

L'astronomie dans le monde



FRB

L'étude des FRB (Fast Radio Burst) connaît de nouveaux rebondissements (cf. *Le Ciel*, avril 2016, p. 209).

La source du signal radio que l'on avait tenté d'expliquer comme « afterglow » du « fast radio burst » FRB 150418 a été identifiée. L'émission de la galaxie lointaine située dans le champ du FRB n'a en fait rien à voir avec lui et n'en constitue pas une rémanence (« afterglow »).

La galaxie elliptique distante de six milliards d'années-lumière a été étudiée en détail avec le réseau Jansky VLA (Very Large Array) afin de vérifier la disparition de l'afterglow. Le signal étant toujours présent, les observations se sont étalées en février et mars afin d'en surveiller l'évolution. Après tout ce temps – le FRB datait d'avril 2015 – même le VLA avec sa sensibilité exceptionnelle n'aurait rien dû détecter. Non seulement le signal était toujours là, mais il variait constamment d'intensité et atteignait parfois le même niveau que lors de sa découverte.

La source du signal détecté au VLA est un trou noir supermassif dont l'éclat varie de manière erratique et a connu un pic au moment du FRB. Les variations de luminosité sont dues à la scintillation interstel-

laire – comparable à la scintillation atmosphérique, mais provoquée par les nuages de gaz interstellaires – ainsi qu'au comportement intrinsèque du trou noir en liaison avec son régime alimentaire. Quant à la source du FRB, elle reste mystérieuse.

Le Karl G. Jansky Very Large Array est un vaste réseau de radiotélescopes situé au Nouveau-Mexique. Constitué de 27 antennes alignées en Y, il peut atteindre une résolution de 0,05 seconde d'arc. (Hajor/commonswiki)



Comète 67P

Basé sur un communiqué ESA

VIRTIS, le spectromètre imageur visible, infrarouge et thermique de Rosetta, a surveillé dans une large gamme d'ondes visibles et infrarouges l'évolution de la lumière reflétée par la surface. Ses variations indiquent des changements subtils dans la composition de la couche la plus externe de la comète. Une étude a été publiée des résultats obtenus avant décembre 2014, une époque où Rosetta orbitait entre 100 et 10 kilomètres du noyau – la comète passait alors de 542 à 438 millions de kilomètres du Soleil.

À son arrivée, Rosetta a découvert un corps céleste très sombre, qui reflétait environ 6% de la totalité de la lumière qui lui parvenait. La majorité de la surface était alors recouverte d'une couche de poussière sombre et sèche, faite d'un mélange de substances minérales et organiques. Certaines surfaces sont légèrement plus claires, d'autres légèrement

plus sombres, ce qui indique des différences dans leur composition. La majorité de la surface est légèrement rougie par des matériaux riches en substances organiques, alors que les rares matériaux riches en glace apparaissent plus bleutés.

Déjà, lors du premier rendez-vous de Rosetta avec la comète, loin du Soleil, les

La comète 67P/Churyumov-Gerasimenko a changé de couleur et de brillance en s'approchant du Soleil entre août et novembre 2014.

La caméra VIRTIS (Visible and InfraRed Thermal Imaging Spectrometer) a pu observer ces variations. En général les zones les plus sombres contenant des poussières sèches faites de composés minéraux et organiques réfléchissent plus dans le rouge que les régions actives et celles riches en glaces.

Le bleuissement est particulièrement appréciable dans Imhotep.

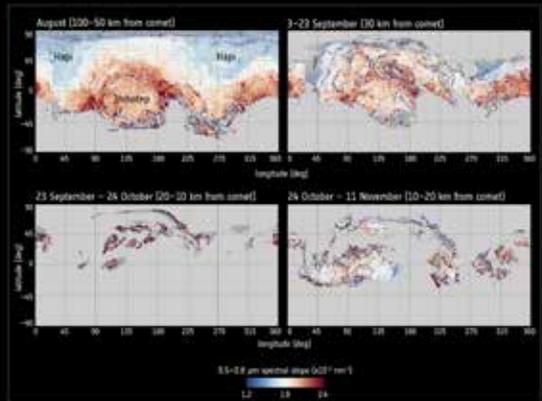
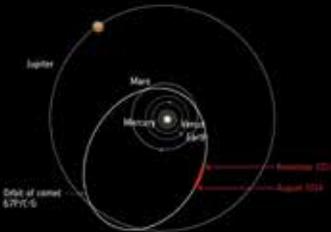
(ESA/ATG medialab ; Data : ESA/Rosetta/VIRTIS/INAF-IAPS/OBS DE PARIS-LESIA/DLR ; G. Filacchione et al, 2016)

→ THE COLOUR-CHANGING COMET

Comet 67P/Churyumov-Gerasimenko was seen changing colour and brightness as more water-ice was exposed near its surface as it moved closer to the Sun between August and November 2014.

