

L'astronomie dans le monde



Expansion de l'Univers

Alors que les scientifiques s'évertuent à élucider la nature de l'énergie noire, une nouvelle étude vient jeter le trouble sur la question : l'analyse d'un vaste échantillon de supernovæ de type Ia ne confirmerait pas l'idée d'une accélération de l'expansion de l'Univers ni, par conséquent, l'existence d'une énergie noire.

À la fin du siècle passé, les mesures des supernovæ de type Ia, les fameuses « chandelles standard », conduisirent à penser que l'Univers était en expansion accélérée. Cette découverte inattendue – on imaginait plutôt que sous l'influence de la gravitation l'expansion devait ralentir – valut en 2011 le prix Nobel aux leaders des équipes concernées, Adam G. Riess, Brian P. Schmidt et Saul Perlmutter.

L'explication généralement admise pour cette accélération est une énergie exotique, l'énergie « sombre », ou « noire ». Comme le nom l'indique, la nature de cette énergie est inconnue. On l'assimile souvent à la constante cosmologique qu'avait proposée Einstein pour empêcher l'Univers de s'effondrer sous son propre poids. Cette constante avait été abandonnée lorsque l'on s'est aperçu que l'Univers n'était pas statique mais en expansion.

L'absence d'accélération de l'expansion supprimerait toute raison d'être à l'hypothèse de l'énergie noire. Mais comment en est-on arrivé à douter ?

Les premières utilisations des supernovæ Ia comme étalons de distance se basaient sur l'hypothèse que toutes ont la même luminosité absolue, c'est-à-dire qu'à la même distance

elles auraient toutes le même éclat. On a ensuite tenu compte autant que possible de la diversité de ces supernovæ. La luminosité maximale qu'atteint une supernova Ia n'est pas tout à fait la même si elle monte plus ou moins rapidement en puissance. Il faut aussi tenir compte des absorptions interstellaires et intergalactiques. Depuis les travaux initiaux, ces corrections sont mieux maîtrisées et l'échantillon observationnel augmente régulièrement. L'estimation de l'accélération devrait donc être de plus en plus précise.

La nouvelle étude applique une méthode d'estimation de ces corrections un peu différente des précédentes et elle s'applique à un échantillon plus vaste. Mais cela ne veut pas dire qu'elle est meilleure et qu'il faut abandonner l'idée de la matière sombre. D'une part on a soulevé une série d'objections sur les hypothèses utilisées par les auteurs. D'autre part, contrairement à ce que l'on a pu présenter dans certains médias le résultat de cette étude ne remet pas vraiment en cause les idées actuelles. Elle aboutit en réalité à la conclusion qu'il y a au moins trois chances sur mille pour que l'Univers ne soit pas en expansion accélérée. C'est ce que les auteurs de l'étude concluent en disant que les signes d'une accélération se manifestent au mieux au niveau de « 3 sigmas ».¹

On est bien loin d'un rejet pur et simple. De plus, la mesure des supernovæ n'est pas le seul indice de l'accélération. Les petites

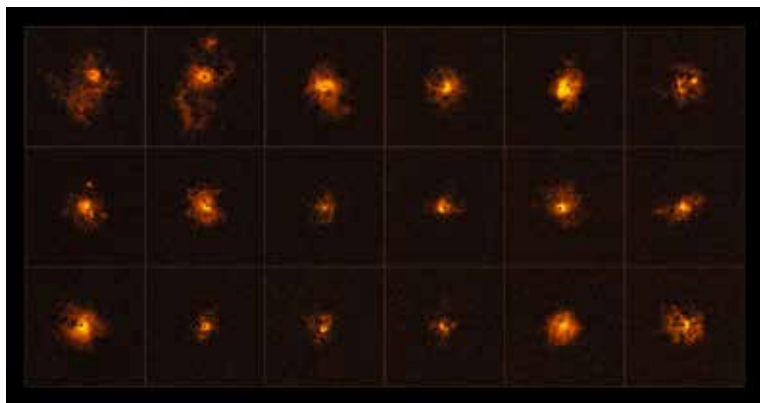
¹ Dans une répartition statistique « normale » caractérisée par sa « déviation standard » sigma, on trouve respectivement 68.3%, 95.5% et 99.73% des valeurs à moins de 1, 2 et 3 sigmas de la moyenne.

fluctuations du fond cosmique de rayonnement émis quelques centaines de milliers d'années après le Big Bang constituent un argument fort et indépendant. Il en est de même de la répartition actuelle des galaxies résultant du développement de ces fluctuations (survey « BOSS »).

En définitive, la majorité des astronomes sont d'avis que l'expansion accélère bien, qu'elle est due à l'énergie sombre et que celle-ci constitue les sept dixièmes de l'Univers.

sur le Very Large Telescope (VLT) à l'Observatoire de Paranal de l'ESO et à son pouvoir de résolution nettement supérieur à celui des instruments antérieurs.

Cette nouvelle étude avait pour objectif initial d'analyser les composants gazeux de l'Univers à grande échelle – la « toile cosmique », dont les quasars occupent les nœuds. Les composants gazeux de cette toile sont généralement extrêmement difficiles à détecter.



Mosaïque montrant 18 des 19 quasars entourés de halos gazeux. (ESO/Borisova et al.)

Halos autour de quasars

Basé sur un communiqué ESO

Jusqu'à maintenant, les études montraient que 10% environ de l'ensemble des quasars étaient entourés de halos gazeux. Ces halos s'étendent sur près de 300 000 années-lumière. Une nouvelle analyse, portant sur 19 quasars datant de moins de 2 milliards d'années après le Big Bang, a permis de détecter de vastes halos autour de chacun d'eux – soit bien plus que les deux halos statistiquement attendus. Les astronomes attribuent ce résultat singulier au formidable bond technologique que représente l'instrument MUSE² installé

Les halos de gaz lumineux qui entourent les quasars offraient donc l'opportunité quasi unique d'étudier ce gaz.

