

# L'astronomie dans le monde



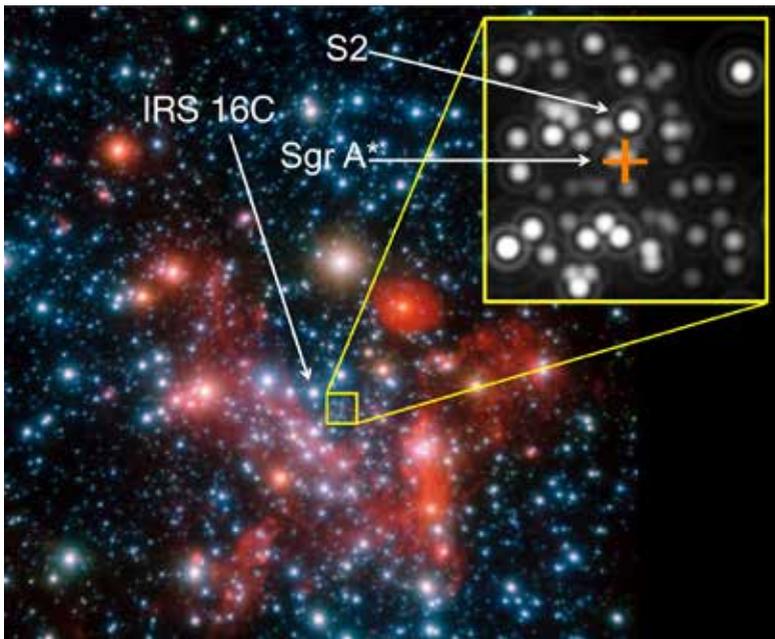
## **Gravity**

*Basé sur un communiqué ESO*

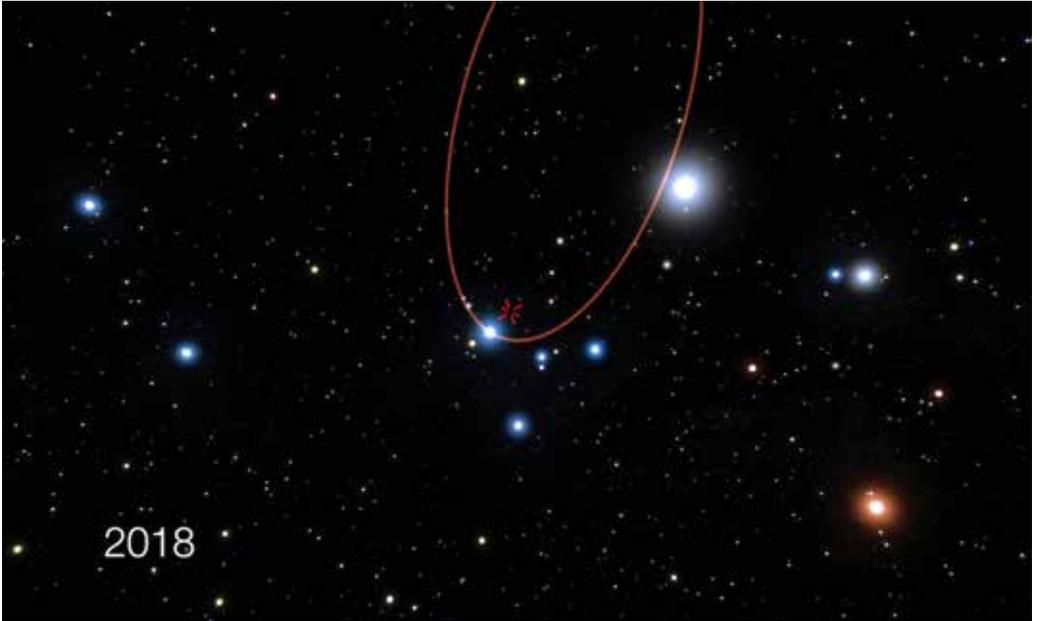
Le VLT de l'ESO, équipé du nouvel instrument GRAVITY a observé le centre de la Voie lactée en recombinaison pour la première fois les faisceaux issus des quatre télescopes de 8,2 mètres de diamètre. Dans cette configuration, il peut atteindre une résolution spatiale et une précision astrométrique comparables à celles d'un télescope de 130 mètres de diamètre. Les gains correspondants – en termes

de pouvoir de résolution et de précision sur la position d'un objet, sont d'un facteur 15 – comparés à un télescope unique de 8,2 mètres de diamètre.

Les résultats obtenus donnent un aperçu des futures découvertes extraordinaires de GRAVITY lorsqu'il sondera les champs gravitationnels extrêmement intenses qui règnent à proximité du trou noir central supermassif de la Galaxie, offrant ainsi la perspective de tester la validité de la théorie de la relativité générale d'Einstein.



*Image du centre galactique. Pour les observations interférométriques de GRAVITY, IRS 16C a été utilisée comme étoile de référence, et la cible était l'étoile S2. La position du centre galactique, qui avoisine le trou noir (invisible) connu sous le nom de Sgr A\*, avec 4 millions de masses solaires, est indiquée par la croix rouge. (ESO/MPE/S. Gillessen et al.)*



L'un des objectifs premiers de GRAVITY était de faire des observations précises de l'environnement du trou noir central de 4 millions de masses solaires. Les astronomes ont pointé l'instrument en direction de l'étoile S2 tournant autour du trou noir en 16 ans. Ces observations attestent de l'extrême sensibilité de GRAVITY, qui s'est avéré capable de détecter cette étoile de faible luminosité en quelques minutes à peine. Ces observations permettront bientôt d'établir de façon ultra-précise la trajectoire de l'étoile et d'en déduire la compatibilité – ou non – de son mouvement orbital avec les prédictions de la théorie de la relativité générale d'Einstein. Le centre galactique constitue à cet égard un laboratoire idéal, conforme aux attentes des astronomes.

En 2018, l'étoile S2 sera à son point le plus proche du trou noir – le péricentre (ou plus pompeusement le « péribothron ») –, à une distance de 17 heures-lumière et elle se déplacera à quelque 30 millions de kilomètres par heure, soit 2,5% de la vitesse de la lumière. C'est à cette distance que les effets de la relati-

*Cette vue d'artiste représente les orbites d'étoiles autour du trou noir super-massif situé au centre de la Voie lactée. En 2018, l'une de ces étoiles, S2, passera très près du trou noir. Son orbite est représentée en rouge tandis qu'une croix rouge indique l'emplacement du trou noir central. (ESO/L. Calçada)*

tivité générale seront les plus importants et que les observations seront cruciales. On devrait mesurer le décalage gravitationnel des longueurs d'onde vers le rouge – redshift résultant de la perte d'énergie que subit la lumière de l'étoile pour échapper à l'intense champ gravitationnel du trou noir massif.