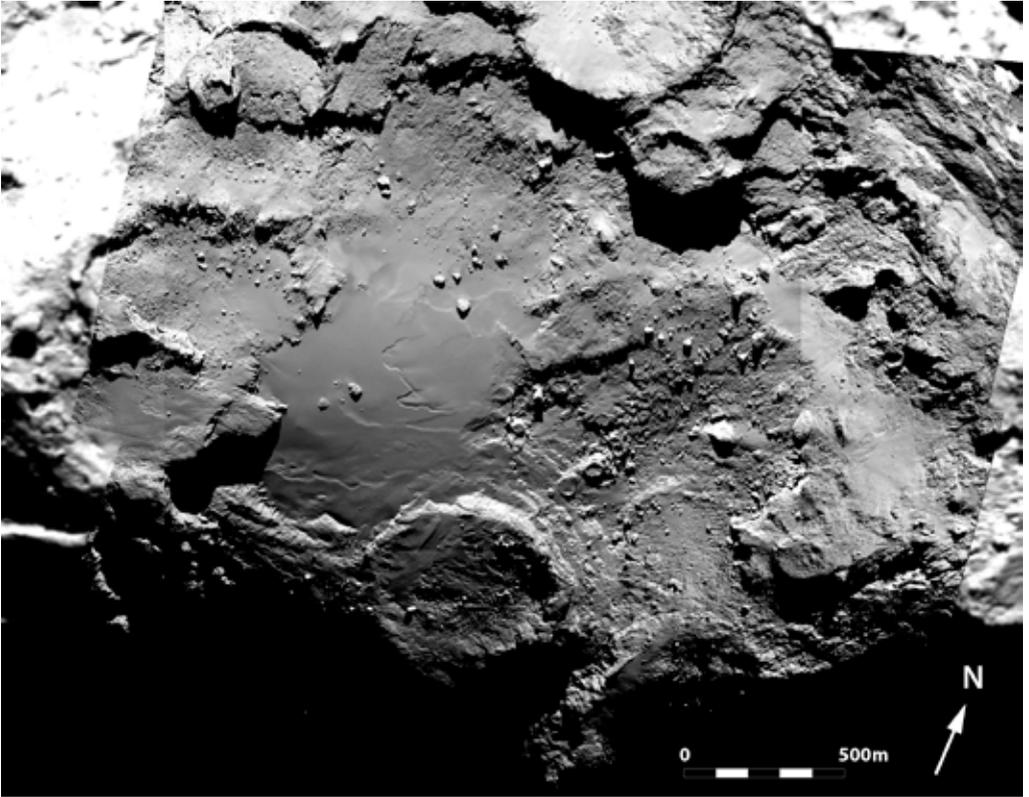


The data were collected by Rosetta's VIRTIS instrument



Variation of visible spectral slope (colour) over time. Red corresponds to more organic-rich material, blue indicates more active regions (such as Hapi) and water-ice rich exposures. The transition from redder to bluer spectra is most clearly seen in the Imhotep region.





glaces cachées sous la surface commençaient à se réchauffer doucement, à se sublimer en gaz et à s'échapper en soulevant une partie de la poussière, contribuant ainsi à la formation de la coma (chevelure) et de la queue de la comète.

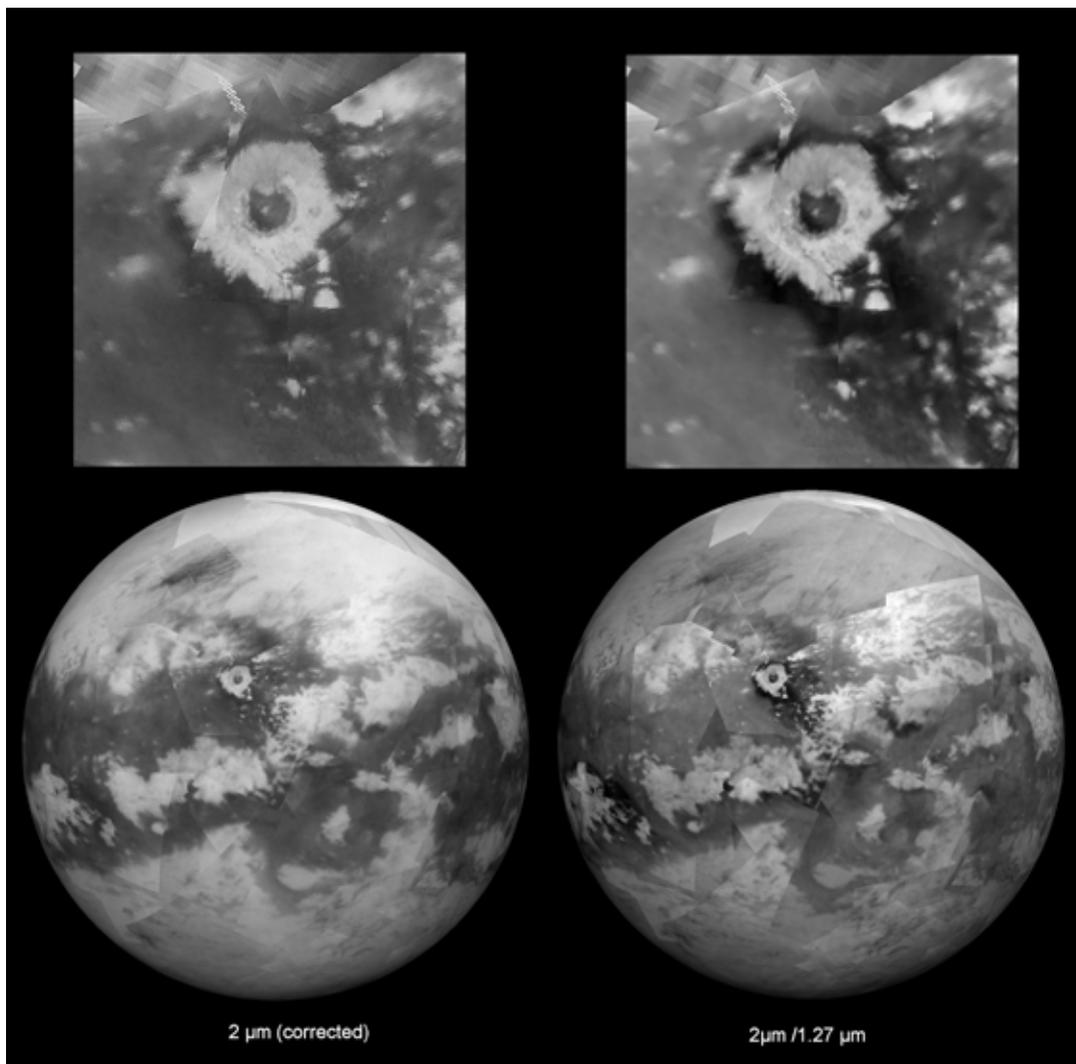
Alors que les « vieilles » couches de poussière étaient doucement éjectées, d'autres matériaux se retrouvaient exposés petit à petit. Cette nouvelle surface était à la fois plus réfléchissante, rendant la comète plus brillante, et plus riche en glace, ce qui la faisait apparaître plus bleue.

La luminosité de la comète a augmenté en moyenne d'environ 34%. Dans la région Imhotep, elle est passée de 6,4 à 9,7% lors des trois premiers mois d'observation. La tendance globale semble donc être une augmentation de la glace d'eau au sein des couches de surface

La région d'Imhotep. Mosaïque de six images OSIRIS prises en août et septembre 2014. La distance ayant varié, la résolution spatiale n'est pas uniforme.

