

L'astronomie dans le monde





HK Tauri

Basé sur un communiqué ESO

Le réseau d'antennes ALMA a permis la découverte de disques protoplanétaires à l'orientation surprenante autour des étoiles du jeune système binaire HK Tauri situé à 450 années-lumière de la Terre.

Les étoiles doubles sont légion. Cependant leur dynamique interne pose question. Certaines de ces interrogations portent sur le processus et le lieu de formation des planètes au sein d'environnements si complexes.

ALMA vient de nous offrir la meilleure image à ce jour d'un système d'étoiles doubles dotées chacune d'un disque protoplanétaire. Les composantes de HK Tauri sont âgées d'à peine cinq millions d'années et séparées d'environ 58 milliards de kilomètres – ce qui représente 13 fois la distance séparant Neptune du Soleil.

HK Tauri B, l'étoile la moins brillante du système, est entourée d'un disque protoplanétaire visible par la tranche, qui bloque en partie la lumière en provenance de l'étoile. Les astronomes peuvent ainsi aisément observer le disque dans le visible ou le proche infrarouge en notant comment il affecte le spectre de l'étoile.

L'autre étoile, HK Tauri A, est également entourée d'un disque. Toutefois, ce dernier ne s'interpose pas directement devant l'étoile et ne modifie pas son spectre. Sa faible lueur se perd dans l'éclat de l'étoile. Heureusement, il émet un rayonnement intense dans le domaine millimétrique qu'ALMA peut aisément détecter.

Les astronomes ont ainsi pu observer le disque qui entoure HK Tauri A, mais également procéder, pour la toute première fois, à la détermination de sa vitesse de rotation. La très bonne résolution de l'image a par ailleurs permis aux de mesurer le défaut d'alignement des deux disques : cet écart dépasse les 60 degrés.

La binaire HK Tauri se cache au centre de ces vastes nébulosités. ESO/Digitized Sky Survey 2; Davide De Martin



Ainsi, l'un des deux disques au moins ne se situe pas dans le plan orbital des deux étoiles.

Les étoiles et les planètes se forment à partir de vastes nuages de gaz et de poussière. Au fur et à mesure que la matière contenue au sein de ces nuages s'effondre sous l'effet de sa propre gravité, elle entame un mouvement de rotation qui donne lieu à la formation d'un disque protoplanétaire aplati, tourbillonnant autour de la protoétoile qui ne cesse de croître.

La formation des disques protoplanétaires au sein d'un système binaire tel que HK Tauri revêt un caractère plus complexe. Lorsque les orbites des étoiles et les disques protoplanétaires ne sont pas dans le même plan, toute planète en cours de formation est susceptible d'adopter, à terme, une orbite très excentrique et fortement inclinée. En effet l'attraction gravitationnelle de chaque étoile perturbe le disque de l'autre étoile, ce qui se traduit par un mouvement de toupie ou de précession. Une planète en cours de formation dans l'un des disques subit également la

Vue d'artiste des disques protoplanétaires autour des deux jeunes étoiles du système binaire HK Tauri.