Les 19 halos nouvellement détectés sont relativement froids – de l'ordre de 10 000 degrés Celsius – ce qui constitue une autre surprise. Ce résultat est en effet en désaccord profond avec les modèles actuels de structure et de formation des galaxies qui suggèrent que le gaz situé à si grande proximité de galaxies devrait atteindre le million de degrés.

Les capacités uniques de MUSE mises en évidence dans le cadre de cette étude, ouvrent la voie à des sondages ultérieurs. Combinée à l'utilisation d'une nouvelle génération de modèles théoriques et numériques, cette approche continuera d'ouvrir une nouvelle fenêtre sur la formation de la structure cosmique ainsi que l'évolution galactique.

² MUSE est un « spectrographe de champ intégral » qui combine des capacités de spectrographie et d'imagerie. Il peut déterminer en chaque point d'une image l'intensité de la lumière émise en fonction de sa longueur d'onde.

ST11

Basé sur un communiqué ESO

Les observations réalisées avec ALMA ont conduit à la découverte d'un « noyau moléculaire chaud » autour de l'étoile massive ST11 du grand Nuage de Magellan (LMC). ST11 est également cataloguée sous la référence 2MASS J05264658-6848469. Bien qu'elle nous apparaisse aujourd'hui sous l'aspect d'une étoile simple, il se pourrait qu'elle soit en réalité multiple, ou un amas stellaire dense.

Par définition, les noyaux moléculaires chauds sont petits – leur diamètre est inférieur à 0,3 année-lumière – et caractérisés par une densité supérieure à cent milliards de molécules par mètre cube – ce qui est nettement inférieur à la densité de l'atmosphère terrestre, mais élevé pour un milieu interstellaire. Ils ont une température élevée – plus de -173 degrés Celsius, soit 80 degrés de plus qu'un nuage moléculaire standard de même densité. Ces noyaux chauds se forment au tout début de la phase évolutive des étoiles massives et jouent un rôle essentiel dans la création d'espèces chimiques complexes dans le cosmos.

Ce nouveau nuage dense – un « cocon » – contient un ensemble de molécules complexes.

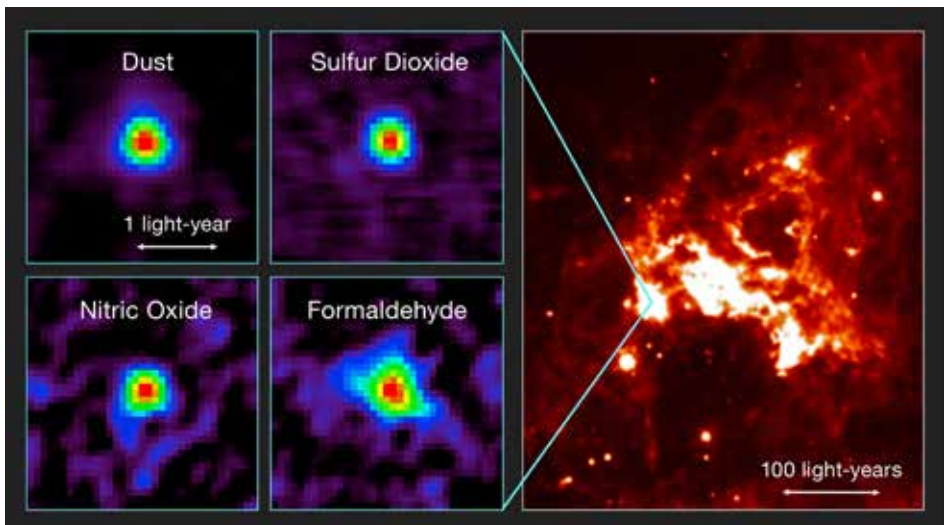
C'est le premier objet de ce type découvert hors de la Voie lactée et sa composition moléculaire diffère notablement de celle des objets similaires de notre galaxie. La chimie de l'Univers pourrait être bien plus diversifiée qu'on le pensait.

Parmi les signatures chimiques les plus importantes détectées au sein de ce cocon figurent celles de molécules connues, comme le dioxyde de soufre, le monoxyde d'azote et le formaldéhyde – aux côtés de la poussière omniprésente. On trouve aussi divers composés organiques, tels que le méthanol (la molécule d'alcool la plus simple) en quantités étonnamment faibles. Au contraire, les noyaux détectés au sein de la Voie lactée renferment

Ci-dessous, à gauche, distribution des diverses émissions du noyau moléculaire chaud du Grand Nuage de Magellan détectées par ALMA : poussière, dioxyde de soufre (SO_2), monoxyde d'azote (NO) et formaldéhyde (H_2CO).

À droite : Vue infrarouge de la région de formation stellaire environnante à partir de données acquises par le Télescope Spatial Spitzer de la NASA.

(T. Shimonishi/Tohoku University, ALMA/ESO/NAOJ/NRAO)



une grande variété de molécules organiques complexes, au premier rang desquelles figurent le méthanol et l'éthanol.

