

L'astronomie dans le monde

*Vision d'artiste d'une
tempête titaniennne.
(IPGP/Labex UnivEarthS/
université Paris Diderot -
C. Epitalon & S. Rodriguez)*

Tempêtes de poussière sur Titan

Basé sur un communiqué CNRS

Les données de la mission internationale Cassini-Huygens, qui a exploré Saturne et ses lunes entre 2004 et 2017, ont révélé ce qui semble être des tempêtes de poussière dans les régions équatoriales de Titan. Cette découverte fait de Titan seulement le troisième corps du Système solaire où des tempêtes de poussière ont été observées, après la Terre et Mars.

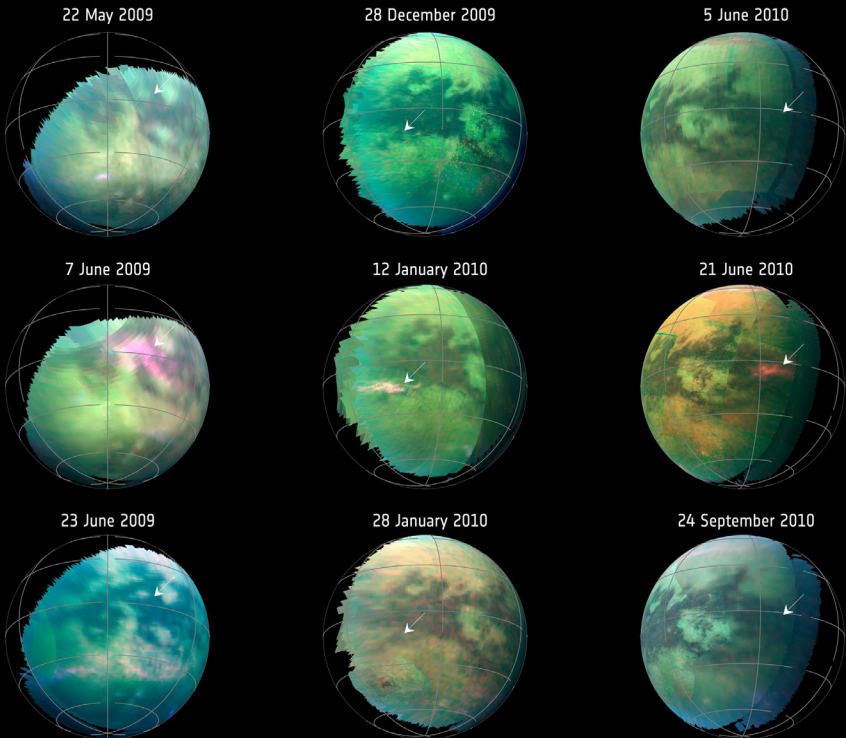
Cette observation aide les scientifiques à mieux comprendre l'environnement fascinant et dynamique de la plus grande lune de Saturne.

On savait Titan une lune très active par sa géologie et son cycle d'hydrocarbures. On peut ajouter une autre analogie avec la Terre et Mars : un cycle actif de la poussière. Sur Titan, cette poussière serait en fait constituée par des particules d'aérosols organiques produites dans l'atmosphère, et qui chuteraient pour s'accumuler au sol. Les observations de Cassini suggèrent que cette poussière organique pourrait être soulevée en de gigantesques nuages juste au-dessus des grands champs de dunes équatoriales

de Titan, comme cela peut se produire sur Terre.

Titan est un monde exotique et intrigant – d'une certaine façon très semblable à celui de la Terre. En fait, c'est la seule lune du Système solaire avec une atmosphère dense, et le seul corps autre que notre planète où des étendues stables de liquide existent en surface.

Les tempêtes de poussière sur Titan vues en infrarouge par le spectro-imageur VIMS à bord de la sonde Cassini.
(NASA/JPL-Caltech/University of Arizona/université Paris Diderot/IPGP/S. Rodriguez et al. 2018)



Il y a cependant une grande différence : alors que sur Terre les rivières, lacs et mers sont remplis d'eau, sur Titan c'est surtout le méthane qui coule dans ces réservoirs liquides. Dans ce cycle unique du méthane, les molécules d'hydrocarbures s'évaporent, se condensent en nuages et retombent en pluie sur le sol.

La météorologie active de Titan varie d'une saison à l'autre, tout comme sur Terre. En particulier autour de l'équinoxe, le moment où le Soleil traverse l'équateur de Titan, des nuages massifs peuvent se former dans les régions tropicales et provoquer de fortes tempêtes de méthane. Cassini a observé ce type d'événements pendant plusieurs de ses survols de Titan. On a tout d'abord pensé qu'il pouvait s'agir de ces mêmes nuages de méthane. Une enquête approfondie a cependant révélé que c'était quelque chose de complètement différent. D'après ce que l'on sait de la formation des nuages sur Titan, de tels nuages de méthane, dans cette région et à cette période de l'année, ne sont pas physiquement possibles. Les nuages de méthane convectifs qui peuvent alors s'y former seraient très opaques, constitués de particules bien plus grosses, et devraient être situés à une altitude bien plus élevée que ce que révèlent les modèles.

La modélisation de leur signal infrarouge a montré que, si ces événements singuliers sont effectivement d'origine atmosphérique, ils semblent être confinés très près de la surface (à moins de dix kilomètres d'altitude). De plus, leur signature chimique semble indiquer qu'il s'agit plus vraisemblablement d'une couche ténue de minuscules particules organiques solides en suspension. Comme celles-ci se trouvaient juste au-dessus des vastes mers de sable organique de Titan, il ne restait alors qu'une explication : ces événements seraient en fait de gigantesques nuages de poussière organique soulevés depuis les dunes.

Bien qu'il s'agisse de la toute première observation d'une tempête de poussière sur Titan, cette découverte n'est cependant pas surprenante. En effet, la sonde Huygens, qui a atterri à la surface de Titan en janvier 2005,

semble avoir soulevé une petite quantité de poussière organique à son arrivée et, compte tenu de l'origine atmosphérique de cette poussière, la surface de Titan devrait en être très largement recouverte. Ce qu'a vu Cassini est à une bien plus grande échelle. Près de la surface, la vitesse des vents doit être très forte pour soulever la poussière de ces tempêtes – environ cinq fois plus forte que la vitesse moyenne des vents estimée par les mesures de Huygens près de la surface et prédite par les modèles climatiques.

Huygens n'a fait qu'une seule mesure directe de la vitesse du vent de surface juste avant son atterrissage sur Titan, et à cette époque elle était très basse, moins d'un mètre par seconde. Même au moment de l'équinoxe de printemps, quelques années plus tard, il n'était pas attendu que les vents de surface atteignent une telle vitesse.

Pour l'instant, la seule raison satisfaisante pour expliquer des vents de surface aussi forts, c'est qu'ils pourraient être liés aux puissantes rafales qui peuvent survenir au front des énormes tempêtes de méthane observées dans cette région et cette saison.