*(ESA/Rosetta/MPS for OSIRIS Team
MPS/UPD/LAM/IAA/SSO/INTA/
UPM/DASP/IDA)*

de la comète, ce qui crée des changements dans les signatures spectrales observées. Cette évolution est une conséquence directe de l'activité qui se produit à la surface, et immédiatement sous la surface, de la comète. La disparition d'une partie de la couche de poussière suite au commencement d'une activité gazeuse est la cause probable de l'abondance croissante de glace d'eau en surface.

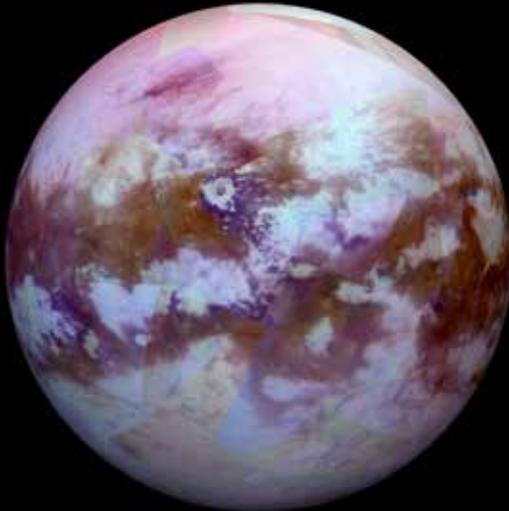
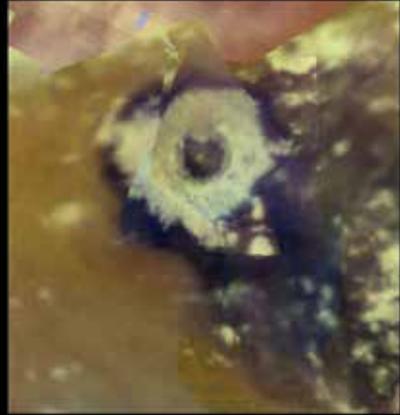
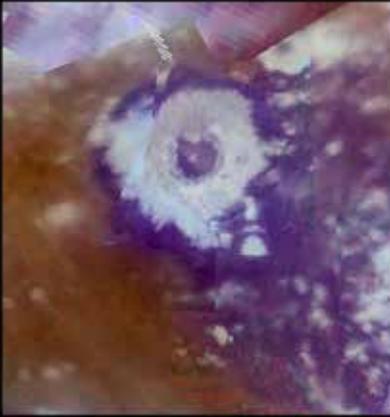


Titan

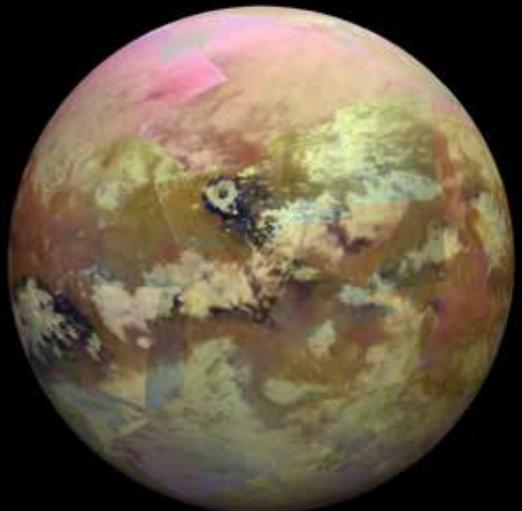
Le grand satellite de Saturne a été survolé à de nombreuses reprises par Cassini depuis 2004. Tous les mois environ, la sonde s'approchait de Titan pour l'observer mais aussi pour profiter de son attraction et modifier à moindres frais sa trajectoire. Ces passages se sont faits à des distances variables et dans des conditions d'éclairage diverses. En conséquence les images obtenues sont difficilement

comparables, d'autant que les brumes de Titan gênaient considérablement la vue et que des variations saisonnières pouvaient survenir. Les scientifiques de la NASA se sont évertués à assembler le tout, petite pièce par petite pièce, afin de réaliser une carte globale.

Les deux montages présentés ci-dessus et aux pages suivantes montrent, en haut, deux régions particulièrement intéressantes : le cratère d'impact Sinlap de 80 kilomètres