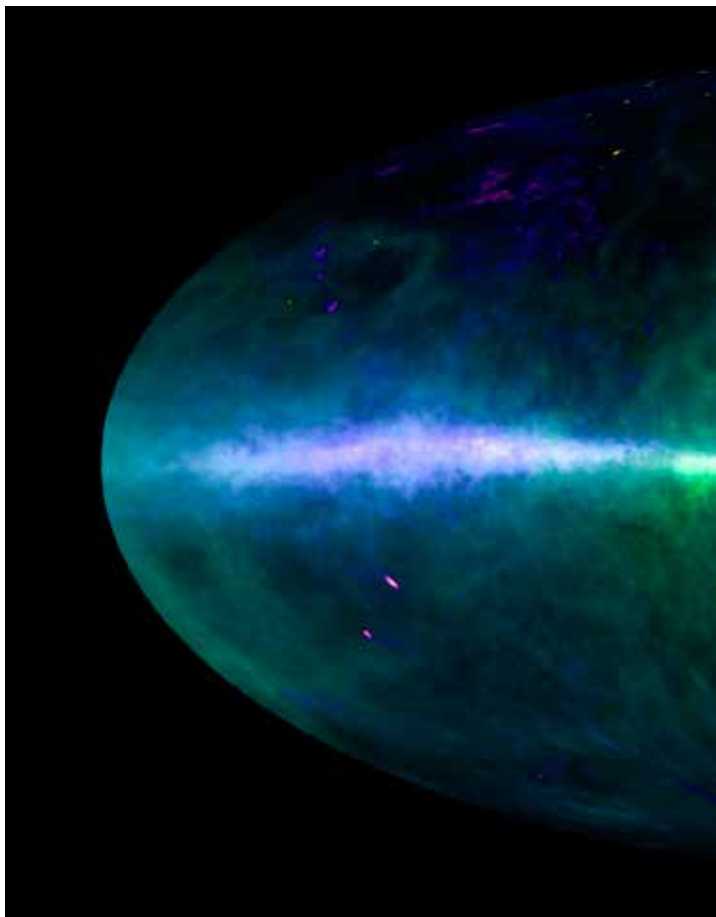
Le LMC est caractérisé par une faible abondance en éléments plus lourds que l'hydrogène et l'hélium. Cet environnement galactique fort différent n'est pas sans conséquence sur la chimie moléculaire qui s'est installée autour de la jeune étoile ST11 et pourrait expliquer les différences de compositions chimiques observées.

À ce jour, nous ne pouvons affirmer que les molécules complexes détectées au sein de la Voie lactée composent aussi les noyaux moléculaires chauds d'autres galaxies. Parce que certaines d'entre elles sont impliquées dans la chimie prébiotique de l'espace, les molécules organiques complexes présentent un intérêt tout particulier. L'étude de cet objet nouvellement découvert chez l'une de nos voisines galactiques les plus proches pourrait aider les astronomes à aborder cette question, qui en appelle une autre : quel impact la diversité chimique des galaxies a-t-elle sur le développement de la vie ?

Voie lactée (I)

La carte la plus détaillée de la répartition de l'hydrogène neutre dans la Voie lactée a été créée grâce aux grandes antennes de Parkes et d'Effelsberg, deux des plus grands radiotélescopes orientables du monde.

Le radiotélescope Max-Planck de 100 mètres d'Effelsberg, en Allemagne, et celui de 64 mètres du CSIRO à Parkes, en Australie

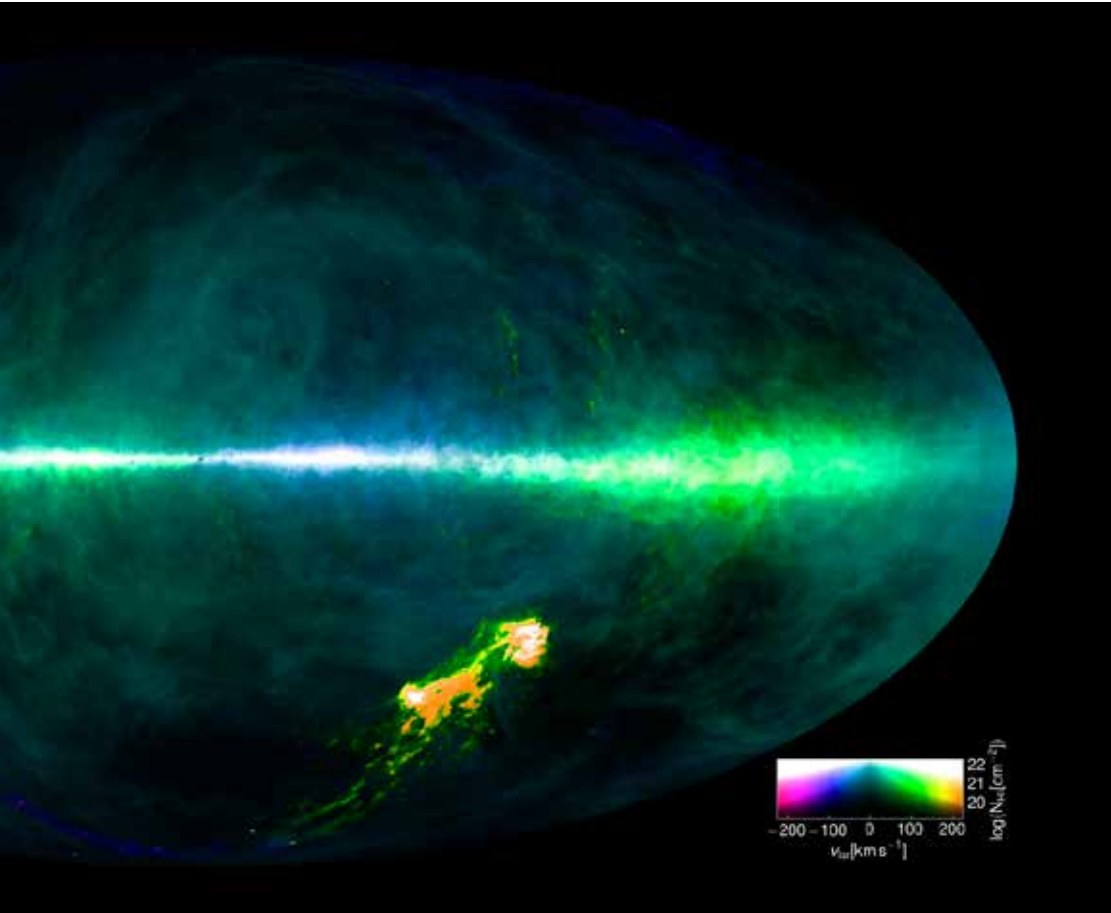


ont servi à collecter les données utilisées pour cette carte HI4PI.¹

Le projet qui visait à cartographier l'élément le plus abondant de l'espace a requis plus d'un million d'observations. Le plus grand défi présenté aux astronomes était de se débarrasser de la pollution par les émissions radio d'origine humaine, une tâche qui a nécessité la mise au point d'algorithmes sophistiqués.

