

# L'astronomie dans le monde



*Au centre le télescope Blanco de  
4 mètres de Cerro Tololo.  
(Reidar Hahn/Fermilab)*

## **Dark Energy Survey**

*Basé sur un communiqué Fermilab*

Imaginons planter une graine et pouvoir prédire avec exactitude la hauteur de l'arbre qu'elle donnera. Imaginons alors que l'on puisse aller dans le futur et photographier l'arbre pour vérifier cette prédiction. C'est en quelque sorte ce qu'à réalisé le projet DES (Dark Energy Survey) – en remplaçant l'arbre par l'Univers et en mesurant avec précision sa structure à grande échelle.

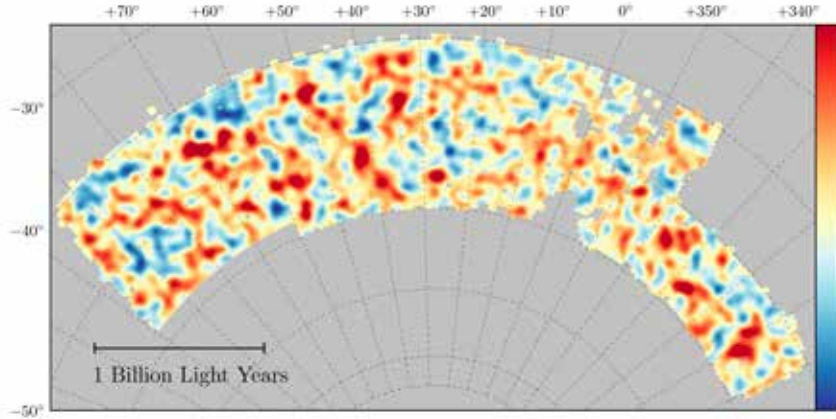
Ces mesures de la distribution de la matière sombre dans l'Univers actuel rivalisent de précision avec celles faites par le télescope spatial Planck pour l'Univers jeune et elles concordent très bien avec les prédictions faites à partir de ces dernières. On voit donc clairement la structure des Univers bébé et adulte et l'on peut décrire les 13 milliards d'années d'évolution qui séparent les deux.

Ces résultats confirment qu'il y a 26 pour cent de matière noire dans l'Univers et qu'il renferme 70 pour cent d'énergie noire – le moteur de l'accélération de son expansion.

Paradoxalement, il est plus facile de mesurer la structure de l'Univers ancien que

de l'Univers moderne. Dans les 400 000 années suivant le Big Bang l'Univers était rempli de gaz brûlant, lumineux, dont l'éclat subsiste jusqu'à maintenant, « redshifté » dans le domaine millimétrique, et a été observé par Planck. La carte faite par Planck de la distribution sur le ciel de cette lueur micro onde nous donne un instantané du cosmos à cette époque reculée. Depuis, la gravité a renforcé les irrégularités, condensé en grumeaux les ébauches de nuages morcelant de plus en plus l'Univers. En même temps l'énergie sombre agissait dans l'autre sens en distendant la fabrique de l'Univers.

L'instrument de base du DES est la caméra de 570 mégapixels « Dark Energy Camera », l'une des plus puissantes à l'heure actuelle. Montée sur le télescope Blanco de 4 mètres de l'observatoire CTIO (Cerro Tololo Inter-American Observatory) au Chili, elle permet de photographier des galaxies distantes de huit milliards d'années-lumière. Les mesures ont été commencées il y a quatre ans et doivent se poursuivre sur une année supplémentaire



pour cartographier un huitième de la sphère céleste. Les résultats publiés maintenant ne concernent que la première année d'observation et ne couvrent encore que 1/30 du ciel. Autant dire que l'on peut s'attendre à de nouvelles révélations.

Pour détecter la matière noire, les astronomes ont mesuré de façon précise la forme de 26 millions de galaxies. Des méthodes sophistiquées ont permis de déceler les infimes distorsions apportées par le champ de gravitation. Il en résulte une carte de la matière noire – carte qui sera trois fois plus vaste lorsque toutes les données auront été réunies.

*Carte DES de la matière noire couvrant un huitième de la sphère céleste. Les zones rouges sont les plus denses.*

*(Chihway Chang/University of Chicago, DES)*

*La galaxie NGC 1398 dans Fornax photographiée avec la caméra DEC. (Dark Energy Survey)*