On pourra aussi mesurer la précession du péricentre, c'est-à-dire une déviation de l'orbite de l'étoile de l'ellipse parfaite. Chaque fois que l'étoile passe près du trou noir, l'ellipse a tourné d'un demi-degré environ dans le plan orbital. Un effet semblable est observé pour l'orbite que décrit Mercure autour du Soleil – mais avec une amplitude 6 500 fois plus faible qu'à proximité du trou noir.

## **LAB-1**

*Basé sur un communiqué ESO*

Les « blobs » Lyman-alpha (ou LAB) sont d'énormes nuages d'hydrogène s'étendant sur des centaines de milliers d'années-lumière et situés aux confins de l'Univers. Leur nom vient de la raie Lyman-alpha de l'hydrogène qu'ils émettent en abondance. Cette raie spectrale provient de la transition de l'atome d'hydrogène entre deux niveaux électroniques fondamentaux (les raies H-alpha et H-bêta bien connues des amateurs proviennent de transitions entre niveaux plus élevés).

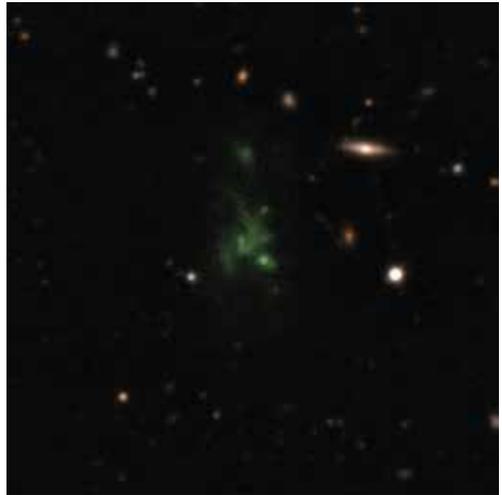
Jusqu'à maintenant la nature des LAB était incertaine, mais de nouvelles observations réalisées avec le réseau ALMA semblent lever le voile sur ce mystère.

L'un des plus gros blobs connus, le premier découvert (en 2000) et celui qui a été le plus étudié, est « SSA22-Lyman-alpha blob 1 », ou LAB-1 en court. Il est si éloigné que la lumière met 11,5 milliards d'années pour nous parvenir. Il est au centre d'un amas de galaxies dans leurs premières phases de formation. Les observations d'ALMA ont révélé des sources d'émission dans le domaine millimétrique. Le VLT a montré que ces sources sont situées dans deux galaxies fabriquant des étoiles cent fois plus rapidement que la Voie lactée. Le télescope spatial Hubble et le grand télescope Keck 1 d'Hawaii ont découvert que ces galaxies étaient entourées d'une multitude d'autres galaxies plus petites leur fournissant sans doute de la matière pour la formation d'étoiles.

Les simulations numériques indiquent que l'arrivée de ces nouvelles étoiles peut expliquer la luminosité du blob H-alpha. On pense que les deux galaxies finiront par se joindre en une elliptique géante. Le blob apparaît donc comme le site de formation d'une galaxie géante qui sera le cœur d'un immense amas de galaxies.



*Image d'une simulation d'un globule tel que LAB-1. Le gaz froid, essentiellement de l'hydrogène, est en rouge, et le gaz chaud en blanc. Au centre se trouvent deux galaxies. Elles sont entourées de gaz chaud et d'une multitude de petites galaxies apparaissant comme des taches rouges de gaz froid. Le rayonnement Lyman-alpha des galaxies centrales disperse le gaz froid des petites galaxies, ce qui donne naissance au blob étendu. (J.Geach/D.Narayanan/R.Crain)*



*Le plus grand objet de l'Univers, le blob LAB-1. Composite de deux images VLT, l'une d'un grand champ et l'autre, beaucoup plus profonde, du blob seul. La couleur verte de l'émission Lyman-alpha est due au grand décalage Doppler. (ESO/M. Hayes)*

## Gaia

Basé sur un communiqué CNRS/INSU

Grâce au satellite Gaia, lancé le 19 décembre 2013, les scientifiques ont catalogué les positions de 1,15 milliard d'étoiles, avec en plus la vitesse et la distance par rapport au Soleil pour 2 millions d'entre elles. Ce travail représente la cartographie du ciel la plus précise et détaillée jamais réalisée.

L'image basée sur ces données fait plus de 80 mégabytes sur le site de l'ESA :

[http://sci.esa.int/science-e-media/img/61/Gaia\\_GDR1\\_Sky\\_Map\\_16K\\_transparent.png](http://sci.esa.int/science-e-media/img/61/Gaia_GDR1_Sky_Map_16K_transparent.png)

Le satellite Gaia tourne sur lui-même et autour de la Terre tout en scrutant l'espace avec ses deux télescopes. Équipé de 106 capteurs qui forment l'équivalent d'un appareil photo d'une résolution d'un milliard de pixels, il observe ainsi quotidiennement 50 millions d'étoiles, avec dix mesures à chaque passage, ce qui représente une masse de 500 millions d'éléments par jour. Cette quantité énorme de données a permis la publication d'un catalogue des positions dans le ciel de 1,15 milliard d'étoiles. La précision va de 0,5 à 15 millièmes de seconde de degré, sachant qu'un millième de seconde de degré correspond à l'angle sous lequel on verrait une pièce d'un euro placée à 4 000 km.

Avec 200 millions d'étoiles de plus qu'initialement prévu, ce catalogue va permettre aux chercheurs d'établir de précieuses statistiques sur les différents types d'astres, qui seraient inexploitable sans un inventaire aussi vaste. On y retrouve ainsi des données pour 250 000 quasars et 3 000 étoiles variables de type Céphéides et RR Lyrae. La mission Gaia a livré les courbes de lumière de ces dernières, c'est-à-dire l'évolution de leur luminosité, ce qui permettra de mieux comprendre les phénomènes physiques qui régissent les étoiles variables.

