



L'astronomie dans le monde

Disque proto-planétaire

Basé sur un communiqué ESO

Des astronomes ont utilisé les télescopes ALMA et IRAM pour effectuer les premières mesures directes de la température des gros grains de poussière à la périphérie du disque protoplanétaire qui entoure l'étoile jeune 2MASS J16281370-2431391. Cette étoile est située dans l'extraordinaire région de formation d'étoiles Rho (ρ) Ophiuchi distante de quelque 400 années-lumière.

Grâce au réseau ALMA, les astronomes ont pu capter l'émission des molécules de monoxyde de carbone présentes au cœur du disque. Ils en ont extrait une information surprenante : un signal parfois négatif ! En temps normal, un tel signal n'a guère de sens mais le disque n'est pas observé sur un fond de ciel sombre et vide. En réalité, sa silhouette se détache sur la nébuleuse ρ Ophiuchi dont la lueur diffuse est trop étendue pour être détec-

L'image principale montre en partie la région de Rho Ophiuchi. L'agrandissement montre la Soucoupe Volante acquise, dans l'infrarouge, par le Télescope Spatial Hubble. (Digitized Sky Survey 2/NASA/ESA)

tée par ALMA. La capture d'un signal négatif signifie que certaines régions du disque sont plus froides que l'arrière-plan. En d'autres termes, la Terre se situe dans l'ombre de la Soucoupe Volante.

L'équipe a combiné des mesures du disque opérées par ALMA avec des observations de la luminosité du fond effectuées au moyen du télescope IRAM de 30 mètres en Espagne. Il est ainsi apparu que la température des grains de poussière constituant le disque avoisinait les -266°C seulement -7 degrés au-dessus du zéro absolu – à une distance d'environ 15 milliards de kilomètres de l'étoile centrale, soit une centaine d'unités

astronomiques. Il s'agit là de la toute première détermination directe de la température de gros grains de poussière (dont la taille avoisine le millimètre) au sein de tels objets.

Cette température est nettement inférieure aux 15 à 20 K prédits par la plupart des modèles actuels. Pour comprendre cet écart, il faut supposer que les gros grains de poussière sont dotés de propriétés différentes de celles couramment envisagées, de sorte qu'ils puissent se refroidir à des températures si basses.

Afin de déterminer l'impact de cette découverte sur la structure du disque, il faut caractériser les propriétés de la poussière à de si faibles températures. Quelques hypothèses se dessinent : il est par exemple possible que la température dépende de la taille du grain, les grains les plus gros étant les plus froids. Si cela se confirmait, notre compréhension de la formation et de l'évolution de ces objets serait sans doute à revoir. En effet, des grains de poussière dotés de propriétés différentes se comportent différemment lors de collisions et contribuent autrement à la formation des planètes.

Ces basses températures peuvent également avoir un effet non négligeable sur les disques poussiéreux de plus petite taille. Si ces disques sont principalement composés de grains plus gros mais aussi plus froids que nous ne le supposons, il se pourrait qu'ils soient massifs et s'avèrent propices à la formation de planètes géantes à proximité de l'étoile centrale.

Une galaxie vidée de son gaz

Basé sur un communiqué CNRS

Les galaxies ne se répartissent pas au hasard dans l'Univers. Certaines d'entre elles se retrouvent dans des amas qui peuvent en contenir des centaines. Les astrophysiciens savent depuis longtemps que l'évolution des galaxies dans ces amas doit être affectée par cet environnement particulier. En effet, on y trouve en proportion relative beaucoup moins de galaxies spirales (présentant un disque dans lequel de nouvelles étoiles se forment à partir

du gaz du milieu interstellaire) que de galaxies elliptiques ou lenticulaires (contenant très peu de gaz). Les quelques galaxies spirales que l'on trouve dans les amas contiennent en général moins de gaz et de jeunes générations d'étoiles que les galaxies plus isolées.

Plusieurs mécanismes ont été proposés pour expliquer ces différences. Premièrement, lorsque deux galaxies se croisent elles exercent des forces de marée : les parties plus éloignées de chaque galaxie subissent une force de gravité moins importante que les parties les plus proches, ce qui tend à « déchirer » la galaxie. Le deuxième mécanisme est la pression dynamique que subit le milieu interstellaire d'une galaxie en traversant le gaz chaud et diffus des amas. Ces deux processus sont capables d'arracher le gaz des galaxies d'amas, et de freiner ainsi la formation de nouvelles étoiles. Dans les galaxies spirales les plus massives, les théories les plus en vogue prévoient aussi un troisième mécanisme : l'énergie injectée dans le milieu interstellaire par le noyau actif qu'elles contiennent en leur centre peut aussi amener le gaz à s'échapper des galaxies.

L'identification du processus dominant est critique pour la mise au point des modèles et des simulations cosmologiques qui ont aujourd'hui une précision suffisante pour être comparables aux observations. Il est cependant très difficile d'observer le gaz alors qu'il est en train de quitter les galaxies, en particulier en raison de sa faible densité. L'utilisation d'un filtre très efficace pour détecter l'émission du gaz ionisé dans une raie de l'atome d'hydrogène H α , sur la camera extrêmement sensible MegaCam du CFHT (Canada France Hawaii Telescope) offre aux astronomes un nouvel outil très performant pour la détection du gaz arraché aux galaxies par la pression dynamique.