Sur Terre, ce phénomène est appelé « ha-boob » : il génère des tempêtes de poussière géantes juste en avant de violents orages et il est bien connu dans les régions désertiques. Le voir se produire sur Titan était moins attendu, et cela nous apporte des informations de première main sur l'activité climatique et géologique de cette lune qui n'a pas fini de surprendre les astronomes.

L'existence des vents violents générant ces tempêtes de poussière, même transitoires, implique que le sable juste en dessous peut lui aussi être mis en mouvement, et que les dunes couvrant les régions équatoriales de Titan sont toujours actives et continuent d'évoluer. De tels vents pourraient transporter la poussière soulevée par les dunes sur de grandes distances, contribuant ainsi au cycle global des poussières organiques et donc du carbone sur Titan, et pourraient provoquer des effets similaires à ceux observés sur Terre et sur Mars.

Le trou noir de la Voie lactée

Basé sur un communiqué ESO

L'exceptionnelle sensibilité de l'instrument GRAVITY de l'ESO offre une belle confirmation de l'existence d'un trou noir supermassif au centre de la Voie lactée. De nouvelles observations montrent en effet la présence de gaz tourbillonnant à une vitesse tiers de celle de la lumière le long d'une orbite circulaire autour de l'horizon des événements. C'est la toute première fois que de la matière est observée à si grande proximité du point de non retour. Il s'agit là des observations les plus détaillées à ce jour de matière orbitant à si grande proximité d'un trou noir.

GRAVITY a pu observer les émissions de rayonnement infrarouge en provenance du disque d'accrétion qui entoure Sagittarius A*, l'objet massif situé au cœur de la Voie lactée.

Les sursauts de luminosité confirment que cet objet est bel et bien un trou noir supermassif. Les sursauts sont émis par la matière qui orbite à très grande proximité de l'horizon des événements du trou noir.

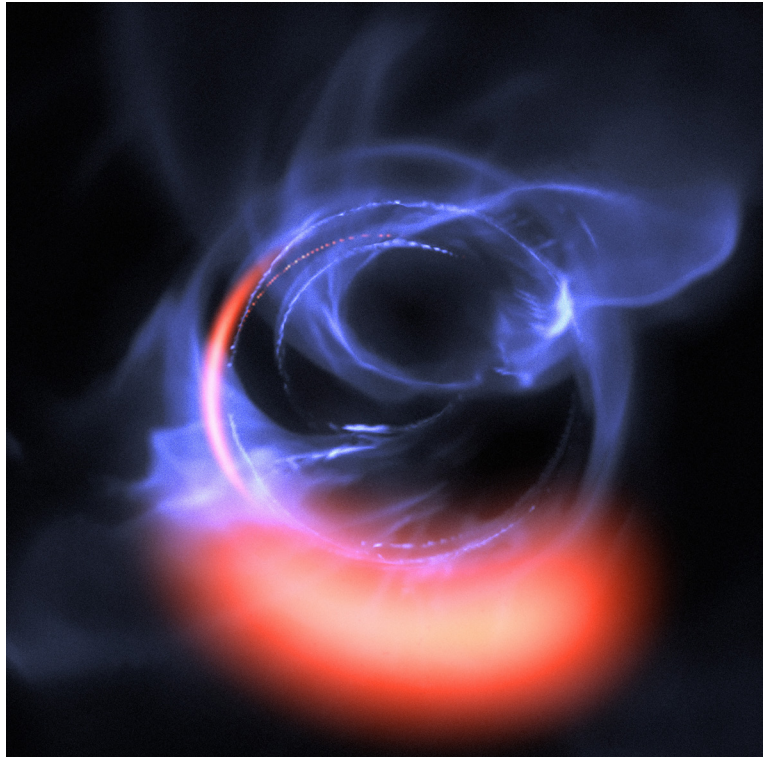
La matière composant le disque d'accrétion – l'anneau de gaz qui orbite autour de Sagittarius A* à des vitesses relativistes – peut se déplacer autour du trou noir en toute sécurité. En revanche, tout objet qui s'en rapproche trop est condamné à traverser l'horizon des événements. Ainsi, l'ensemble des positions que la matière peut occuper sans se trouver irrésistiblement attirée par l'énorme masse

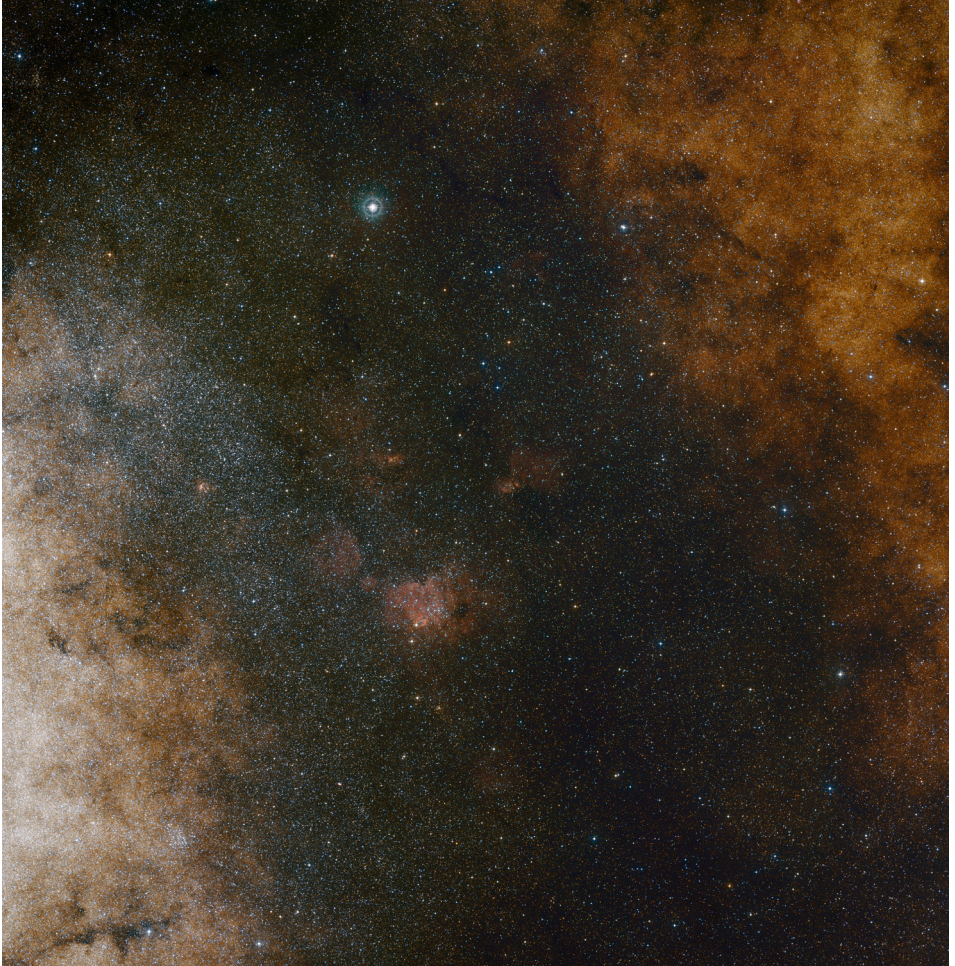
centrale définit l'orbite stable la plus proche du trou noir. C'est de cette orbite que proviennent les éruptions.