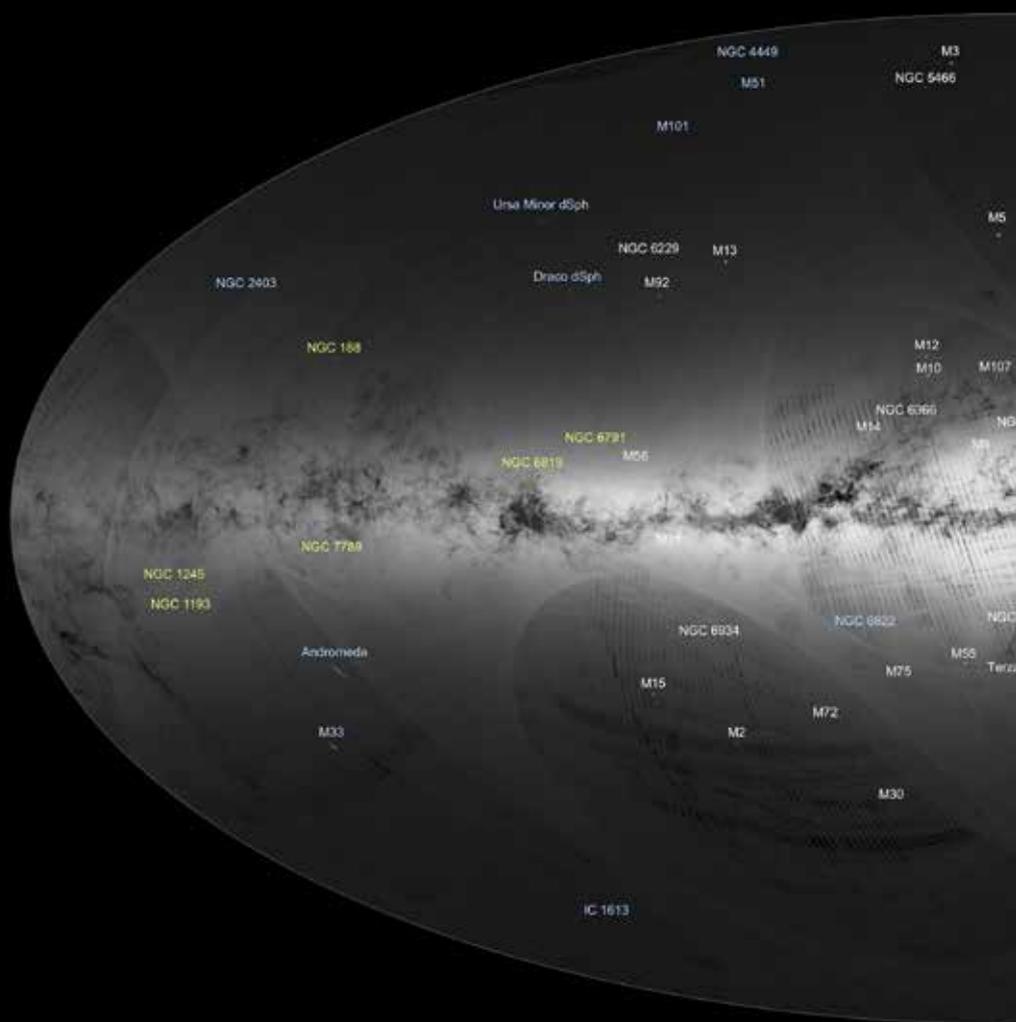
Les positions de 2 millions de ces étoiles ont été combinées aux mesures effectuées vingt-trois ans auparavant par la mission Hipparcos de l'ESA. La différence a permis de calculer la vitesse et la distance de ces astres par rapport au Système solaire. La récolte des informations utilisées dans ce catalogue s'est arrêtée en septembre 2015 mais, comme Gaia continue toujours d'amasser des données, les chercheurs comptent comparer de la même manière les futures positions des étoiles à celles présentées ici. Ils devraient ainsi obtenir, vers fin 2017, la vitesse et la distance de ce milliard d'étoiles.

*Aux pages suivantes :*

*Carte du ciel à haute résolution spatiale basée sur les observations de Gaia. Les niveaux de gris traduisent le nombre de sources détectées par unité de surface. Les zones les plus claires correspondent typiquement à 500 000 sources par degré carré (à peu près la dimension de l'objet Omega Cen vers le milieu de la carte). La trace de la Galaxie est bien visible et les zones sombres avec peu de détectations détaillent les nuages de gaz et de poussières qui absorbent la lumière des étoiles. Les stries et les structures plus ou moins ovales résultent du balayage du ciel par Gaia sur une durée de 14 mois. Elles disparaîtront dans les versions suivantes.*

*Les points blancs correspondent à des sources connues, galaxies, amas globulaires et amas galactiques. Les deux galaxies très étendues dans l'hémisphère sud sont les Nuages de Magellan. Dans un petit point comme M5 au milieu de la carte, Gaia a détecté plusieurs milliers d'étoiles. (ESA / Gaia / DPAC / A. Moitinho & M. Barros, CENTRA – Université de Lisbonne)*

## → GAIA'S FIRST SKY MAP



[www.esa.int](http://www.esa.int)

Credit: ESA/Gaia



### ***Météorite record***

Une météorite de 30 tonnes a été extraite du site de Campo del Cielo dans le nord de l'Argentine. Cette pièce dénommée « Gancedo » en l'honneur d'un village voisin est la deuxième plus grosse retirée de là, après « Chaco » (du nom de la province) qui pèse 37 tonnes. Comme cette dernière, il s'agit probablement d'une météorite de fer-nickel.

Le site de Campo del Cielo s'étend sur une ellipse de 3 kilomètres sur 19. Il correspond à une chute qui a dû se produire il y a quatre à six mille ans. Les fragments que l'on y trouve sont particulièrement riches en fer, même pour des météorites fer-nickel. Elles contiennent 93% de fer et les 7% restants sont du nickel avec très peu d'autre chose. Cette

richesse n'avait pas échappé aux autochtones qui utilisaient ce matériau pour fabriquer des outils.

Gancedo se range ainsi parmi les plus grosses météorites jamais exhumées. On estime à 100 tonnes la masse totale des météorites récupérées et, sans grande surprise, cela fait de Campo del Cielo le plus grand fournisseur.

En Namibie, la météorite « Hoba », estimée à 60 tonnes, mais toujours à moitié enterrée, reste la championne actuelle.

