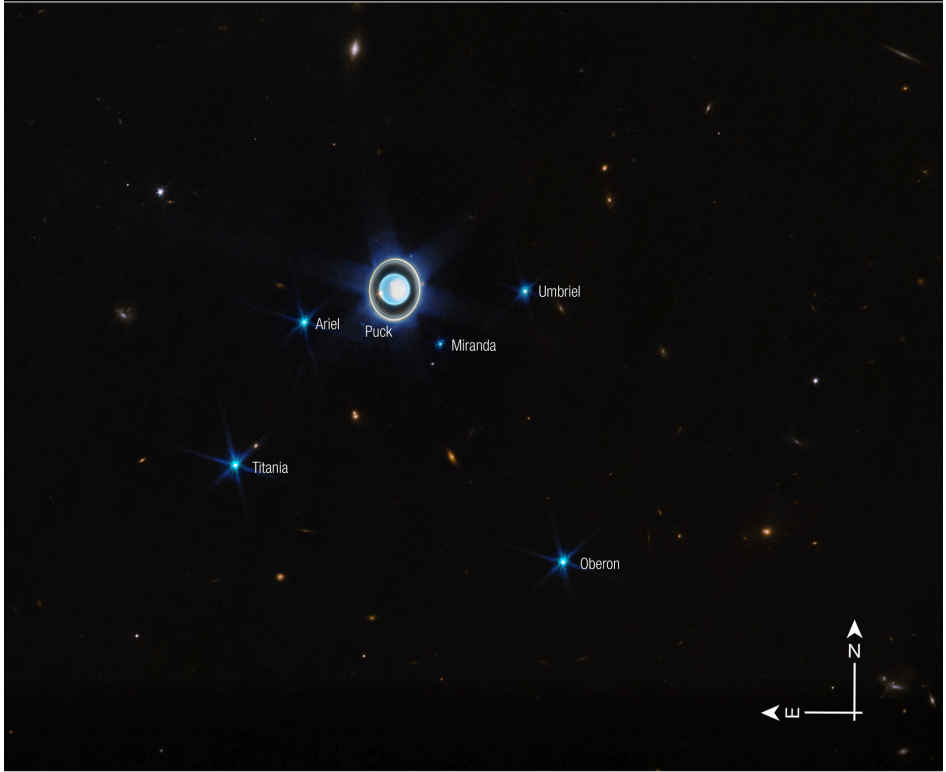
anneau plus grand. Neuf sont classés comme les anneaux principaux de la planète, et deux sont les anneaux poussiéreux les plus faibles (comme l'anneau Zêta diffus, le plus proche de la planète) qui n'ont été découverts qu'au survol de Voyager 2 en 1986. Les scientifiques s'attendent à ce que les futures images du JWST révèlent les deux anneaux extérieurs,

très ténus, qui ont été découverts par Hubble lorsque l'anneau était vu de profil, en 2007.

Le système uranien dans son ensemble vu avec NIRCam. On distingue 6 de ses 27 lunes connues. (NASA, ESA, ASC, STScI, Joseph DePasquale)

JAMES WEBB SPACE TELESCOPE

URANUS | FEBRUARY 6, 2023



NIRCam Filters | F140M F300M

Tremblements des lunes glacées

Basé sur un communiqué NASA/JPL

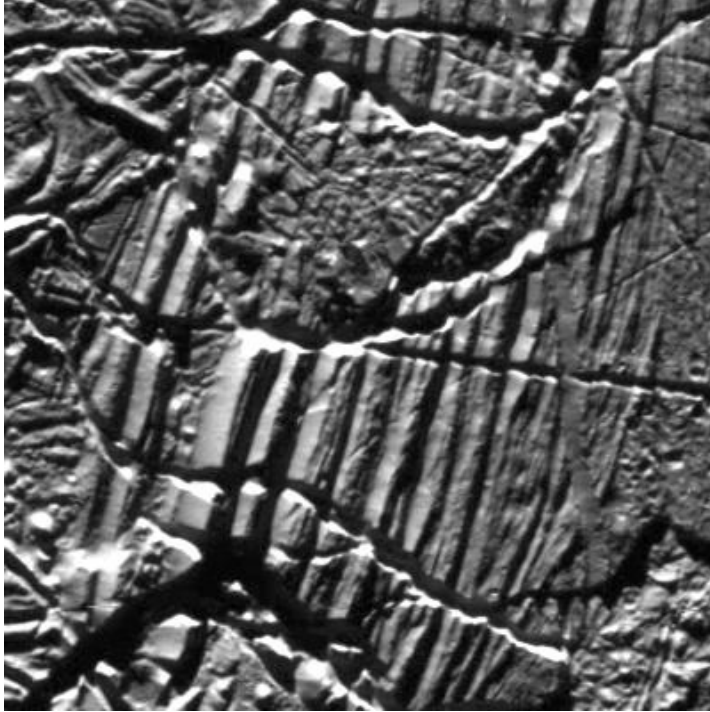
Nombre des lunes glacées entourant les planètes géantes sont géologiquement actives. Jupiter et Saturne ont une gravité si forte qu'ils étirent et tirent les corps qui orbitent autour d'eux, provoquant des tremblements de terre qui peuvent fissurer la croûte et la surface des lunes. De nouvelles recherches montrent pour la première fois comment ces tremblements de terre peuvent déclencher des glissements de terrain qui conduisent à un terrain remarquablement lisse. L'étude décrit le lien entre les tremblements de terre et les glissements de terrain, apportant un nouvel éclairage sur l'évolution des surfaces et des textures des lunes glacées. Sur la surface des satellites comme Europe, Ganymède ou Encelade, il est courant de voir des crêtes abruptes entourées de zones