Cet instrument a été utilisé pour observer NGC 4569, la galaxie spirale la plus massive de l'amas de la Vierge, qu'elle est en train de traverser à plus de 1 200 km/s. Cet amas est encore en formation et nous offre donc l'opportunité de voir la transformation des galaxies dans les amas en direct. L'image H α obtenue au CFHT montre pour la première fois que des



queues spectaculaires de gaz ionisé s'étendent sur plus de 300 000 années-lumières, ce qui les rend environ 5 fois plus grandes que la galaxie elle-même. Cette observation confirme que la pression dynamique est en train de vider la galaxie de son milieu interstellaire. Une estimation de la masse de gaz dans ces queues démontre que le phénomène est si violent que 95 % du milieu interstellaire ont déjà été arrachés, réduisant donc fortement la capacité de la galaxie à former de nouvelles étoiles

Pour une galaxie aussi massive que NGC4569, on aurait pu penser que les forces gravitationnelles seraient suffisamment fortes pour retenir le gaz subissant la pression dynamique. Dans les modèles cosmologiques, les chercheurs supposent en effet que c'est plutôt l'effet du noyau actif de la galaxie qui est responsable de la réduction de l'activité de formation stellaire des galaxies de cette masse. Les nouvelles observations démontrent au

La galaxie NGC 4569 dans l'amas de la Vierge, obtenue avec l'instrument MegaCam au CFHT. Les filaments rouges à droite de la galaxie montrent le gaz ionisé arraché à la galaxie lors de sa traversée de l'amas de la Vierge. (CFHT/Coelum)

contraire que l'effet dominant est bien la pression dynamique. Une contrainte dont il faudra tenir compte dans les modèles cosmologiques intégrant l'effet de l'environnement des galaxies.

Ce résultat démontre aussi que le nouveau dispositif au CFHT est très efficace pour identifier les objets en train d'interagir par effet de pression dynamique avec le gaz chaud et diffus des amas. Cela ouvre une nouvelle voie très prometteuse pour la compréhension du rôle que l'environnement joue dans l'évolution des galaxies.

NGC 6240

La galaxie « *starburst* » NGC6240 est en fait constituée de deux galaxies en collision et fusion depuis un milliard d'années. Son étude détaillée avec le télescope Subaru a permis d'en cartographier les « super-vents » et de retracer l'historique des épisodes de formation stellaire associés à la collision.

Le terme *starburst* évoque l'intense activité de formation d'étoiles qui peut être des dizaines ou des centaines de fois plus forte dans ce type de galaxies que dans la nôtre. Les épisodes d'activité engendrent une pression sur le milieu interstellaire due à l'effet combiné du rayonnement des étoiles et du souffle des supernovæ. Le gaz est alors évacué sous forme de super-vents dans l'espace intergalactique ce qui met fin à la formation de nouvelles étoiles.

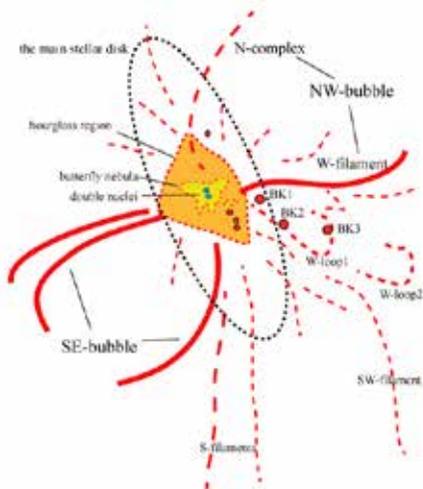
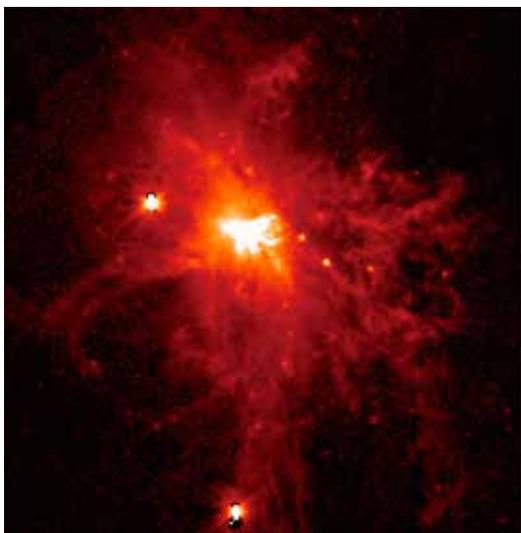
Dans le cas de NGC 6240, la collision de deux galaxies a concentré le gaz des deux

objets en une poche dense qui s'est mise à fabriquer des étoiles et des nuages de poussière. Ceux-ci émettent fortement dans l'infrarouge en rayonnant l'énergie qu'ils absorbent des étoiles. La luminosité infrarouge de NGC 6240 est estimée à mille milliards de fois celle du Soleil. Les vents sont composés essentiellement d'hydrogène ionisé et sont donc visibles dans les longueurs d'onde des raies spectrales correspondantes, comme H α .

Grâce au télescope Subaru, les astronomes ont pu étudier de façon approfondie la structure du nuage H α et ont mis en évidence, entre autres caractéristiques, un supervent bipolaire le long des pôles de la galaxie. Ils estiment aussi que trois épisodes *starburst* se sont succédé depuis 80 millions d'années, tous des conséquences lointaines de l'ancienne collision. Cette collision laisse aussi comme signature la présence des deux noyaux qui n'ont pas encore fusionné.

La nébuleuse d'hydrogène ionisé dans la galaxie NGC 6240. L'image a été obtenue à partir de celle prise en H α en lui soustrayant l'image des étoiles. La structure filamenteuse s'étend sur des centaines de milliers d'années-lumière.
(Hiroshima University / NAOJ)

Croquis montrant les structures de la nébuleuse H α de NGC 6240.
(Hiroshima University / NAOJ)





*La galaxie NGC 6240 photographiée par la caméra Suprime-Cam du télescope Subaru. Les couleurs bleu, vert et rouge sont attribuées aux filtres B, R, et H α . Le gaz ionisé expulsé par la galaxie est donc vu en rouge.
(Hiroshima University / NAOJ)*

Le nuage de Smith

Parmi les centaines de nuages tournoyant autour de la Galaxie, le nuage de Smith a un statut particulier. Découvert au début des années 1960 par l'émission radio de l'hydrogène, c'est le seul dont on connaisse la trajectoire exacte. Les dernières observations du télescope spatial Hubble montrent qu'il a été expulsé de la périphérie de la Galaxie il y a 70 millions d'années. Il retombe maintenant à une vitesse de plus d'un million de kilomètres à l'heure. Quand il abordera le disque de la Voie lactée, d'ici une trentaine de millions d'années, la collision des gaz engendrera un épisode intense de formation stellaire qui pourrait produire deux millions d'étoiles.