R=5 μm G=2 μm B=1.27 μm
corrected from scattering and geometry

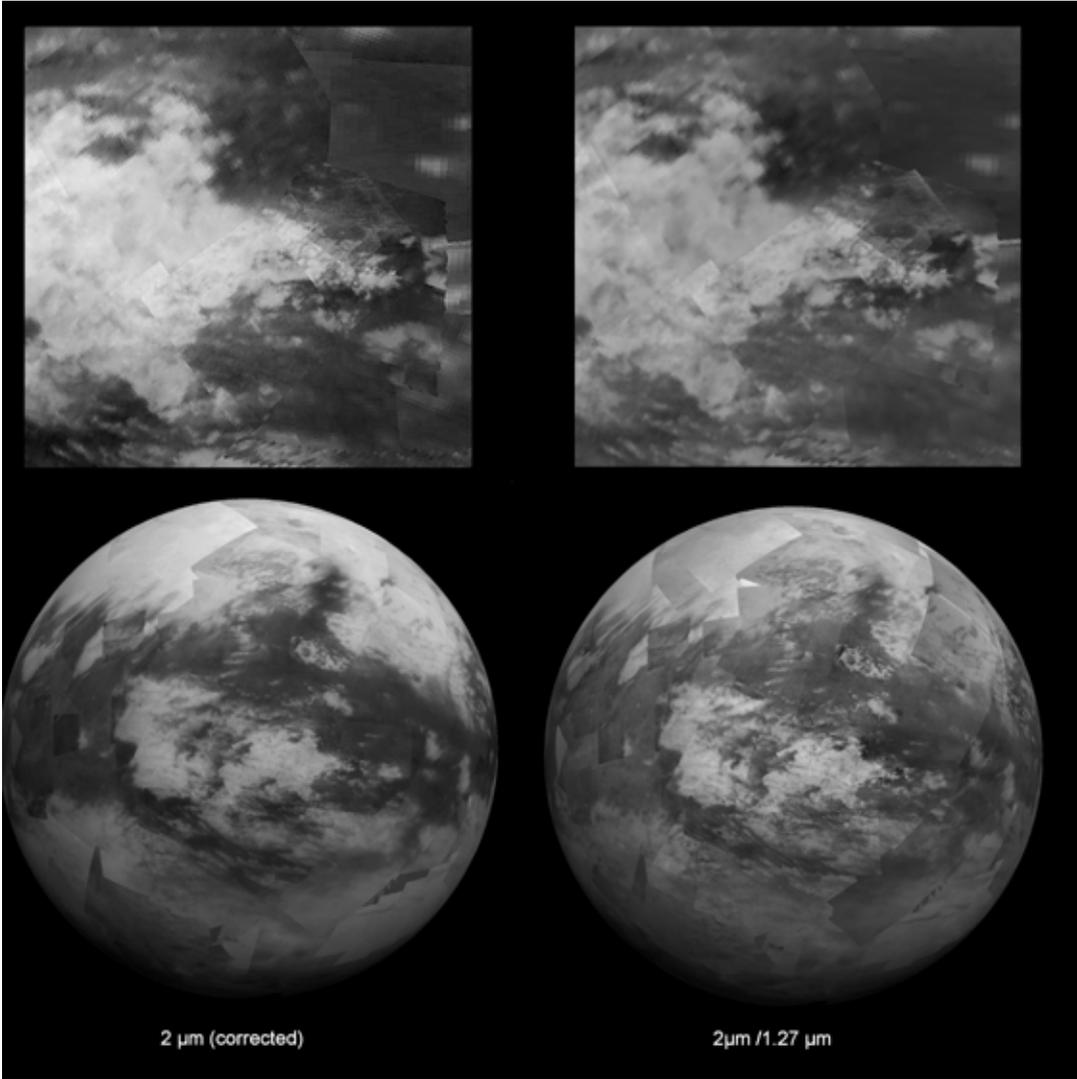


R=1.59/1.27 G=2.03/1.27 B=1.27/1.08

de diamètre et le site d'atterrissage du module Huygens de l'ESA. Les images du bas montrent les hémisphères centrés sur ces deux régions.

Les vues dans la première colonne ont été acquises à la longueur d'onde de 2 microns qui permet de pénétrer les brumes atmosphériques. Dans la deuxième colonne figure le rapport entre des images à 2 et 1,27 microns. Ce rapport est sensible aux plus

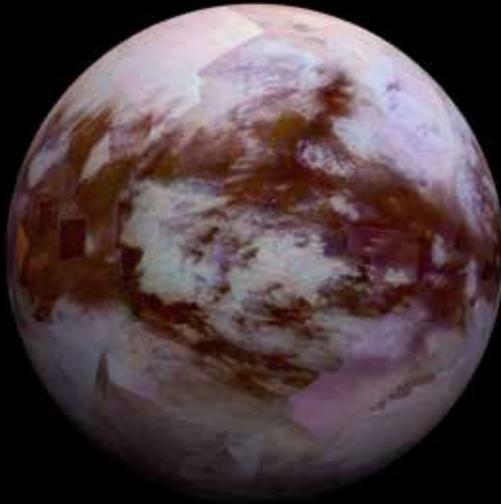
Mosaïques de Titan réalisées à partir d'images obtenues avec VIMS (visual and infrared mapping spectrometer) à bord de la sonde Cassini entre 2014 et 2015. Les vues sont centrées approximativement sur le cratère d'impact Sinlap. (NASA/VIMS)



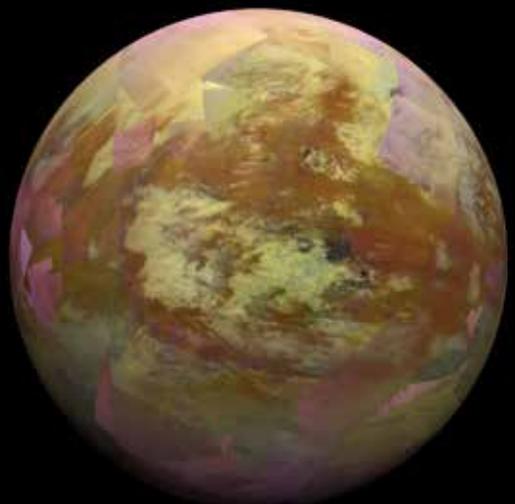
petites variations spectrales de la surface, et peut parfois être relié à certaines différences de composition chimique.

La troisième colonne, en couleurs, combine des images à 5, 2 et 1,27 microns, traduites respectivement en rouge, vert et bleu après correction d'effets atmosphériques et photométriques.

Tout à droite est une image couleur plus complexe combinant trois rapports d'images obtenues dans deux longueurs d'onde et codées à nouveau en rouge, vert et bleu. Là aussi, les rapports permettent d'estimer certaines différences de composition au sol.



R=5 μm G=2 μm B=1.27 μm
corrected from scattering and geometry



R=1.59/1.27 G=2.03/1.27 B=1.27/1.08

Même arrangement que dans l'image précédente. Les mosaïques sont ici centrées sur la région où a atterri le module Huygens. (NASA/VIMS)