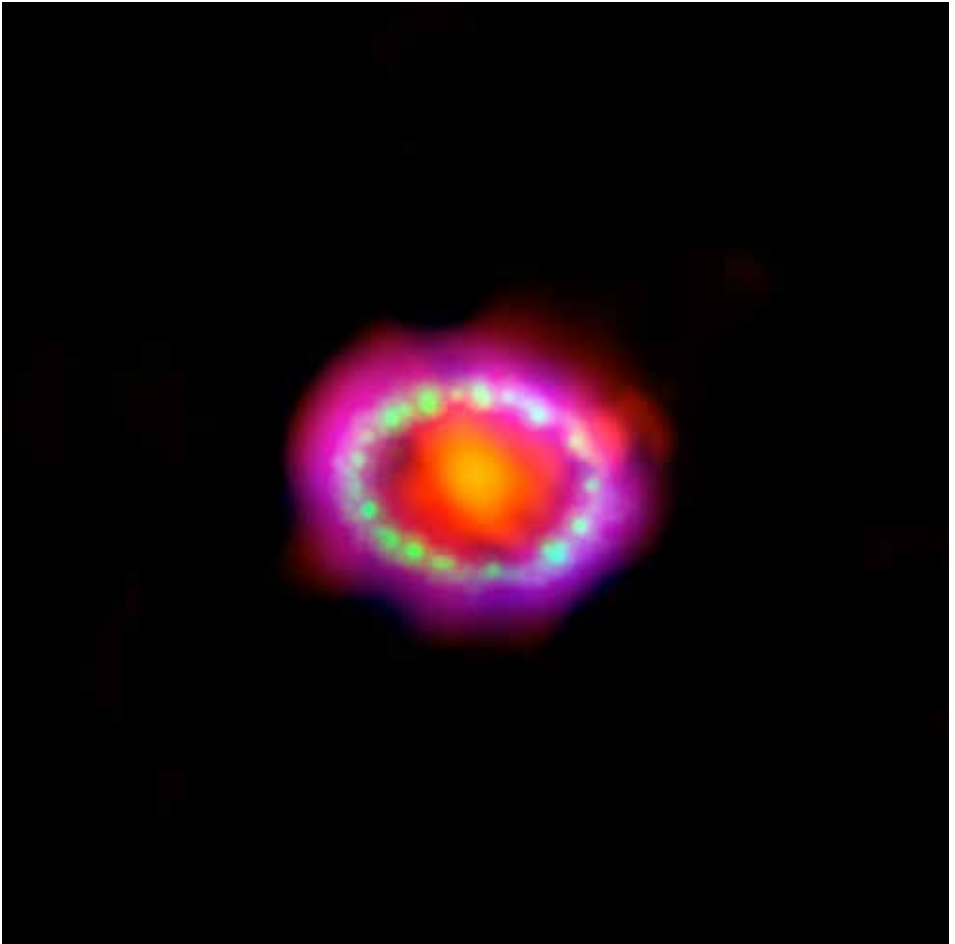


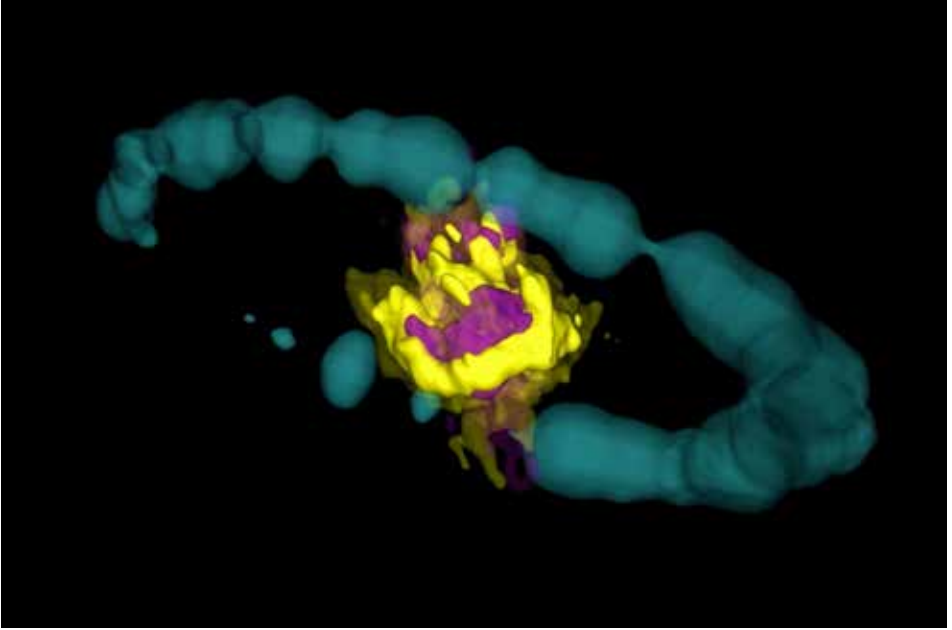
## **SN1987A**

Depuis qu'une supernova (SN1987A) avait explosé dans le Grand Nuage, les astronomes ont étudié ses débris (SNR, supernova remnant) pour mieux comprendre le phénomène et expliquer comment les atomes comme le carbone, l'azote et l'oxygène sont éjectés dans l'espace et se combinent pour former diverses molécules et des grains de poussière, prélude à la naissance de nouvelles étoiles et de planètes.

Dans le domaine optique, la poussière masque le cœur de l'objet. Aussi les astro-

*Image composite de la supernova SN1987A. Le rouge montre la poussière fraîche observée par ALMA. En vert et bleu on voit la collision de l'onde de choc avec la matière interstellaire : en vert la lumière visible observée par Hubble, en bleu les rayons X du gaz chaud observés par Chandra.*  
(NASA/ESA, ALMA/ESO/NAOJ/NRAO)





nomes se sont-ils tournés vers le réseau ALMA qui travaille en ondes millimétrique et peut percer le voile opaque. ALMA a permis d'observer de fins détails au cœur de la supernova et de produire une carte tridimensionnelle de la répartition des nouvelles molécules. Parmi celles-ci,  $\text{HCO}^+$  et  $\text{SO}$  n'avaient jamais été détectées dans un SNR jeune.

Les astronomes ont pu étudier la distribution des monoxydes de silicium ( $\text{SiO}$ ) et de carbone ( $\text{CO}$ ). Ces molécules sont réparties dans un enchevêtrement de concentrations qui confirment les modélisations numériques des théoriciens.

La découverte de  $\text{HCO}^+$  est particulièrement intéressante car sa formation requiert un brassage vigoureux lors de l'explosion. Les étoiles forgent les éléments dans des couches concentriques comme les pelures d'un oignon. Il faut que ces couches se mélangent pour réunir les conditions propices à la formation de molécules et de poussières.

On estime qu'un atome de silicium sur mille produits par l'étoile se trouve maintenant

*Les débris de SN1987A vus par ALMA. En pourpre l'émission des molécules de  $\text{SiO}$  et en jaune celle des molécules de  $\text{CO}$ . L'anneau bleuâtre est une interprétation 3-D des données de Hubble. (ALMA/ESO/NAOJ/NRAO ; R. Indebetouw ; NASA/ESA Hubble)*

dans des molécules libres de  $\text{SiO}$ . Le reste doit être incorporé dans des grains de poussière. Mais cette faible abondance de  $\text{SiO}$  libre est cent fois plus grande que ce que prédisent les modèles de formation des poussières. Ceux-ci devront donc être revus.

Dix pour cent du carbone se trouvent dans des molécules de  $\text{CO}$  et seulement quelques-uns sur un million sont dans du  $\text{HCO}^+$ .

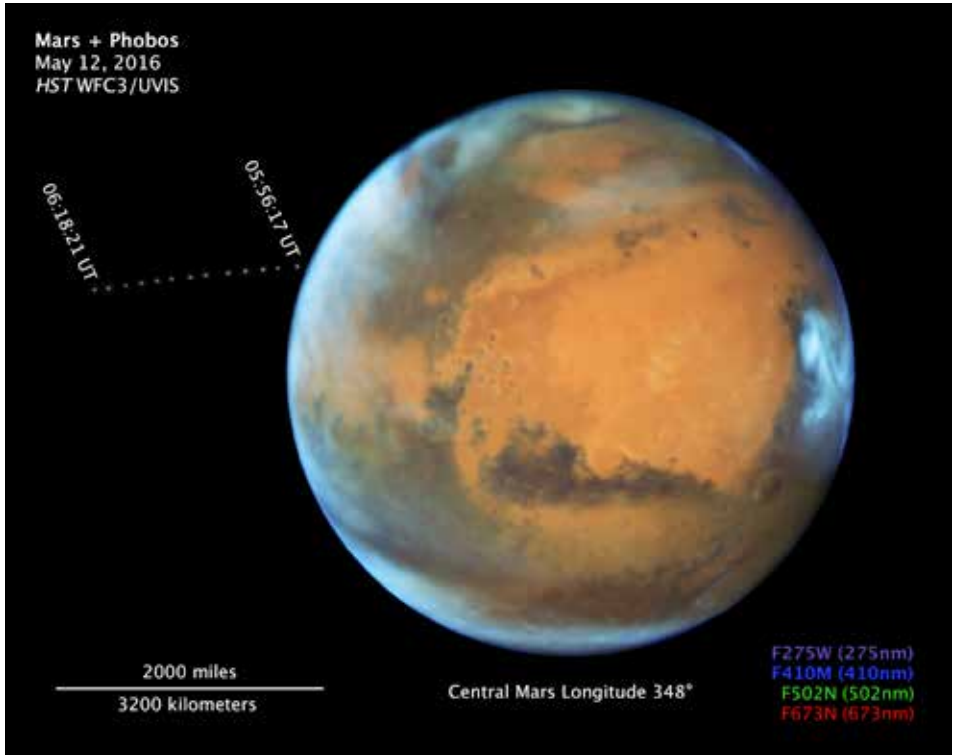
De futures observations devront préciser les abondances exactes de ces molécules, éventuellement en découvrir d'autres, montrer comment évolue la structure 3-D et révéler si une étoile à neutrons existe bien au centre.