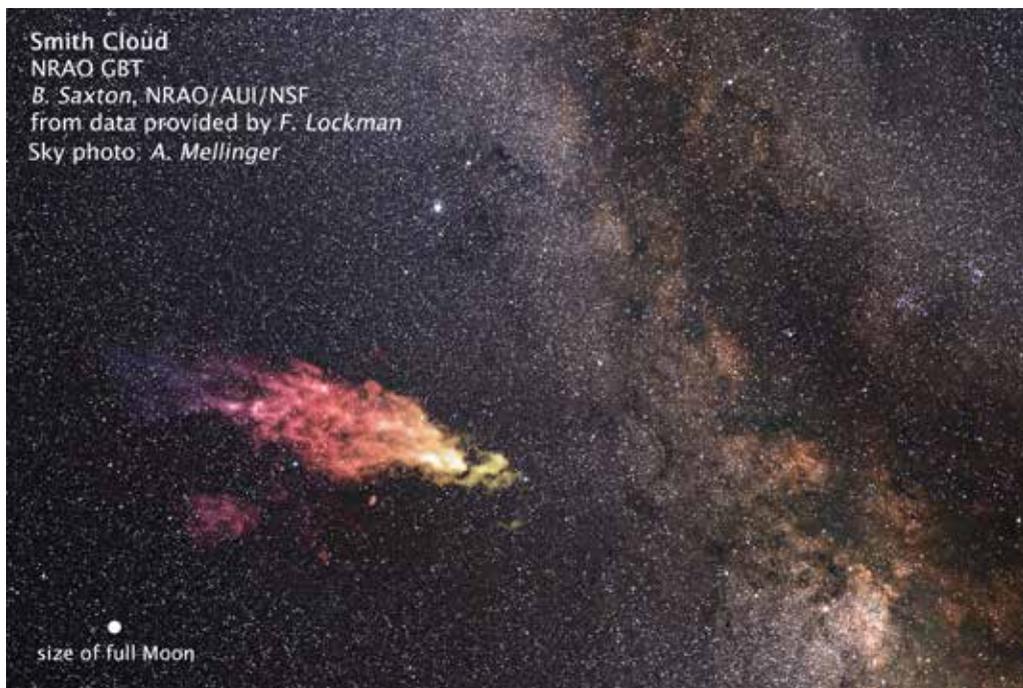
C'est un exemple de la façon dont une galaxie recycle son matériau, en formant des étoiles à de nouveaux endroits.

Le nuage s'étend sur 11 000 années-lumière de long par 2 500 de large. Si on pouvait le voir à l'œil nu, il ferait 30 fois le diamètre de la Lune.

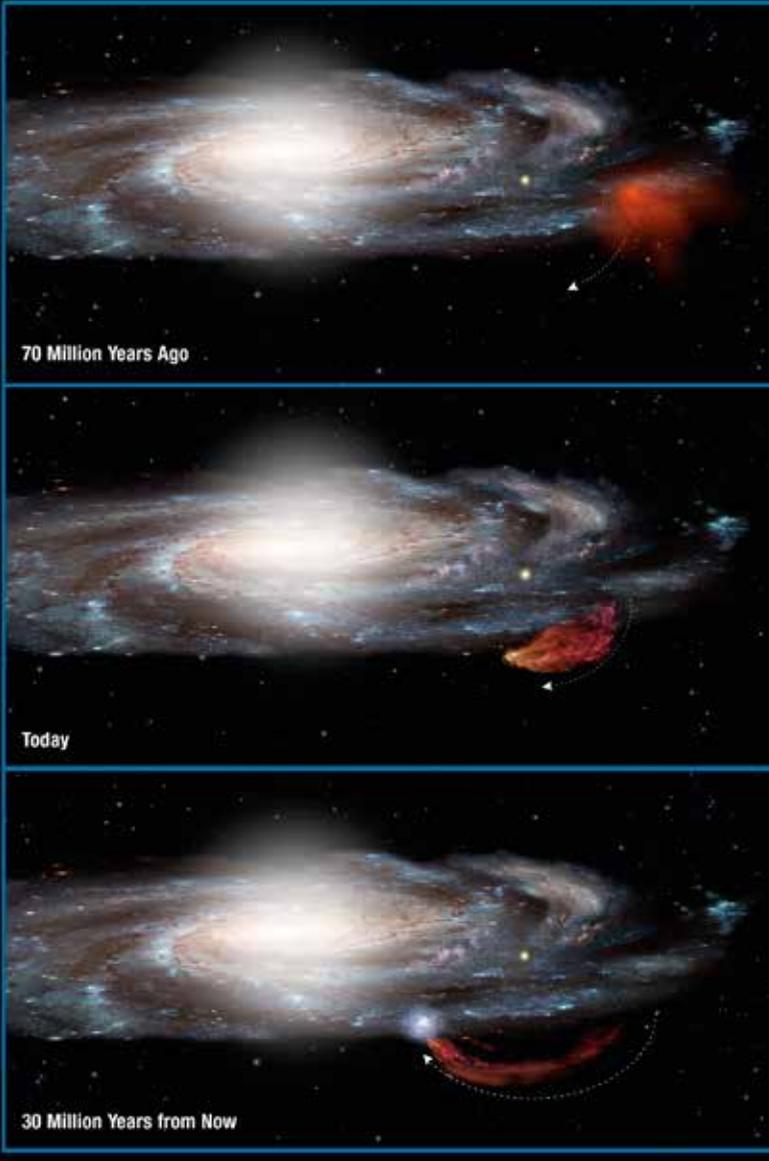
On a longtemps pensé qu'il s'agissait d'une galaxie ratée, dépourvue d'étoiles, ou d'un nuage de gaz provenant de l'espace intergalactique. Dans les deux cas, sa composition serait presque exclusivement d'hydrogène et d'hélium puisqu'il ne contiendrait pas d'éléments plus lourds fabriqués dans des étoiles. Par contre, s'il venait de notre galaxie, sa teneur en éléments lourds serait élevée.