Mars

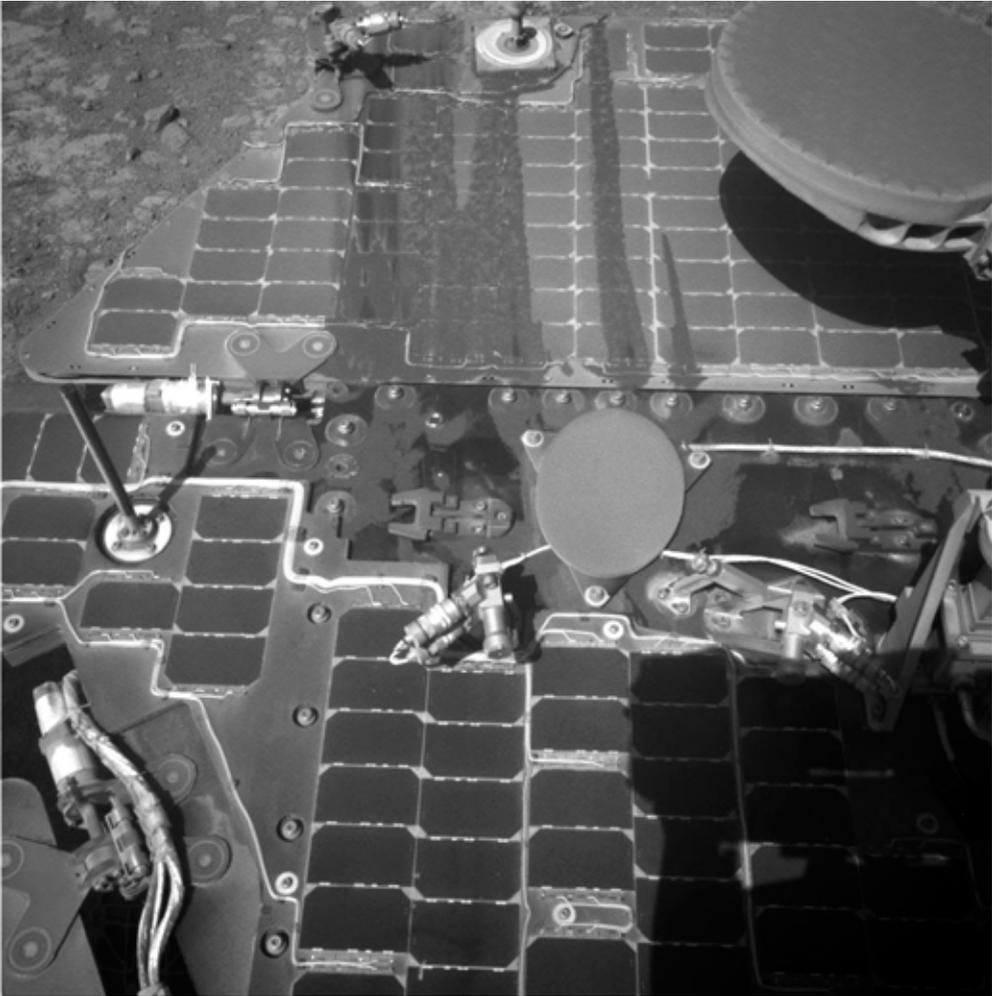
Les tourbillons de poussières (dust devils) sont assez courants sur Mars. On en a observé de nombreux depuis les sondes en orbite autour de la Planète rouge, dont un atteignant une hauteur de près de 20 kilomètres. Les rovers circulant au sol, et principalement Spirit dans le cratère de Gusev, ont non seulement pu en voir de près, mais ils ont parfois profité de leur souffle pour éliminer la poussière qui s'accumule progressivement sur leurs panneaux solaires.

Opportunity, circulant dans Meridiani Planum, a droit à beaucoup moins de ces manifestations, mais la photo ci-dessous prouve qu'elles ne sont pas absentes.

Les tourbillons en question ont leur origine dans de grands écarts de température au sol.

Dust devil martien. En avant plan les traces laissées par Opportunity. Photo prise le 1 avril. (NAS/JPL-Caltech)





Les panneaux solaires d'Opportunity montrent des traînées de poussière dans cette image prise le 21 mars. Elles sont dues aux vibrations de l'engin lors de sa tentative d'escalade de Knudsen Hill. (NASA/JPL-Caltech)

Le 10 mars, Opportunity tentait de franchir une pente à 32°, un record pour le rover, dans le but d'atteindre d'intrigantes roches rouges au-dessus de la colline de Knudsen Ridge. Malgré ses efforts, la tentative a

échoué. Les roues patinaient sur place et, après avoir fonctionné pour progresser de 20 mètres, l'avancée réelle n'avait été que de 9 centimètres. Opportunity a dû rebrousser chemin et viser d'autres cibles.

La photo ci-dessus montre que les vibrations communiquées par les roues ont rassemblé les poussières accumulées sur les panneaux solaires en de fines traînées ... une autre manière de nettoyer leur surface. Le passage d'un dust devil serait le bienvenu pour terminer le lavage.

G1.9+0.3

G1.9+0.3, découverte en 2013 par Swift, est la supernova la plus récente de notre galaxie. Son explosion, il y a un peu plus d'un siècle, est passée inaperçue car elle était cachée par des nuages galactiques de poussière. L'étude des débris par le télescope spatial X Chandra et le réseau radio VLA indique que la cause de l'explosion est probablement la collision de deux naines blanches.

La supernova appartenait à la classe Ia qui est supposée être d'une luminosité maximale uniforme et sert de ce fait à la mesure des distances extragalactiques. Comprendre la nature de ces astres est d'une grande importance pour étayer l'hypothèse de la constance du maximum d'éclat.

Les théories relatives aux supernovæ la font appel à un apport de matière qui conduit une naine blanche à dépasser une valeur cri-

tique de la masse (la limite de Chandrasekhar), valeur au-delà de laquelle elle devient instable et explose. Cette matière excédentaire peut provenir du vent d'un compagnon proche. Elle peut aussi arriver brutalement lors de la collision, la fusion, de deux naines blanches.

Les observations de G1.9+0.3 font pencher la balance en faveur de ce second scénario. Les calculs montrent qu'il est le seul à pouvoir expliquer l'augmentation constatée de la luminosité X et radio des restes de la supernova au cours du temps.

Ce résultat ne signifie pas que l'autre mécanisme n'est pas responsable d'une certaine proportion des SN Ia.

La coexistence des deux processus de formation pose un problème de calibration des distances. Rien ne dit que l'éclat maximal est le même pour les deux types d'explosion. En outre la proportion des deux n'a sans doute pas été constante au cours de l'histoire de

l'Univers. Les populations des galaxies ont changé, ainsi que les abondances métalliques. Autrement dit, les étoiles n'ont pas toujours été les mêmes. L'éclat moyen des « chandelles standards » n'est donc peut-être pas constant en fonction de la distance et le principe de base de la calibration des distances au moyen des SN Ia serait à revoir.