L'instrument GRAVITY a joué un rôle fondamental en combinant la lumière des quatre télescopes du VLT de l'ESO pour créer un super télescope virtuel de 130 mètres de diamètre. Par le passé, il avait déjà permis de sonder la nature de Sagittarius A*.

En début d'année, GRAVITY et SINFONI, un autre instrument installé sur le VLT, avaient permis suivre le passage de l'étoile S2 très près de Sagittarius A*. Pour la

Simulation de mouvements orbitaux de gaz tourbillonnant à environ 30% de la vitesse de la lumière sur une orbite circulaire encerclant le trou noir de la Voie lactée. (ESO/Gravity Consortium/L. Calçada)





première fois, la théorie de la relativité générale d'Einstein se trouvait confirmée dans un environnement aussi extrême. À cette occasion un intense rayonnement infrarouge fut détecté et les astronomes eurent la chance d'assister à trois brillantes éruptions issues des environs du trou noir. Ce phénomène est en accord parfait avec les prévisions théoriques concernant les points chauds en orbite autour d'un trou noir de quatre millions de masses solaires. Les

La région du centre galactique. Image composite basée sur des clichés du Digitized Sky Survey 2. Le champ est voisin de 3,5 degrés × 3,6 degrés. (ESO; Digitized Sky Survey 2; Davide De Martin; S. Guisard www.eso.org/~sguisard)

éruptions sont censées provenir d'interactions magnétiques au sein du gaz très chaud orbitant à très grande proximité de Sagittarius A*.

Une molécule radioactive dans CK Vulpeculae

Basé sur un communiqué ESO

Les réseaux ALMA (Atacama Large Millimeter/submillimeter Array) et NOEMA (NOthern Extended Millimeter Array) inscrivent à leur palmarès la première détection certaine d'une molécule radioactive ($^{26}\text{AlF}^1$) dans l'espace interstellaire. Les

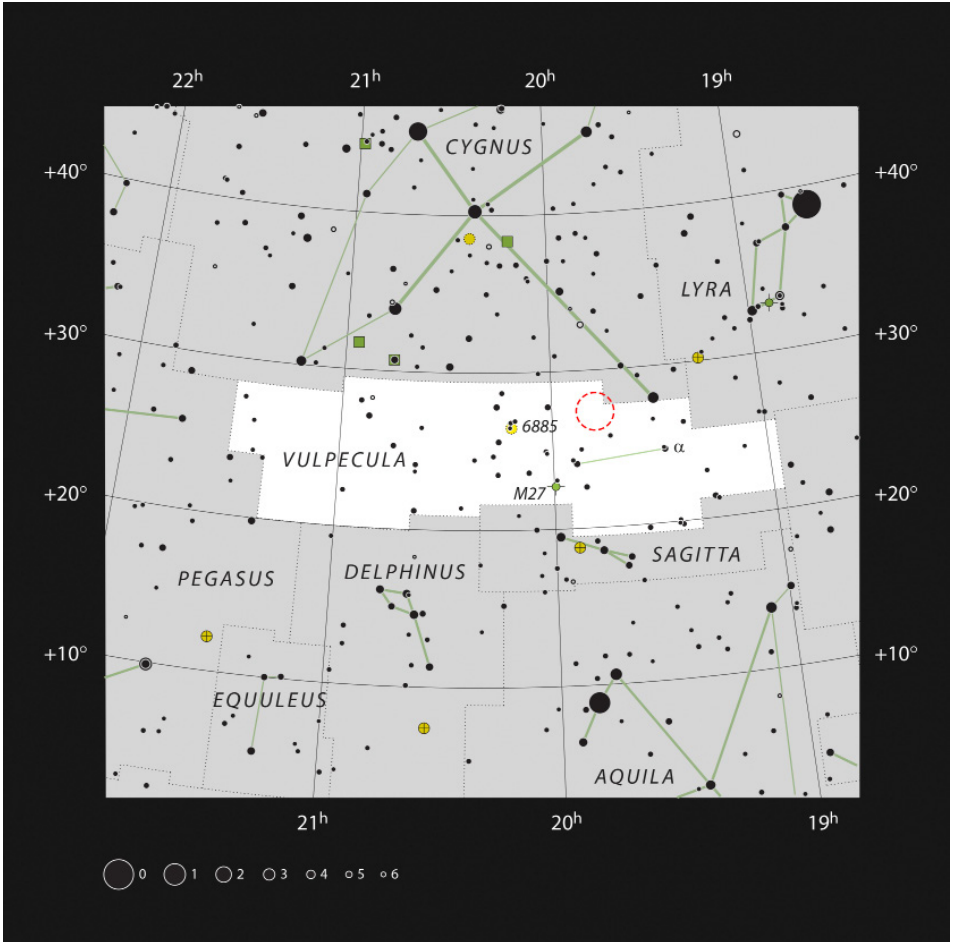
1 Le noyau de l'aluminium-26 est composé de 13 protons et de 13 neutrons – il renferme un neutron de moins que l'aluminium-27, un isotope stable. L'aluminium-26 se désintègre en magnésium-26, un élément complètement différent.

observations révèlent que cet isotope a été disséminé dans l'espace après la collision de deux étoiles qui a donné naissance à CK Vulpeculae. Cet isotope avait précédemment été identifié dans un flux de rayons gamma, dont l'origine précise était demeurée inconnue.

Nova Vulpeculae 1670 a été découverte le 20 juin 1670 à Dijon par l'astronome français Anthelme Voituret, dit père Anthelme ou don Anthelme, moine de l'ordre des Chartreux

Carte établie par Hevelius et montrant la position de la nova de 1670 près de Bêta Cygni.