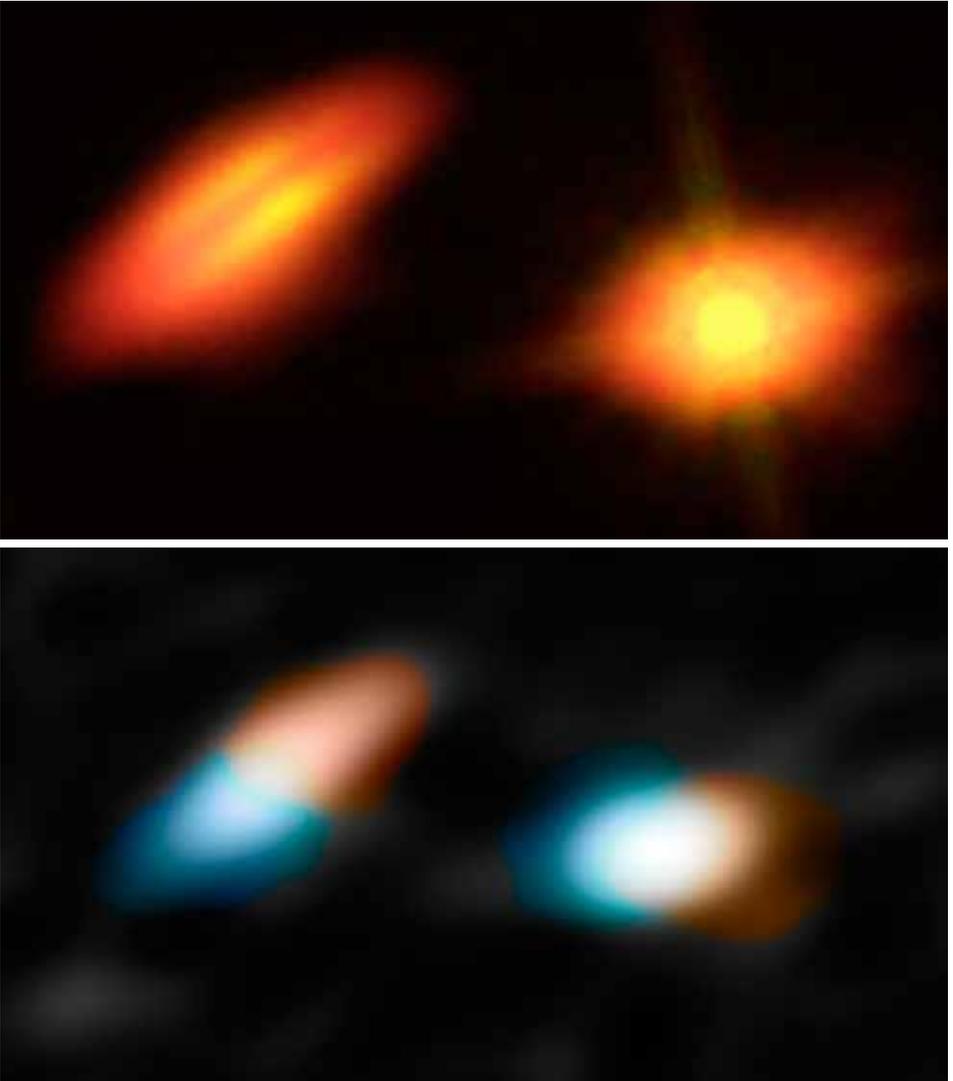
Hurt (NASA/JPL-Caltech/IPAC)

perturbation induite par l'autre étoile, et son orbite s'en trouve inclinée et déformée.

Les résultats d'ALMA montrent que les conditions nécessaires pour modifier les orbites planétaires existent dans le système de HK Tauri.

Des observations complémentaires devraient permettre de déterminer la fréquence de ce type d'alignement dans notre galaxie, la Voie lactée.

Bien que la découverte de ce processus constitue une réelle avancée, il ne peut rendre compte de l'excentricité de la totalité des orbites des planètes extrasolaires – il n'existe tout simplement pas suffisamment de compagnons binaires pour que ce processus constitue la seule et unique explication des observations. Toutes les pièces du puzzle ne sont donc pas encore rassemblées par les astronomes.



L'image du haut combine des données en lumière visible et infrarouge obtenues par le télescope spatial Hubble, avec les récentes observations d'ALMA. C'est la première vue claire des disques protoplanétaires autour des membres d'une binaire. Elle explique comment de nombreuses exoplanètes peuvent en arriver à avoir des orbites très inclinées et excentriques. L'image du bas représente les vitesses déterminées par effet Doppler dans les observations ALMA. Les régions rouges s'éloignent de nous et les bleues se rapprochent relativement au mouvement d'ensemble.
B. Saxton (NRAO/AUI/NSF); K. Stapelfeldt et al. (NASA/ESA Hubble); NASA/JPL-Caltech/R. Hurt (IPAC)