***Extraction de la météorite Gancedo.  
(Ministerio del Gobierno)***



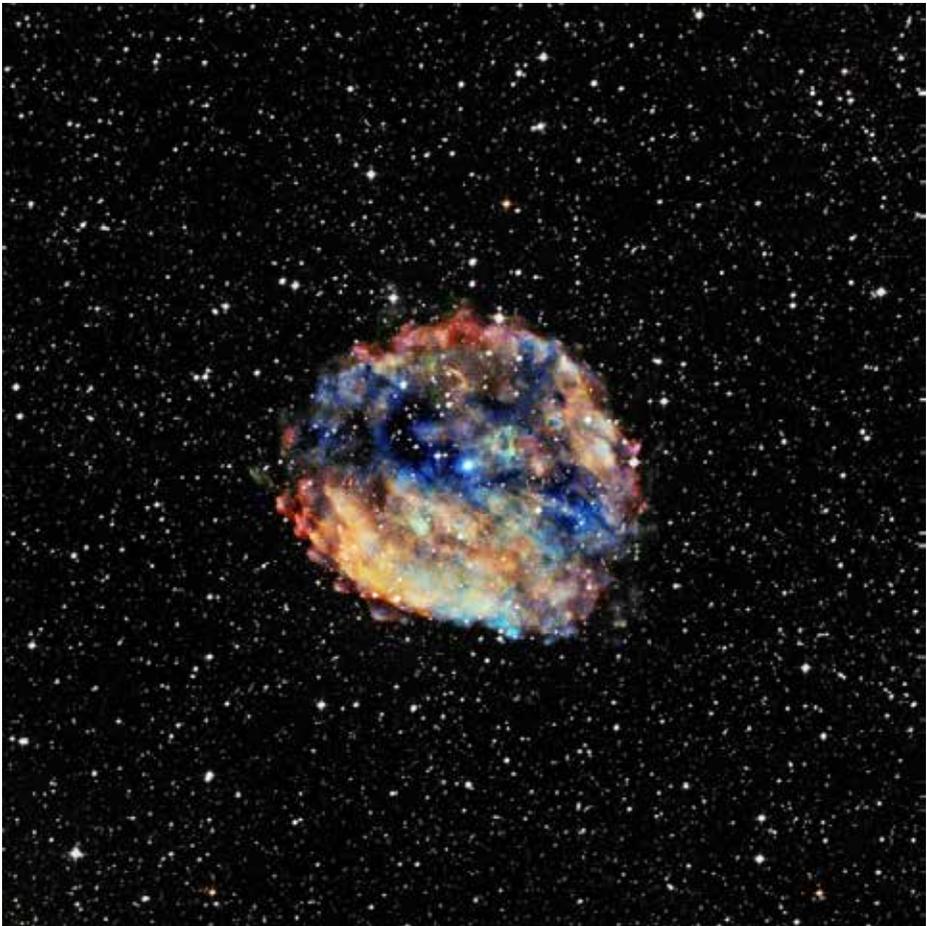
## **RCW103**

Le 22 juin, le télescope spatial Swift captait une brève et intense émission de rayons X en provenance d'une étoile à neutrons distante d'environ 9 000 années-lumière. Le signal montrait de très rapides fluctuations se mesurant en millisecondes. Immédiatement alertées, des équipes d'astronomes obtinrent des observations additionnelles avec les télescopes spatiaux X Chandra et NuSTAR (Nuclear Spectroscopic Telescope Array). Ils en déduisirent que cette étoile tournait sur elle-même extrêmement lentement, un tour en 6 heures et demie, alors que les périodes de rotation des

étoiles à neutrons se comptent généralement en secondes, voire en fractions de seconde.

Cet objet présente les caractéristiques d'un magnétar, une étoile à neutrons dotée d'un champ magnétique incomparablement plus fort que celui du Soleil. Ce n'est que le 30<sup>e</sup> objet de ce type connu. Il est situé au centre de la nébuleuse RCW 103, un reste de supernova.

*RCW 103. Combinaison d'une image du survey DSS dans le visible et d'une image X par le télescope spatial Chandra. (NASA/CXC/Université d'Amsterdam/N.Rea et al; DSS)*



## Mars

*Basé sur un communiqué CNRS*

Les signes d'un écoulement d'eau persistant dans un passé lointain de la planète Mars ont été découverts grâce à la microtexture de la surface. Cette méthode inédite permet de détecter la forme des grains de taille inférieure à quelques centimètres depuis l'espace alors que l'imagerie spatiale ne permet de distinguer des détails que de quelques mètres. La détection de grains arrondis à différents endroits martiens, où l'eau liquide semble avoir joué un rôle important, semble suggérer une érosion aqueuse durant un laps de temps suffisant pour avoir émoussé les grains.

Différents indices témoignent de la présence d'eau liquide dans le passé de Mars, comme les réseaux ramifiés de rivières ou les minéraux hydratés. Aujourd'hui se pose la question de la présence d'eau liquide qui pourrait se manifester soit de manière sporadique et en faible quantité, soit de manière pérenne et abondante.

Sur Terre, un des signes géomorphologiques d'un écoulement d'eau persistant est la présence de grains arrondis, polis par le déplacement au fond des rivières. En effet, les sédiments de montagne, proches de la zone d'érosion majeure, ont des formes angulaires complexes tandis que les sédiments charriés sur de longues distances, déposés près des estuaires, sont plus fins mais aussi plus arrondis. Dans les déserts, le vent peut également arrondir les grains de sable par érosion au cours de leur transport. Ainsi la forme des grains peut constituer un bon traceur de l'intensité des processus géologiques.

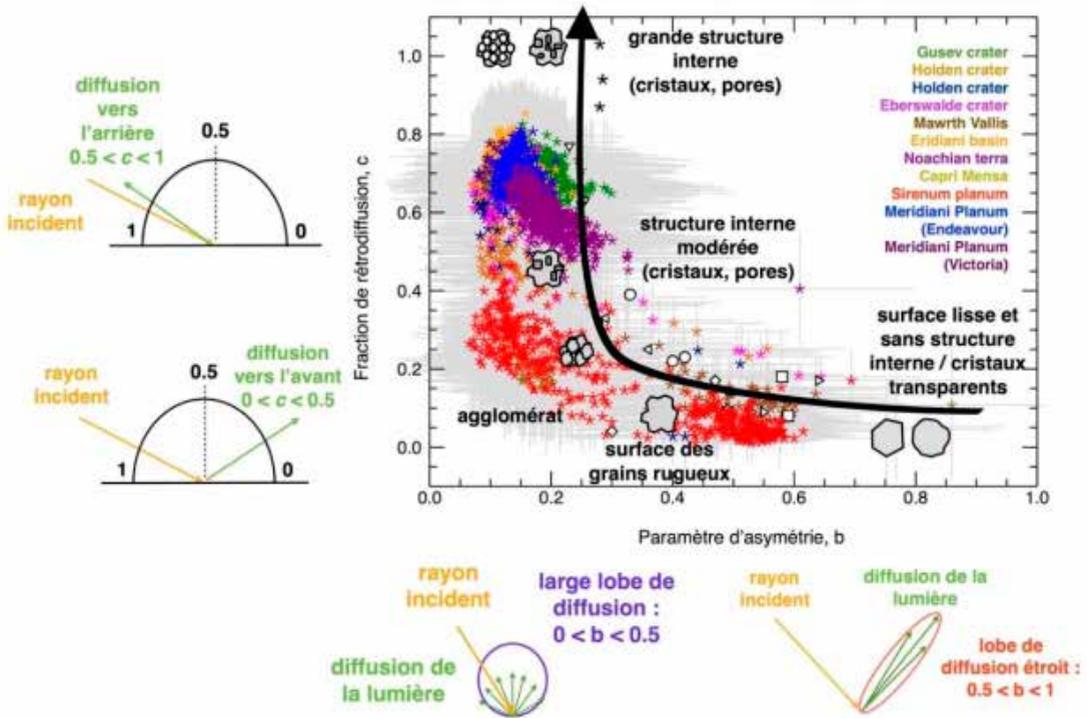
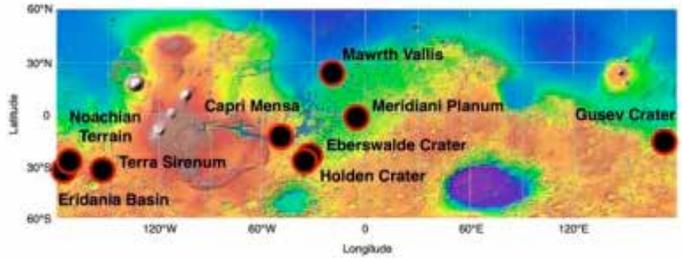
Sur Mars, les robots peuvent étudier avec précision la morphologie des grains in situ grâce à l'acquisition d'images en haute résolution. Le rover Curiosity a pu, par exemple, mettre en évidence la présence de galets arrondis attestant un dépôt dans un environnement fluvial avec une érosion aqueuse importante. Ce type de données, bien qu'indispensable pour la caractérisation de l'histoire géologique de la région, reste cependant limité aux sites explorés par les robots martiens au sol.