## Phobos

La petite lune martienne Phobos s'est invitée dans une série d'images effectuée au moyen du télescope spatial Hubble ce qui a permis aux astronomes de produire un « time-lapse » de 13 images couvrant 22 minutes. Phobos ne mesure qu'une trentaine de kilomètres dans sa plus grande dimension. Elle tourne en sens direct autour de Mars en 7 h 39, soit en moins d'un jour martien (24 h 36) de sorte que vue du sol elle semble aller en sens inverse du Soleil et des étoiles. C'est le seul satellite naturel connu du Système solaire à montrer cette particularité. C'est aussi le satellite le plus proche de sa planète (6 000 km). Sa proximité conduit à d'importantes forces de marées qui sont probablement à l'origine de rainures sur sa surface et qui rétrécissent son

orbite de deux mètres par siècle. C'est avec Triton la seule lune du Système solaire à se rapprocher de sa planète (notre Lune s'éloigne de nous de 4 mètres par siècle). Elle s'abîmera donc sur Mars dans quelques dizaines de millions d'années à moins que les forces de marées n'aient raison d'elle d'ici là et la pulvérisent pour en faire un anneau. Astéroïde capturé, fragment d'un ancien gros satellite, résultat d'un impact,... l'origine de Phobos, tout comme celle de sa sœur Deimos, est une énigme.

*Apparition fugitive de Phobos dans une séquence d'images martiennes prises par le télescope spatial Hubble lors de sa dernière opposition, à 80 millions de kilomètres de nous. (STScI)*



## ***ELT, « première pierre »***

*Basé sur un communiqué ESO*

Le 16 mai a eu lieu la cérémonie de « pose de la première pierre » de l'Extremely Large Telescope (ELT) de l'ESO. L'événement symbolique était organisé à l'observatoire de Paranal plutôt qu'au site du futur télescope géant, le Cerro Armazones – ce dernier étant balayé de vents très forts.

Cette étape marque le début de la construction du dôme et de la structure principale du plus grand télescope optique au monde.

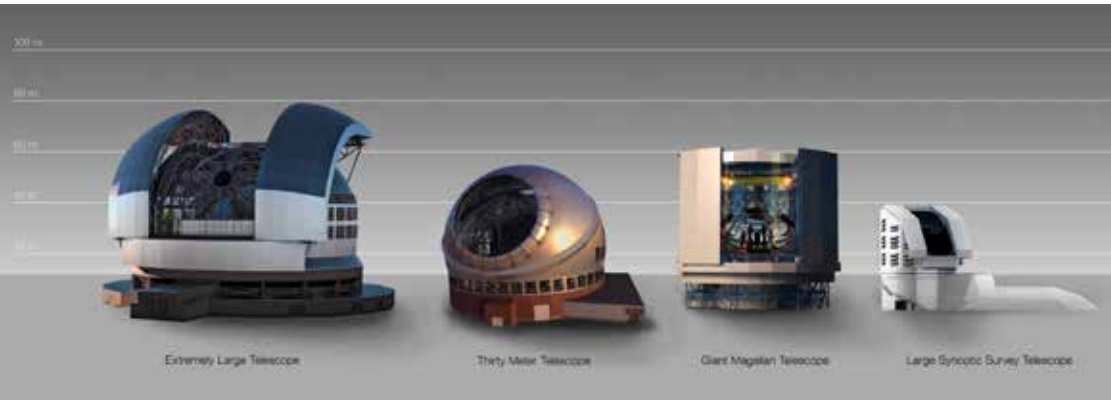
Parmi les temps forts de la cérémonie figurait le scellage d'une capsule temporelle

couverte d'un hexagone constitué de Zerodur et gravé à l'effigie de l'un des segments miroirs principaux de l'ELT, à l'échelle du cinquième.

Doté d'un miroir principal de 39 mètres de diamètre, l'ELT sera en 2024 le plus grand télescope opérant dans les domaines de l'optique et de l'infrarouge et augurera d'une nouvelle ère en astronomie. Il résidera au cœur d'un gigantesque dôme en rotation de 85 mètres de diamètre – dimensions comparables à celles d'un terrain de football. La masse

*Vue d'artiste de l'Extremely Large Telescope en opération depuis le sommet du Cerro Armazones au nord du Chili. Le télescope utilise des lasers pour créer des étoiles artificielles dans la haute atmosphère. (ESO/L. Calçada)*





***Les abris des futurs télescopes géants.  
(ESO)***

totale du dôme avoisinera les 5 000 tonnes. Celle, mobile, de la monture du télescope et de la structure en tube, sera de quelque 3 000 tonnes. Ces deux structures sont de loin les plus vastes jamais construites pour les besoins d'un télescope opérant dans les domaines optique et infrarouge.

Le site d'accueil de l'ELT est un don du gouvernement chilien. Il est entouré d'une vaste concession de terres destinée à protéger les opérations à venir du télescope d'interférences de tous types – contribuant ainsi à

préserver le statut de capitale mondiale de l'astronomie attribué au Chili.

L'ELT sera l'œil le plus puissant jamais pointé vers le ciel et révolutionnera sans doute notre perception de l'Univers. Il abordera un large éventail de défis scientifiques, comme la recherche de signes de vie à la surface d'exoplanètes de type terrestre, l'étude de la nature de l'énergie noire et de la matière noire, l'exploration des premiers instants de l'Univers. Il soulèvera certainement de nouvelles questions inconcevables de nos jours, et contribuera au développement de nouvelles technologies.