Les astronomes ont utilisé le télescope spatial Hubble pour déterminer cette composition. Ils ont observé les raies d'absorption produites par le nuage dans le spectre ultraviolet du noyau de trois galaxies actives situées en arrière-plan, à des milliards d'années-lumière.

Cette image composite radio et optique montre le nuage de Smith superposé aux étoiles de l'Aigle. Le nuage s'étend sur une quinzaine de degrés. La surface apparente de la Lune est indiquée en comparaison. (NASA, ESA, STScI, NRAO/AUI/NSF, A. Mellinger)

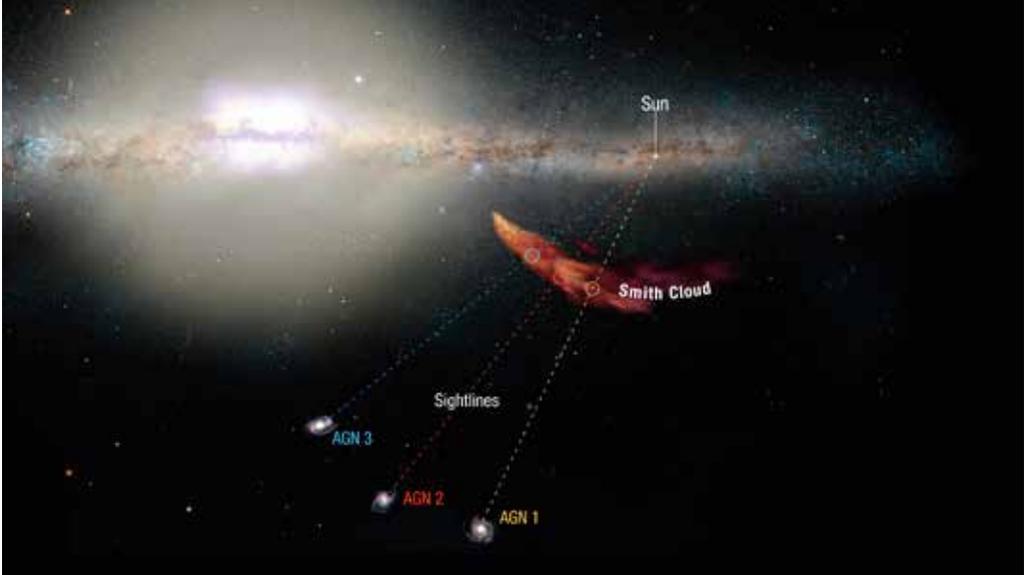
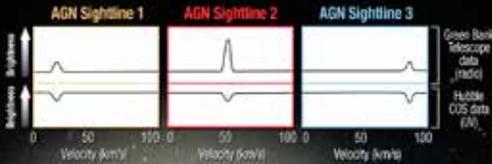


Trajectory of Smith Cloud



*Ce triptyque montre la trajectoire balistique du nuage de Smith au cours des cent derniers millions d'années. Il s'est détaché du bord de la Galaxie il y a 70 millions d'années et est maintenant étiré sous la forme d'une comète par la gravité et la pression ambiante. Il retombera sur la Voie lactée d'ici une trentaine de millions d'années.
(NASA, ESA, STScI)*

Hubble characterizes the high-velocity Smith Cloud



Ils se sont spécialement intéressés au soufre, un témoin de la richesse en éléments lourds, et ont trouvé que son abondance est comparable à celle dans le disque externe de la Voie lactée à 40 000 années-lumière de son centre. Tout porte donc à croire que le nuage de Smith provient de cette région. Reste à savoir comment il en a été expulsé, par quel événement violent, et comment il ne s'est pas éparpillé. Une hypothèse parmi d'autres est qu'une région de matière noire l'a arraché en traversant le disque la Galaxie.

Le télescope spatial Hubble ne peut pas voir directement le nuage de Smith qui émet à de bien trop basses fréquences du spectre électromagnétique. Par contre il peut en voir la marque dans le spectre des objets d'arrière-plan et déterminer sa composition chimique. C'est ce qui a permis aux astronomes de comprendre que le nuage provient de la Voie lactée. L'accord entre les vitesses Doppler déduites de ces raies spectrales et des mesures radio prouve que c'est bien le même nuage qui est observé. (NASA, ESA, STScI)

Une galaxie satellite de NGC 253

Deux équipes d'astronomes travaillant avec le télescope Subaru de 8 mètres à Hawaii et le télescope Magellan de 6 mètres 50 de La Campanas, au Chili, ont découvert indépendamment une galaxie naine compagne de la célèbre spirale NGC 253. On sait que les grandes galaxies comme la nôtre sont entourées de quantités de débris de petites galaxies qui se sont aventurées trop près. On pense donc que ces galaxies naines contribuent à la croissance progressive de la galaxie principale. La découverte du compagnon de NGC 253

(dénoté NGC 253 dw2 par le groupe du Subaru, et Scl-MM-Dw2 par l'autre)¹ apporte de l'eau au moulin de cette théorie.

¹ En 2014 une première compagne avait été identifiée grâce au télescope Magellan, et nommée Scl-MM-Dw1. « MM » est mis pour Magellan/Megacam du nom du télescope et de la caméra à grand champ. « Dw » est mis pour « *dwarf* » (naine).

