

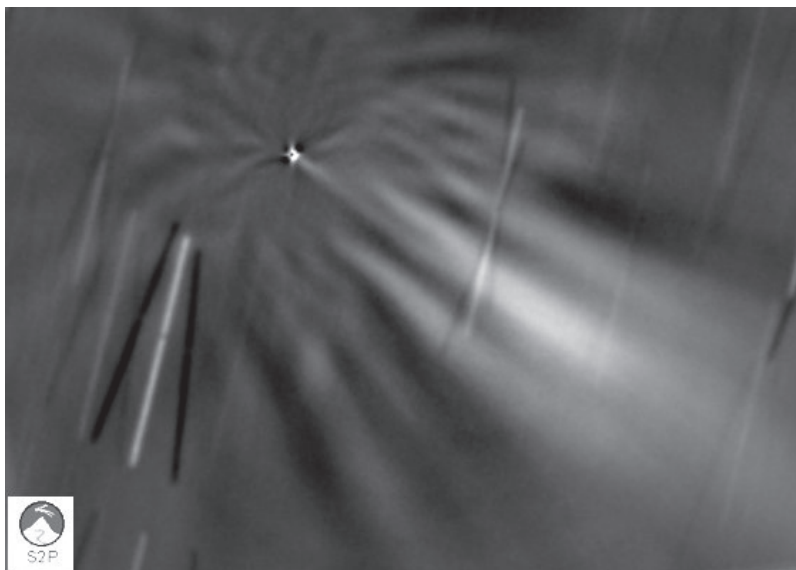
L'astronomie dans le monde

Comète 17P/Holmes

Dans la rubrique des observateurs, Pierre Ponsard décrit la surprise des astronomes devant le show de la comète 17P/Holmes. De nombreux observatoires de l'hémisphère Nord ont observé le phénomène, malheureusement les chevaux de bataille européens, situés trop au sud à la Silla et Paranal, n'ont pu participer. Ce fut l'occasion pour d'autres hauts lieux de l'astronomie européenne, comme le Pic du Midi de prendre le devant de la scène.

Des méthodes d'analyses élaborées parviennent à résoudre des jets de poussières s'échappant du noyau. Image obtenue le 31 octobre au télescope de 1 m du Pic du Midi.
(© TIM, F. Colas, B. Gaillard)
Pour d'autres images et des animations en provenance du Pic, voir le site <http://www.picdumidi.eu/>

Dès le premier jour de l'éruption, le télescope de 105 cm du Pic a suivi l'évolution de la bulle de poussières et de gaz enflant progressivement. Des méthodes de traitement d'images sophistiquées ont mis en évidence des jets de poussières semblant provenir de nombreux fragments éparpillés près du noyau. Ces fragments s'évaporaient peu à peu.





La coma centrale de la comète Holmes vue par le télescope spatial Hubble (à droite, champ de moins d'une demi-minute d'arc) avec la caméra WFPC2 et, depuis le sol, par A. Dyer avec un télescope de dix centimètres (champ de plus de deux degrés. (© NASA, ESA, and H. Weaver (The Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory) et A. Dyer, Alberta, Canada)

Evolution de la comète dans les premiers jours de son éruption. Séquence d'images obtenues au télescope de 1 m du Pic du Midi (© TIM, F. Colas, B. Gaillard)

Comète 17P - Holmes



Des images de la coma centrale obtenues par le télescope spatial Hubble n'ont pas montré de signes d'une éventuelle rupture du noyau. Il est donc probable qu'il ne s'agissait que d'une éruption violente. On estime que cent millions de tonnes de poussières ont été ainsi projetées dans l'espace. Ce nuage de poussières, enrobé des gaz et des poussières qui s'en dégagent s'est alors lentement éloigné du noyau. C'est ainsi que la bulle lumineuse que l'on pouvait admirer dans le ciel grossissait en se décalant légèrement du noyau, toujours bien piqué.

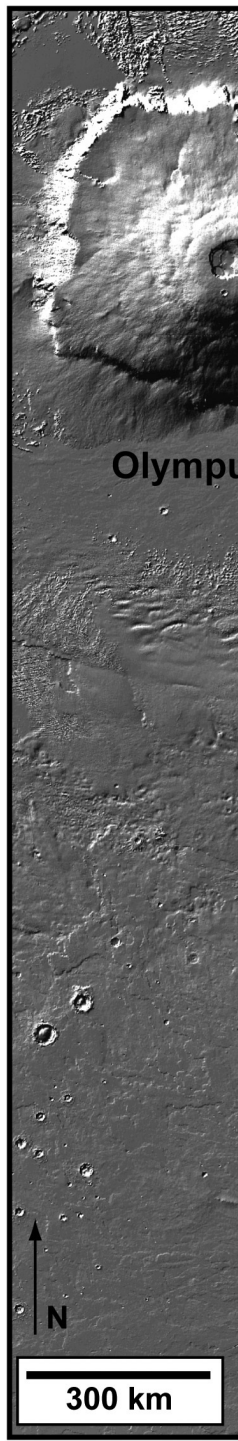
Quelle a été la raison de cette éruption ? Si l'on évoque parfois la collision avec un autre petit corps du système solaire, cela est fort improbable vu la position de la comète en dehors de la ceinture d'astéroïdes, la petitesse de son noyau, et le fait qu'un événement aussi rare aurait dû se produire trois fois en un siècle. Le Soleil est certainement pour quelque chose. On faisait récemment remarquer que les variations de la distance périhélique de la comète concordent bien avec l'activité de la comète. Au début du ^{xx} siècle Jupiter faisait passer cette distance de 2,12 à 2,34 UA, mettant ainsi le noyau au frais. D'autres approches de Jupiter en 1968 puis en 2004 ramenaient le périhélie à 2,16 puis 2,05 UA.