***Vue panoramique du sommet de Cerro Armazones raboté à une altitude de 3046 mètres pour faire place au télescope ELT.  
(ESO)***

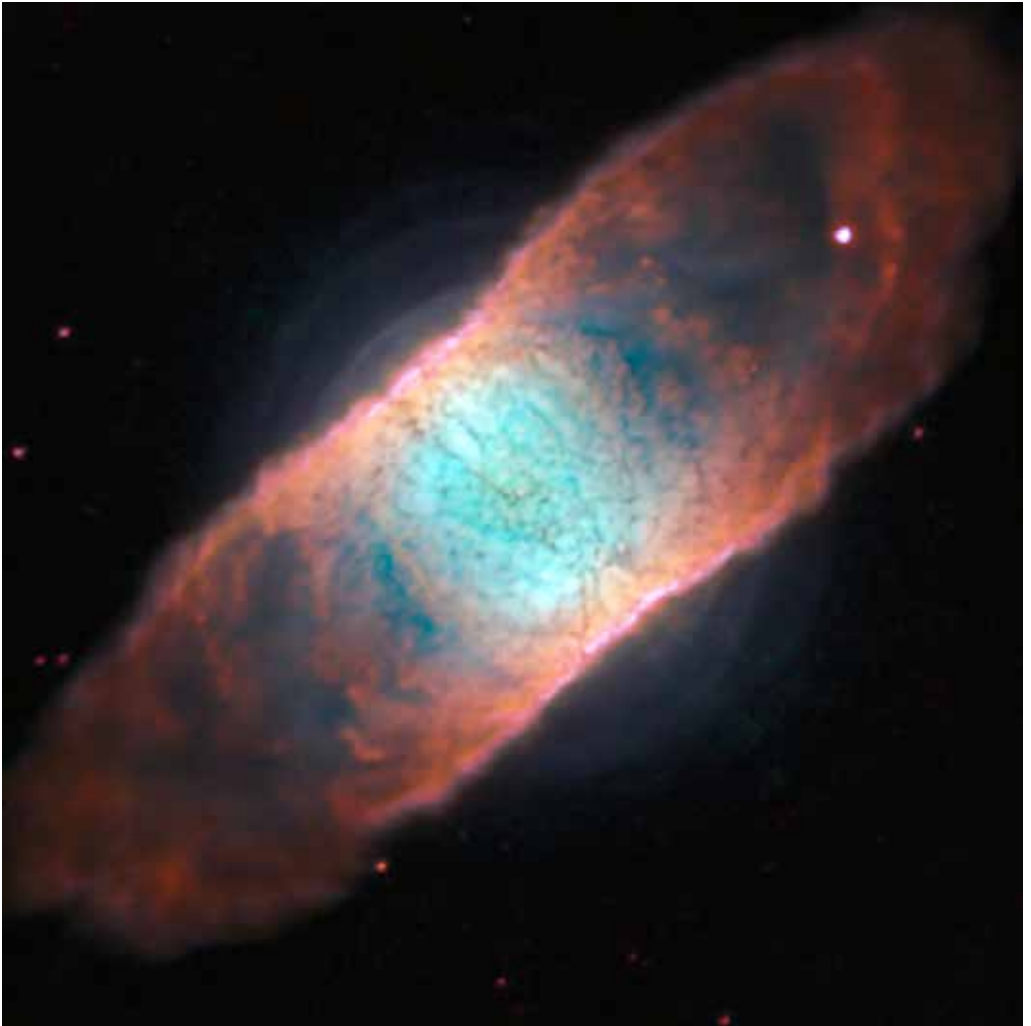


## ***Optique adaptative à l'ESO***

*Basé sur un communiqué ESO*

L'optique adaptative vise à compenser le brouillage des images généré par l'atmosphère de la Terre, et donc à permettre d'acquérir des images bien plus nettes et contrastées. Le projet AOF (Adaptive Optics Facility) de l'ESO est destiné à doter d'un système d'optique adaptative les instruments du quatrième télescope (UT4) du Very Large Telescope (VLT) – le premier de ces instru-

***La nébuleuse planétaire IC 4406 dévoile grâce à MUSE des coques jusqu'ici insoupçonnées ainsi que le réseau de lignes sombres qui lui ont valu le sobriquet de nébuleuse de la Rétine. (ESO/J. Richard (CRAL))***







ments à en bénéficier étant MUSE (Multi Unit Spectroscopic Explorer)<sup>1</sup>. Grâce à cet upgrade, MUSE peut étudier les objets les plus faibles de l'Univers.

Après avoir effectué quantité de tests sur le nouveau système, les astronomes et les ingénieurs ont été récompensés par l'obten-

*ESO 338-4 est une galaxie où des étoiles naissent en abondance, un phénomène lié au fait qu'elle est en train d'absorber plusieurs galaxies plus petites. L'instrument MUSE résout de façon très claire des zones brillantes de formation stellaire ainsi que des filaments d'hydrogène ionisé.*

*(ESO, P. Weilbacher/AIP)*

---

<sup>1</sup> MUSE est un spectrographe intégral de champ, un instrument puissant qui génère des « cubes » (deux dimensions d'espace et une de longueurs d'ondes) de données de l'objet ciblé. Chaque pixel de l'image correspond à un spectre de lumière en provenance de l'objet. Cela présuppose que l'instrument acquière, à chaque instant, des milliers d'images de l'objet à des longueurs d'onde toutes différentes, ce qui constitue une mine d'informations.

tion d'une série d'images spectaculaires. Ils ont pu observer dans des conditions inégalées les nébuleuses planétaires IC 4406 dans la constellation du Loup et NGC 6369 dans la constellation d'Ophiuchus. En particulier, la



*Deux nébuleuses planétaires photographiées avec MUSE, sans dispositif d'optique adaptative (images de gauche) et avec l'AOF (à droite). En haut NGC 6369, en bas NGC 6563. (ESO, P. Weilbacher/AIP)*



*Les quatre lasers de la Laser Guide Stars Facility pointent vers le ciel pour assister l'instrument MUSE. (Roland Bacon)*

structure en enveloppes de IC 4406 est bien apparente.

L'AOF, qui a permis ces observations, est composé de nombreux éléments travaillant de concert. Parmi ceux-ci figurent les quatre étoiles guides laser (4LGSF) et le mince miroir secondaire déformable de l'UT4. D'un diamètre légèrement supérieur au mètre, ce miroir d'optique adaptative est le plus grand jamais construit, ce qui a exigé l'utilisation de technologies de pointe. Il fut installé sur l'UT4 en 2016, se substituant ainsi au miroir secondaire originel, conventionnel, du télescope. Afin d'optimiser le fonctionnement de l'AOF, d'autres outils ont été développés. Parmi ces outils figurent la surveillance de l'atmosphère et le système de contrôle des faisceaux laser (LTCS) qui empêche de perturber les autres télescopes et d'affecter leurs observations.

L'ensemble 4LGSF émet quatre faisceaux laser de 22 watts destinés à exciter les atomes de sodium présents dans la haute atmosphère, et donc à générer des étoiles artificielles dans le ciel. Les capteurs du module d'optique adaptative GALACSI (Ground Atmospheric Layer Adaptive Corrector for Spectroscopic Imaging) utilisent ces étoiles guides artificielles pour déterminer les conditions atmosphériques au moment de l'observation.

Mille fois par seconde, le système AOF calcule la distorsion à appliquer au miroir secondaire déformable du télescope pour compenser les perturbations atmosphériques locales. GALACSI corrige notamment des effets de la turbulence régnant au sein de la couche atmosphérique de mille mètres d'épaisseur surplombant le télescope. Selon les conditions, la turbulence atmosphérique peut varier avec l'altitude mais les études ont montré que la majorité des perturbations atmosphériques se produisent dans cette basse couche de l'atmosphère. En fait, adopter le système AOF revient à élever le VLT de quelque 900 mètres – et donc à le maintenir au-dessus de la couche

atmosphérique la plus turbulente. Par le passé, acquérir des images d'une plus grande netteté supposait de trouver un site plus approprié ou d'utiliser un télescope spatial. L'AOF permet de créer de telles conditions d'observation à un coût nettement plus faible.