Histoires de supernovæ

Basé sur des actualités NASA, ESA et CNRS/INSU

Les supernovæ nous offrent un nouvel exemple de la marche de la science qui est tout sauf un long fleuve tranquille. Deux hypothèses principales tentent d'expliquer l'origine des supernovæ de type Ia, ces importants étalons des distances cosmiques (les « chandelles standards »). L'une (le modèle « doublement dégénéré ») invoque la collision et la fusion de naines blanches, l'autre (« simplement dégénéré ») la cannibalisation d'une étoile ordinaire par une naine blanche. Les travaux se succèdent qui favorisent tantôt l'une de ces théories, tantôt l'autre. Ainsi, en quelques semaines, le pendule a de nouveau oscillé entre les deux tendances, sans apporter de conclusion nette.

D'une part, des observations du satellite X Chandra ont conduit les chercheurs à établir l'absence de source X à l'endroit de la récente supernova de la galaxie Messier 82 (SN 2014J). Ce résultat suggère que cette explosion de type Ia n'est pas due à une naine blanche aspirant la matière soufflée par un compagnon. Elle serait plutôt le résultat de la fusion de deux naines blanches. Cela va dans le même sens qu'une étude

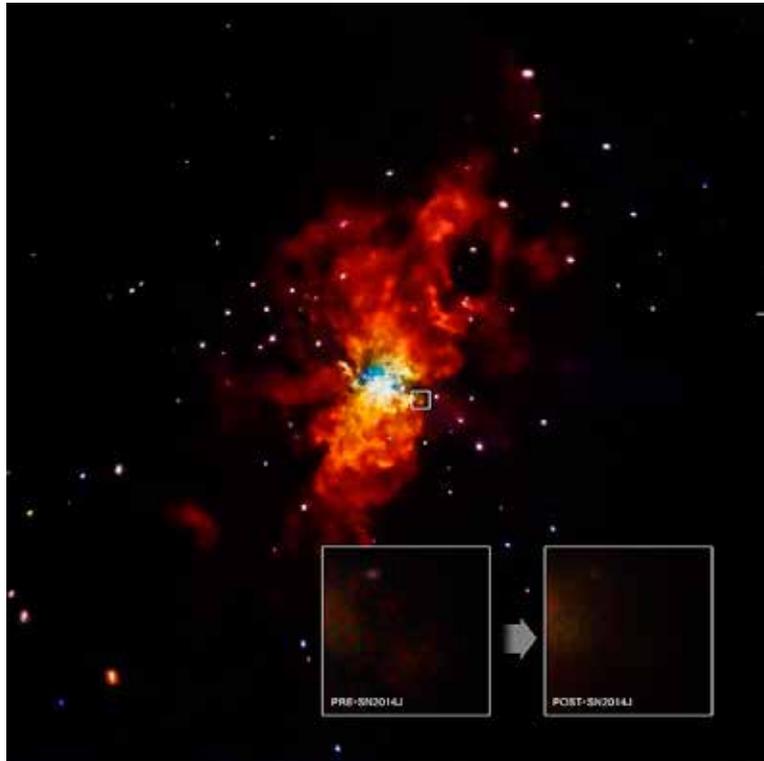
antérieure publiée pour une autre supernova la proche, SN 2011fe dans la galaxie Messier 101.

Si, avant d'exploser, une naine blanche avait aspiré la matière d'un compagnon, elle serait entourée d'un nuage de gaz très chaud émettant copieusement des rayons X. Par contre, la coalescence d'un couple de naines blanches n'entraîne qu'une faible émission X.

L'émission radio de la supernova a également été surveillée. Dans le cas simplement dégénéré, une émission substantielle aurait dû être décelée. Les observations réalisées avec le réseau VLBI européen e-MERLIN (Multi Element Radio Interferometric Network) peu après l'explosion n'ont rien pu détecter.