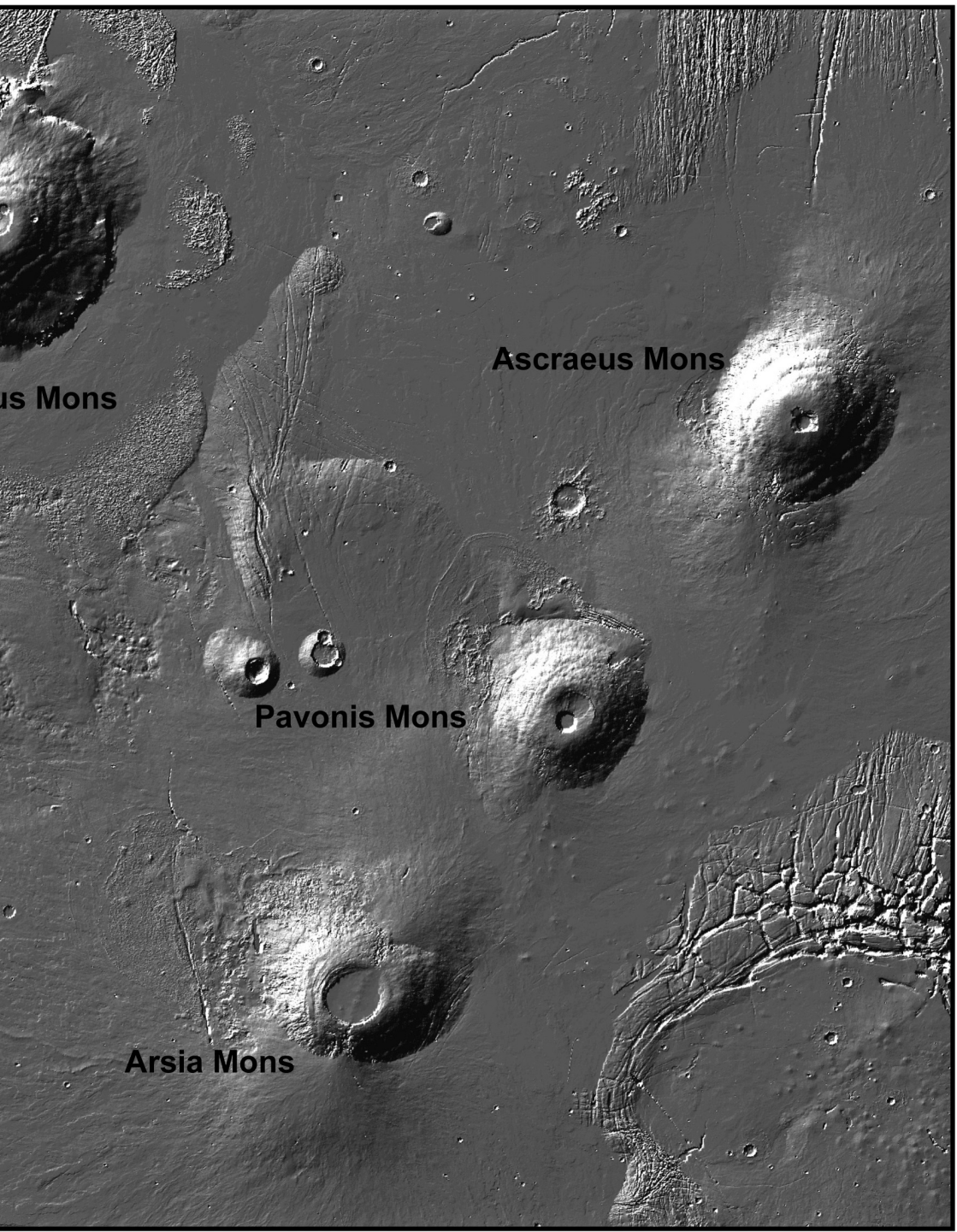
On peut ainsi imaginer qu'en deçà de 2,15 UA, la chaleur emmagasinée au périhélie suffit à faire monter la pression dans l'une ou l'autre poche de matière volatile et à déclencher une explosion.

Mars dort-il ?

La surface de Mars est hostile à la vie telle que nous la connaissons. La surface désolée est bombardée par les radiations de toutes sortes provenant du Soleil et de l'espace. L'air est si ténu, si froid, si sec, que si de l'eau y était présente elle bouillirait et gèlerait en même temps. On remarque cependant des indices – par exemple de vastes lits de rivière asséchés – qui témoignent d'un passé où Mars était un monde chaud et humide qui aurait pu abriter la vie. Ces temps-là sont-ils révolus ? De nouvelles études suggèrent que Mars pourrait se réveiller de l'intérieur : trois volcans

Image en relief construite à partir des données du Mars Orbiter Laser Altimeter à bord du Mars Global Surveyor. On voit Olympus Mons et les trois volcans de Tharsis Montes : Arsia Mons juste sous l'équateur, Pavonis Mons sur l'équateur et Ascraeus Mons à dix degrés de latitude nord (du sud-ouest au nord-est). (© NASA)





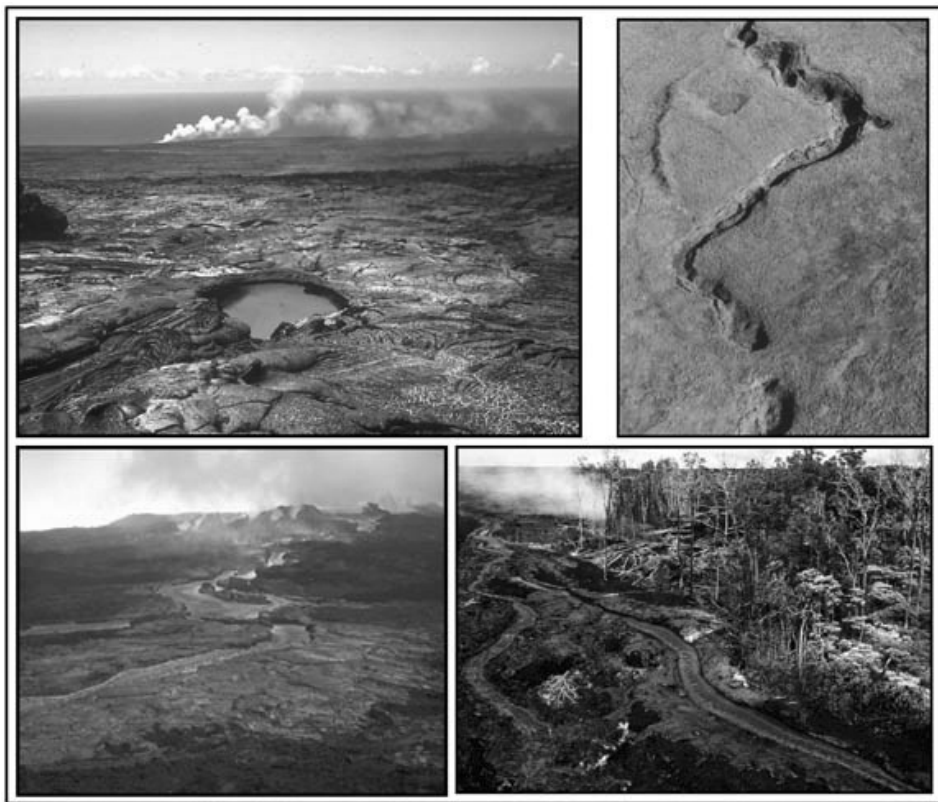
géants que l'on pensait éteints pourraient simplement sommeiller. Les éruptions volcaniques libèrent dans l'atmosphère de grandes quantités de gaz à effet de serre, comme le gaz carbonique. Si de nouvelles éruptions se produisaient et étaient suffisamment violentes, elles pourraient réchauffer le climat martien.

Les scientifiques ont suivi le tracé des coulées de magma sous les trois grands volcans de Tharsis en comparant les terrains avec ceux que l'on peut voir sur les volcans

hawaïens. Les îles d'Hawaii sont formées par des volcans qui se développent au-dessus de « points chauds » correspondant à des montées (« plumes ») de magma. La même chose se passerait sur Mars à cette différence près que la croûte terrestre glisse au-dessus des points chauds alors que celle de Mars est fixe. Sur Terre il y a donc formation d'un chapelet d'îles formées de volcans éteints.

On n'a pas encore observé d'activité volcanique sur les monts de Tharsis mais la rareté des grands cratères d'impact dans la région indique qu'ils sont entrés en éruptions relativement récemment. Des caractéristiques des coulées de lave indiquent que quelques-unes des dernières éruptions sur les flancs des volcans pourraient avoir commencé à Arsia Mons et s'être prolongées vers le nord-est le long de la chaîne.