Les corrections apportées par l'AOF rapidement et de manière continue améliorent la qualité de l'image en concentrant la lumière pour former des images plus fines permettant ainsi à MUSE d'acquérir des détails mieux résolus et de détecter des étoiles plus faibles qu'auparavant. La correction qu'apporte GALACSI s'applique actuellement à un champ de vision étendu. Elle ne constitue qu'une première étape. Une évolution de GALACSI est prévue pour 2018. Ce second mode, doté d'un champ de vision étroit, permettra de corriger des effets de la turbulence à toute altitude, et donc d'observer de plus petites régions du ciel avec une résolution encore accrue.

L'un des principaux objectifs scientifiques du système est d'observer des objets peu lumineux de l'Univers lointain avec la meilleure qualité d'image possible, ce qui nécessitera de nombreuses heures d'exposition. En particulier les astronomes comptent observer les galaxies les plus petites et les moins brillantes situées aux confins de l'Univers. Ces galaxies en cours de formation offrent les clés de compréhension de la formation des galaxies.

MUSE n'est pas le seul instrument à bénéficier de l'AOF. Dans un futur proche, un autre système d'optique adaptative baptisé GRAAL sera connecté à l'instrument HAWK-I opérant dans l'infrarouge. Suivra la mise en service d'ERIS, un nouvel instrument doté d'une grande puissance.

Le développement de ces systèmes d'optique adaptative ouvre la voie à l'Extremely Large Telescope (ELT) de l'ESO en apportant une expérience et une expertise inestimables.

## **Orion**

*Basé sur un communiqué ESO*

La Nébuleuse d'Orion a fait l'objet d'observations répétées de la part de nombreux télescopes de l'ESO, qu'il s'agisse du télescope optique MPG/ESO de 2,2 mètres, du télescope infrarouge VISTA (*Le Ciel*, mars 2017, p. 172) ou bien encore de l'instrument HAWK-I installé sur le Very Large Telescope (*Le Ciel*, octobre 2016, p. 476) et opérant dans l'infrarouge. Cet objet constitue l'un des cocons stellaires les plus proches de nous : il abrite des étoiles de toutes masses distantes de 1 350 années-lumière. De nouvelles images obtenues avec OmegaCAM, la caméra optique à grand champ installée sur le télescope VST de l'ESO, ont été utilisées pour déterminer, avec précision, la luminosité ainsi que les couleurs de l'ensemble des étoiles de l'amas de la

***OmegaCAM — la caméra optique à grand champ installée sur le Télescope de Sondage du VLT (VST) de l'ESO — a capturé cette magnifique et spectaculaire image de la Nébuleuse d'Orion et de l'amas associé constitué de jeunes étoiles. Ce célèbre objet est le berceau de nombreuses étoiles massives parmi les plus proches de nous puisque distantes de quelque 1 350 années-lumière seulement.***

***Les différentes populations d'étoiles jeunes sont représentées par des couleurs différentes, les bleues étant les plus vieilles et les rouges les plus jeunes. Ces étoiles ont dû se former en trois épisodes au cours des trois derniers millions d'années.***  
***(ESO/G. Beccari)***



Nébuleuse d'Orion. Ces mesures de couleur ont permis aux astronomes d'évaluer la masse et l'âge des étoiles. À leur grande surprise, ces données ont mis en évidence l'existence de trois populations stellaires d'âges différents.

Ce résultat est d'une importance capitale. Il atteste que les jeunes étoiles d'un amas ne se sont pas formées simultanément. En d'autres termes, notre connaissance du processus de formation des étoiles au sein des amas doit être révisée.

Les astronomes ont soigneusement écarté la possibilité que la différence de couleurs entre certaines étoiles résulte de l'existence de compagnons cachés, ce qui aurait eu pour effet d'augmenter leur luminosité et de les rougir. En outre, cette hypothèse aurait conféré aux paires stellaires des propriétés jamais observées à ce jour. D'autres mesures effectuées sur les étoiles, celles de leurs vitesses de rotation et de leurs spectres, ont aussi plaidé en faveur d'âges distincts. L'équipe a également mis en évidence la rotation différentielle des trois générations d'étoiles – ainsi, les plus jeunes tournent nettement plus vite que les autres. Ce nouveau résultat suggère que la formation d'étoiles au sein de l'amas de la Nébuleuse d'Orion s'effectue par étapes, et bien plus rapidement qu'on l'imaginait.

## *Isocyanate de méthyle*

*Basé sur un communiqué ESO*

Deux équipes d'astronomes ont exploité le potentiel du Vaste Réseau (Sub-) Millimétrique de l'Atacama (ALMA) au Chili pour détecter une molécule organique complexe prébiotique, l'isocyanate de méthyle<sup>1</sup> au sein du système d'étoiles IRAS 16293-2422.

Cet amas d'étoiles est riche de découvertes puisque l'on y avait déjà trouvé des molécules d'un sucre simple, le glycolaldéhyde. Cette famille de molécules organiques est impliquée dans la synthèse de peptides et d'acides aminés qui, sous la forme de protéines, constituent les éléments de base de la vie telle que nous la connaissons.