La nouvelle carte surpasse d'un facteur quatre en résolution angulaire, et d'un facteur deux en sensibilité la précédente, le survey

1 « HI » pour hydrogène neutre, « 4PI » pour indiquer l'angle solide de 4π stéradians correspondant à l'entière de la sphère céleste.



LAB (Leiden-Argentine-Bonn) réalisé avec les radiotélescopes de 25 m de Dwingeloo (Hollande) et de 30 m de Villa Elisa (Argentine) et datant de 2005.

De fines structures filamentaires de la Voie lactée ont pu être révélées, qui étaient cachées dans les données LAB. Ainsi on peut distinguer de petits nuages qui sont la matière première avec laquelle la Galaxie forme des étoiles depuis des milliards d'années.

Une application de la carte HI4PI sera de permettre de corriger avec plus de précision les observations de l'Univers que les nuages d'hydrogène galactiques peuvent affecter.

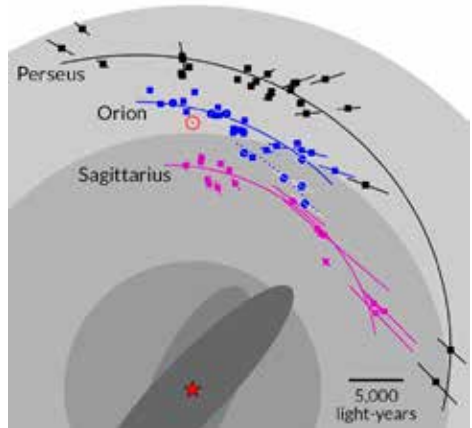
Carte HI4PI de l'hydrogène atomique sur l'ensemble de la sphère céleste. La bande centrale est le plan galactique où se concentrent la majorité des nuages. Les Nuages de Magellan sont les taches jaunes brillantes en dessous de la Voie lactée. On voit que des lambeaux en sont arrachés par l'effet de marée de la Galaxie. Les grandes galaxies d'Andromède et du Triangle sont visibles comme des taches allongées roses en bas à gauche. L'éclat de chaque pixel indique la quantité d'hydrogène, tandis que la couleur renseigne sur la vitesse radiale.

(Benjamin Winkel; HI4PI collaboration)

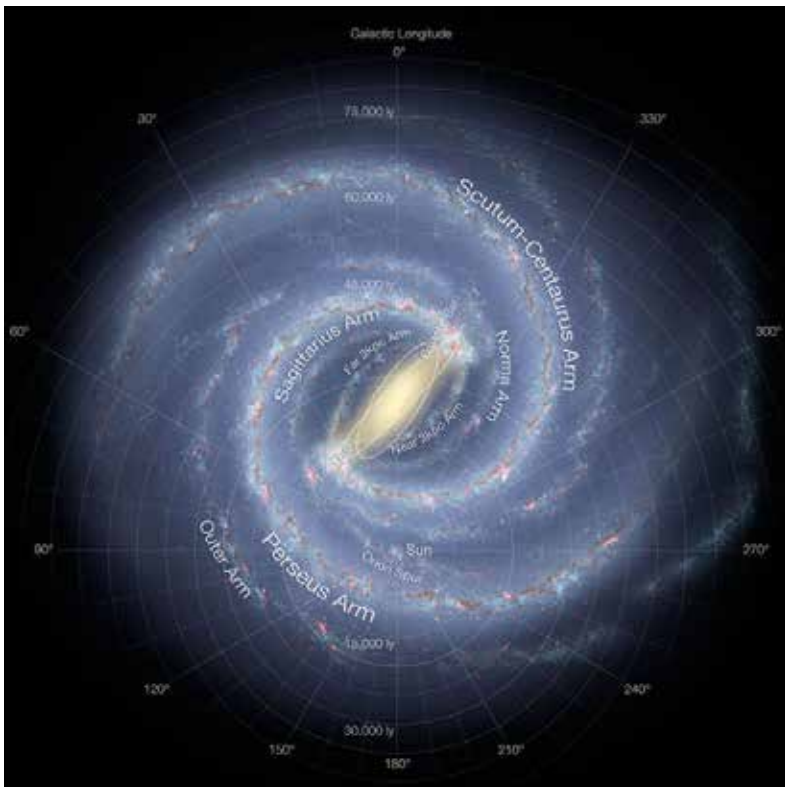
Voie lactée (II)

Le Soleil se trouverait dans un vrai bras de notre galaxie plutôt que dans une espèce de pont, l'« éperon d'Orion » reliant les bras de Persée et du Sagittaire. Les nouvelles mesures de la distance d'amas jeunes ont permis de mieux préciser la cartographie de ce bras qui s'étend sur plus de vingt mille années-lumière, c'est-à-dire autant que ses voisins auxquels il est parallèle.

C'est le fait d'être dans ce bras qui nous empêche d'en avoir une vue d'ensemble, tout comme le fait d'être dans la Voie lactée nous en cache la structure exacte et que nous connaissons mieux la galaxie d'Andromède et nos autres voisines.



***Les bras galactiques locaux.
(Ye Xu et al.)***



***Impression
d'artiste de l'aspect
général de notre
galaxie.
(NASA/
JPL-Caltech/
ESO/R. Hurt)***

Surpopulation

Basé sur un communiqué NASA

L'Univers paraît tout à coup bien peuplé suite à un recensement effectué par Hubble et d'autres observatoires. On y compte dix fois plus de galaxies qu'on ne le croyait. Cela change nos vues sur la formation des galaxies mais aussi sur le vieux paradoxe du ciel noir (paradoxe d'Olbers formulé au début des années 1800 par l'astronome allemand Wilhelm Olbers, mais aussi par d'autres comme Thomas Digges, bien avant).