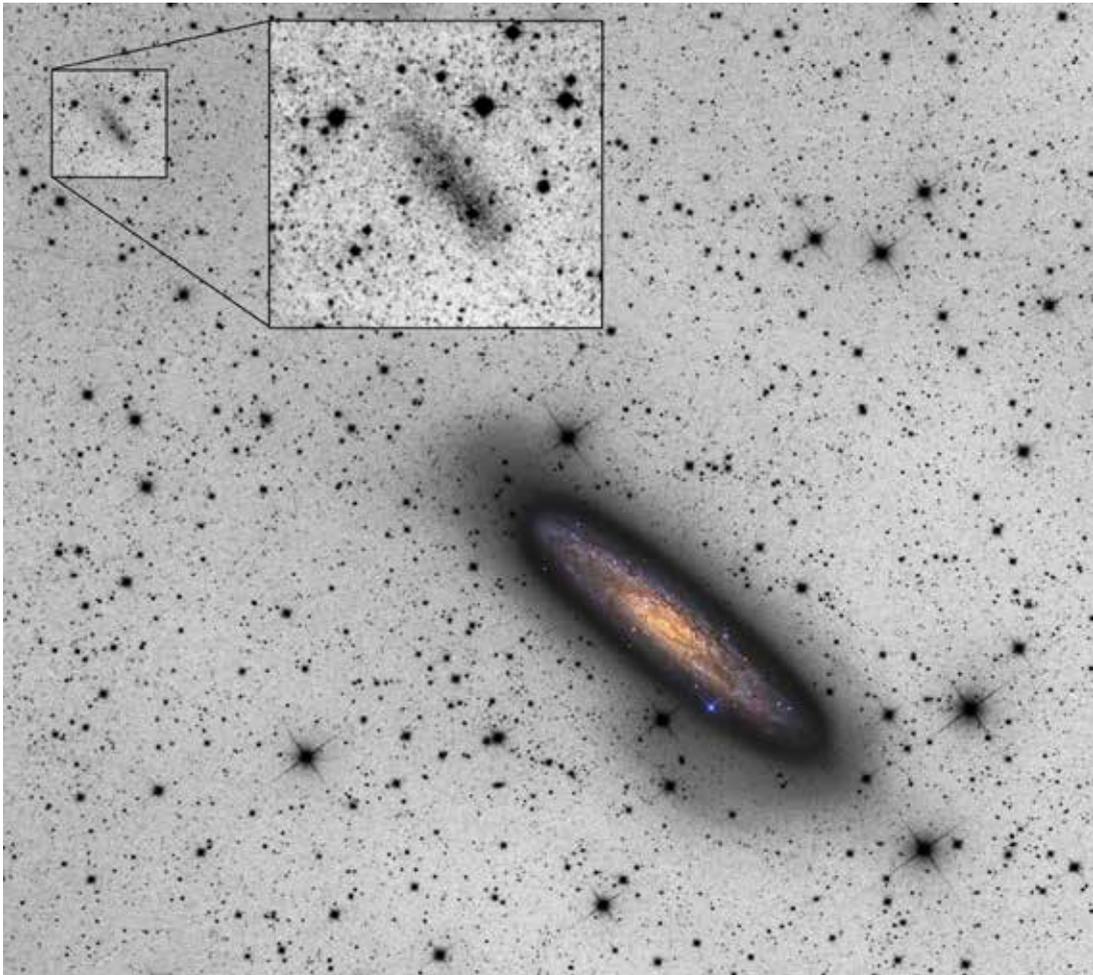
***Zoom sur la galaxie naine NGC 253-dw2.
(Jay GaBany cosmotography.com ;
Zachary Jennings , National Astronomical
Observatory of Japan (NAOJ)).***

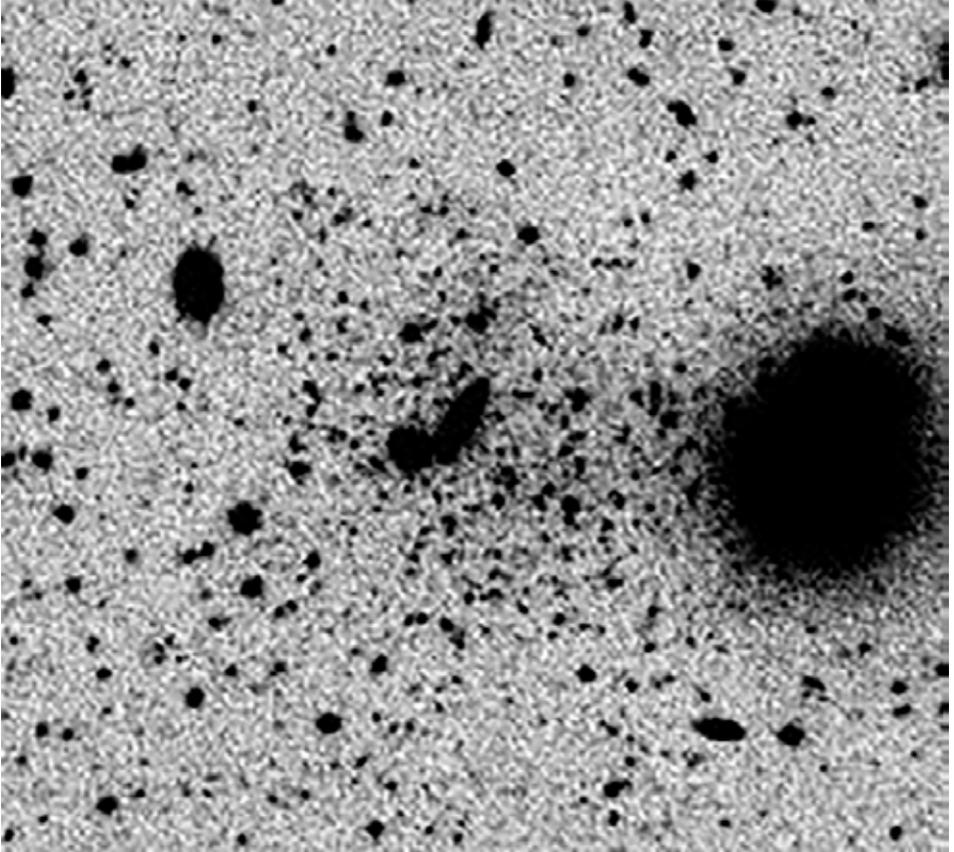


Les deux objets sont situés à 11 millions d'années-lumière dans la direction du Sculpteur et ils sont séparés d'environ 160 000 années-lumière. NGC 253 ne fait pas partie du Groupe local de galaxies, mais n'en est pas très loin. On la place au centre du « Filament du Sculpteur », l'un des groupes les plus proche du Groupe local.