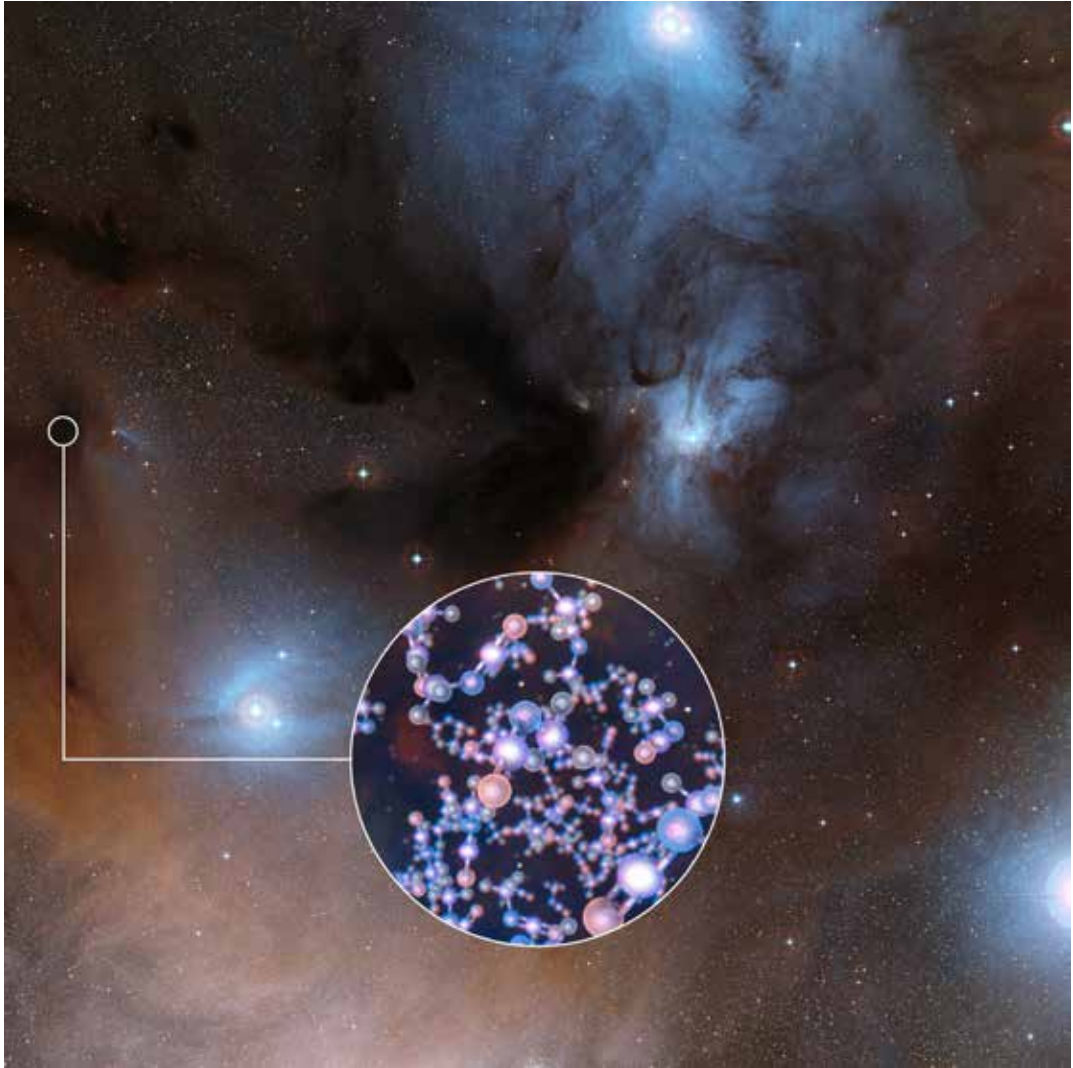
L'énorme potentiel d'ALMA a permis aux deux équipes d'observer la molécule à plusieurs longueurs d'ondes caractéristiques du spectre radio. Les seules traces de cet élément chimique ont été localisées au sein des régions internes, denses et chaudes, du cocon de gaz et de poussière qui entoure les jeunes étoiles au tout premier stade de leur existence. Des analyses spectrographiques de la lumière émise par la protoétoile ont permis d'en déterminer les composants chimiques. L'abondance d'isocyanate de méthyle détectée comparée à l'abondance en hydrogène moléculaire ou en d'autres éléments traceurs est comparable à celle trouvée antérieurement autour de protoétoiles massives, les noyaux moléculaires massifs de Orion KL et Sagittarius B2 Nord.

La modélisation numérique chimique et diverses expériences de laboratoire ont permis d'affiner notre compréhension de l'origine de la molécule. Les chercheurs ont modélisé la formation gaz-grain chimique d'isocyanate de méthyle. L'abondance observée de la molécule pourrait s'expliquer par la chimie s'opérant à la surface des grains de poussière dans l'espace, suivie de réactions chimiques en phase gazeuse. La molécule peut se former à des températures extrêmement basses, typiques du milieu interstellaire, jusqu'à 15 Kelvin (-258 degrés Celsius) comme l'ont montré des expériences cryogéniques réalisées dans un vide quasi parfait.

IRAS 16293-2422 est un système multiple composé de très jeunes étoiles et situé à 400 années-lumière de la Terre dans la vaste région de formation stellaire Rho Ophiuchi. Ces nouveaux résultats d'ALMA indiquent que du gaz d'isocyanate de méthyle entoure chacune de ces jeunes étoiles.

La Terre et les autres planètes du Système solaire se sont constituées à partir

<sup>1</sup> En astrochimie, une molécule organique complexe se compose d'au moins six atomes, dont un atome de carbone. L'isocyanate de méthyle renferme des atomes de carbone, d'hydrogène, d'azote et d'oxygène, et adopte la configuration chimique  $\text{CH}_3\text{NCO}$ . Très toxique, cette substance fut la cause principale de décès après le tragique accident chimique de Bhopal survenu en 1984.



des restes de la nébuleuse solaire. L'étude des protoétoiles de type solaire est donc susceptible de renseigner les astronomes sur les conditions ayant prévalu à la formation du Système solaire, il y a 4,6 milliards d'années.

*La région de formation d'étoiles Rho Oph où de l'isocyanate de méthyle a été détecté. En insert figure la structure moléculaire de cet élément chimique. Il s'agit de la première détection de cette molécule prébiotique à proximité de protoétoiles de type solaire. Cette découverte pourrait permettre aux astronomes de mieux comprendre les conditions d'émergence de la vie sur Terre. (ESO/Digitized Sky Survey 2/L. Calçada)*

## 2014 MU69

Les astronomes de l'équipe New Horizons ont observé plusieurs occultations stellaires par le KBO 2014 MU69, la future cible de la sonde qui a visité Pluton en 2015. Le 3 juin, l'équipe s'est rendue en Argentine et en Afrique du Sud sur le trajet de l'« ombre » projetée par MU69 sur la surface terrestre lorsqu'elle est passée devant une petite étoile du Sagittaire.

Le 10 juillet c'est à bord de l'observatoire infrarouge volant SOFIA (Stratospheric Observatory for Infrared Astronomy) que les scientifiques observeront une autre occultation au-dessus de l'océan Pacifique au départ de Christchurch, Nouvelle Zélande.

Finalement, un troisième événement était observé le 17 juillet depuis la Patagonie argentine avec une batterie de télescopes portables.

Le KBO (« objet de la ceinture de Kuiper ») est distant de 43 unités astronomiques, soit 6,5 milliards de kilomètres, beaucoup trop loin pour que des observations directes permettent d'en distinguer la forme. Les occultations stellaires fournissent un moyen de le faire. En disposant une série de télescopes régulièrement espacés perpendiculairement à la trajectoire de l'ombre, et en chronométrant de façon précise l'entrée et la sortie de l'ombre en chaque endroit on peut dessiner la forme de cette ombre. Ces données permettent aussi de préciser l'orbite de l'objet.

Les circonstances des trois occultations avaient été évaluées grâce à la mission Gaia et au télescope spatial Hubble. Il fallait une très grande précision dans la mesure des positions des étoiles et de l'astéroïde pour réduire l'incertitude sur le trajet de l'ombre : à la distance de MU69, un écart d'un millième de seconde d'arc correspond à une trentaine de kilomètres.