Quatre images montrant des exemples de tubes et de canaux de lave sur Terre. En haut à gauche un tube actif sur le volcan Kilauea (Hawaii), en haut à droite un tube effondré dans les plaines de la Snake River (Idaho); les deux images du bas montrent des canaux de lave sur le Kilauea (© Christina Heliker et Ron Greeley)



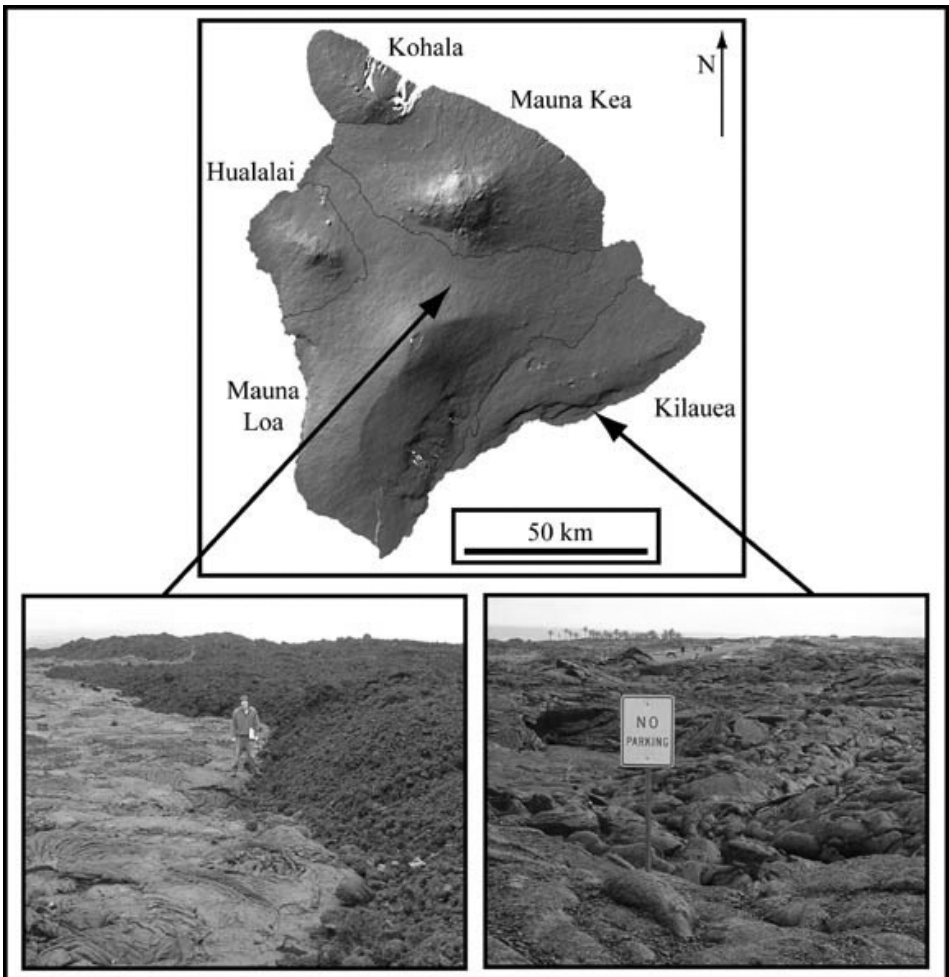
Ce sont les volcans situés au-dessus des points chauds qui ont les laves les plus chaudes et, par conséquent, les plus fluides. Un apport continu de magma à partir du point chaud signifie aussi que les éruptions durent plus longtemps et forment des tubes de lave lorsque la surface se refroidit et qu'une croûte se forme. Après l'éruption les tubes se vident et la surface s'affaisse révélant ainsi le tube.

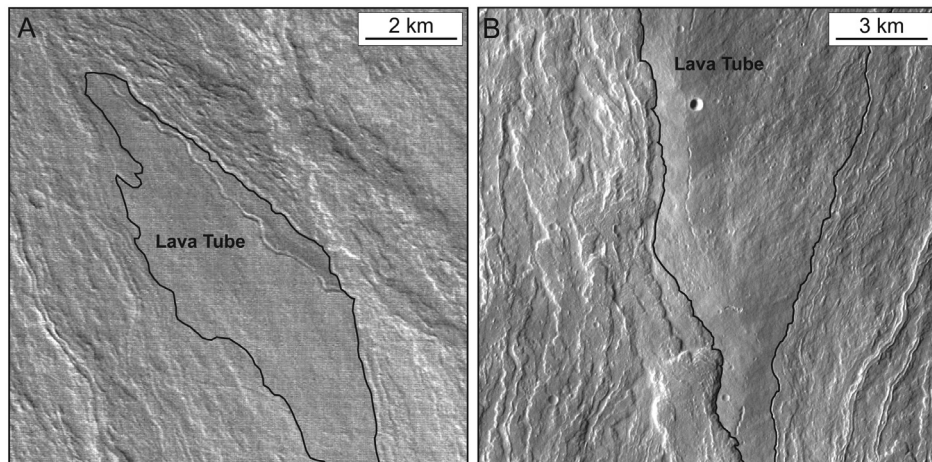
Lorsque le volcan est entraîné assez loin du point chaud, le magma doit suivre un plus long parcours et arrive relativement froid au volcan. Il est alors beaucoup moins fluide que

pour les volcans jeunes. Les éruptions sont plus brèves et, en coulant lentement, la lave creuse de simples canaux plutôt que des tubes. Ces canaux recouvrent les terrains plus anciens contenant les tubes.

Cette image SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) prise depuis la navette spatiale montre cinq volcans « boucliers » dont l'âge augmente avec leur position vers le nord-ouest. En bas on voit les laves du Mauna Loa (à gauche), et du Kilauea.

(© NASA and Jacob Bleacher)

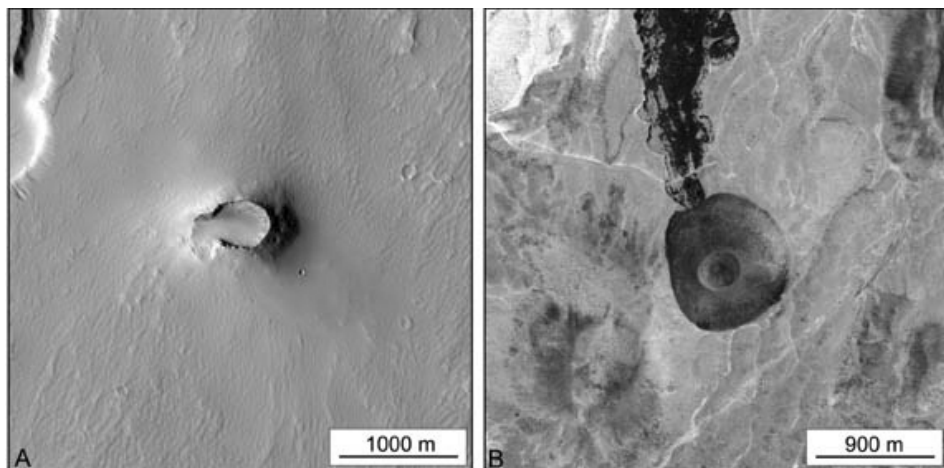




*Deux exemples de cônes volcaniques.
L'image A a été prise par HIRISE (Mars Reconnaissance Orbiter) et montre un cône sur le flanc sud de Pavonis Mons. L'image B vient des cartes Google et montre le cratère SP près de Flagstaff en Arizona.
(© NASA/Google)*

Deux exemples de canaux de lave jeunes qui ont recouvert des tubes de lave sur la planète Mars. La limite entre les canaux d'apparence rugueuse et les tubes plus lisses est dessinée en noir.