Pour contourner cette limitation, des chercheurs ont proposé une méthode innovante permettant de caractériser la texture des grains (e.g., forme, rugosité) grâce à l'analyse quantitative de mesures de télédétection spatiale depuis l'orbite, permettant ainsi d'explorer un plus grand nombre de sites martiens. Ces mesures, acquises par l'instrument CRISM (Compact Reconnaissance Imaging Spectrometer for Mars) à bord de la sonde américaine Mars Reconnaissance Orbiter, permettent d'étudier l'intensité de la lumière réfléchie par la surface dans différentes directions. D'après des mesures de laboratoire antérieures, effectuées sur des échantillons analogues, il est possible de connaître les propriétés des grains : les grains aux formes anguleuses vont réfléchir plus de lumière du côté éclairé alors que les plus arrondis vont en réfléchir plus du côté opposé. Ainsi grâce à cette approche, des informations sur la forme des grains peuvent être obtenues à distance sans fouler le sol.

L'étude montre que certains sites martiens (comme le cratère Holden, le cratère Eberswalde ou encore les plateaux de Mawrth Vallis) dont les indices géomorphologiques (deltas, vallées fluviales) et spectroscopiques (minéraux hydratés) suggèrent une activité aqueuse passée, semblent être composés majoritairement de grains arrondis pouvant attester une érosion aqueuse durant un laps de temps suffisant pour avoir poli les grains. Ce résultat suggère donc la présence passée de l'eau liquide à la surface de Mars de manière abondante et pérenne.

Les auteurs ont également étudié d'autres sites martiens ayant des contextes géologiques variés (e.g., volcanique, éolien, évaporitique) et les résultats ont révélé une grande diversité de formes des grains de la surface de Mars. Au cours de son histoire géologique, Mars aurait expérimenté divers processus, enregistrés dans des roches qui seraient encore préservées à sa surface.

C'est la première fois que l'on détecte à distance une telle diversité de textures de grain, et notamment des surfaces composées de grains arrondis, sur un corps planétaire



autre que la Terre, grâce à la télédétection spatiale. L'estimation de la texture des matériaux de surface par cette méthode permettra, à l'avenir, d'aider à la sélection de prochains sites d'exploration pertinents pour l'étude de l'habitabilité dans le Système solaire.

*Diversité de la texture des grains à la surface de Mars. Sites martiens explorés dans cette étude et résultats sur les comportements de diffusion de la lumière par les matériaux de surface et lien avec la texture de grain.  
(J. Fernando, F. Schmidt, S. Douté)*

## ***Le « cœur » de Pluton (I)***

*Basé sur un communiqué CNRS*

Quelle est l'origine du colossal glacier d'azote en forme de cœur découvert en 2015 par la sonde New Horizons sur Pluton ? Des chercheurs ont pu montrer que l'insolation sur Pluton et la nature de son atmosphère favorisent la condensation d'azote près de l'équateur, dans les régions de basse altitude, entraînant une accumulation de glace au fond de Sputnik Planum, un vaste bassin topographique situé entre les tropiques de Pluton. Grâce à leurs simulations numériques, ils ont également percé le mystère de la distribution particulière des autres types de glaces observées sur Pluton, et de l'abondance de leurs constituants dans l'atmosphère. Pluton est un paradis pour les glaciologues. Parmi les types de glaces qui la recouvrent, celle d'azote est la plus volatile : elle forme en se sublimant (à -235 °C) une fine atmosphère, en équilibre avec le réservoir de glace en surface. Une des observations les plus inattendues de New Horizons en juillet 2015 a montré que ce réservoir d'azote solide est extrêmement massif, et essentiellement contenu dans Sputnik Planum. Du givre de méthane apparaît par ailleurs par-