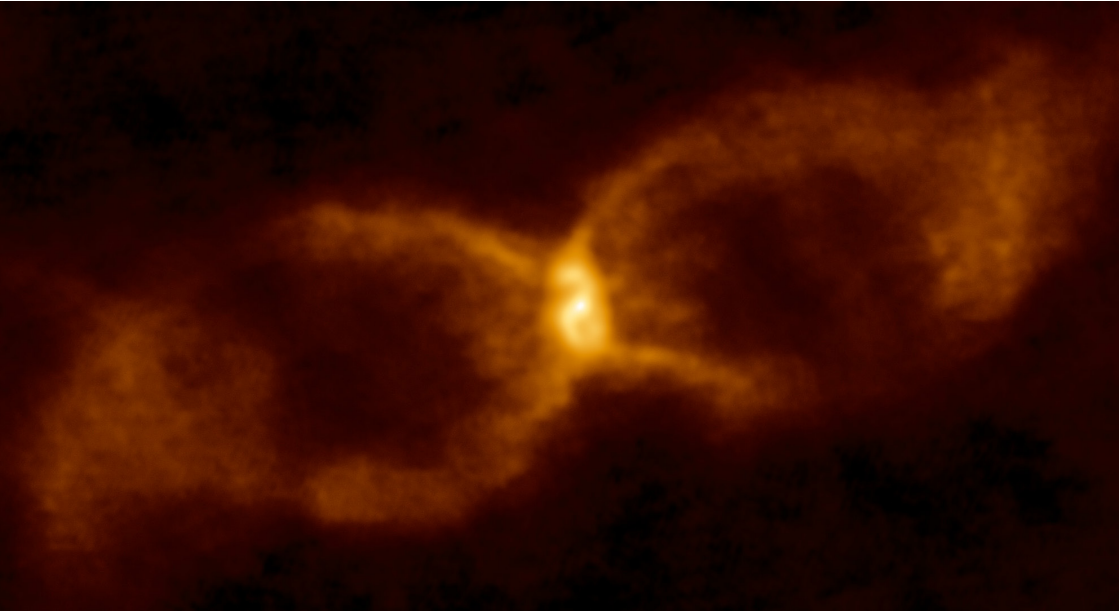




*Carte montrant la position de CK Vul dans le Petit Renard, à la limite de la constellation du Cygne.
(ESO, IAU, and Sky & Telescope)*

à la Sainte-Trinité de Champmol. Brillante, de couleur rouge, elle fut classée parmi les « nouvelles étoiles ». Elle était alors visible à l'œil nu. Sa luminosité décrivit rapidement et elle échappa aux regards. À l'heure actuelle, de puissants télescopes sont nécessaires pour observer les restes de cette fusion – une étoile centrale de faible brillance entourée d'un halo en expansion. Ce rémanent ne fut identifié qu'en 1981. CK Vul s'appelle aussi Nova Vul 1670.

La découverte de l'isotope de l'aluminium dans un objet stellaire présente également un intérêt dans le



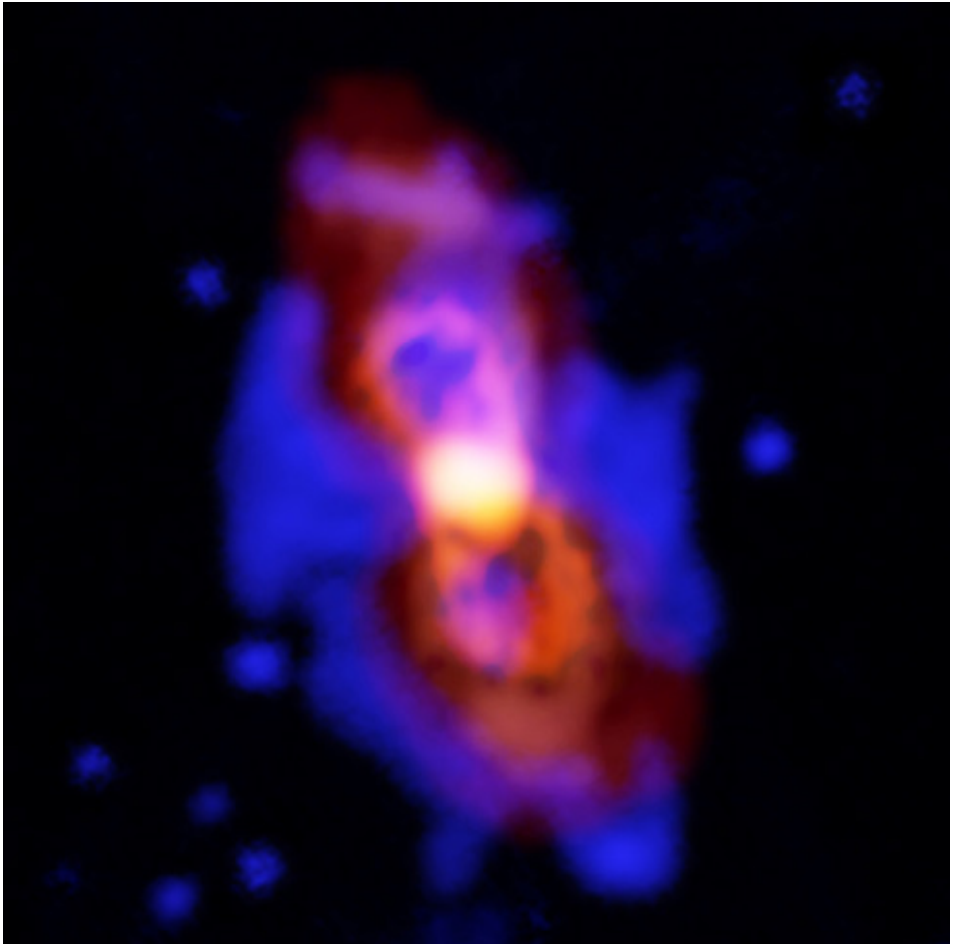
La nébulosité en forme de sablier de CK Vulpeculae. Apparue comme une nova en 1670, CK Vul a faibli puis augmenté d'éclat à deux reprises avant de disparaître. Cette image obtenue avec ALMA en montre la structure compliquée. Le disque central, gauche, et les jets de gaz offrent des indications sur la nature de l'objet. (ALMA; ESO/NAOJ/NRAO/S. P. S. Eyres)

contexte de l'évolution chimique de notre galaxie. Cette observation offre des compléments d'information relatifs au processus de fusion ayant donné naissance à CK Vulpeculae. Elle révèle également que les couches denses et profondes d'une étoile, qui sont le siège de la formation des éléments lourds et des isotopes radioactifs, peuvent être brassées et expulsées dans l'espace sous l'effet de collisions stellaires.

Les astronomes ont découvert que les deux étoiles ayant fusionné étaient de masses relativement faibles, l'une des deux consistant en une géante rouge de masse comprise entre 0,8 et 2,5 masses solaires.

L'aluminium-26 se désintègre pour gagner en stabilité, l'un des protons du noyau se transformant alors en neutron. Au cours de ce processus, le noyau excité émet un photon hautement énergétique, que nous détectons sous la forme d'un rayonnement gamma. Les détections antérieures de photons gamma ont révélé que la Voie lactée contenait environ deux masses solaires d'aluminium-26. Toutefois, le processus de création des atomes radioactifs demeurait largement inconnu. En outre, la méthode de détection des rayons gamma ne favorisait pas la détermination de leur origine précise.

Image composite de CK Vulpeculae. La collision qui a créé l'objet a projeté des molécules radioactives dans l'espace, comme en témoigne la structure en forme de double lobe de couleur orangée au centre de l'image. Ce cliché acquis par ALMA révèle la distribution de monofluorure d'aluminium-26. L'image diffuse, colorée en rouge et prise par ALMA, est une cartographie de la poussière emplissant cette même région. En bleu figurent les données optiques acquises par l'observatoire Gemini.
(ALMA (ESO/NAOJ/NRAO), T. Kamiński; Gemini, NOAO/AURA/NSF; NRAO/AUI/NSF, B. Saxton)





La production d'aluminium-26 par des objets semblables à CK Vulpeculae ne constitue probablement pas la source principale d'aluminium-26 dans la Voie lactée. La masse d'aluminium-26 contenue au sein de CK Vulpeculae représente approximativement le quart de la masse de Pluton. Considérant la rareté de ce type d'événement, il est fortement improbable que ces objets constituent les seules sources de cet isotope dans la galaxie. Ce résultat offre donc de nouvelles perspectives d'étude de ces molécules radioactives.