relativement plates et lisses. Les scientifiques ont émis l'hypothèse que ces plaines résultent des écoulements venant des volcans de glace. Mais comment ce processus fonctionne avec des températures de surface si froides restait mystérieux.

La nouvelle explication est simple et n'implique pas de liquide en surface. Les scientifiques ont mesuré la taille des escarpements qui, comme pour la Terre, semblent d'origine tectonique et présentent des pentes abruptes causées par la cassure du sol le long d'une ligne de faille. En appliquant les mesures à des modèles sismiques, ils ont estimé la puissance des tremblements de terre passés et ont découvert qu'ils pouvaient être suffisamment puissants pour soulever les débris qui tombent ensuite en aval, où ils se propagent et égalisent le terrain.



Le vaisseau spatial Galileo a pris cette image d'un terrain sombre de Ganymède, dans Nicholson Regio, près de la frontière avec Harpagia Sulcus. L'ancien terrain fortement cratérisé est strié par une série d'escarpements. Sur Terre, des caractéristiques similaires se forment lorsque des failles tectoniques brisent la croûte. Les scientifiques ont modélisé comment l'activité des failles pouvait déclencher des glissements de terrain et créer des zones relativement lisses à la surface des lunes glacées. (NASA/JPL/Université Brown)



Cette image est une partie de l'une des images de plus haute résolution de la lune Europa de Jupiter capturées dans les années 1990 par le vaisseau spatial Galileo. On y voit le genre de caractéristiques étudiées par les scientifiques qui ont récemment modélisé la façon dont les tremblements de terre peuvent déclencher des glissements de terrain sur les lunes de Jupiter et Saturne.

Ici sont visibles des escarpements avec des pentes douces et des gravats à proximité qui peuvent avoir été produits par de petits glissements de terrain déclenchés par l'activité sismique.

Ces images ont été obtenues le 6 novembre 1997, lorsque Galileo se trouvait à 3 250 kilomètres d'Europa. (NASA/JPL-Caltech)

Les résultats de la modélisation de l'activité tectonique et des tremblements de terre sur Encelade, une lune de Saturne qui a moins de 3% de la surface d'Europe et environ 1/650 de celle de la Terre, ont été particulièrement surprenants. En raison de la faible gravité de cette lune, les séismes sur la minuscule Encelade pourraient être suffisamment importants pour projeter des débris glacés dans l'espace comme un chien mouillé qui se secoue.

La prochaine mission Europa Clipper de la NASA, à destination de la lune Europe de Jupiter en 2024, donnera un coup de pouce significatif à la recherche, en fournissant des images et d'autres données scientifiques. Après avoir atteint Jupiter en 2030, le vaisseau spatial orbitera autour de la géante gazeuse et effectuera environ 50 survols d'Europe.

La mission dispose d'une charge utile sophistiquée de neuf instruments scientifiques pour déterminer si Europe, qui, selon les scientifiques, contient un océan interne profond sous une coquille de glace extérieure, présente des conditions propices à la vie. Les images à haute résolution recueillies par Europa Clipper aideront les scientifiques à déterminer la puissance des tremblements de terre passés. Les chercheurs pourront appliquer les découvertes récentes pour comprendre si les tremblements de terre ont déplacé la glace et d'autres matériaux de surface et dans quelle mesure. Les images de la mission Jupiter Icy Moons Explorer (Juice) de l'ESA (Agence spatiale européenne) offriront des informations similaires sur la lune jovienne voisine d'Europe, Ganymède.



▲ Juice s'envole pour Jupiter le 14 avril.
 ▼ Les étapes principales de son périple à travers le Système solaire.
 (ESA)