Le cas aurait été clair si l'analyse des observations d'un autre satellite gamma, INTEGRAL, n'avait montré les raies du cobalt 56, un élément radioactif produit en masse

L'observatoire spatial X Chandra a permis de comparer les émissions X dans la zone de la supernova SN 2014J dans la galaxie M82. NASA/SAO/CXC/R. Margutti et al



Supernova 2014J in Galaxy M82

HST ■ WFC3/UVIS ■ ACS/WFC



NASA and ESA

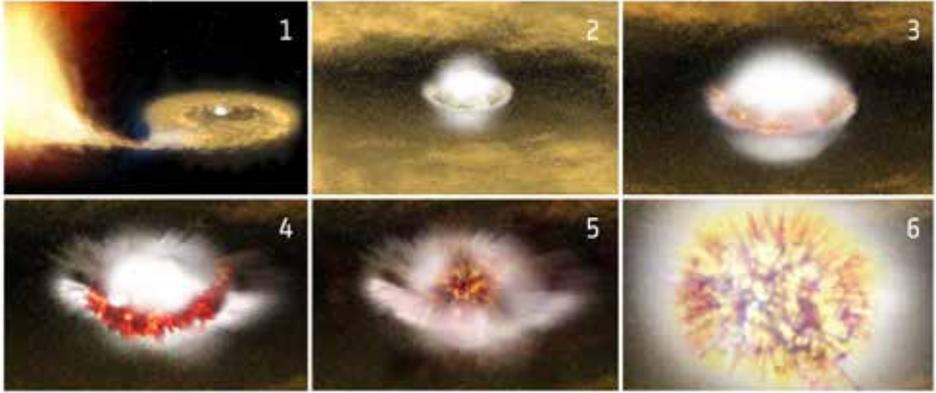
STScI-PRC14-13a

par la supernova. C'est la première fois qu'un tel rayonnement est observé en provenance de ce type de supernova. Plus précisément, c'est entre 50 et 100 jours après l'explosion que sont apparues les raies gamma nucléaires à 847 keV et à 1238 keV qui sont la signature de la décroissance radioactive de noyaux de ^{56}Co dont la demi-vie est de 77 jours. Cette observation est la preuve directe de la production par nucléosynthèse d'une importante quantité de noyaux de ^{56}Ni lors de l'explosion de l'étoile. Le ^{56}Ni décroît rapidement. Il se transmute avec une demi-vie de 6 jours en ^{56}Co qui devient à son tour du fer (^{56}Fe) en émettant les raies gamma nucléaires observées. L'observatoire INTEGRAL a aussi détecté l'émission gamma due à la diffusion (dite « Compton ») de ces raies gamma par la matière en expansion.

M82 et SN2014J, la première supernova de type Ia aussi proche découverte depuis des décennies. L'image de la galaxie en lumière visible et le zoom sur la supernova sont dus au télescope spatial Hubble.

NASA/ESA/A. Goobar (Stockholm University)/Hubble Heritage Team (STScI/AURA)

Les observations réalisées par INTEGRAL suggèrent qu'une masse de 0,6 masse solaire de ^{56}Ni radioactif a été synthétisée pendant l'explosion. L'analyse spectrale des raies gamma permet d'estimer que la vitesse des éjectas est de 10 000 km/s. Les propriétés du rayonnement observé sont en accord avec le scénario simplement dégénéré dans lequel une naine blanche massive explose



*Vue d'artiste d'un des scénarios de formation d'une supernova. Une naine blanche, une étoile compacte contenant moins de 1,4 fois la masse du Soleil, aspire la matière d'un compagnon stellaire (image 1). Une ceinture de gaz se forme autour de l'équateur de la naine (2). La ceinture éclate (3) et déclenche l'explosion interne de la supernova (4). Les éjectas se propagent dans l'espace (5) et finissent par devenir transparents aux rayons gamma (6).
ESA/ATG medialab*

après avoir accreté suffisamment de matière d'une étoile compagnon pour devenir instable gravitationnellement. Il n'est cependant pas possible d'exclure les scénarios qui proposent que ce type de supernova est dû à la fusion de deux naines blanches.