Vue d'artiste d'une collision entre deux étoiles. Cet événement explosif est semblable à celui ayant donné lieu à la formation de CK Vulpeculae. Sur l'encadré figure la structure interne d'une géante rouge telle qu'elle était avant la fusion. Une fine couche d'aluminium-26 (en brun) entoure le cœur d'hélium. Une enveloppe convective étendue (pas à l'échelle) définit les contours de l'étoile. Elle transporte la matière du cœur vers la surface de l'étoile, à l'exception de l'aluminium-26, situé en trop grande profondeur de l'étoile. Seule une collision avec une autre étoile est susceptible de disperser l'aluminium-26. (NRAO/AUI/NSF; S. Dagnello)

La nova de 1670

Dans « Les étoiles et les curiosités du Ciel » (Paris, 1882), page 194, Camille Flammarion discute de cet objet énigmatique.

« [...] Dans cette même région du ciel, sous la tête du Cygne, à l'ouest d'Albireo, une autre apparition de même nature vint, en 1670, frapper l'attention des astronomes. C'est le P. Anthelme, chartreux à Dijon, qui l'aperçut le premier, le 20 juin de cette année-là. Elle brillait aussi de l'éclat des étoiles de troisième grandeur. Dès le mois de juillet, elle commença à diminuer : le 11, elle n'était plus que de quatrième grandeur, et, le 10 août, de cinquième ; puis elle diminua encore. On cessa d'observer cette constellation, et, lorsqu'elle revint sur l'horizon, le 17 mars 1671, on trouva que l'étoile était de quatrième grandeur. En avril et mai, Cassini la trouva plus brillante que bêta du Cygne, c'est-à-dire de troisième grandeur, puis elle diminua si vite, qu'à la fin du mois d'août, elle n'était presque plus visible à l'œil nu. De nouveau, elle se ranima en mars 1672, reparut encore de troisième sous les yeux d'Hévélius ; mais elle s'évanouit entièrement en septembre, et personne ne l'a jamais revue depuis. Du moins, c'est ce

que l'on croit. Mais en cherchant bien on la voit toujours au télescope. En effet, sa position n'a pas été déterminée avec une grande précision, car les chiffres donnés par Anthelme, Picard, Hévélius, Flamsteed et Cassini, ne concordent pas exactement. Or, il y a là, à moins d'une minute de distance de la position généralement acceptée, une étoile variable, S du Petit Renard, qui oscille actuellement en 68 jours de la huitième et demie à la neuvième grandeur (8,6 à 9,3). Ne serait-ce pas là l'étoile temporaire de 1670 ? Sa position pour 1880 est : Ascension droite = $19^{\text{h}}43^{\text{m}}28^{\text{s}}$; Déclinaison $+26^{\circ}59',3\dots$ »

S et CK Vul sont effectivement relativement proches, mais bien distinctes. Les coordonnées 2000 de S Vul sont $19^{\text{h}}48^{\text{m}}23^{\text{s}}, +27^{\circ}17'11''$ et celles de CK Vul $19^{\text{h}}47^{\text{m}}38^{\text{s}}, +27^{\circ}18'48''$.

CK était hors de portée des télescopes dont disposait Flammarion.

La position de CK Vul est indiquée par une croix sur cette image provenant du survey DSS. L'étoile jaune, brillante, de gauche est la variable S Vulpeculae que Flammarion avait cru pouvoir identifier à la nova de 1670.

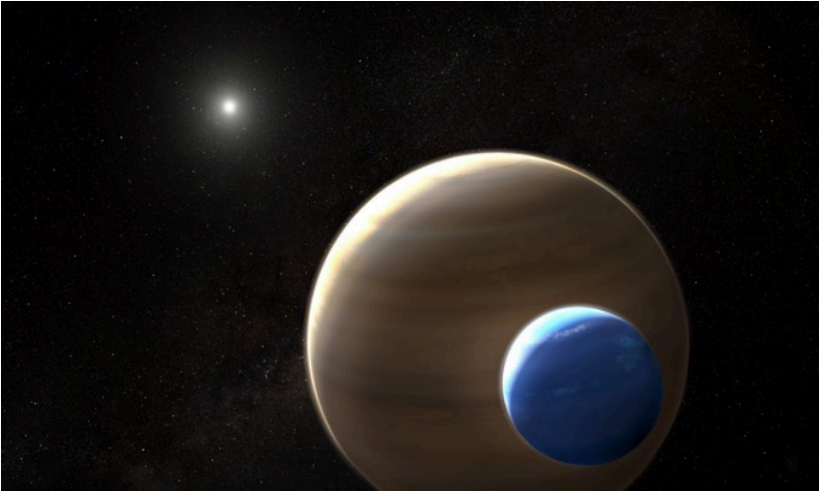
(Digitized Sky Survey - STScI/NASA, Colored & Healpixed by CDS)







*Le champ de CK Vul.
Image établie à partir
des clichés du DSS2.
La position de CK
Vul est indiquée au
centre mais l'objet lui-
même est quasiment
invisible. (ESO/
Digitized Sky Survey
2; Davide De Martin)*



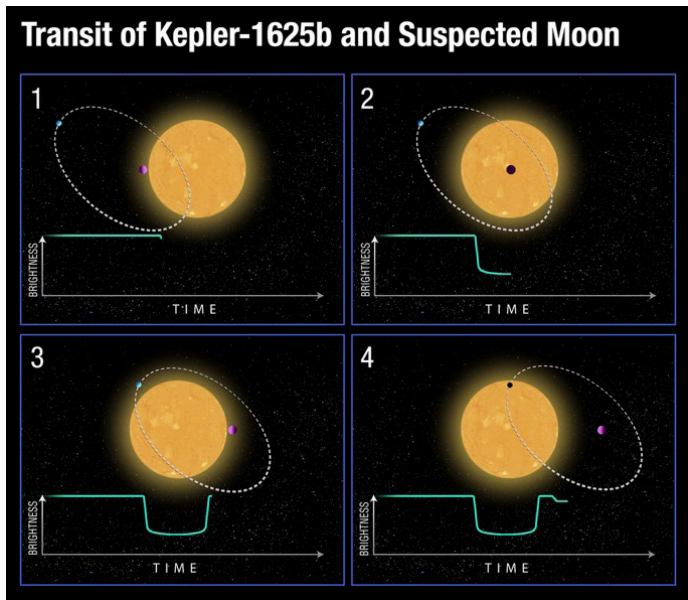
Impression d'artiste du système de Kepler-1625. (NASA, ESA, L. Hustak/STScI)

Exolune

Les transits observés par le télescope spatial Kepler dans la courbe de lumière d'une étoile du Cygne semblaient indiquer la présence d'une lune : une première baisse d'éclat suivie par une autre beaucoup plus faible. L'étoile en question, Kepler-1625 distante de 8000 années-lumière, a alors été suivie durant 40 heures par le télescope spatial Hubble qui a confirmé ces doubles transits. Hubble a en plus montré que la courbe de lumière peut s'expliquer simplement par les transits de deux objets tournant l'un autour de l'autre. On ne peut cependant pas encore exclure qu'une deuxième planète soit observable des particularités observées.