Image X de la supernova G1.9+0.3 obtenue avec la caméra ACIS (Chandra Advanced CCD Imaging Spectrometer) de l'observatoire spatial Chandra. (NASA/CXC/CfA/S. Chakraborti et al)

La Lune et le champ magnétique terrestre

Basé sur un communiqué CNRS

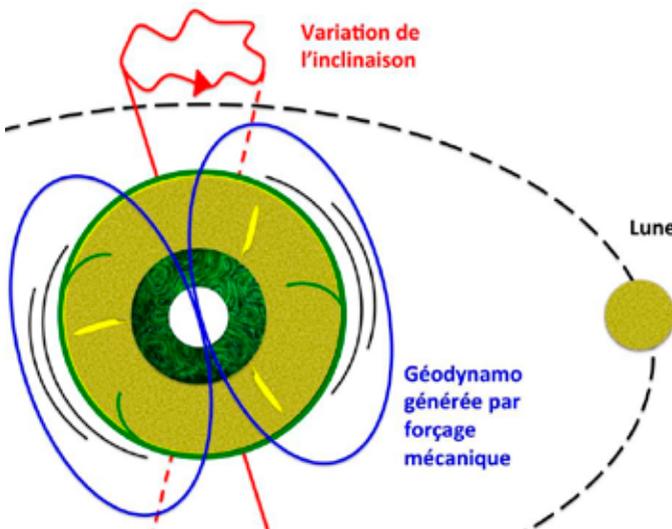
Il semble que la Lune joue un rôle majeur dans le maintien du champ magnétique terrestre.

Le modèle classique de formation du champ magnétique terrestre soulevait un paradoxe. Pour que la géodynamo fonctionne, la Terre aurait dû être complètement fondue, il y a quatre milliards d'années et son noyau aurait dû refroidir lentement, passant d'environ 6800 °C à l'époque, à 3800°C aujourd'hui. Des modélisations récentes de l'évolution de la température interne de notre planète, et des recherches géochimiques sur la composition des carbonatites (roches magmatiques qui contiennent au moins 50 % de carbonates) et des basaltes les plus anciens vont à l'encontre d'un tel refroidissement.

Le manteau de la Terre se déforme élastiquement par suite des effets de marée dus à la Lune et au Soleil. Ce malaxage pourrait stimuler continuellement les mouvements de l'alliage de fer liquide qui constitue le noyau externe, et générer en retour le champ magnétique terrestre. Une puissance de 3 700

milliards de watts est constamment fournie à la Terre par transfert des énergies gravitationnelle et de rotation du système Terre-Lune-Soleil. Jusqu'à plus de mille milliards de watts seraient disponibles pour provoquer ce type de mouvements dans le noyau externe. Cette énergie est suffisante pour générer le champ magnétique terrestre ce qui, avec la Lune, résout le paradoxe majeur du modèle classique. Un effet similaire des forces gravitationnelles sur le champ magnétique d'une planète est déjà amplement documenté pour Io, Europe, deux satellites naturels de Jupiter, et pour de nombreuses exoplanètes.

Comme ni la rotation de la Terre autour de son axe, ni l'orientation de cet axe, ni l'orbite de la Lune ne sont parfaitement régulières, leur influence cumulée sur les mouvements dans le noyau est instable et peut faire fluctuer la géodynamo. Ce phénomène permet d'expliquer certains pulses de chaleur dans le noyau externe et à sa frontière avec le manteau terrestre. Historiquement, cela a pu conduire à des pics de fusion dans le manteau profond et à d'éventuels événements volcaniques majeurs à la surface de la Terre. Ce nouveau modèle souligne que l'influence de la Lune sur la Terre dépasse donc largement le simple cas des marées.



*Les effets gravitationnels associés à la présence de la Lune et du Soleil induisent sur Terre la déformation cyclique du manteau et des oscillations de l'axe de rotation. Ce forçage mécanique appliqué à toute la planète induit de forts courants dans le noyau externe constitué d'un alliage de fer de très faible viscosité. Ces courants sont suffisants pour générer le champ magnétique terrestre.
(Julien Monteux et Denis Andraut)*

Alignements

Des chercheurs liégeois avaient mis en évidence des alignements étonnants à l'échelle des plus vastes structures de l'Univers (cf. *Le Ciel*, janvier 2015, p. 19). En étudiant une centaine de quasars avec le VLT de l'ESO, ils avaient découvert un parallélisme entre les axes de rotation des 19 d'entre eux montrant une polarisation. La polarisation peut en effet être reliée à l'orientation des disques d'accrétion des quasars, et donc aux axes de rotation.

En outre, les axes s'orientaient préférentiellement comme les structures de la « toile cosmique » locale. C'était d'autant plus intrigant que ces astres pouvaient être séparés de plusieurs milliards d'années-lumière. La probabilité pour de telles coïncidences était estimée par les chercheurs à moins de 1%.

C'était là la première confirmation observationnelle d'une prédiction de modèles d'évolution de l'Univers.

De nouvelles observations faites avec le réseau radio GMRT (Giant Metrewave Radio Telescope) en Inde confirment ces résultats en montrant que les jets émis par les trous noirs supermassifs de toute une région du ciel – et donc, à nouveau, leurs axes de rotation – sont alignés. Les observations radio ont l'avantage de montrer directement la direction des jets et de ne pas être influencées par des phénomènes perturbateurs comme la rotation de Faraday.