L'aspect élancé de la naine prouve son interaction avec la galaxie principale. Il est probable qu'elle ne survivra pas longtemps à l'étirement, dès qu'une prochaine orbite

La spirale géante NGC 253 est accompagnée d'une naine, NGC 253-dw2 ou Scl-MM-Dw2, récemment découverte (dans les encadrés). La forme allongée de la naine est due à l'attraction de sa grande voisine. Les irrégularités à la périphérie de cette dernière sont peut-être aussi le signe des interactions mutuelles. (National Astronomical Observatory of Japan (NAOJ); Jay GaBany cosmotography.com; Michael Sidonio; Johannes Schedler)





*Une autre compagne naine de NGC 253,
Scl-MM-Dw1.*

(D.J. Sand et al, 2014)

l'amènera au plus près. La galaxie principale peut être elle-même affectée par la gravité de sa compagne si la masse de cette dernière est suffisante. C'est ce que laissent penser certaines irrégularités à la périphérie de NGC 253 que l'on peinait à expliquer avant cette découverte. Dw1, la première naine est plus proche de NGC 253 (65 000 années-lumière), mais elle est nettement moins lumineuse que l'autre et donc moins massive et moins suspecte d'effets perturbateurs.

La découverte réalisée avec le télescope Subaru est en fait la conséquence d'une observation réalisée par un amateur australien,

Michael Sidonio² au moyen d'un télescope de 30 centimètres. L'image présentait une tache suspecte. L'utilisation d'un télescope de 80 cm ne leva pas le doute et il fallut passer au géant d'Hawaii pour résoudre l'objet en étoiles et en comprendre la vraie nature.

² Michael Sidonio peut sans conteste se prévaloir du titre d'astronome le plus fort du monde.
www.pbase.com/strongmanmike2002/the_strongman

V774104

Trois fois plus loin que Pluton, V77404 s'établit comme la petite planète la plus lointaine du Système solaire. Son diamètre est estimé entre 500 et 1 000 kilomètres. Son orbite ne sera précisée que d'ici un an. On saura alors si elle fait partie du groupe d'objets transneptuniens extrêmes qui paraissent soumis au diktat d'une grosse planète encore plus lointaine (cf p. 138). Soit l'orbite est très excentrique et amène V774104 près du Soleil. On peut alors expliquer sa présence par des interactions avec Neptune. Soit elle reste bien au-delà et, comme pour Sedna et 2012 VP113, les astronomes sont bien en peine d'expliquer son histoire.

Actuellement V774104 se trouve à 15,4 milliards de kilomètres du Soleil, soit 103 unités astronomiques. Le record de distance précédent était tenu par Eris, à 97 unités astronomiques. Sedna et 2012 VP113 circulent également au-delà de la ceinture de Kuiper entre, respectivement 76 et 950 unités astronomiques du Soleil, et 80 et 440 unités astronomiques. Elles font partie de l'hypothétique nuage d'Oort interne.

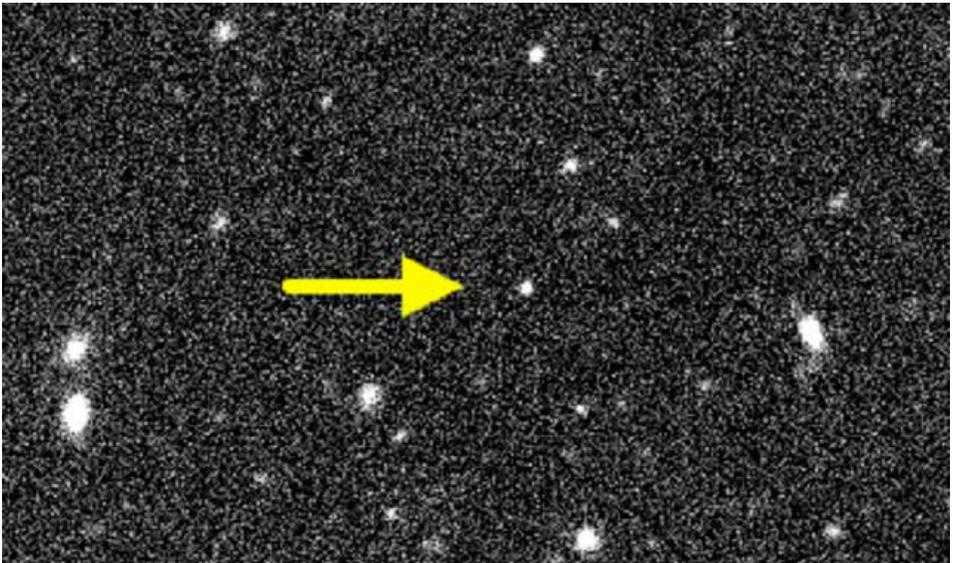
La structure présente du Système solaire ne s'accommode pas facilement de ces intruses. Il a fallu un mécanisme particulier pour les placer la-bas : une grosse planète lointaine, une planète éjectée du voisinage du Soleil et qui aura perturbé le nuage d'Oort interne, ou encore des perturbations gravitationnelles au sein du nuage où sont nés le Soleil et ses sœurs.