La plupart des nouvelles galaxies sont bien sûr petites et faiblardes, avec des masses de l'ordre de celles des satellites de la Voie lactée. Au cours de l'évolution de l'Univers ces petites galaxies se font absorber par les grandes de sorte que la densité spatiale n'est pas uniforme au cours du temps, ni par conséquent dans l'espace.

Les premières estimations de la population des galaxies se sont basées sur le Hubble Deep Field, une image très profonde acquise

par Hubble dans les années 1990, puis sur l'Ultra Deep Field et ont conduit à un total de 200 milliards de galaxies dans tout l'Univers observable. Mais la nouvelle étude arrive à une valeur dix fois plus élevée en se basant sur les images profondes de Hubble et diverses autres données d'observation ainsi qu'une modélisation prédisant la densité des galaxies non observables par les télescopes actuels.

La diminution du nombre des galaxies au cours du temps contribue à la solution du paradoxe d'Olbers. Il y a tant de galaxies que chaque direction du ciel en croise bien une, mais elles sont trop lointaines pour être visibles par suite, principalement, de l'expansion de l'Univers.

Le champ GOODS South (Great Observatories Origins Deep Survey) vu ici dans une image du télescope spatial Hubble, a servi au recensement des galaxies. (NASA, ESA, the GOODS Team, M. Giavalisco)

GOODS South
Hubble Space Telescope
ACS/WFC
10000
100000
1000000
10000000



2014 UZ224

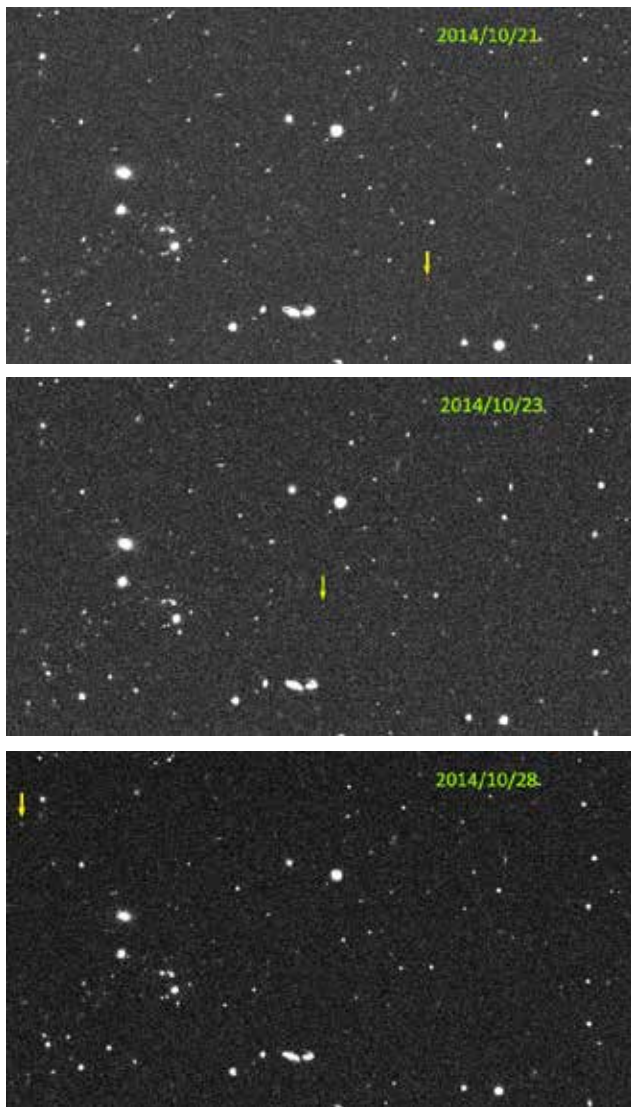
2014 UZ224 vient allonger la liste des gros astéroïdes transneptuniens très distants. Sa découverte est due à un instrument dont le but est bien différent : cartographier l'Univers des galaxies lointaines.

L'objet, affectueusement surnommé Deedee, est situé actuellement à une distance de plus de 90 unités astronomiques (ua) et se dirige lentement vers son périhélie de 38 ua qu'il atteindra en 2142. Sa période orbitale est de onze siècles. On ne connaît bien sûr pas son diamètre mais à partir de sa magnitude et de sa couleur on l'estime autour de 500 kilomètres.

C'est le troisième astéroïde le plus éloigné connu à ce jour. Malgré sa taille relativement imposante, il n'est pas encore certain qu'il remplisse les critères alambiqués de l'Union Astronomique Internationale pour mériter la distinction de planète naine. Cette petite planète ne sera reconnue naine que si elle est assez grosse ! Elle rejoindrait alors le club actuellement restreint de Sedna, Éris, Makemake, Pluton et, plus près de nous, Cérés.

Des observations en micro-ondes avec ALMA devraient bientôt permettre de préciser ce point. On observe dans ce domaine le rayonnement thermique et non une simple réflexion de la lumière solaire qui dépend énormément des conditions de surface.