S'il s'agit bien de la première exolune, elle doit être très grosse, de la taille de Neptune et donc bien différente des grosses lunes du Système solaire. Son existence aurait certainement des implications sur notre façon de concevoir la formation et l'évolution des systèmes planétaires.

Les variations d'éclat de Kepler-1625 suggèrent la présence d'une grosse lune autour de la planète géante du système. (NASA, ESA, D. Kipping/Columbia University, A. Feild/STScI)





Europe

Quatre nouvelles images d'Europe, l'un des satellites galiléens de Jupiter, ont été prises par le réseau ALMA. Ces images ont une résolution de 200 kilomètres, ce qui permet de corréler les variations thermiques avec les principales caractéristiques géologiques. En les combinant avec les données récoltées

Un geyser d'Europe se profile sur le disque de Jupiter. Impression d'artiste. (NASA/ESA/K. Retherford/SWRI)

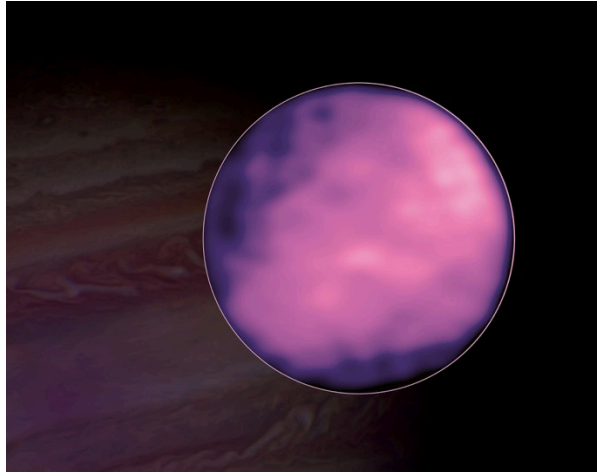
par la sonde Galileo dans les années 90, elles ont contribué à produire la première carte globale de la température d'Europe et ont révélé une énigmatique zone froide sur l'hémisphère nord.

On pense que sous une mince croûte gelée, Europe a un noyau rocheux recouvert d'un océan salé. Certaines observations suggèrent même que des fissures dans la surface laissent échapper des geysers de glace et de vapeur d'eau. La surface semble jeune, entre 20 et 180 millions d'années, ce qui implique que des phénomènes géologiques ou thermiques sont en œuvre pour la remodeler.

Connaître la température de surface est d'une grande importance pour comprendre ces phénomènes géologiques.

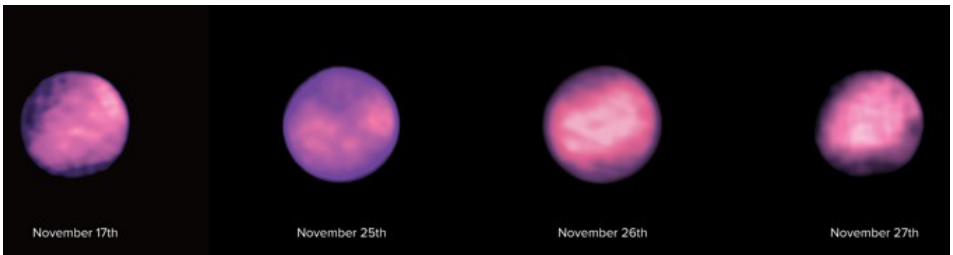
La présence de geysers n'est cependant pas certaine. Une étude des données de Galileo ne montre aucune anomalie de température aux endroits où ils avaient été suggérés. C'est très surprenant car dans le cas d'Encelade, une lune de Saturne, les sources de geysers montrent une signature thermique claire.

Les geysers d'Europe sont peut-être différents de ceux d'Encelade, ils ont peut-être une signature thermique faible, ne jaillissent que de façon intermittente ou, tout simplement, n'existent pas.



Carte thermique d'Europe produite au moyen du réseau ALMA. En arrière-plan, une photo de Jupiter obtenue par le télescope spatial Hubble. (ALMA/ESO/NAOJ/NRAO, S. Trumbo et al. ; NRAO/AUI NSF, S. Dagnello ; NASA/Hubble)

Ces quatre images thermiques d'Europe prises par ALMA montrent de grandes variations de température. (ALMA/ESO/NAOJ/NRAO, S. Trumbo et al.)



Trous noirs supermassifs doubles

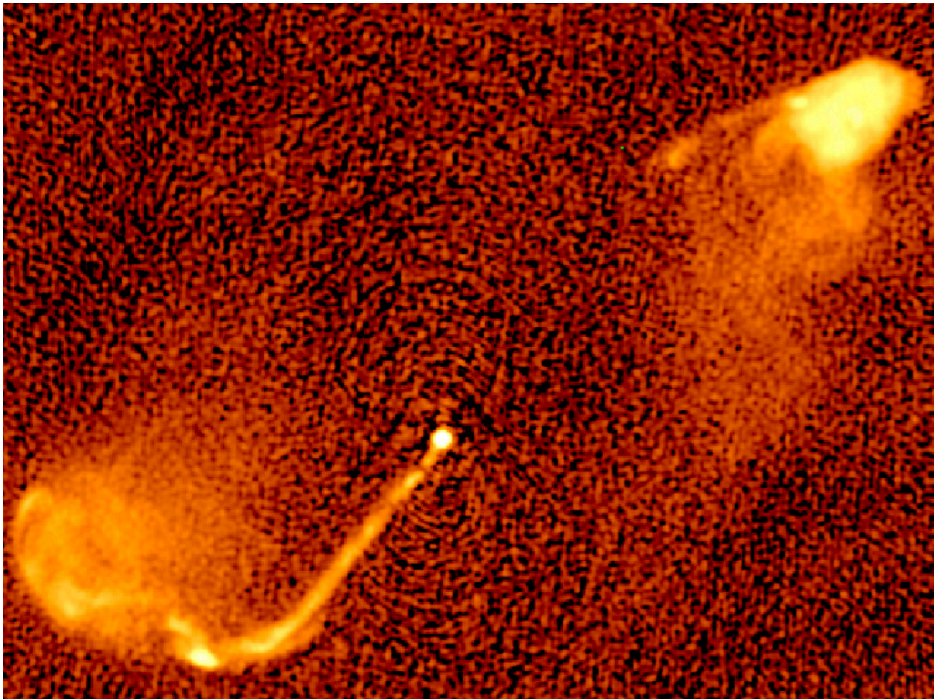
Les observations radio de jets galactiques semblent souvent refléter la présence de trous noirs supermassifs doubles serrés au centre des galaxies hôtes. L'évolution naturelle de ces astres est la coalescence, un événement dégageant un tsunami d'ondes gravitationnelles comme ceux – mais à une autre échelle – que l'on a enregistrés depuis 2015 avec les interféromètres LIGO et Virgo.