(© A : High Resolution Stereo Camera, HRSC, à bord de Mars Express et, B : Thermal Emission Imaging System, THEMIS, à bord de Mars Odyssey. ESA et NASA)



En s'éloignant encore plus du point chaud, seules quelques poches de magma subsistent. En refroidissant, le magma perd des gaz qui provoquent de brèves éruptions de cendres. Les coulées anciennes se trouvent ainsi recouvertes de cônes de cendres.

Les dernières missions martiennes, incluant Mars Odyssey, Mars Global Surveyor (NASA) et Mars Express (ESA), ont donné des images suffisamment fournies pour permettre d'appliquer à la planète rouge ce qu'on a appris des volcans hawaïens.

On a constaté que les flancs des volcans de Tharsis étaient tous pareils, avec des canaux recouvrant quelques tubes de lave. Cependant, chacun des volcans a subi une dernière éruption dont le comportement a été différent. De la lave s'est écoulée de crevasse situées sur les flancs et a formé de vastes nappes.

Le volcan situé le plus au nord (Ascræus Mons) montre le plus grand nombre de tubes, beaucoup d'entre eux n'étant pas recouverts de canaux de lave. Comme les tubes se forment les premiers, cela indique qu'Ascræus Mons est probablement resté actif le plus tard. Les coulées sur le volcan le plus austral, Arsia Mons, ont le moins de tubes. Les nappes de laves sont donc les plus anciennes.

Cette tendance le long de la chaîne de volcans montre que les nappes de lave ont une source commune comme les volcans hawaïens. Les éruptions ayant créé les nappes ont commencé avec Arsia puis se sont propagées vers le nord en enfouissant les tubes d'Arsia sous des canaux.

En l'absence de mouvements de plaques à la surface de Mars, une explication serait que la plume de magma a pu se déplacer sous les volcans de Tharsis. Ce serait alors la situation inverse d'Hawaï où ce sont les volcans qui bougent au-dessus d'une plume fixe, ou se déplacent peu. Un autre scénario impliquerait une plume stationnaire qui s'étalerait en approchant de la surface, comme de la fumée qui atteint le plafond d'une pièce. La plume pourrait être restée sous Arsia en s'étalant vers Ascræus.

Les astronomes n'ont trouvé aucun cône de cendres sur les coulées en nappe des monts de Tharsis. Puisque les éruptions conduisant à la formation de tels cônes ont lieu dans les stades finaux des volcans des points chauds, ces derniers pourraient bien ne pas être éteints. S'ils se réveillent et que des éruptions suffisamment importantes ont lieu, cela pourrait apporter des quantités significatives d'eau et de gaz carbonique dans l'atmosphère martienne.

Du neuf sur l'effet de serre sur Mars et Vénus

Selon communiqué CNRS

La découverte d'une absorption jusqu'alors inconnue et due à un isotopologue – une molécule dont un des atomes est remplacé par son isotope – du dioxyde de carbone (CO₂) vient d'être réalisée sur Vénus par une équipe européenne depuis l'espace et, sur Mars, par une équipe américaine depuis le sol. Pour la détection sur Vénus, l'équipe européenne a utilisé le spectromètre SOIR embarqué sur la sonde Venus Express de l'ESA.

Image de l'hémisphère sud de Vénus prise dans le domaine de l'ultraviolet avec la caméra VMC à bord de la sonde spatiale Venus Express de l'ESA.
(© ESA/MPS. Venus Express/VMC Team)



La technique de mesure, appelée « occultation solaire », consiste à observer le Soleil lorsque celui-ci disparaît derrière la planète. L'observation de couchers de Soleil depuis l'espace permet de mettre en évidence les signatures des différentes molécules absorbantes. La région proche de 3,3 microns de longueur d'onde permet l'observation de l'acide chlorhydrique (HCl). En plus des structures attendues et effectivement observées de HCl, une autre absorption systématique était présente dans les spectres. Les structures associées à cette autre absorption ne correspondaient à rien de connu. Ces résultats furent tenus confidentiels en attente d'une éventuelle identification. En décembre 2006, un scientifique de la NASA, motivé par ses propres découvertes de structures d'absorption non identifiées dans des spectres de l'atmosphère de Mars obtenus dans la même région spectrale à l'aide de télescopes à Hawaii, en faisait part à l'équipe de SOIR, lui demandant de vérifier si ces structures ne se trouvaient pas également dans les spectres de Vénus. Les deux équipes comparèrent leurs spectres : les structures étaient identiques !

Un des isotopologues du CO_2 est à l'origine des structures détectées. L'isotopologue en question correspond à une molécule dans laquelle un des atomes d'oxygène ^{16}O (avec 8 protons et 8 neutrons) est combiné avec son isotope ^{18}O (8 protons et 10 neutrons). Si cet isotopologue existe aussi sur Terre, mais dans un rapport inférieur au centième du CO_2 total, dans les atmosphères de Mars et Vénus, toutes deux composées essentiellement de dioxyde de carbone, son abondance n'est pas négligeable. Son spectre d'absorption est relativement bien connu grâce aux bases de données spectroscopiques contenant la plupart de ses bandes d'absorption, excepté celle observée sur Vénus et Mars.

Connaissant la quantité de CO_2 présente dans l'atmosphère de Vénus, il est possible de montrer que la bande d'absorption nouvellement détectée vers 3,3 μm est totalement opaque si on considère l'entière de l'atmosphère, du sol jusqu'à son sommet. En d'autres termes, cette bande devrait contribuer à l'effet

de serre de Vénus. Il est donc important d'en tenir compte dans les modèles, d'autant plus qu'un des objectifs de Venus Express est de quantifier précisément les contributions des différents gaz et celle des nuages à l'effet de serre. Sur Terre, le CO_2 est beaucoup moins abondant (environ 250 000 fois moins) et la contribution de la nouvelle bande devrait être négligeable.

Une autre conséquence de l'existence de cette bande, et mise en évidence par le groupe américain, est qu'elle se situe juste dans la région où sont attendues les signatures de composés organiques qui pourraient indiquer la présence de vie sur Mars, encore appelés les biomarqueurs. Les nouvelles structures d'absorption dues au CO_2 pourraient en compliquer la recherche et l'interprétation.