Le tableau de la page suivante donne les objets transneptuniens les plus éloignés. On voit que 2014 UZ224 n'est battu que par V774104 et Éris. Faute de connaître les dimen-



*Mouvement de la petite planète transneptunienne 2014 UZ224.
(David Gedes/Université du Michigan)*

V774104	103	?	?	24	4
(136199) Éris	96.2	37.8	97.6	18.7	-1.2
2014 UZ224	91.6	38	179.8	23.2	3.5
(225088) 2007 OR10	87.6	33	100.8	21.7	2.5
2013 FS28	86.2	34.6	347.6	24.5	4.9
(90377) Sedna	85.6	76	939	21	1.6
2014 FC69	84.3	40.3	106.9	24.1	4.6
2006 QH181	83.5	37.8	96.7	23.6	4.3
2012 VP113	83.4	80.5	438	23.4	4
2013 FY27	80.2	36.1	81.8	22.1	3
2014 FJ72	71.1	38.7	152.2	24.2	5.6
2010 GB174	71.1	48.7	693	25.1	6.5
2012 FH84	68.6	45.8	80.6	25.7	7.3
2011 GM89	68.3	37.2	68.8	25.6	7.1
2015 GR50	68.2	35.6	78.6	25.1	6.7
2015 GP50	68.1	35.9	89.1	24.8	6.5
2013 FQ28	67.5	48.7	80.6	24.4	6
2013 UJ15	64.4	36.3	69.2	25.2	7
2015 RR245	64	33.7	129.2	22.1	3.9
2013 AT183	63.1	36	88.1	22	4.7
2014 SG350	63	39.9	63.9	24.8	6.8
2014 FL72	62.1	38.2	170.4	25	6.8
2014 FE72	61.8	36.3	427.4	24.1	6.1
2014 SV349	61.3	34.2	89	23	5
(148209) 2000 CR105	60.8	44.3	412	23.9	6.3
2014 SU349	60.7	30.8	109.8	25	7
2014 FF72	60.7	37.1	63.3	24.8	6.9
2014 FM72	60.4	34.4	76.6	24.1	6.2
2014 FH72	60.1	37.3	77.3	25.1	7.2
2008 ST291	60.1	42.4	154.5	22.2	4.2
2003 QX113	59.9	36.7	62.1	22.5	4.7
2015 KH162	59.2	41.5	82.8	21.6	3.9

Objets transneptuniens les plus éloignés . Les colonnes donnent l'identification, la distance actuelle au Soleil (en ua), les distances au périhélie et à l'aphélie, les magnitudes apparentes et absolues.

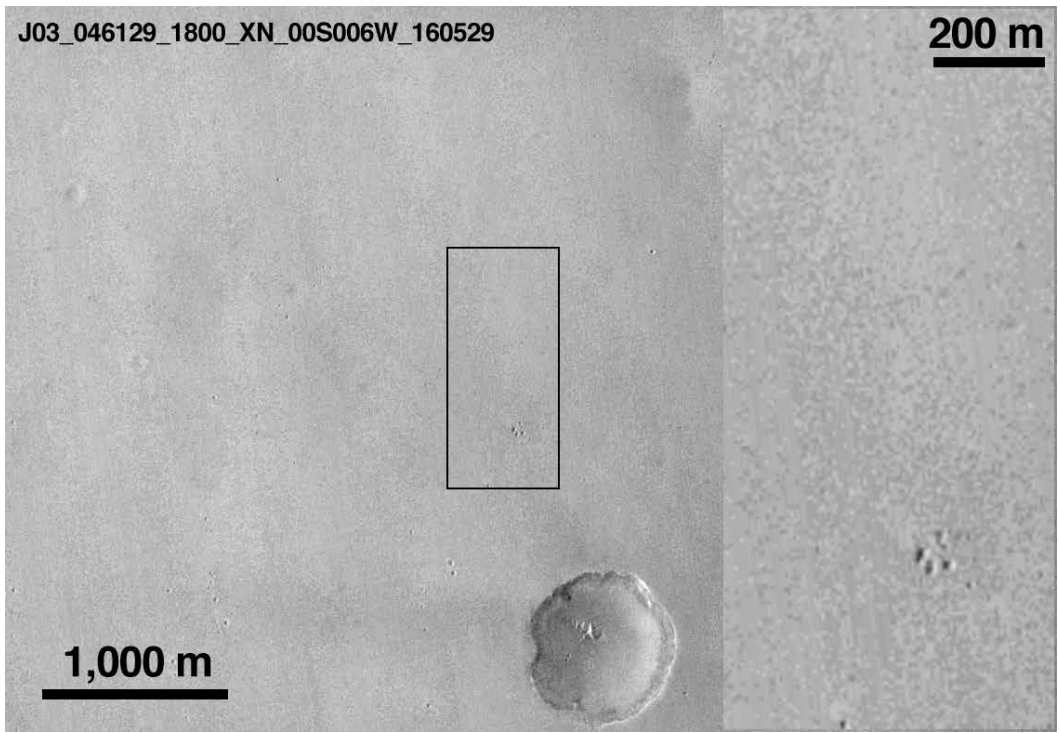
sions de tous ces objets, on peut se référer à leur magnitude absolue¹ pour juger de leur importance et 2014 UZ224 ne fait pas mauvaise figure. Si l'on excepte Éris qui est hors catégorie, et Sedna, une autre planète naine, Deedee est l'un des plus brillants.

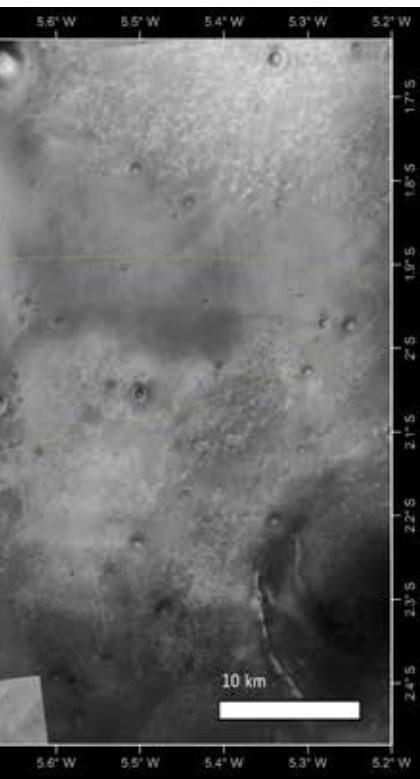
Le classement de la table est basé sur les distances actuelles. D'autres astéroïdes, non listés, ont des orbites qui les emmènent considérablement plus loin.