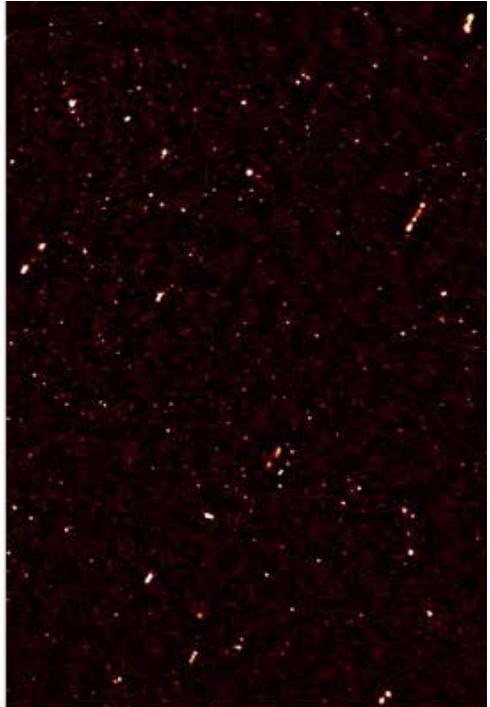
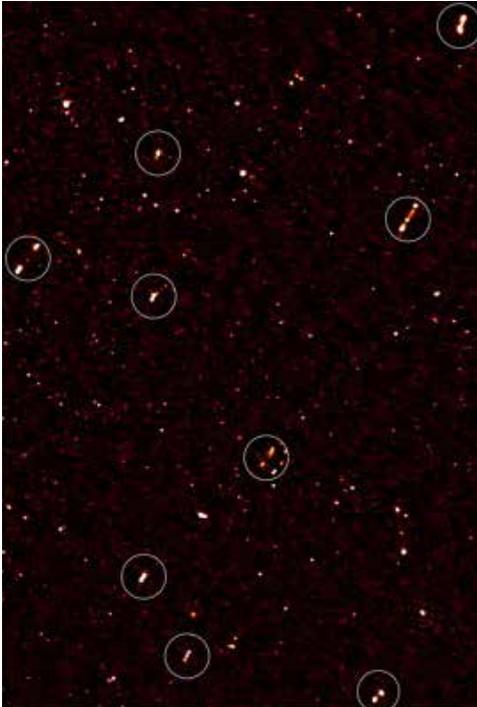
La présence d'alignements et d'orientations préférentielles devrait aider à mieux comprendre comment les galaxies évoluent et comment elles s'orientent en relation avec les grandes structures nées des fluctuations primordiales de l'Univers.

Image radio profonde de la région

ELAIS-N1 montrant des jets de quasars.

À gauche, les jets parallèles sont entourés d'un cercle.

(GMRT; Pr. Russ Taylor)



Trou noir record

Un trou noir supermassif presque aussi gros que celui de NGC 4889 dans l'amas de Coma a été découvert dans une autre galaxie de cet amas, NGC 1600.

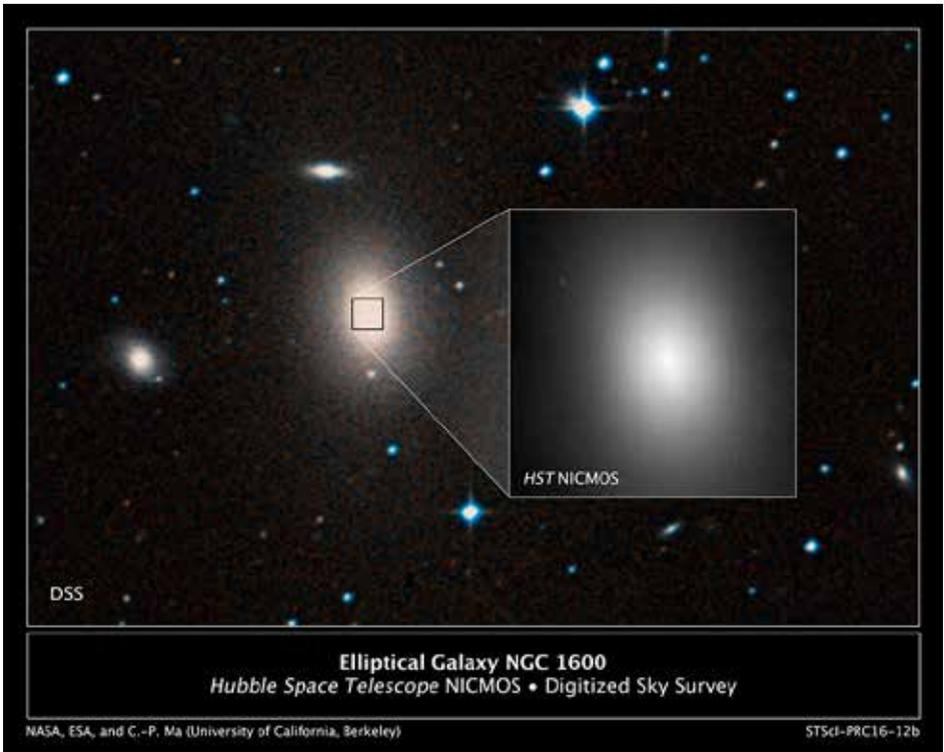
Jusqu'ici les gros trous noirs supermassifs – ceux d'une dizaine de milliards de masses solaires – avaient été trouvés au cœur de galaxies elliptiques géantes, celles qui se tapissent au centre des grands amas de galaxies. C'est le cas du trou noir de NGC 4889 dont la masse pourrait atteindre 21 milliards de fois celle du Soleil. Cette dernière estimation est cependant entachée d'une grande incertitude. Elle pourrait être bien plus petite, 3 milliards de masses solaires « seulement », et NGC1600 détiendrait alors le record.

La mesure de la masse du trou noir de NGC1600 est plus précise, 17 milliards de masses solaires avec une erreur probable de 1,5 milliards.

Le mouvement des étoiles de la galaxie indique que ce trou noir est peut-être double, ce qui n'est pas très étonnant, la fusion de trous noirs étant le mécanisme le plus évident pour expliquer leur croissance : des galaxies entrent en collision, leurs trous noirs se rejoignent, entrent en orbite l'un autour de l'autre et finissent par se joindre. Comme la fusion des galaxies est aussi à l'origine de la croissance des géantes elliptiques, cette explication est assez logique.

La galaxie NGC1600 est située dans une région relativement peu peuplée de l'Univers proche, délaissée par les chasseurs de trous noirs, dans l'Eridan. Cela suggère que les trous noirs monstrueux sont moins rares que prévu.

La découverte a été faite lors d'un survey des grandes galaxies proches. Leur grand âge fait qu'elles sont peu pourvues en gaz et que les trous noirs centraux, sous-alimentés, ne produisent plus l'effet quasar.