Selon les modèles de nucléosynthèse, les explosions de supernova sont la source principale du fer dans l'Univers. Les observations réalisées par INTEGRAL viennent de confirmer cette hypothèse.

La proximité de la supernova – une douzaine de millions d'années-lumière – est une aubaine pour les astronomes qui peuvent ainsi l'étudier en détails. Parmi les supernovæ récentes, trois seulement étaient aussi proches, SN 1993J dans M81, SN 2004am et SN 2008iz dans M82 (voir *Le Ciel*, mars 2014, 129). Mais ces supernovæ n'étaient pas du type Ia. Pour trouver une autre SNIa proche, il faut remonter à SN1972E qui explosa dans la galaxie

NGC5253, bien avant l'avènement des télescopes géants et des satellites X.

Ces deux séries d'observations fournissent des informations précieuses pour comprendre la physique de l'explosion des supernovæ de type Ia. Actuellement, elles semblent contradictoires. Si elles avaient concerné deux supernovæ différentes, on aurait pu conclure qu'elles relevaient chacune d'un des processus de formation des supernovæ Ia. Mais elles concernent le même objet. Les théoriciens et les observateurs ont donc encore bien du chemin à faire avant de résoudre l'énigme des chandelles standard. Mais n'en fut-il pas de même pour les Céphéides, les premières chandelles standards? La relation entre période et luminosité avait été découverte au début du xx^e siècle par Henrietta Leavitt. Les premières pistes concernant leur interprétation avaient été données assez rapidement par Sir Arthur Eddington, mais l'explication exacte des processus impliqués a demandé une bonne quarantaine d'années.

Les théories concernant les supernovæ SNIa ne sont pas les seules à subir le test des observations. Le modèle d'explosion des supernovæ de type IIb se voit confirmé par la découverte d'un compagnon pour la supernova SN1993J dans la galaxie M81. Ce compagnon avait absorbé une bonne partie de l'enveloppe d'hydrogène de la supernova avant l'explosion et il poursuit sa carrière comme une étoile à hélium très chaude.

Fusion intergalactique

Basé sur un communiqué ESO

Le réseau d'antennes ALMA ainsi que de nombreux autres télescopes au sol et dans l'espace ont permis d'obtenir le meilleur cliché d'une collision entre deux galaxies, collision qui s'est produite alors que l'Univers était deux fois plus jeune qu'aujourd'hui. Parmi les nombreux instruments utilisés figuraient pas moins de trois télescopes de l'ESO : ALMA, APEX et VISTA. Les autres télescopes et catalogues sollicités furent : le Télescope Spatial Hubble du consortium NASA/ESA, le Télescope Gemini South, le télescope Keck-II, le Télescope Spatial Spitzer de la NASA, le Très Vaste Réseau Jansky, CARMA, IRAM et SDSS et WISE. Outre cette armada, les astronomes ont aussi reçu l'aide inestimable d'une lentille gravitationnelle.

La source H-ATLAS J142935.3-002836 (ou, pour écourter, H1429-0028) fut découverte au sein du catalogue H-ATLAS constitué à partir du vaste sondage mené par le satellite Herschel dans la bande de fréquence des térahertz.

Sur des clichés acquis dans le domaine visible, cette source semble fort peu lumineuse ; dans le domaine de l'infrarouge lointain toutefois, elle figure parmi les objets gravitationnellement amplifiés les plus brillants, bien que nous l'observions à une époque où l'Univers était deux fois plus jeune qu'aujourd'hui.

Les images acquises par le télescope Hubble et l'observatoire Keck ont révélé l'existence, autour de la galaxie d'avant-plan, d'un anneau de lumière généré par un effet de lentille

gravitationnelle. Ces images dotées d'une résolution élevée ont également montré que la galaxie lentille est une galaxie en forme de disque vue par la tranche – semblable à notre galaxie, la Voie lactée. En outre, les vastes nuages de poussière qu'elle renferme absorbent en partie la lumière d'arrière-plan.