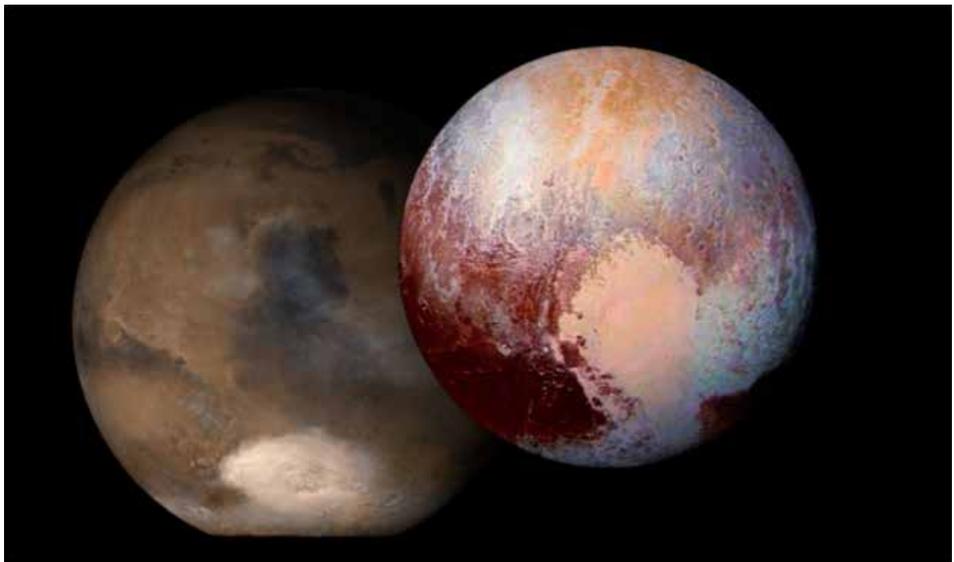
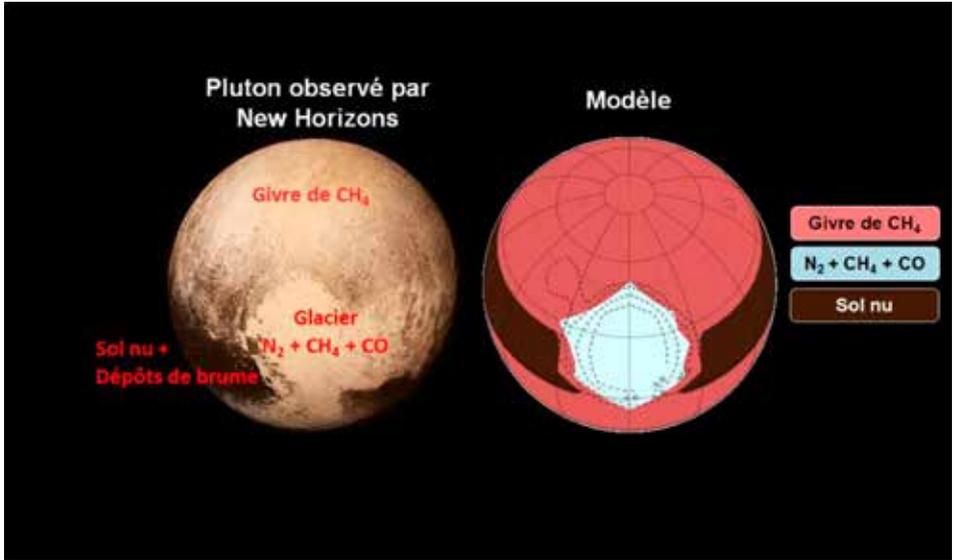
tout dans l'hémisphère nord, sauf à l'équateur, tandis que la glace de monoxyde de carbone a été détectée, en faible quantité, seulement dans Sputnik Planum.

Jusqu'à présent, la répartition de ces différentes glaces sur Pluton restait inexplicite. Pour mieux comprendre les processus physiques à l'œuvre sur Pluton, les chercheurs ont développé un modèle thermique de la surface de la planète naine capable de simuler les cycles de l'azote, du méthane et du monoxyde de carbone sur des milliers d'années. Ils ont ensuite comparé ce modèle aux observations fournies par la sonde New Horizons. Leur modèle montre que c'est l'équilibre solide-gaz de l'azote qui permet de le piéger sous forme de glace dans Sputnik Planum. Au fond de ce bassin, la pression de l'atmosphère – et donc de l'azote gazeux – est plus forte, et la température est plus élevée qu'à l'extérieur, ce qui permet à l'azote de s'y condenser en glace. Les simulations montrent que la glace d'azote s'accumule inévitablement dans le bassin, formant ainsi un réservoir d'azote permanent tel qu'observé par New Horizons.

Les simulations numériques décrivent également le cycle du méthane et du monoxyde de carbone. Du fait de sa vola-

***La calotte de glace de Sputnik Planum, vue ici en fausses couleurs, est entourée de montagnes. Ces dernières sont apparemment sculptées par l'incessante activité des glaciers d'azote. Les zones sombres sont couvertes de matières organiques issues de la photochimie du méthane exposée au rayonnement ultraviolet du Soleil. (NASA/Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory/Southwest Research Institute)***





*En haut, Pluton en juillet 2015 comparée au modèle à la même date.  
En bas, Pluton comparée à Mars. Le mécanisme de condensation de l'atmosphère dans des régions de basse altitude était déjà connu sur Mars (à gauche), où l'atmosphère de CO<sub>2</sub> peut se condenser préférentiellement durant l'hiver et le printemps au fond du cratère Hellas.  
(LMD CNRS/École polytechnique/UPMC/ENS Paris / NASA/Johns Hopkins University APL/SRI)*

tilité proche de celle de l'azote, la glace de monoxyde de carbone est entièrement séquestrée avec l'azote dans le bassin, conformément aux détections de New Horizons. Quant à la glace de méthane, sa plus faible volatilité aux températures régnant sur Pluton lui permet d'exister ailleurs que dans le glacier de Sputnik Planum. Le modèle montre en effet que du givre de méthane pur couvre de façon saisonnière les deux hémisphères, en accord avec les données de New Horizons.

Ce scénario montre qu'il n'y a pas besoin de connexion avec un réservoir d'azote interne pour expliquer la formation du glacier de Sputnik Planum, comme le suggéraient de précédentes études. Ce sont des principes physiques bien connus qui sont à l'origine de ce cocktail de glace sur Pluton et de sa spectaculaire activité, une des plus étonnantes du Système solaire. Les chercheurs prédisent également que la pression atmosphérique est actuellement à son maximum saisonnier et qu'elle va diminuer dans les prochaines décennies, tandis que les givres saisonniers tendront à disparaître.

### ***Le « cœur » de Pluton (II)***

D'autres travaux concernant le cœur de Pluton conduisent à penser que la planète renferme un océan souterrain d'au moins une centaine de kilomètres de profondeur. Cette hypothèse n'est pas nouvelle et l'un des buts de la mission New Horizon était justement de tenter de la vérifier. Jusqu'à présent elle était étayée par des modèles thermiques de l'intérieur de Pluton et, tout dernièrement, par des aspects tectoniques de la surface révélés par New Horizons.

Les scientifiques ont regardé de plus près les conséquences de l'impact astéroïdal qui est à l'origine de la vaste plaine de Sputnik Planum. Cet impact a créé un gigantesque cratère qui, curieusement, fait constamment face au gros satellite de Pluton, Charon. A priori on pourrait penser que ce côté de Pluton est plus léger. Or il faudrait au contraire un excès de masse de ce côté pour justifier la synchronisation entre la rotation de Pluton et l'orbite de Charon. Des modèles d'impact d'un astéroïde

de 200 kilomètres indiquent que l'excavation du cratère est compensée par un rebond de l'intérieur amenant de la matière plus dense plus près de la surface. C'est un phénomène dit de « compensation isostatique ». La matière plus dense que la glace doit être de l'eau et elle constituerait un océan de plus de cent kilomètres d'épaisseur.

Ce n'est cependant pas encore assez pour créer l'excès de masse permettant la synchronisation avec Charon. Cet excès est apporté par la glace d'azote qui a rempli le cratère et qui s'y maintient de façon stable (cf. rubrique précédente).