Les mesures effectuées montrent que l'astéroïde cible de New Horizons est



*2014 MU69 est-il un astre double ou très allongé ? Les deux possibilités sont décrites dans ces visions d'artiste.  
(NASA/JHUAPL/SwRI/Alex Parker)*

très allongé et mesure une trentaine de kilomètres dans sa plus grande dimension. Mais il pourrait s'agir de deux corps tournant l'un autour de l'autre dans une orbite très serrée, voire de deux astéroïdes d'une quinzaine de kilomètres en contact.

Le prolongement de la mission New Horizons au-delà de Pluton dans la ceinture de





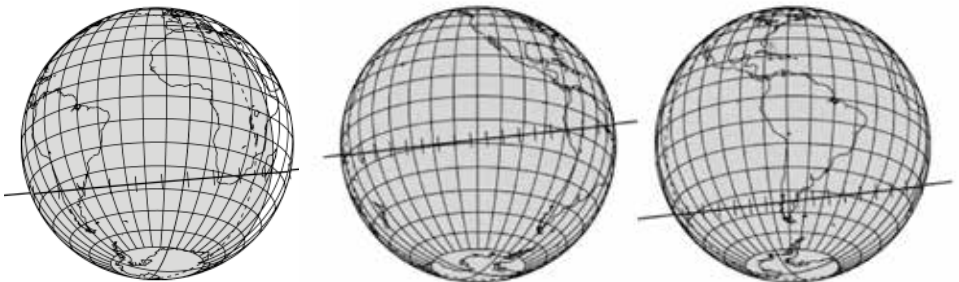
Kuiper promet donc d'être encore plus intéressante que prévu. Mais n'est-ce pas le cas de toutes les missions interplanétaires ?

*Près de Comodoro Rivadavia, les astronomes s'abritent du vent avec leurs véhicules ou des bâches pour suivre l'occultation du 17 juillet. (JHUALP, ReWildTV, GHSPi/Pluto & Beyond)*



*Sofia, l'observatoire volant infrarouge de la NASA avait déjà collaboré à la mission New Horizons en juin 2015 en observant Pluton occulter une étoile, ce qui avait fourni des renseignements sur l'atmosphère de la petite planète. Le 10 juillet 2017, Sofia observait à nouveau une occultation par la cible suivante de la sonde spatiale, le KBO 2014 MU69, un véritable tour de force puisque l'astéroïde, et donc son ombre, sont cent fois plus petits que Pluton. (JHUAPL, Geoff Haines-Stiles)*

*Trajectoires de l'ombre de MU69 le 3 juin, et les 10 et 17 juillet. (Larry Wasserman/Lowell Observatory)*





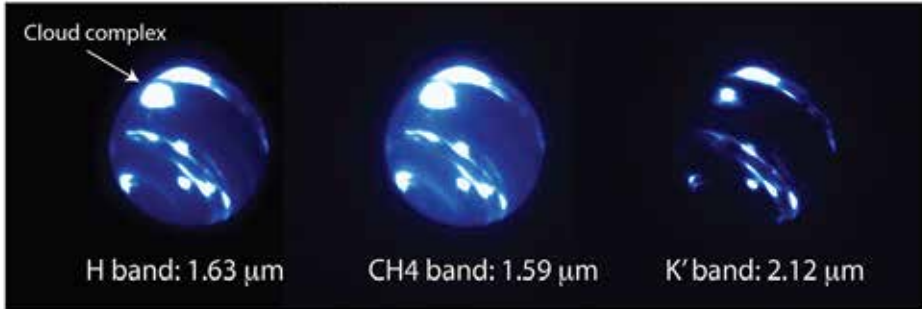
*Le 17 juillet, l'équipe de New Horizons a surveillé depuis une région reculée d'Argentine une étoile anonyme du Sagittaire se faisant éclipser par l'astéroïde de la ceinture de Kuiper 2014 MU69. Les trois images ci-contre ont été prises successivement à 0,2 seconde d'intervalle et montrent la brève chute d'éclat de l'étoile.  
(NASA/Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory/Southwest Research Institute/Adriana Ocampo)*



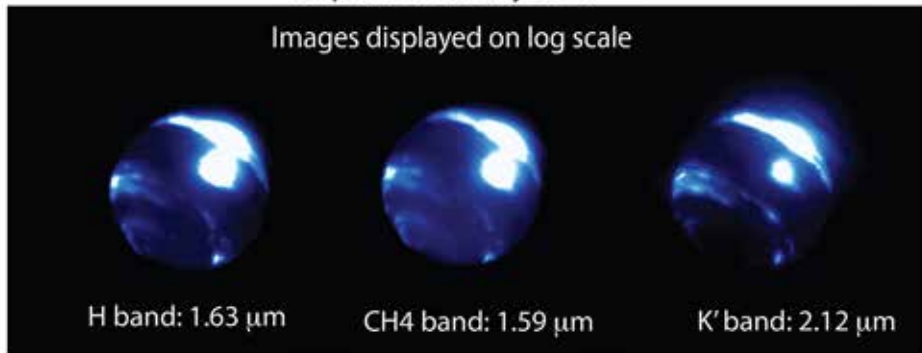
*Près de Vosburg, en Afrique du Sud, l'une des stations d'observation de l'occultation du 3 juin.  
(JHUAPL, Henry Throop)*



## Neptune: 26 June 2017



## Neptune: 02 July 2017



### ***Tempête sur Neptune***

Aubes et crépuscules sont généralement évités pour les observations astronomiques dans le domaine optique. Certains objets brillants sont cependant des cibles intéressantes et c'est en observant Neptune à l'aube avec le télescope Keck d'Hawaii que les astronomes ont découvert près de l'équateur une nouvelle tempête d'un diamètre de 9000 kilomètres, soit les 3/4 du diamètre de la Terre ou 1/6 de celui de Neptune. Son intensité s'est fortement accrue entre le 26 juin et de 2 juillet.

Normalement cette zone de Neptune est calme, les grandes tempêtes se manifestant à des latitudes moyennes. Les astronomes espèrent pouvoir encore observer Neptune en automne dans les mêmes conditions et en apprendre plus sur la nature de cette tempête

*La tempête équatoriale de Neptune vue dans plusieurs bandes du proche infrarouge avec le télescope Keck. (N. Molter/I. De Pater, UC Berkeley/C. Alvarez, W. M. Keck Observatory)*

et son évolution au cours du temps. Mieux comprendre l'atmosphère de la planète géante et sa circulation globale devient de plus en plus important puisque de très nombreuses exoplanètes sont de la taille de Neptune.

Ces observations ont été faites dans le cadre du « Keck Visiting Scholars Program », un programme qui remporte énormément de succès et qui permet à des post-docs et à des étudiants de se familiariser avec les observations astronomiques.