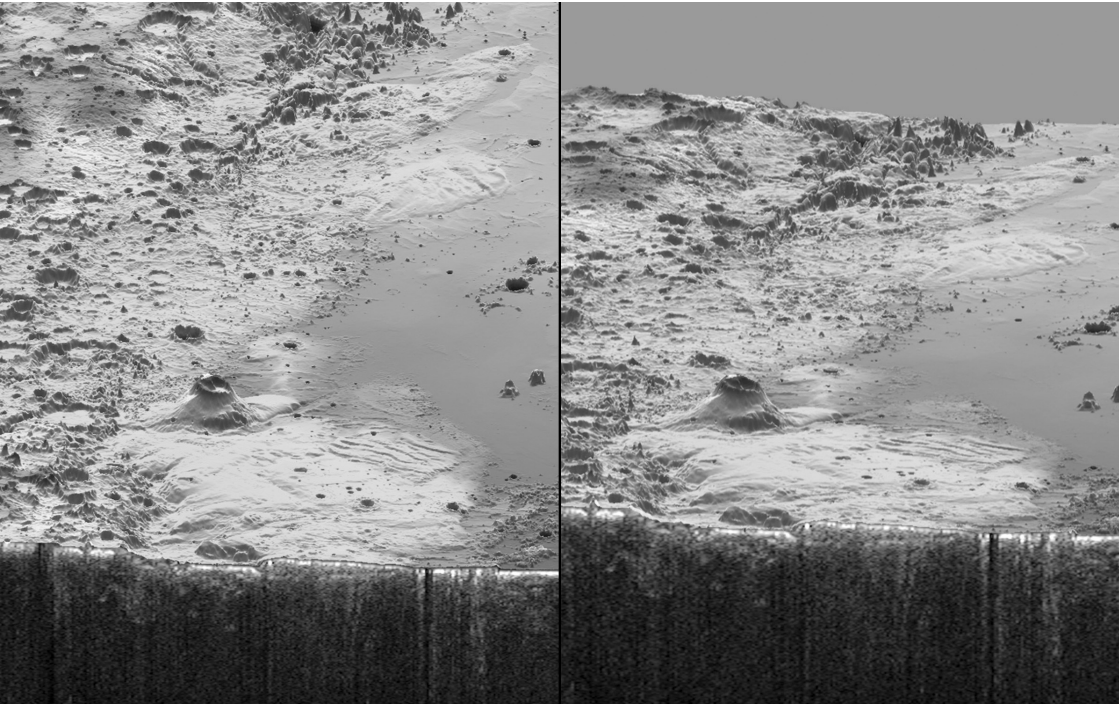
Mars Express sonde les dépôts les plus insolites de la Planète Rouge

Selon communiqué ESA

Le radar embarqué sur la sonde Mars Express de l'ESA nous révèle des détails inédits sur certains des dépôts les plus mystérieux de Mars : la formation Medusae Fossae. En effet, l'orbiteur européen a obtenu une première mesure directe de la profondeur et des propriétés électriques de ces strates, fournissant de nouveaux indices sur leur origine.

La formation Medusae Fossae est constituée de dépôts uniques sur Mars, qui constituent aujourd'hui encore une énigme. Situés à proximité de l'équateur, le long de la ligne séparant la zone de moyenne montagne de celle des basses terres, ces dépôts pourraient bien figurer parmi les plus jeunes présents à la surface de Mars. Cette datation est suggérée par l'absence de cratères d'impact sur ce terrain alors que les sols plus anciens en sont parsemés.

Mars Express a recueilli des données sur les dépôts de la formation Medusae Fossae en utilisant l'instrument MARSIS (Mars Advanced Radar for Subsurface and Ionosphere Sounding). La sonde a survolé plusieurs fois la région entre mars 2006 et avril 2007, la scrutant à l'aide de ce radar à chaque passage.



Ces images montrent la division topographique entre les hauts plateaux martiens et les plaines. Les dépôts mystérieux de la formation Medusae Fossae sont situés dans ces dernières, le long de la division. Le radar MARSIS, à bord de Mars Express, a révélé des échos (image de droite) provenant des plaines ensevelies sous ces dépôts. (© ESA/ASI/NASA/Univ. de Rome/JPL/Smithsonian)

Ces sondages ont pour la première fois révélé la profondeur des strates, dont le calcul se base sur le temps mis par le faisceau radar pour traverser les couches supérieures avant d'être réfléchi par la surface rocheuse sous-jacente. « Nous n'avions aucune idée précise de l'épaisseur des dépôts » a commenté Thomas Watters du Centre d'études terrestres et planétaires du Musée national de l'air et de l'espace de la Smithsonian Institution (États-Unis) et principal auteur des résultats.

Les dépôts de la formation Medusae Fossae intriguent les spécialistes car ils sont associés à des régions qui absorbent certaines longueurs d'onde d'un radar basé sur Terre. MARSIS fonctionne toutefois à des longueurs d'onde auxquelles les ondes radio traversent en grande partie les dépôts, des échos étant renvoyés lorsque le signal est réfléchi par les couches rocheuses inférieures.

Les données acquises par MARSIS révèlent les propriétés électriques des couches géologiques, ce qui donne ensuite des indices sur leur nature (peu compacte, floconneuse voire poussiéreuse). Il reste toutefois difficile de comprendre comment des couches poreuses formées de poussières poussées par les vents peuvent atteindre des kilomètres d'épaisseur sans se compacter sous le poids des couches supérieures.

Par ailleurs, si les propriétés électriques sont compatibles avec la présence de strates d'eau gelée, il n'y a encore aujourd'hui aucun autre élément prouvant la présence de glace

d'eau dans les régions équatoriales de Mars. « S'il y a de l'eau gelée à l'équateur de Mars, celle-ci est très certainement enfouie au minimum plusieurs mètres sous la surface » explique Jeffrey Plaut, du Jet Propulsion Laboratory (États-Unis), co-responsable de la recherche pour MARSIS. Cela est dû au fait que la pression de la vapeur d'eau sur Mars est si faible que la glace qui se trouverait à proximité de la surface s'évaporerait rapidement.

Ainsi, la formation Medusae Fossae de Mars reste encore un mystère.

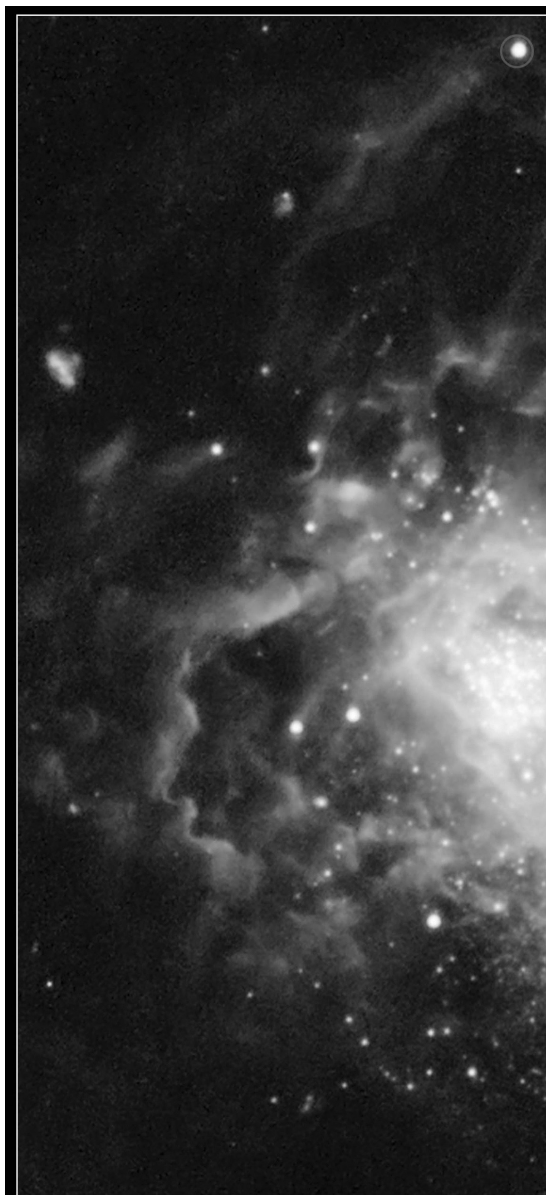
I Zwicky 18

Plus les astronomes l'étudient, plus la galaxie I Zwicky 18 paraît plus que son âge. Initialement considérée comme un bébé, elle s'avère plutôt adulte.