Un trou noir supermassif émet des jets violents. Ces jets créent les immenses lobes radio où s'empilent toutes les particules émises par les jets. S'il y a deux trous noirs proches, tournant l'un autour de l'autre, les jets changent de direction dans un mouvement de précession et ne sont plus alignés avec les lobes créés auparavant. C'est ce genre de désalignement qui se manifeste dans les cartes radio à haute résolution de puissantes radio-sources.

Ce phénomène a son importance dans la formation des étoiles. Les jets échauffent le gaz des galaxies et empêchent ainsi les nuages de se contracter pour former des étoiles. Si les jets sont fixes, la zone impactée est limitée, tandis que s'ils bougent, ils balayent un grand volume et suppriment la formation stellaire plus efficacement dans la galaxie.

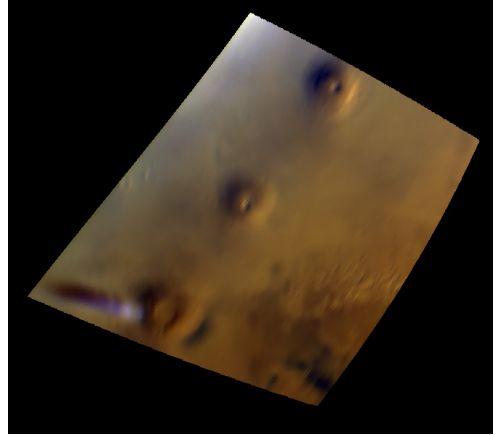
La présence de trous doubles confirme les modèles actuels de l'évolution de l'Univers où les galaxies fusionnent entre elles, avec leurs trous noirs, donnant ainsi naissance à des galaxies de plus en plus grandes et des trous noirs centraux de plus en plus massifs.

Carte radio à 5 GHz de la galaxie 3C334 distante de dix milliards d'années-lumière. Le jet que l'on voit émaner du centre de la galaxie n'est pas aligné avec le lobe radio ce qui suggère un mouvement de précession et la présence de deux trous noirs en orbite.
(M. Krause/University of Hertfordshire)



Nuage martien

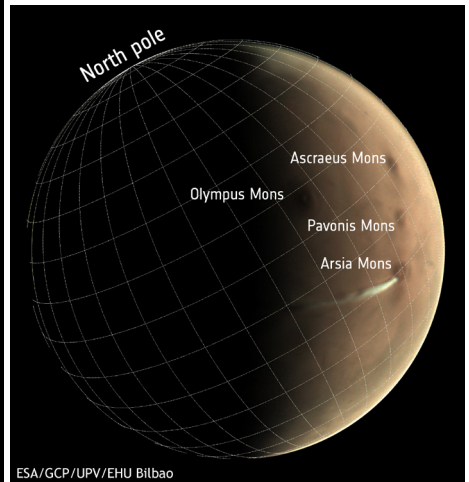
Depuis la mi-septembre la sonde Mars Express observe l'évolution d'un long nuage semblant lié au volcan géant Arsia Mons. Ce volcan est inactif depuis des dizaines de millions d'années et ce n'est pas le signe de son réveil que l'on constate là. Il s'agit en fait d'un nuage orographique, c'est-à-dire lié au relief. Le versant sous le vent du volcan de 20 kilomètres de haut modifie les courants et entraîne la formation de cristaux de glace. Ce phénomène est habituel dans cette région et est influencé par la présence de poussière. La planète venait justement de sortir d'une tempête globale et on a ainsi l'occasion d'étudier cette interaction. L'activité nuageuse au-dessus des volcans comme Arsia Mons disparaît habituellement à l'approche du solstice d'hiver, lequel a eu lieu le 16



Le 17 septembre on voyait déjà un nuage semblant émaner du volcan Tharsis, l'un des cinq grands volcans boucliers de la région de Tharsis. (ESA/CNES/CNRS/IAS)

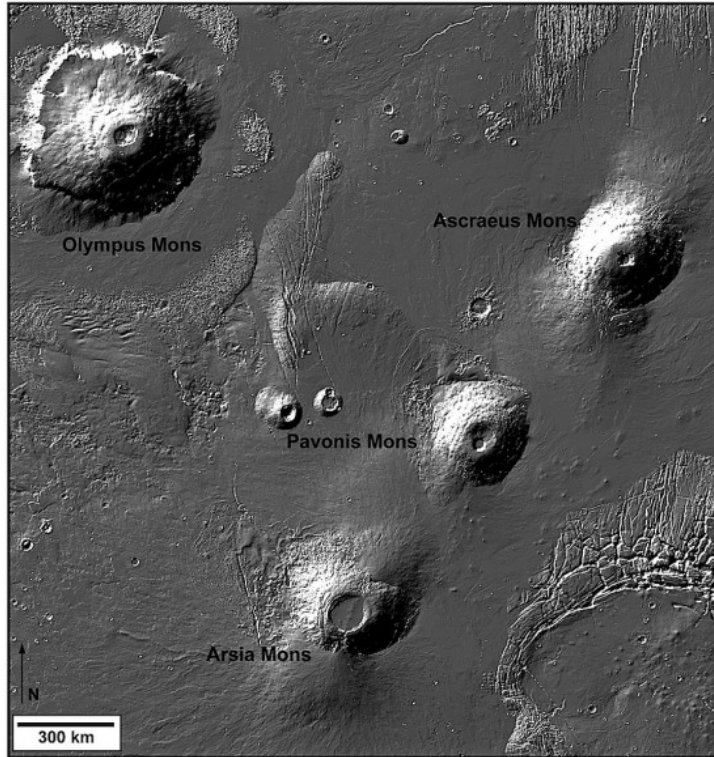


Le nuage orographique s'étend sur 1 500 kilomètres le long de l'équateur depuis le volcan martien Arsia Mons. (ESA/GCP/UPV/EHU Bilbao, CC BY-SA 3.0 IGO)

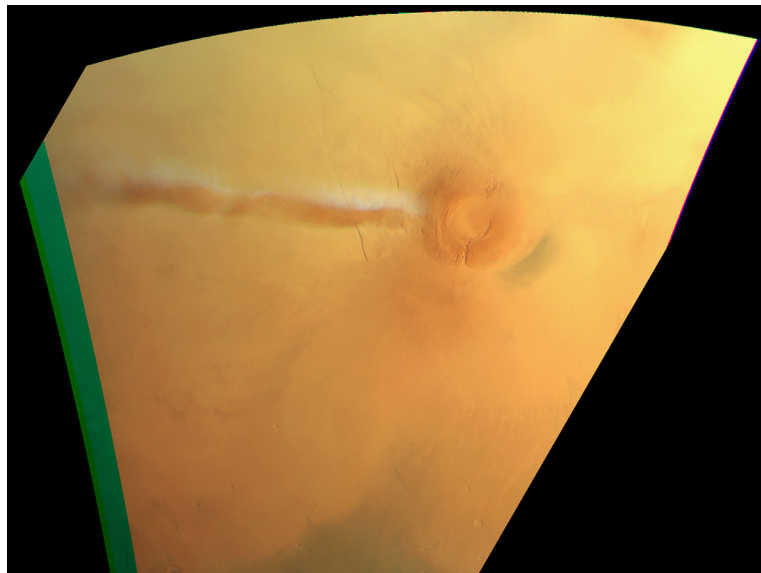


octobre. Ce nuage de glace fait exception et revient souvent au sud-ouest d'Arsia Mons. On l'a vu en 2009, 2012 et 2015 au même moment de l'année martienne. Il montre aussi une variation diurne, s'allongeant le matin vers l'ouest. Son extension est parfois si considérable qu'il est visible dans les télescopes terrestres.