### ***Comète 332P***

Le télescope spatial Hubble a pu photographier en détail la fragmentation de la comète 332P/Ikeya-Murakami alors qu'elle se trouvait à 108 millions de kilomètres de la Terre et 240 millions de kilomètres du Soleil. Une série d'images prises sur une période de trois jours en janvier montrent 25 morceaux de la taille d'un immeuble se séparant de la comète à la vitesse d'un marcheur.

Les observations suggèrent que la comète tourne tellement vite sur elle-même qu'elle disperse des débris dans l'espace. Ceux-ci sont maintenant répartis sur une traîne de 5 000 kilomètres.

Les observations de Hubble montrent que les fragments, qui ne constituent que quelques pour cent de la masse de la comète, peuvent se briser eux-mêmes. Des taches sur leur surface se manifestent lorsque leur rotation les fait entrer dans l'ombre ou la lumière.

La comète tourne sur elle-même en quelques heures et ne mesure que 5 ou 600 mètres de diamètre. Elle a été découverte en novembre 2010. En plus du nom des inventeurs, les amateurs Kaoru Ikeya et Shigeki Murakami, la désignation de la comète donne son numéro d'ordre dans la liste des comètes périodiques.

On pense que le rayonnement solaire, en échauffant le noyau, a provoqué des jets de gaz et un effet de moteur fusée qui a accéléré la

rotation de la comète et entraîné la libération des pièces mal attachées.

Les gros fragments ont apparemment été libérés entre octobre et décembre 2015 mais ce n'est évidemment pas la première fois que cette comète périodique est soumise à ce genre de situation qui l'érode inexorablement. Hubble a détecté des fragments éjectés lors d'événements précédents. L'un de ces morceaux, peu actif, semble aussi gros que le noyau actuel et correspondrait à la rupture du noyau en deux, probablement en 2012. Plutôt qu'une évaporation tranquille conduisant à la disparition complète du noyau, ou à la formation d'un résidu inerte, il apparaît que les comètes se détruisent de façon plus violente par fragmentations successives. On estime que 332P pourrait fournir 25 outbursts du même genre que le dernier avant de disparaître, ce qui, avec une période orbitale de six ans ne lui

donne qu'un siècle et demi de survie. C'est une fin rapide, quasi instantanée, pour cet astre qui a passé quatre milliards d'années dans les solitudes glacées du Nuage d'Oort avant que l'influence de la planète Neptune le précipite vers l'intérieur du Système solaire.

Jusqu'à présent le meilleur cas de fragmentation cométaire observé était celui de 73P/Schwassmann-Wachmann 3 où Hubble a pu discerner une soixantaine de morceaux. Malheureusement, cette fois-là, les observations n'avaient pu couvrir l'évolution du phénomène très longtemps.

*La comète 332P/Ikeya-Murakami et les débris qu'elle a largués, photographiés par le télescope spatial Hubble le 27 janvier. (NASA, ESA, D. Jewitt, UCLA)*



## ***Un trou noir affamé renvoie une galaxie brillante dans l'ombre***

*Basé sur des communiqués CNRS et ESO*

Les observations réalisées avec le VLT de l'ESO et les télescopes spatiaux Hubble et Chandra ont permis de résoudre le mystère de l'exceptionnel changement de comportement d'un trou noir supermassif au cœur d'une galaxie lointaine. Il semble que ce trou noir ait connu des temps difficiles et ne dispose plus de suffisamment de carburant pour illuminer son proche environnement.

De nombreuses galaxies sont dotées d'un noyau extrêmement brillant alimenté par un trou noir supermassif. Ces noyaux transforment les « galaxies actives » en certains des objets les plus brillants de l'Univers. Leur brillance extrême s'expliquerait par la chute de matière chaude à l'intérieur du trou noir, un phénomène d'accrétion. Cet intense

rayonnement varie grandement d'une galaxie active à l'autre, de sorte que les propriétés de la lumière qu'elles émettent constituent la base de la classification de ces galaxies en différents types.

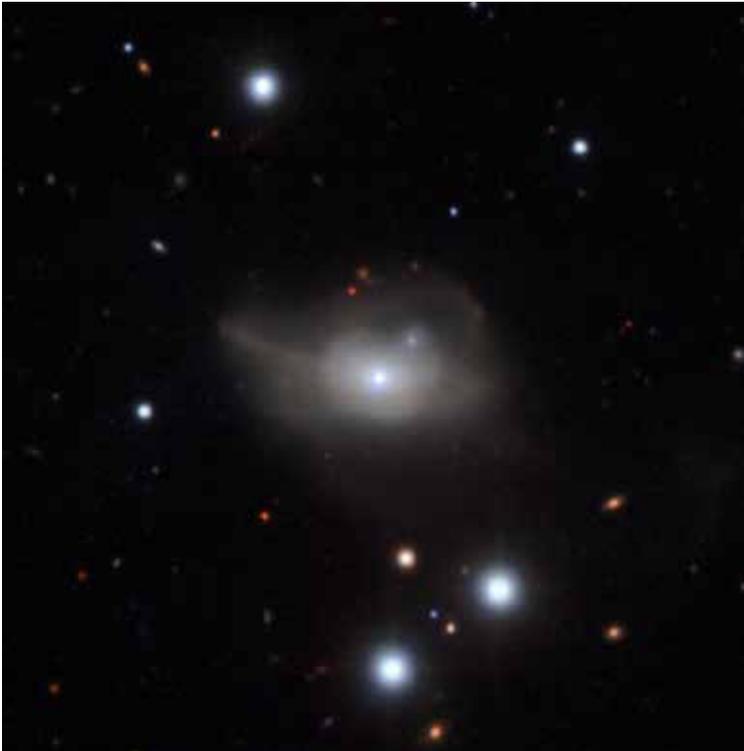
Les galaxies actives les plus brillantes sont des quasars : la luminosité de leur cœur surpasse celle du reste de la galaxie. Les galaxies de Seyfert constituent une autre classe, moins brillante, elle-même subdivisée en sous-classes.

Diverses observations ont révélé que certaines de ces galaxies changeaient de façon spectaculaire au cours d'une décennie à peine – un clin d'œil à l'échelle de temps astronomique. La galaxie active Markarian 1018, objet de cette nouvelle étude, a ainsi opéré rien moins que deux transformations, la seconde lui ayant permis de recouvrer son aspect initial en l'espace de cinq ans. Ce cycle complet, par ailleurs observé chez quelques autres galaxies,

a pour la première fois fait l'objet d'une étude détaillée.