V774104 a été découverte par Scott Sheppard grâce au télescope Subaru de 8 mètres à Hawaii dans le cadre d'une des patrouilles effectuées avec des gros télescopes et des caméras à grand champ pour découvrir les habitants les moins lumineux du Système solaire. Contrairement à ses collègues, Sheppard choisit délibérément de surveiller le ciel en dehors de l'écliptique dans l'espoir de trouver les objets les plus exotiques possible, une technique apparemment fructueuse.

V774104 photographié avec le télescope Subaru à Hawaii.

Le mouvement orbital d'objets aussi lointains est si lent qu'on les décèle par leur parallaxe annuelle.

(Subaru Telescope ; Scott Sheppard, Chad Trujillo, David Tholen)



Pluton

Les dernières données renvoyées par la sonde New Horizons complètent pratiquement la série des images de Pluton prises à haute résolution lors du survol du 14 juillet. Les images les plus fines correspondent à une résolution d'environ 80 mètres par pixel et ont été prises avec LORRI (Long Range Reconnaissance Imager).

La première des images présentées ici est la mosaïque d'une bande de 700 kilomètres sur 80 traversant la rive nord-ouest de Sputnik Planum et s'étendant dans ses plaines glacées. Elle provient d'images individuelles prises d'une distance de 17 000 kilomètres un quart d'heure avant le passage au point le plus proche de la petite planète.

Les images sont six fois plus piquées que celles formant l'image globale de Pluton (Le Ciel, janvier 2016, couverture) et cinq fois meilleures que celles de Triton – le satellite de Neptune, cousin de Pluton – obtenues par Voyager 2 en 1989.

Sputnik Planum est à plus basse altitude – trois kilomètres en moins – que les terrains environnants. Malgré son nom, ce n'est pas une plaine uniforme. Sa surface est découpée en polygones de quelques dizaines de kilomètres dont les contours en crête sont le mieux révélés par les ombres portées en éclairage oblique. Ils sont légèrement bombés, avec leur centre surélevé d'une centaine de mètres et entouré d'une crête.

On pense que cette structure reflète des mouvements de convection dans les premiers kilomètres du sous-sol d'azote gelé. Les glaces légèrement réchauffées par la (modeste) chaleur interne de Pluton sont entraînées vers le haut par la poussée d'Archimède, se refroidissent et retombent dans un mouvement analogue aux remous d'un liquide chauffé dans une casserole, ou aux grands courants du manteau terrestre.

Les simulations numériques montrent que ces structures évoluent et se déforment en quelques millions d'années.

Les scientifiques de New Horizons ont également constitué une image couleur à haute résolution de l'un des deux candidats cryovolcans (volcans de glace) de Pluton dénommé provisoirement Mont Wright en l'honneur des deux frères pionniers de l'aviation.

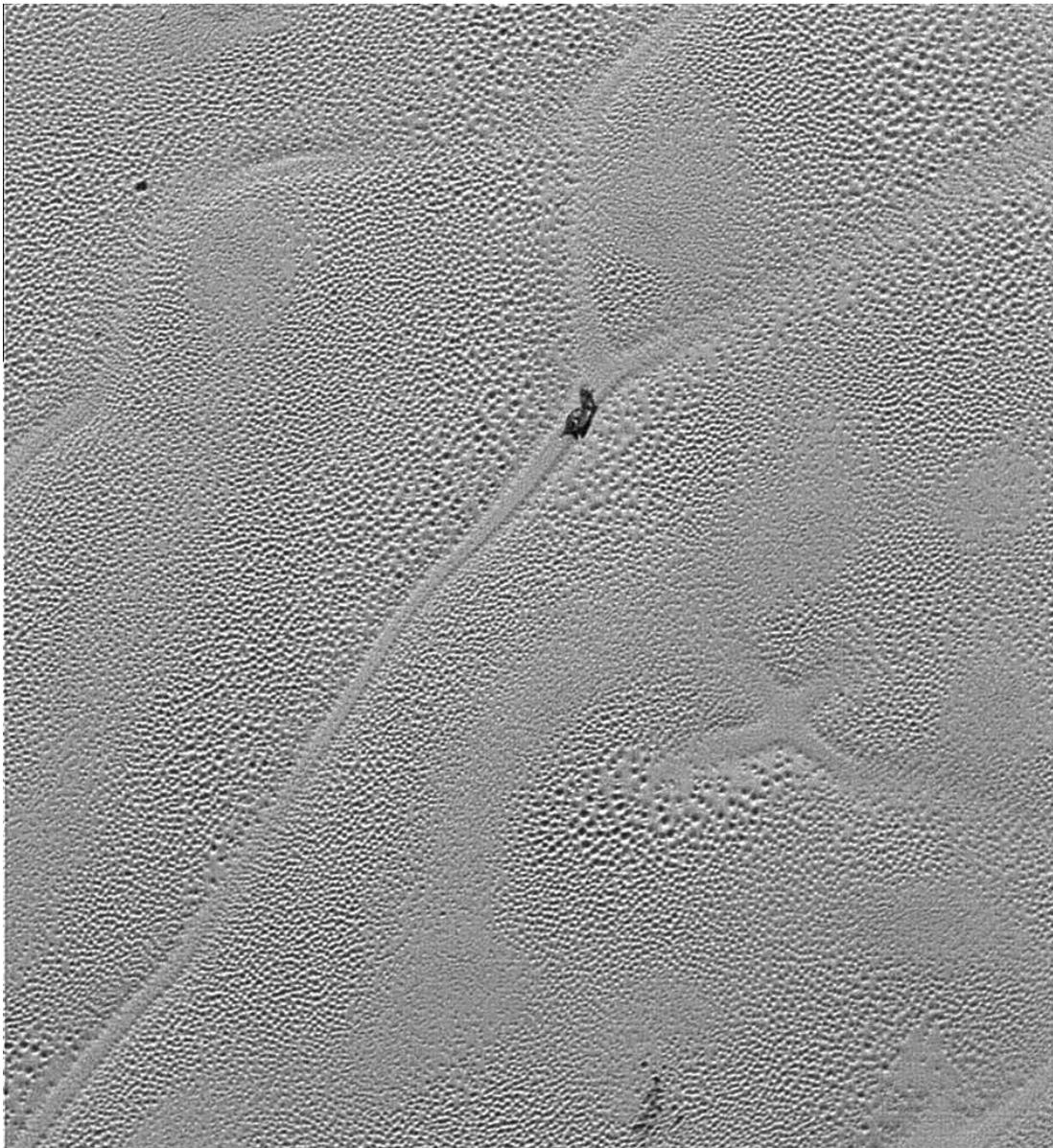
Avec 150 kilomètres de diamètre et 4 kilomètres de hauteur, ce volcan est absolument gigantesque mais ses pentes douces tromperaient un randonneur local. Il ressemble plus aux volcans « boucliers » qu'aux beaux stratovolcans coniques comme le Popocatepetl.