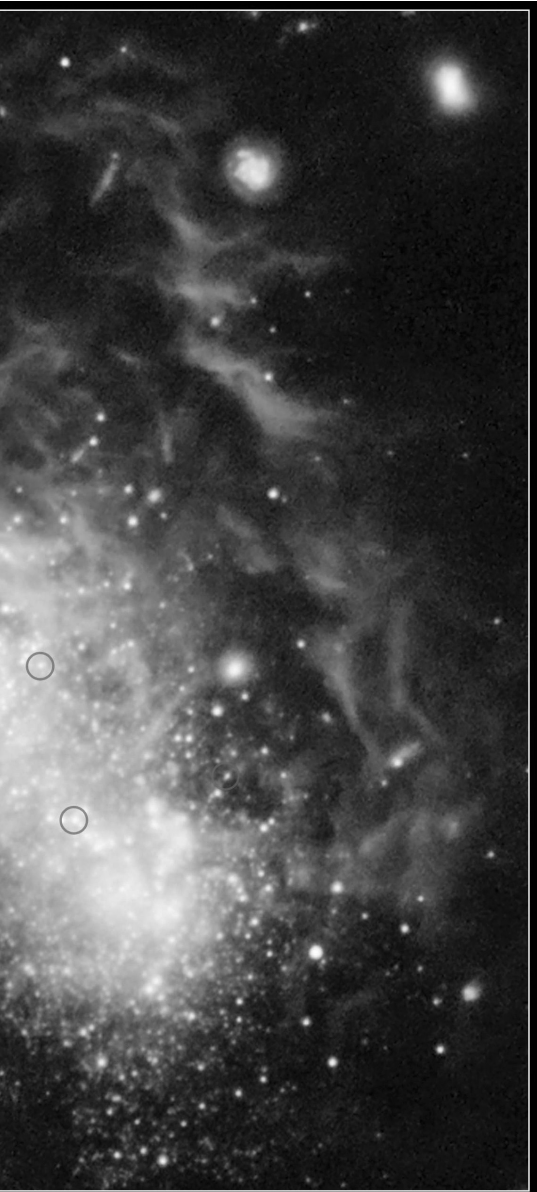
Les observations faites il y a 40 ans au Mont Palomar montraient la formation de nombreuses étoiles dans cette galaxie relativement proche. Les galaxies de ce type se trouvent généralement très loin, dans l'univers jeune. Les astronomes en déduisirent qu'elle était jeune et ils virent avec excitation la possibilité d'étudier une telle galaxie près de nous.

Les observations récentes faites par le télescope spatial Hubble ruinent cet espoir. Elles montrent la présence d'étoiles faibles, vieilles, prouvant que la formation d'étoiles dans I Zwicky 18 a démarré il y a bien longtemps, peut-être dix milliards d'années. Cette galaxie s'est donc formée en même temps que la plupart des autres. Cela ne veut pas dire qu'elle rentre dans le rang et qu'elle est tout à fait normale. Les observations réalisées avec les télescopes au sol ont montré que I Zwicky 18 est composée exclusivement d'hydrogène et d'hélium, les éléments créés lors du Big Bang. Les éléments plus lourds sont formés par les étoiles et peuvent être répandus dans l'espace à leur mort. La composition de cette galaxie étant très voisine de celle du mélange originel, on peut en déduire que la formation d'étoiles y a été beaucoup plus faible que dans une galaxie normale de même âge.

Les mesures du télescope spatial Hubble suggèrent aussi que I Zwicky 18 se trouve à



Etoiles céphéides dans la galaxie I Zwicky 18. Image prise avec le télescope spatial Hubble. (© NASA, ESA, et A. Aloisi, Space Telescope Science Institute and European Space Agency, Baltimore, Md.)



une distance de 59 millions d'années-lumière, soit dix millions de plus que ce que l'on croyait auparavant. C'est toujours notre banlieue proche selon les standards extragalactiques mais cela suffit à expliquer les difficultés rencontrées par les astronomes pour déceler des étoiles vieilles, faibles, dans cette galaxie. Elles s'avèrent être à la limite de la résolution et de la sensibilité du satellite.

La distance a été mesurée selon la méthode classique des céphéides, ces étoiles pulsantes dont la période est directement liée à la luminosité et à la composition chimique. Les astronomes ont pu mesurer la période de trois de ces étoiles, ce qui, tenant compte de la composition chimique particulière, a permis de déduire leur éclat intrinsèque. C'est en fait la première fois que l'on étudie des céphéides aussi pauvres en éléments lourds et il a fallu utiliser des modèles théoriques pour en calculer les propriétés.

Un petit disque au coeur de la fourmi

Communiqué CNRS

Une nébuleuse planétaire est une étoile qui, à la fin de sa vie, éjecte ses couches externes pour former un nuage de gaz et de poussières en extension rapide. L'étoile devient alors une naine blanche. Une de ces nébuleuses planétaires, Menzel 3 a une forme très particulière, où on peut reconnaître l'abdomen, le thorax et les pattes d'une fourmi. Pour expliquer cette structure, les astronomes ont émis l'hypothèse de la présence d'un disque de matière entourant l'étoile centrale, qui aurait aidé à canaliser l'éjection de la nébuleuse.

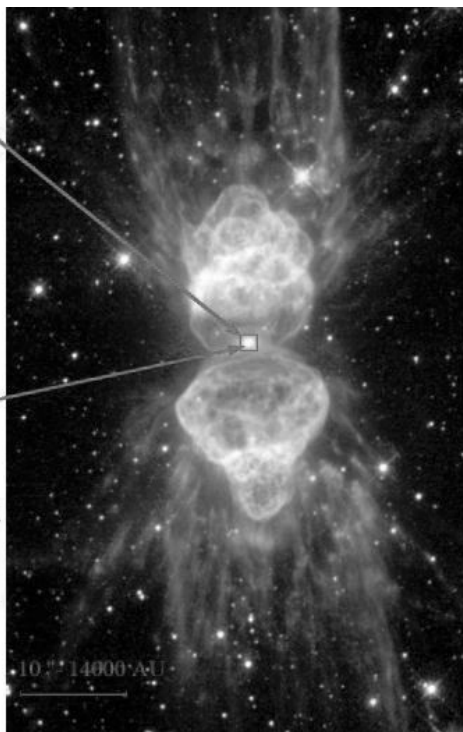
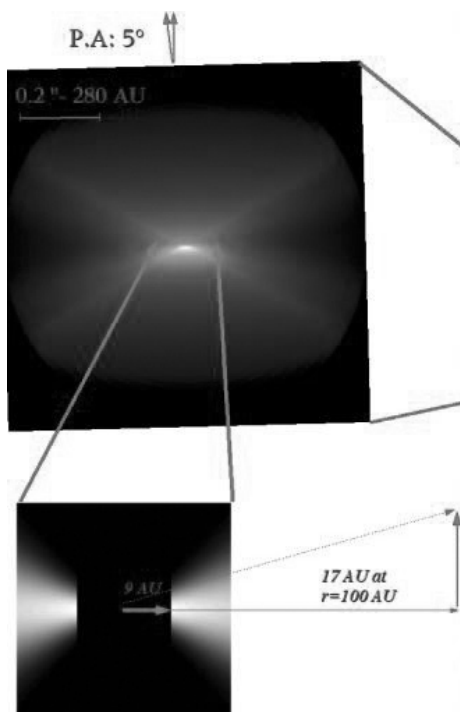
Une équipe internationale vient d'étudier en détail cette nébuleuse planétaire avec le Very Large Telescope Interferometer (VLT) du European Southern Observatory, situé au sommet du mont Paranal au Chili. Les chercheurs ont mis en évidence la présence d'un disque de poussières entourant l'étoile centrale. Le bord du disque interne est à moins de 9 unités astronomiques et le bord externe s'étend jusqu'à environ 500 UA de l'étoile. Ce disque de poussières a une masse cent mille fois plus faible que la masse du Soleil et deux

cents fois plus faible que la masse de la poussière se trouvant dans les deux grands lobes de matière éjectés par l'étoile centrale il y a moins de mille ans.