La découverte de la nature changeante de Markarian 1018 a été permise par le survey CARS, un projet alliant l'ESO à diverses autres organisations dont l'objectif consiste à recueillir des informations sur 40

***La galaxie active Markarian 1018. Cette image acquise par l'instrument MUSE qui équipe le Très Grand Télescope de l'ESO montre la galaxie active Markarian 1018, dont un trou noir supermassif occupe le centre. Les boucles de faible luminosité qui entourent la galaxie témoignent de sa fusion récente avec une autre galaxie. (ESO/CARS survey).***





*Sur cette image à grand champ figure le ciel qui entoure la galaxie active Markarian 1018. Cette image a été constituée à partir de clichés issus du Digitized Sky Survey 2. La galaxie se situe au centre de l'image et les faibles traces de sa récente fusion figurent sous l'aspect de queues et de boucles.  
(ESO/Digitized Sky Survey 2; Davide De Martin)*

galaxies proches dotées de noyaux actifs. Des observations de routine de Markarian 1018 effectuées grâce à l'instrument MUSE (Multi-Unit Spectroscopic Explorer) installé sur le VLT ont révélé l'étrange variation de brillance de la galaxie.

L'équipe de chercheurs profita de cette occasion, faisant de l'identification du processus à l'origine de la variation si brutale de luminosité de Markarian 1018 leur priorité première. De nombreux événements astrophysiques auraient pu en être la cause, mais l'équipe a pu éliminer l'hypothèse de l'ingestion d'une simple étoile par le trou noir. Un effet de marée de ce type se produit lorsqu'une étoile, située à trop grande proximité d'un trou noir supermassif, se trouve étirée par le champ de gravitation extrême. S'ensuit

une augmentation importante de la luminosité de la région centrale, puis son lent déclin au fil des années. Les variations de luminosité observées à la surface de Markarian 1018 n'étaient pas compatibles avec un tel événement.

On doute aussi que l'obscurcissement soit généré par le gaz environnant qui pourrait affecter à la fois la luminosité et le spectre, donc la classification d'une galaxie active.

Alors que la première série d'observations ne permettait pas d'identifier le processus véritablement responsable de la chute de luminosité de Markarian 1018, des données complémentaires, obtenues par les télescopes Hubble et Chandra ont apporté la solution au mystère : privé de matériau d'accrétion, le trou noir s'obscurcissait lentement.

## **Champ Hubble Ultra-Profond**

*Basé sur un communiqué ESO*

En 2004 furent publiées les images du Champ Ultra Profond de Hubble (HUDF), pionnières des observations de champ profond avec le télescope spatial Hubble. Ces images spectaculaires, les plus profondes jamais obtenues, révélèrent l'existence d'un grand nombre de galaxies à moins d'un milliard d'années après le Big Bang. Cette région du ciel a fait l'objet de multiples observations au moyen de Hubble et de divers autres instruments, ce qui a permis de dresser la cartographie la plus profonde de l'Univers. Le choix du champ dans la constellation australe du Fourneau garantissait de pouvoir l'examiner avec les grands télescopes de l'hémisphère sud, en particulier avec ALMA.

Les astronomes viennent justement de sonder cette fenêtre sur l'Univers au moyen d'ALMA durant près de 50 heures. Il s'agit du plus long temps d'observation jamais consacré par ALMA à une même région du ciel. Ils ont ainsi acquis des clichés profonds et à haute résolution dans le domaine millimétrique. On y voit la faible lueur des nuages de gaz et l'émission en provenance de la poussière chaude au sein des galaxies de l'Univers jeune.

Ces données ont permis d'identifier comme galaxies des objets par ailleurs observés au moyen d'Hubble et d'autres télescopes. Elles montrent clairement pour la première fois que la masse stellaire d'une galaxie constitue le meilleur indicateur du taux de formation stellaire dans l'Univers lointain (à grand redshift). Ces observations ont permis de détecter la plupart des galaxies massives, mais presque rien d'autre.

Ce résultat constitue néanmoins une véritable avancée. Pour la première fois, on est en mesure d'établir une véritable connexion entre l'image de l'Univers profond acquise par Hubble dans les domaines visible et ultra-violet, et divers clichés de l'Univers pris par ALMA dans les domaines de l'infrarouge lointain et millimétrique.

Une autre étude relative à une région comprenant environ le quart du champ

HUDF consistait en une première recherche à l'aveugle et en trois dimensions de gaz froid dans l'Univers jeune. Elle a mis en évidence l'existence d'une population de galaxies qui n'apparaît pas clairement sur les autres sondages profonds du ciel. La capacité d'ALMA à observer une portion du spectre électromagnétique si différente de celle captée par Hubble permet aux astronomes d'étudier une autre classe d'objets astronomiques, tels les nuages massifs de formation stellaire ou les objets émettant un rayonnement plus intense dans le domaine millimétrique que dans le domaine visible.

Certaines des nouvelles observations d'ALMA étaient spécifiquement dédiées à la recherche de galaxies riches en monoxyde de carbone – caractérisées par des taux de formation stellaire élevés. Ces réservoirs de gaz moléculaire, à l'origine de la formation d'étoiles au sein des galaxies, sont particulièrement difficiles à détecter au moyen d'Hubble. ALMA en revanche est capable de révéler cette « face cachée » de la formation et des processus d'évolution galactiques.

Les nouveaux résultats d'ALMA révèlent une augmentation rapide du contenu en gaz des galaxies à mesure que l'on remonte dans le temps. Cette augmentation du contenu en gaz constitue vraisemblablement la raison principale de la hausse remarquable des taux de formation stellaire durant l'âge d'or de la formation galactique, daté de 10 milliards d'années.

Tous ces résultats augurent bien d'une série d'observations à venir, dédiées au sondage de l'Univers lointain avec ALMA. À titre d'exemple, une campagne d'observation de l'HUDF d'une durée de 150 heures renseignera sur les grandes étapes de la formation stellaire au sein de l'Univers.

Les nouvelles observations de l'HUDF menées avec ALMA ont donné lieu à deux types de données distincts mais complémentaires : des observations en continu ont mis en évidence l'émission par les poussières ainsi que la formation stellaire, et un sondage dans une raie d'émission spectrale a révélé la distribution spatiale du gaz moléculaire froid à



l'origine de la formation stellaire. Le second sondage présente un intérêt tout particulier : il montre les effets de l'expansion de l'Univers sur le décalage spectral de la lumière en provenance des objets lointains. Un redshift plus élevé caractérise les objets les plus lointains et les plus précoces. Les astronomes peuvent alors constituer des cartes en trois dimensions du gaz alimentant la formation d'étoiles, et retracer son évolution au fil du temps cosmique.

*Combinaison d'images Hubble (en bleu et vert) et d'une image ALMA (orange) où des cercles marquent les objets. Ceux-ci sont des galaxies massives fabriquant de nombreuses étoiles.*

*(ALMA ESO/NAOJ/NRAO/NASA/ESA/J. Dunlop et al., S. Beckwith/STScI, HUDF Team)*