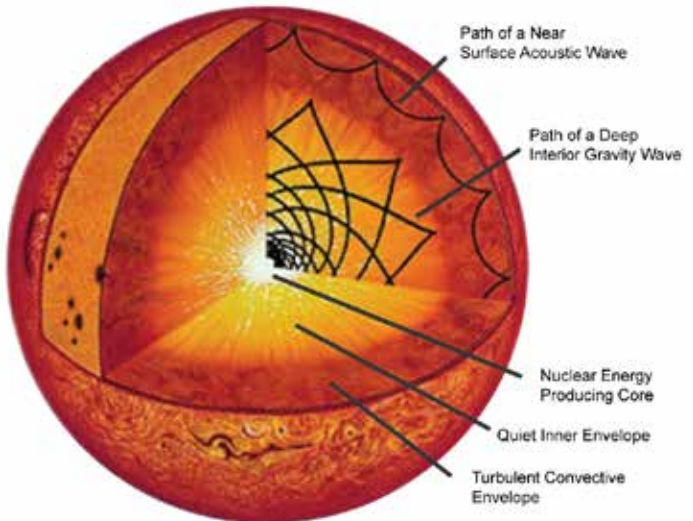
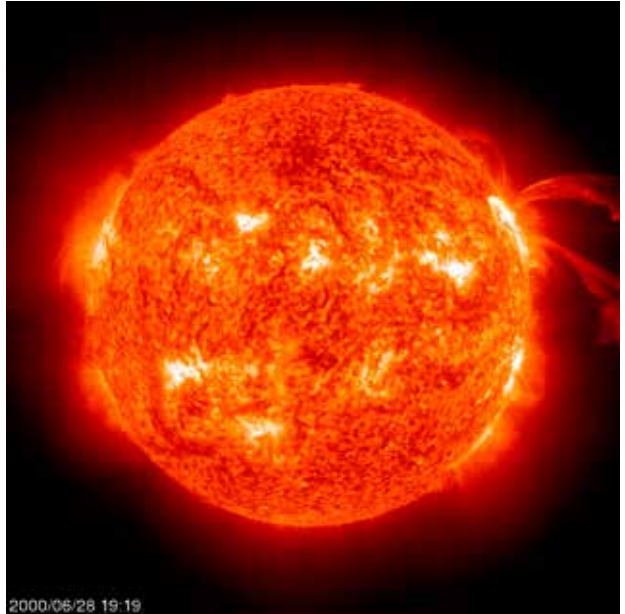
***Le Soleil vu par le télescope spatial SoHO. (ESA/NASA)***

***Soleil***

Seize années d'observation des ondes acoustiques dans l'atmosphère du Soleil au moyen de l'observatoire spatial SoHO révèlent que le cœur de notre étoile tourne quatre fois plus vite que sa surface. Jusqu'ici, faute de mesures, on supposait généralement que la vitesse de rotation était à peu près la même. L'explication la plus probable est que c'est un vestige de l'époque où s'est formé le Soleil, ce qui peut nous renseigner sur cette formation. Le vent émis par le Soleil jeune a certainement ralenti la rotation des couches extérieures.

Les chercheurs ont étudié les ondes acoustiques à la surface du Soleil au moyen de l'instrument GOLF (Global Oscillations at Low Frequency) de SoHO (Solar and Heliospheric Observatory). En pénétrant au cœur du Soleil, les ondes acoustiques interagissent avec les ondes de gravité. La mesure précise a permis d'en déduire l'agitation et les mouvements internes du Soleil.

***Les ondes du Soleil permettent d'en inférer non seulement la structure mais aussi les mouvements.***  
*(Newton Science Magazine)*



## Une nouvelle détection pour LIGO

Le 4 janvier, LIGO (Laser Interferometer Gravitational-wave Observatory) a détecté pour la troisième fois des ondes gravitationnelles (une quatrième détection en octobre 2015 n'a pas été confirmée). Comme pour les deux premières détections les ondes ont été émises lors de la fusion de deux trous noirs. Le nouveau trou noir a une masse de 49 fois celle du Soleil ce qui le situe entre les deux précédentes fusions qui avaient donné 62 et 21 masses solaires. Cela confirme l'existence de trous noirs stellaires de plus de 20 masses solaires, une catégorie d'objets que l'on ne connaissait pas auparavant.

Ces collisions de trous noirs libèrent une puissance inimaginable, dépassant celle de l'Univers dans son ensemble. Celle du 4 janvier (GW170104) est la plus distante des trois ayant eu lieu à trois milliards d'années-lumière. Les deux autres étaient à 1,3 et 1,4 milliard d'années-lumière.

Avant de fusionner, les trous noirs binaires tournent sur eux-mêmes dans un sens qui peut être le même que celui du mouve-

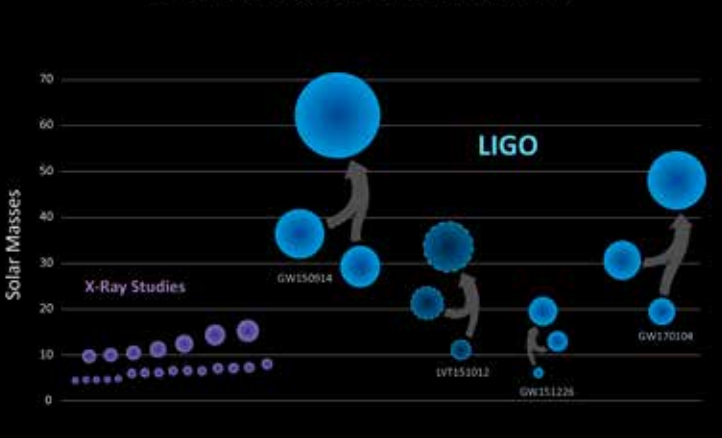
ment orbital, ou opposé à celui-ci. Leurs axes de rotation peuvent aussi être alignés ou pas. Les dernières observations de LIGO suggèrent qu'au moins l'un des deux objets n'était pas aligné avec le mouvement orbital, ce qui pour les spécialistes pourrait signifier une origine dans un amas stellaire dense : deux trous noirs tournant dans des directions quelconques se réunissent au hasard d'une rencontre. L'autre scénario mettant en scène la mort des deux membres d'une étoile double produit des objets bien alignés.

Une fois de plus, la théorie de la relativité d'Einstein est vérifiée par cette détection qui confirme l'absence de « dispersion » des ondes au long de l'immense trajet à travers le cosmos.

L'observation des ondes gravitationnelles se confirme ainsi comme une nouvelle fenêtre sur l'Univers. On attend maintenant la détection d'autres événements que les collisions de trous noirs, celles d'étoiles à neutrons par exemple.

Une limitation actuelle est la forte incertitude sur la position des sources. La mise en service de détecteurs supplémentaires en d'autres endroits de la planète devrait grandement l'améliorer.

### Black Holes of Known Mass



*LIGO a mis en évidence une nouvelle population de trous noirs de masses plus élevées que celles des trous noirs découverts en rayons X (pourpre). Les trois détections confirmées de LIGO (GW150914, GW151226, GW170104), ainsi qu'une quatrième moins sûre (LVT151012), pointent vers une population de trous noirs binaires de masse stellaire qui, une fois fusionnés, dépassent vingt masses solaires. (LIGO/Caltech/MIT/Sonoma State, Aurore Simonnet)*