Les astronomes pensent que la faible masse et la petite taille du disque n'ont pas permis à celui-ci de canaliser la matière lors de son éjection violente pour former cette structure bien séparée en deux lobes. En fait, la matière a été très probablement éjectée sous la forme de jets bipolaires de courte durée de vie.

La poussière du disque est principalement composée de silicates amorphes tendant à prouver que ce disque est jeune, probablement autant que les lobes. Ce disque masque le cœur du système où se trouve la solution de l'énigme : l'étoile centrale, un éventuel compagnon qui aurait pu la déstabiliser, et un disque d'accrétion beaucoup plus compact, vrai responsable des structures complexes observées.

Ci-dessous, à droite : Image dans le visible de la nébuleuse de la Fourmi. La complexité de la nébuleuse est impressionnante, mais une structure bipolaire domine avec le lobe sud pointant dans notre direction (nord vers le haut, est vers la gauche). En haut à gauche : simulation du disque tel que vu par l'interféromètre MIDI/VLTI dans l'infrarouge thermique. Le disque est vu quasiment par la tranche, et cache l'étoile centrale et son environnement proche. La partie la plus lumineuse est produite dans les régions proches du bord interne du disque, chauffées à plus de 1 000 degrés. En bas à gauche : coupe du modèle de densité de poussière utilisé montrant le rayon interne du disque de poussière, et son ouverture, paramètres bien déterminés par les observations du VLTI. (© HST/NASA)



A la recherche des quasars manquants

Communiqué CNRS

Depuis des années, les astronomes pensent qu'une abondante population de trous noirs actifs manque dans les observations par rapport aux prévisions théoriques. Grâce aux observations des satellites Spitzer et Chandra de la Nasa une équipe d'astrophysiciens a découvert la présence de plusieurs centaines de quasars, trous noirs énergétiques, cachés au sein de galaxies très poussiéreuses.

Les trous noirs « actifs », dont les plus énergétiques sont des quasars, sont des trous noirs supermassifs entourés d'un nuage de gaz et de poussières en forme d'anneau et se situent au centre d'une galaxie. Le gaz alimente progressivement le trou noir mais, en tombant dessus, il s'échauffe et émet du rayonnement X. Ce rayonnement peut parfois être détecté, mais aussi être absorbé par le gaz et les poussières environnantes, rendant le quasar invisible depuis la Terre.

Les astrophysiciens ont observé, grâce aux satellites Spitzer et Chandra de la NASA, un millier de galaxies massives lointaines dans lesquelles aucun quasar n'était jusqu'ici connu. Ces galaxies aussi massives que la nôtre, mais distantes de 9 à 11 milliards d'années-lumière de la Terre, sont observées telles qu'elles existaient dans l'univers jeune âgé de quelque 3 ou 4 milliards d'années.

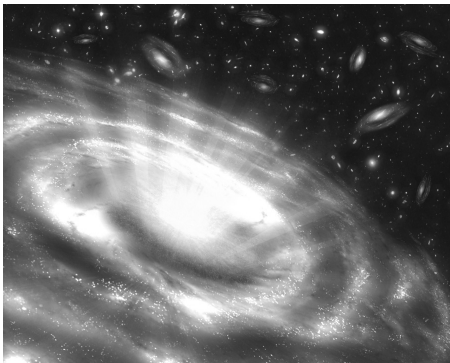
Les observations infrarouges du satellite Spitzer ont révélé que 20% des galaxies observées émettent une quantité anormale

de rayonnement infrarouge. Le rayonnement X, traqué par le satellite Chandra, n'est pas détecté dans les observations individuelles des galaxies, ce qui laisserait penser qu'elles ne renferment pas de quasars. Par un traitement approprié des données impliquant des superpositions d'images de toutes ces galaxies, il a été possible d'extraire un signal dans leur rayonnement X indiquant la présence de quasars en leur sein. L'explication de cette apparente contradiction : ces galaxies actives de l'univers jeune sont en fait si poussiéreuses que le rayonnement X de leur quasar est fortement absorbé par les grains de poussière et ne peut pas être détecté dans les observations individuelles. Le rayonnement des quasars chauffe la poussière, qui émet alors l'excès de rayonnement infrarouge détecté dans les observations de Spitzer.

Auparavant, seuls quelques quasars particulièrement énergétiques ou peu absorbés avaient pu être détectés dans l'univers jeune. Les nouvelles observations impliquent la présence d'un grand nombre (plusieurs centaines de millions) de trous noirs supermassifs en phase de croissance dans l'univers jeune. En fait pratiquement toutes les galaxies massives de l'univers jeune alimenteraient des trous noirs supermassifs pendant un ou plusieurs milliards d'années au début de leur existence.

Les quasars nouvellement détectés permettent ainsi de mieux comprendre la formation des galaxies dans l'univers lointain. Par exemple, les astronomes ont compris que les galaxies forment leurs étoiles en même temps que leur trou noir central « grandit », jusqu'à ce que ce dernier soit si massif qu'il supprime toute formation stellaire. Ces observations indiquent par ailleurs que les collisions entre les galaxies ne joueraient pas un rôle aussi important dans l'évolution des galaxies jeunes que celui qu'on leur attribuait jusqu'à présent. En effet, les collisions de galaxies étaient souvent évoquées comme le mécanisme déclenchant les phases d'activité des quasars.

***Vue d'artiste d'une galaxie hébergeant un trou noir central supermassif.
© CEA-CNRS/NASA-Spitzer***



En réalité, un grand nombre de galaxies massives, qu'elles soient ou non en collision, hébergent un quasar.

Galaxies en interaction

La paire de galaxies connue sous le nom collectif de Arp 87 a révélé ses particularités grâce aux télescopes du Mont Palomar dans les années 70. La galaxie principale NGC 3808 est une spirale entourée d'un anneau brillant d'étoiles en formation et de plusieurs bras bien développés. Des étoiles, du gaz et de la poussière s'en échappent et forment un bras qui enveloppe la galaxie compagne NGC 3808A. Celle-ci est également une spirale, mais elle est vue de profil. Curieusement, elle est entourée d'un anneau « polaire » de gaz et d'étoiles perpendiculaire au plan principal, conséquence manifeste de l'interaction entre les deux galaxies. Cette interaction conduit à de forts taux de formation stellaire dont témoignent les spectres.