Une des curiosités de 2014 UZ224 est d'avoir été découvert par un instrument qui

n'était pas du tout prévu pour cela, mais qui cependant se révèle très performant pour cette tâche. La caméra DECam (Dark Energy Camera) installée sur le télescope Blanco de 4 mètres de Cerro Tololo balia assidûment un huitième de la sphère céleste dans le cadre du projet DES (Dark Energy Survey). Le but principal du DES est de photographier des centaines de millions de galaxies pour mesurer l'accélération de l'expansion de l'Univers. Repassant après plusieurs jours ou semaines sur les mêmes champs, ce travail est idéal pour détecter des objets faibles se déplaçant lentement.

¹ La magnitude absolue est celle qu'aurait un astéroïde s'il était situé à une unité astronomique de nous et du Soleil.





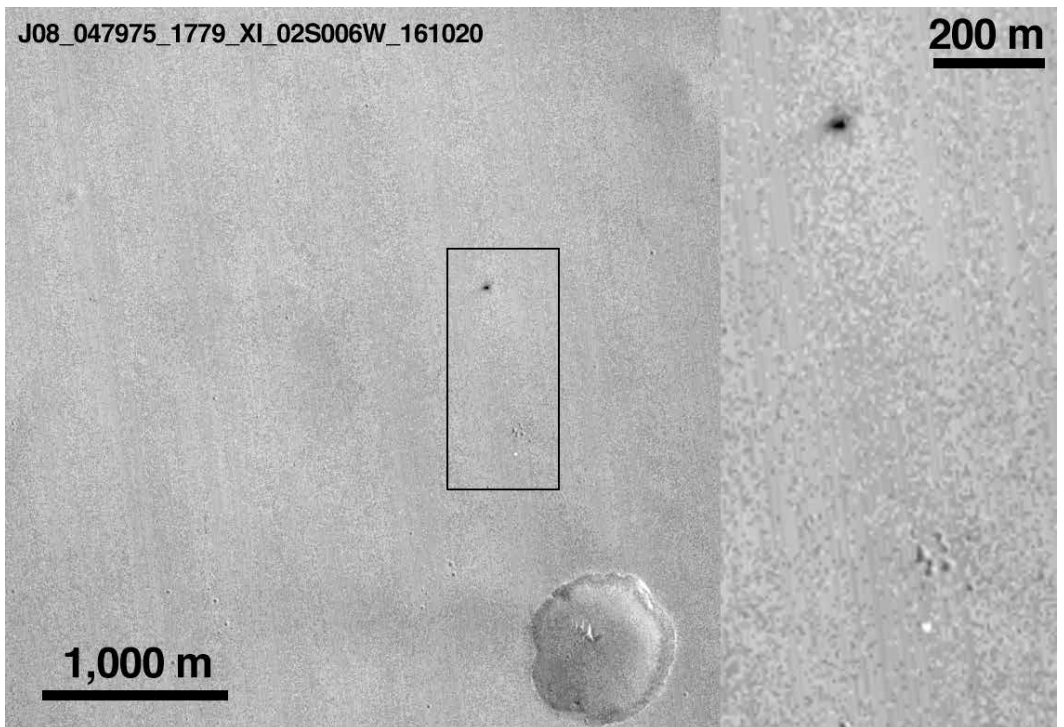
Schiaparelli

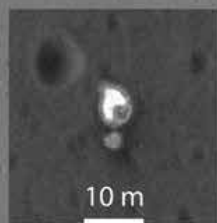
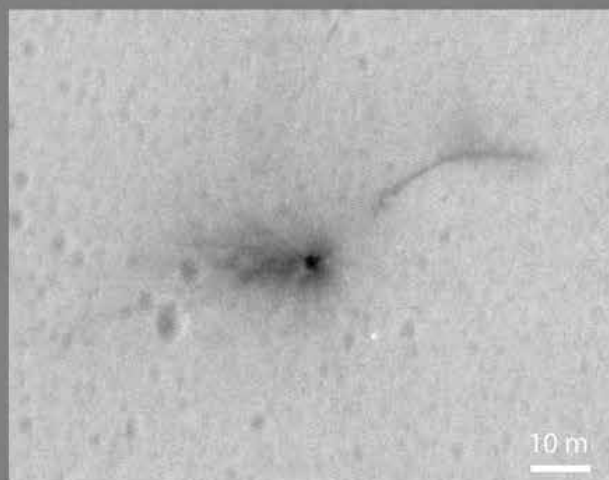
Peu après la date prévue pour l'atterrissage du module Schiaparelli de la sonde ExoMars, l'ESA faisait savoir que l'engin n'avait réussi que la plupart des étapes de sa descente, une formule qui n'arrivait pas à cacher qu'il s'était bien écrasé sur Mars comme on le craignait.

Dès le lendemain de l'événement, des images de la zone obtenues par la sonde MRO (Mars Reconnaissance Orbiter) montrent les traces de l'impact non loin du parachute.

Ci-contre, le site d'atterrissage du lander Schiaparelli observé par la caméra à basse résolution de MRO. En vert, l'ellipse délimitant la zone visée.

Les deux zooms du bas obtenus le 20 mai et le 20 octobre, soit avant et après l'arrivée de la sonde, montrent la région exacte. La partie droite de chacune de ces deux images est à son tour un agrandissement de la zone encadrée. On voit l'apparition de deux marques, une tache sombre et diffuse à l'endroit où l'engin s'est écrasé et, en bas, une tache brillante qui doit être le parachute. (NASA/JPL-Caltech/MSSS/Arizona State University)







Le 25 octobre, guidé par cette identification, on obtenait une image du champ avec la caméra à haute résolution de MRO.