Les scientifiques sont intrigués par la rareté des terrains rougeâtres sur l'image. Il devrait y en avoir plus. Il y a aussi trop peu de cratères d'impact. Un seul a été identifié sur le Mont Wright lui-même.

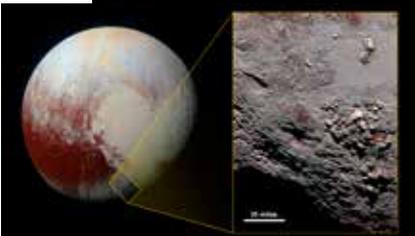
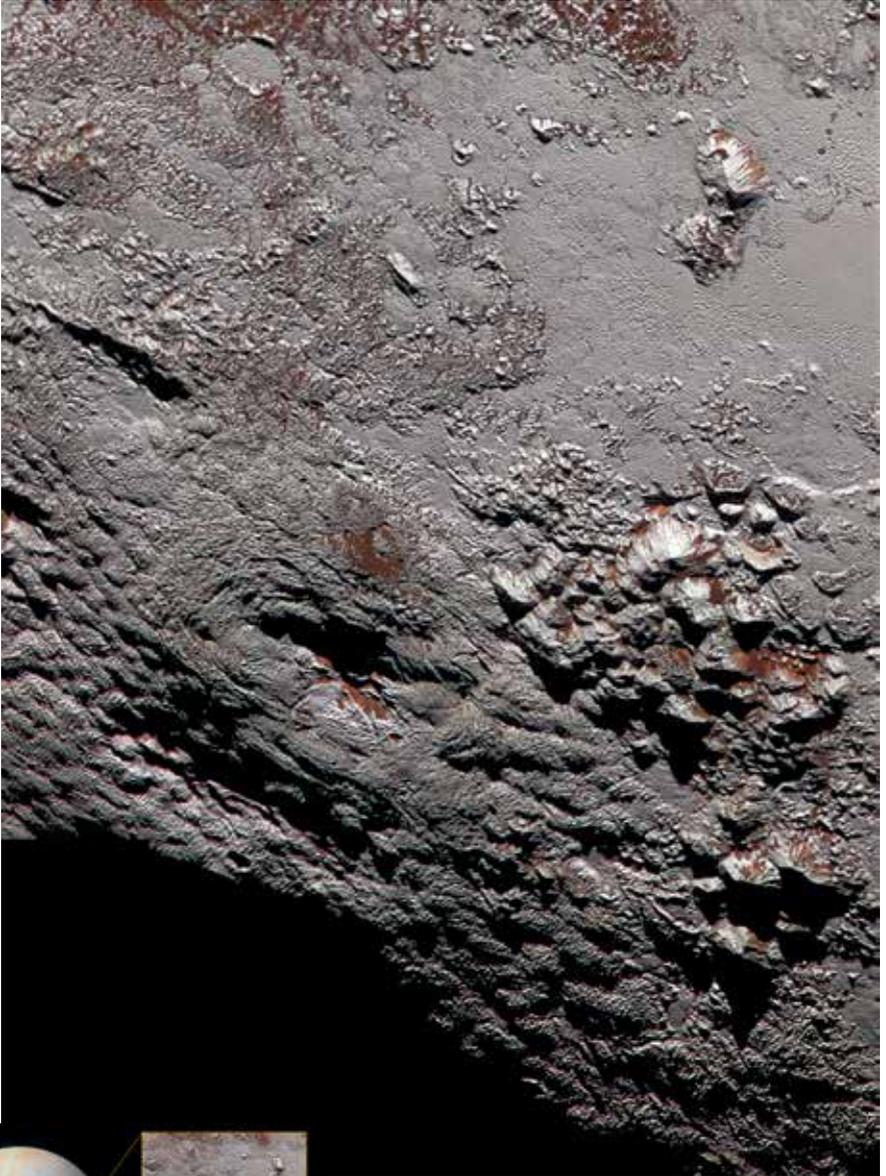
Cela indique que la surface et au moins une partie de la croûte superficielle est d'origine récente et confirme une activité volcanique du Mont Wright jusqu'à très tard dans l'histoire de Pluton.

***Bande de 700 kilomètres
de la surface de Pluton
photographiée par LORRI.
(NASA/JHUAPL/SwRI)***





*Le centre de Sputnik Planum vu à haute résolution par LORRI. La limace noire qui semble se déplacer le long d'un chemin est probablement un bloc de glace d'eau sale porté par l'azote solide plus léger. Les innombrables petits trous sont vraisemblablement dus à la sublimation de l'azote.
(NASA/JHUAPL/SwRI)*



Mosaïque du Mont Wright constituées d'images prises avec la caméra LORRI d'une distance de 48 000 km. On peut y distinguer des détails de moins de 500 m. Les données couleurs superposées ont été recueillies par la caméra MVIC depuis une distance de 34 000 km. L'image s'étend sur 230 km. (NASA/JHUAPL/SwRI)