G292.0+1.8

G292.0+1.8 est l'un des trois restes de supernovae de notre Galaxie contenant énormément d'oxygène. Les images obtenues par

l'observatoire spatial X Chandra montrent des structures complexes dans l'enveloppe en expansion. L'énergie des photons X permet de distinguer la distribution spatiale des différents éléments. On remarque que l'explosion n'a pas été symétrique. Ainsi, le silicium, le magnésium et le soufre se trouvent préférentiellement du côté opposé à l'oxygène. Ces éléments sont excités à des températures différentes de sorte que l'on peut distinguer des zones plus ou moins chaudes.

On peut voir un pulsar un peu en bas à gauche du centre de la nébuleuse. C'est ce qui reste de l'étoile qui a explosé. Sa position excentrée témoigne aussi d'une explosion symétrique ayant provoqué un phénomène de recul. Le pulsar est entouré d'une bulle de particules de haute énergie. La nébulosité orientée de haut en bas dans l'image est probablement parallèle à l'axe de rotation du pulsar.

Un autre élément remarquable de G292.0+1.8 est la ceinture équatoriale brillante traversant la nébuleuse en son milieu.

***La paire de galaxies en interaction Arp 87
(© NASA, ESA, and The Hubble Heritage
Team, STScI/AURA)***





*Image combinée X et visible du reste de supernova G292.0+1.8.
(© X-ray: NASA/CXC/Penn State/S.Park et al.;
Optical: Pal. Obs. DSS)*

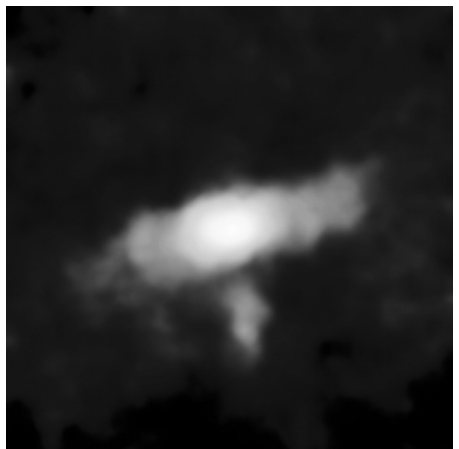
Elle est probablement due à l'éjection de matière par l'équateur de l'étoile avant son explosion. Son orientation suggère que la direction de l'axe de rotation n'a pas été modifiée.

Existe-t-il des galaxies sans étoiles ?

Communiqué CNRS

Certaines des galaxies que l'on croyait jusqu'ici sans étoiles ne sont pas de vraies galaxies mais plutôt des débris de collisions, simples nuages de gaz arrachés lors de collisions à grandes vitesses entre deux galaxies massives. C'est la conclusion à laquelle sont parvenus des chercheurs français grâce à des simulations numériques reproduisant la rencontre de deux galaxies. La découverte il y a quelques années d'une galaxie dite « sombre » c'est-à-dire contenant seulement du gaz et totalement dépourvue d'étoiles, avait soulevé un

*Image en rayons X de haute énergie de la région du pulsar.
(© NASA/CXC/Penn State/S.Park et al.)*



grand intérêt et beaucoup de questions dans la communauté astronomique car l'existence de tels astres n'est absolument pas prévue par les différents modèles de formation et d'évolution de galaxies. La galaxie VirgoHI21, située dans la constellation de la Chevelure de Bérénice, était jusqu'ici considérée comme l'une des premières galaxies sombres massives. Les résultats des simulations montrent au contraire que VirgoHI21 s'est formée lors d'une rencontre entre deux grandes galaxies spirales, il y a environ 750 millions d'années. Il ne s'agirait donc que d'un banal débris de collision. Ainsi disparaît le prototype de galaxie sombre massive.

Son nom le souligne : VirgoHI21 est un objet de l'amas de la Vierge qui n'est pas visible en optique mais qui a été détecté à l'aide d'un radiotélescope qui effectuait un sondage profond d'hydrogène atomique (HI) à la longueur d'onde de 21 cm. A première vue VirgoHI21 apparaît comme un nuage de gaz isolé qui ne contiendrait aucune étoile : même les images profondes fournies par le télescope spatial Hubble n'en révèlent aucune trace. Or la rotation rapide de ce nuage de gaz indique qu'il est mû par une masse invisible de plusieurs centaines de milliards de fois celle du Soleil. Il est donc entouré d'un vaste halo de matière noire d'une masse équivalente à celle d'une grosse galaxie comme la Voie Lactée. Il s'agit donc d'une galaxie contenant un peu de gaz, mais sans étoiles : autrement dit, une « galaxie sombre ».

Les modèles théoriques prévoient que des galaxies de toute petite masse puissent ne pas contenir d'étoiles car leur réservoir de gaz est insuffisant. Il pourrait en exister de nombreuses orbitant autour de la Voie Lactée ; plusieurs expériences cherchent actuellement à les dépister. Mais qu'une galaxie presque aussi massive que la Voie Lactée n'ait jamais réussi à former d'étoiles ou les ait perdues, voilà de quoi rendre perplexes les astrophysiciens. Depuis, une course s'est engagée pour trouver d'autres galaxies fantômes.

Les chercheurs ont remarqué que la galaxie VirgoHI21 n'était pas isolée mais située près d'une grande galaxie spirale, NGC 4254

(M 99), très précisément au sein d'un long filament de gaz s'échappant de cette galaxie. Ces longues queues de gaz sont souvent observées lorsque deux galaxies se rencontrent, car des forces dites de marée arrachent une partie des constituants de leurs disques. Ces débris apparaissent alors le plus souvent sous forme de filaments, dénommés « queues de marée », composés à la fois de gaz et d'étoiles.

Grâce à des simulations numériques de plus d'un million de points, les astronomes ont alors cherché à reproduire les collisions qui auraient pu affecter Messier 99. Jusqu'ici, ils ne considéraient que des collisions entre les galaxies à relativement faible vitesse qui arrachaient à la fois gaz et étoiles. Ils ont alors calculé ce qui se produisait lorsque deux galaxies de frôlaient à grande vitesse et à leur grande surprise ils ont constaté que, sous certaines conditions, de la matière purement gazeuse pouvait être éjectée à de grandes distances et se recondenser dans le milieu intergalactique, prenant l'apparence de nuages isolés en rotation, comme pour les galaxies sombres. A y regarder de près, on constate effectivement la présence d'un pont ténu de gaz liant VirgoHI21 et la galaxie Messier 99 qui suggère cette interaction de marée.

Manquait toutefois l'autre protagoniste de la collision. En réalisant leur modèle numérique le plus réaliste de la collision, les chercheurs ont vite réalisé que la collision avait eu lieu il y a environ 750 millions d'années et, que, en raison de la vitesse élevée lors de la rencontre, la deuxième galaxie massive compagnon devait déjà se trouver très loin, hors du champ de vue. Il y a de fortes présomptions qu'il puisse s'agir de la galaxie spirale Messier 98, déjà éloignée de plus d'un million d'années-lumière, mais d'autres candidats sont également possibles. VirgoHI21 ne serait donc finalement qu'un banal nuage de gaz en train de s'échapper de sa galaxie parente suite à un télescopage à haute vitesse avec une autre galaxie. Pas de galaxies sans étoiles pour l'instant. De quoi rassurer les théoriciens et contenir l'imagination des observateurs.