Schiaparelli semble être tombé en chute libre d'une altitude de 2 à 4 km et a heurté le sol à plus de 300 km/h. Pendant ce temps, l'autre composant d'ExoMars, le TGO (Trace Gas Orbiter) entrait en orbite. Le centre de contrôle de l'ESA avait perdu le contact avec Schiaparelli une minute avant l'instant estimé de l'atterrissage. Les communications entre le TGO et Schiaparelli étaient rompues, mais elles révélaient que des problèmes étaient apparus à l'instant où le parachute et le bouclier arrière devaient être largués et que les rétrofusées devaient se mettre en action. Celles-ci devaient fonctionner une trentaine de secondes mais n'ont pas duré plus de 3 ou 4 secondes.

Cette tentative de l'Europe de poser un module sur la Planète rouge est la seconde. Il y a treize ans un engin plus modeste, Beagle 2, semble avoir atterri correctement mais n'aurait pu communiquer par suite d'un mauvais déploiement de ses panneaux solaires.

On peut au moins être satisfait de la précision de la trajectoire. Schiaparelli a abouti à seulement 5 kilomètres de la cible, bien à l'intérieur de l'ellipse d'atterrissage de 100 kilomètres sur 15.

Le TGO est maintenant, comme prévu, sur une orbite de 101 000 km par 3 691, parcourue en un peu plus de 4 jours. En mars 2017 il entreprendra des manoeuvres d'aérofreinage pour arriver progressivement à une orbite circulaire à 400 km d'altitude. Il commencera alors véritablement sa mission scientifique qui est de chercher dans l'atmosphère les signes éventuels d'une vie souterraine. Il devra plus tard jouer aussi le rôle de station de relais pour le rover ExoMars 2020.

*Sur cette image à haute résolution on voit plusieurs éléments de Schiaparelli. En bas le parachute avec le bouclier arrière. En haut à droite les débris du bouclier thermique. Au milieu, à gauche, les traces de l'impact du lander lui-même. La tache circulaire d'environ 2 m 40 correspond bien au cratère attendu. On estime sa profondeur à 50 cm.
(NASA/JPL-Caltech/Univ. of Arizona)*

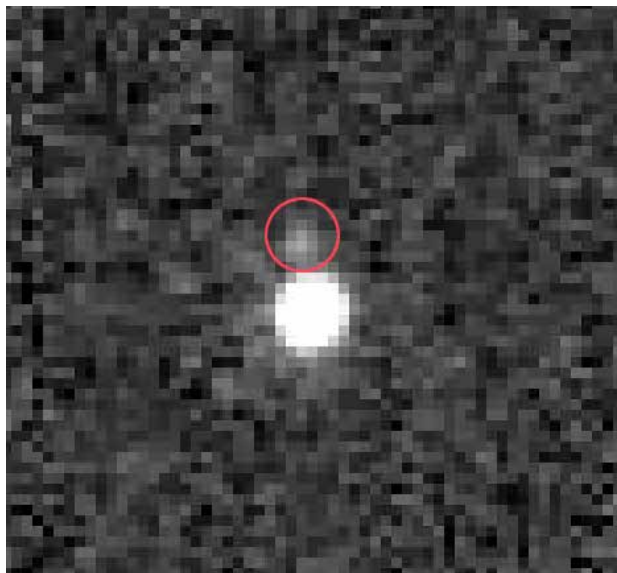


Image de 2007 OR10 prise avec le télescope spatial Hubble en 2010. La présence du satellite n'a été constatée que récemment. (NASA / STScI / Wesley Fraser / Gábor Marton et al.)

2007 OR10

Il n'y a pas si longtemps que l'on prenait avec beaucoup de réserve les annonces concernant la présence de satellites autour d'astéroïdes. Des diminutions d'éclat parasites dans la courbe de lumière d'une occultation stellaire étaient généralement attribuées à un problème technique, ou un passage nuageux. Pourtant, comment expliquer les cratères doubles que l'on peut voir sur notre satellite. La première identification claire fut celle du petit Dactyle qui accompagne Ida, une observation faite en 1993 par la sonde Galileo qui est passée à un peu plus de 2 000 km d'eux dans sa route vers Jupiter. On pourrait objecter que Pluton, maintenant quasiment relégué au rang d'astéroïde, a la priorité puisqu'il possède des satellites dont le plus gros Charon, est connu depuis 1978. Mais à l'époque on le considérait comme une planète.

Comme souvent en astronomie observationnelle, lorsqu'on sait où regarder, les identifications se multiplient à un rythme accéléré. On connaît maintenant plus de trois cents astéroïdes avec un, voire deux satellites.

Beaucoup de ces identifications concernent des géocroiseurs, des objets qui

s'approchent si près de nous qu'on peut en faire des images radar. On estime qu'un sur six des plus gros de ces astéroïdes possède aux moins un satellite.

Plus loin, on connaît de nombreux satellites dans la ceinture principale. Généralement ils sont beaucoup plus petits que l'objet primaire. Il en est de même pour les deux cas décelés parmi les Troyens.

Encore plus loin, la situation est différente. Pluton, avec son gros satellite n'est en fait pas une exception. On trouve de plus en plus de compagnons aux objets transneptuniens, au point que l'on se demande si l'exception n'est pas le gros transneptunien isolé.

Jusqu'à très récemment 2007 OR10 était avec Sedna le seul très gros objet de la ceinture de Kuiper qui n'avait pas de lune. L'examen d'images obtenues par le télescope spatial Hubble a mis fin à cette situation. Seul Sedna reste isolé, mais pour combien de temps ?

Le satellite de 2007 OR10 mesure environ 300 kilomètres, à comparer aux plus de 1 000 km de l'objet primaire. La distance entre les deux corps est d'au moins 15 000 km, trop grande pour que les deux soient en rotation synchrone.