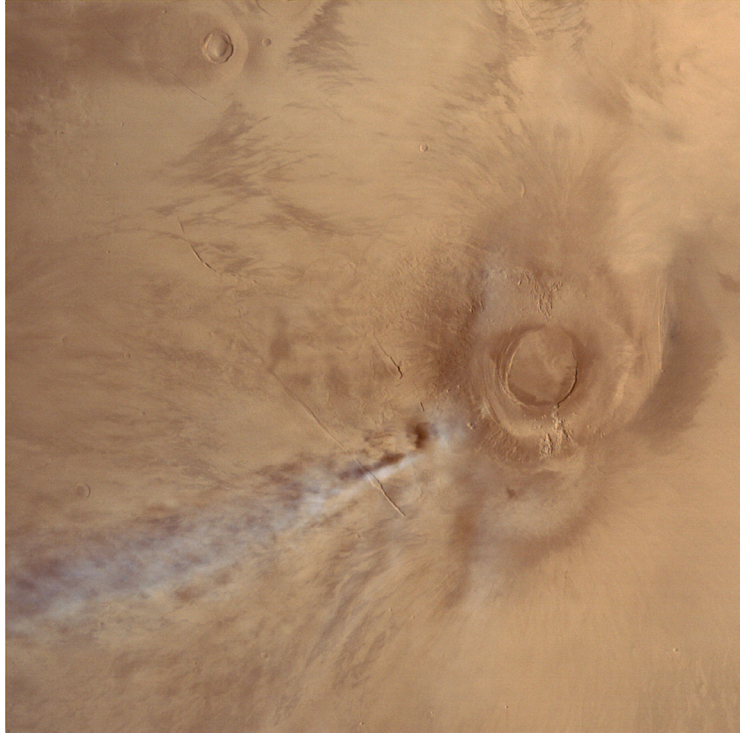
Les volcans de Tharsis (Tharsis Montes) dessinés à partir de mesures de l'altimètre de Mars Global Surveyor. (NASA)



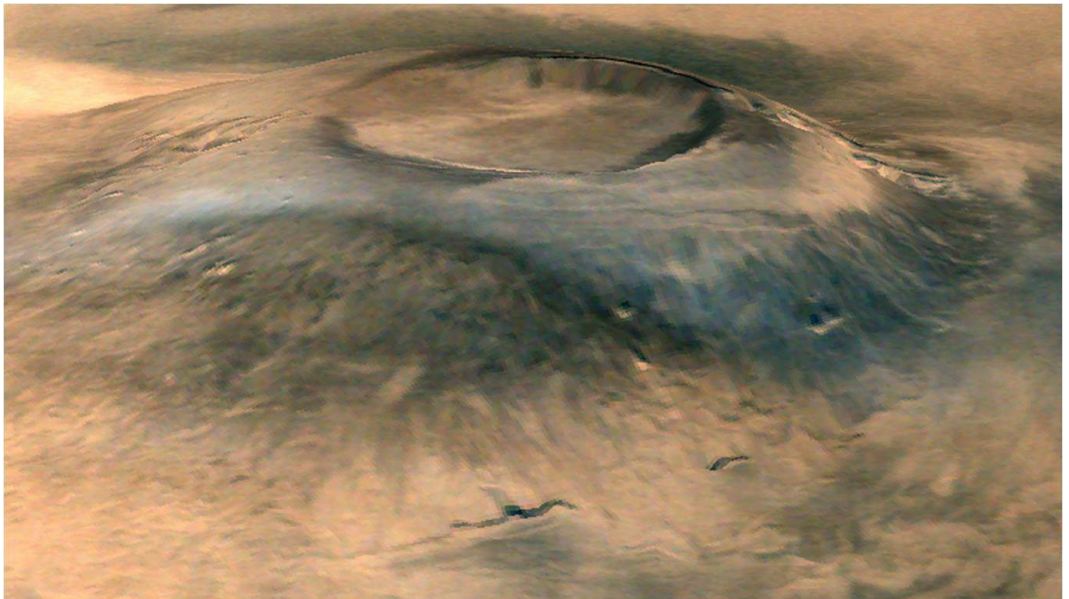
Dans cette image prise le 21 septembre par Mars Express, le nuage s'étend sur 900 kilomètres et projette une ombre bien visible. (ESA/DLR/FU Berlin, CC BY-SA 3.0)



En janvier 2015 la sonde Mars Orbiter montrait le nuage accroché à Arsia Mons. (ISRO / ISSDC / Justin Cowart)



Ci-dessous, une vue spectaculaire 3D d'Arsia Mons, obtenue par la mission indienne MOM (Mars Orbiter Mission). (ISRO)



Ondes sur Jupiter

En 1979 les sondes Voyager avaient détecté des ondes dans l'atmosphère de Jupiter. La sonde Juno a pu les observer plus en détail. Ces trains d'ondes comportent jusqu'à plusieurs dizaines de vagues, mais parfois, seulement deux. La distance entre les crêtes peut aller de 65 kilomètres à 1 200 kilomètres. Grâce aux ombres on a pu estimer la hauteur de ces vagues à une dizaine de kilomètres. La plupart des trains d'ondes s'étalent parallèlement à l'équateur avec les lignes de crête orientées généralement à angle droit, mais parfois avec une certaine inclinaison.

Les ondes apparaissent parfois auprès d'un autre élément caractéristique de l'atmosphère, tourbillon ou autre, mais pas systématiquement. Elles peuvent converger ou au contraire irradier d'un cyclone. Parfois elles se superposent, ce qui laisse penser qu'elles sont à des altitudes différentes.

On pense qu'il s'agit d'ondes de gravité, c'est-à-dire des mouvements verticaux qui se forment au-dessus d'une perturbation atmosphérique.

La caméra grand-angle JunoCam qui a permis ces observations est destinée principalement à l'usage du public mais, comme on le voit ici, elle permet également d'obtenir des résultats scientifiques.

Trois ondes sont visibles dans cette image prise le 2 février 2017 durant le quatrième survol de la sonde Juno. La zone photographiée fait partie de la Bande équatoriale nord généralement caractérisée par des mouvements descendants. Cette fois, cependant, on distinguait plusieurs formations blanches dénotant des nuages ascendants. Les ombres semblent indiquer des ondes de 10 kilomètres de haut.
(NASA/JPL-Caltech/SwRI/MSSS/JunoCam)