Sucre cométaire

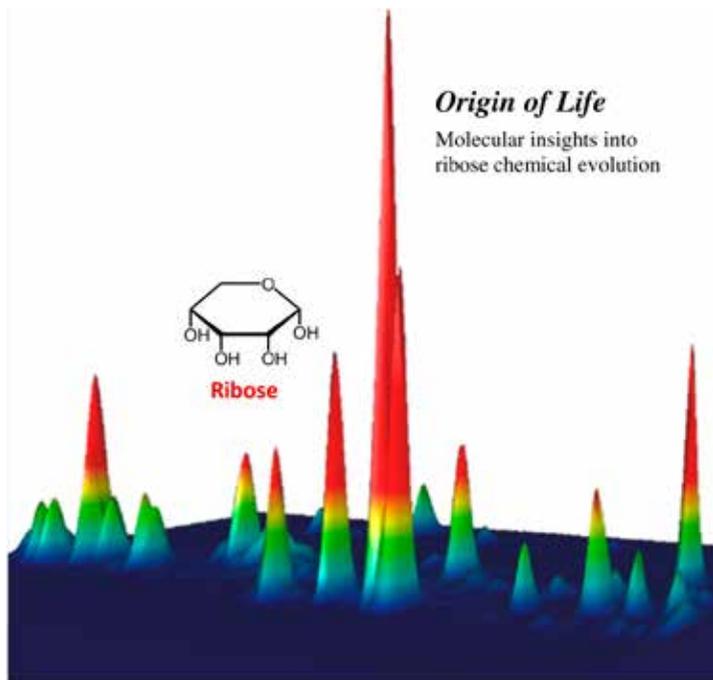
Basé sur un communiqué CNRS

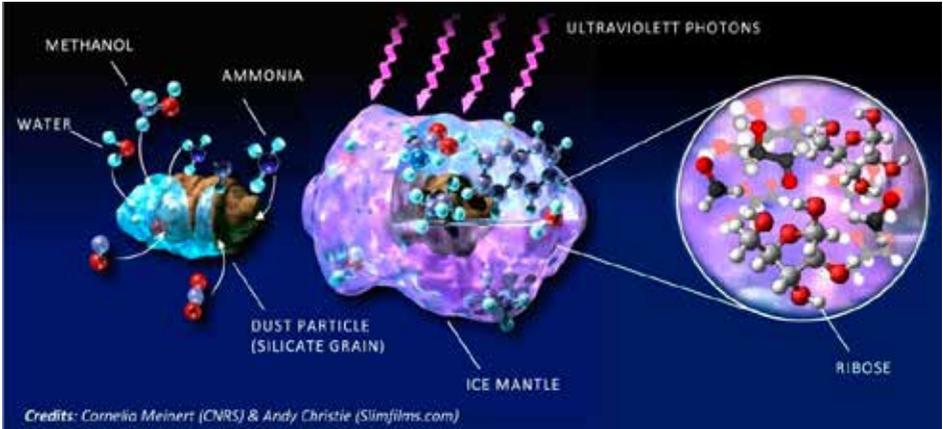
Tous les organismes vivants sur Terre, ainsi que les virus, ont un patrimoine génétique fait d'acides nucléiques – ADN ou ARN (acides désoxyribonucléique et ribonucléique). L'ARN, considéré comme plus primitif, aurait été l'une des premières molécules caractéristiques de la vie à apparaître sur Terre. Les scientifiques s'interrogent depuis longtemps sur l'origine de ces molécules biologiques. Selon certains, la Terre aurait étéensemencée par des comètes ou astéroïdes contenant les briques de base nécessaires à leur construction. Et effectivement, plusieurs acides aminés (constituants des protéines) et bases azotées (l'un des constituants des acides nucléiques) ont déjà été trouvés dans des météorites, ainsi que dans des « comètes artificielles » reproduites en laboratoire. Mais le ribose, l'autre constituant-clé de l'ARN, n'avait encore jamais été détecté dans du matériel extraterrestre, ni produit en laboratoire dans des conditions astrophysiques. En simulant l'évolution de la

glace interstellaire composant les comètes les scientifiques ont réussi à former du ribose – étape importante pour comprendre l'origine de l'ARN et donc les origines de la vie.

Une comète artificielle a été produite en plaçant dans une chambre à vide et à -200°C un mélange représentatif d'eau (H_2O), de méthanol (CH_3OH) et d'ammoniac (NH_3) afin de simuler la formation de grains de poussières enrobés de glaces, la matière première des comètes. Ce matériau a été irradié par des UV – comme dans les nébuleuses où se forment ces grains. L'échantillon a été porté à température ambiante – comme lorsque les comètes s'approchent du Soleil. Sa composition a ensuite été analysée grâce à une technique très sensible et très précise (la chromatographie multidimensionnelle en phase gazeuse, couplée à la spectrométrie de masse « à temps de vol »). Plusieurs sucres ont été détectés, parmi lesquels le ribose. Leur diversité et leurs abondances relatives suggèrent qu'ils ont été produits à partir de formaldéhyde (une molé-

Le ribose (et des molécules de sucres apparentées, comme l'arabinose, le lyxose et le xylose) ont été détectés dans des analogues de glaces pré-cométaires grâce à la chromatographie multidimensionnelle en phase gazeuse. Le ribose forme le squelette de l'acide ribonucléique (ARN), considéré comme le matériel génétique des premiers organismes vivants. (Cornelia Meinert, CNRS)





cule présente dans l'espace et sur les comètes, qui se forme en grande quantité à partir de méthanol et d'eau).

S'il reste à confirmer l'existence de ribose dans les comètes réelles, cette découverte complète la liste des « briques moléculaires » de la vie qui peuvent être formées dans la glace interstellaire. Elle apporte un argument supplémentaire à la théorie des comètes comme source de molécules organiques qui ont rendu la vie possible sur Terre... et peut-être ailleurs dans l'Univers.

Le ribose se forme dans le manteau de glace des grains de poussière, à partir de molécules précurseurs simples (eau, méthanol et ammoniac) et sous l'effet de radiations intenses. (Cornelia Meinert, CNRS & Andy Christie, Slimfilms.com)



Le traitement ultraviolet des glaces pré-cométaires (à gauche) reproduit l'évolution naturelle des glaces interstellaires observées dans un nuage moléculaire (à droite, les Piliers de la création), conduisant à la formation de molécules de sucre. (Louis Le Sergeant d'Hendecourt, CNRS; NASA, ESA, Hubble Heritage Team, STScI/AURA)