Cet obscurcissement ne pose aucun problème à ALMA ni à JVLA. Ces deux réseaux observent en effet le ciel à de plus grandes longueurs d'onde, là où la poussière est transparente. Utilisant cette combinaison de données, les astronomes ont découvert un système situé en arrière-plan : une collision en cours entre deux galaxies.

ALMA a notamment cartographié la distribution du monoxyde de carbone, ce qui a permis d'étudier en détail les processus de formation d'étoiles à l'œuvre au sein des galaxies. Les observations d'ALMA ont également conduit à la détermination des mouvements de matière dans l'objet le plus distant. Cette mesure a apporté la preuve que l'objet ayant subi l'effet de lentille gravitationnelle s'apparente bel et bien à une collision galactique au cours de laquelle des centaines de nouvelles étoiles sont créées à un rythme annuel, et que l'une



La lentille gravitationnelle agissant sur H1429-0028 est une spirale vue de profil. Elle barre l'image en anneau de la collision lointaine de deux galaxies. Combinaison d'images prises avec le télescope spatial Hubble et le Keck-II d'Hawaï (avec optique adaptative). ESO/NASA/ESA/W. M. Keck Observatory

des deux galaxies affiche encore quelques signes de rotation, ce qui atteste de l'existence d'un disque avant cette collision.

Ce système formé de deux galaxies en cours de collision fait penser à un objet bien plus proche de nous : les galaxies « des Antennes ». Il s'agit là aussi d'une collision spectaculaire entre deux galaxies, vraisemblablement dotées d'une structure en forme de disque dans le passé. Le système des Antennes transforme chaque année quelques dizaines de masses solaires de gaz en nouvelles étoiles, alors que H1429-0028 transforme plus de quatre cents masses solaires.

Lithium

Basé sur un communiqué ESO

L'étude d'étoiles géantes rouges de l'amas globulaire M54 confirme le problème de l'abondance cosmologique du lithium en l'étendant aux objets extragalactiques.

Les observations réalisées avec le VLT de l'ESO montrent que les abondances dans M54 sont similaires à celles caractérisant les étoiles de la Voie lactée. Cet amas ressemble

L'amas M54 photographié par le télescope VST de l'ESO.



à bien d'autres. Toutefois, il renferme un secret : Messier 54 n'appartient pas à la Voie lactée, mais à une petite galaxie satellite, la galaxie naine du Sagittaire. C'est cette filiation pour le moins inhabituelle qui a permis aux astronomes de mesurer la quantité de lithium présente au sein d'étoiles situées à l'extérieur de la Voie lactée, et de répondre à la question de savoir si cet élément s'y trouve également en quantités plus faibles que ne le prédisent les modèles. Ainsi donc, le problème du lithium n'est pas spécifique à la Voie lactée.

Le lithium est un élément chimique léger (de numéro atomique 3), dont la quantité actuellement présente dans l'Univers fut majoritairement créée lors du Big Bang, en même temps que l'hydrogène et l'hélium – quoiqu'en de plus faibles proportions. Les astronomes sont en mesure de déterminer précisément l'abondance théorique de lithium dans l'Univers jeune, et d'en déduire la concentration au sein des étoiles âgées. Les résultats obtenus sont incompatibles – les étoiles contiennent environ trois fois moins de lithium qu'elles ne le devraient. En dépit de nombreuses décennies de recherche, le mystère demeure donc entier.

Plusieurs scénarios ont été envisagés en vue de résoudre l'énigme du lithium. Le premier suppose que les calculs d'abondance de lithium créé lors du Big Bang sont erronés – des tests effectués très récemment tendent toutefois à infirmer cette hypothèse. Le second scénario envisage la possibilité que le lithium ait été, d'une manière ou d'une autre, détruit au sein des toutes premières étoiles, avant même la formation de la Voie lactée. Enfin,

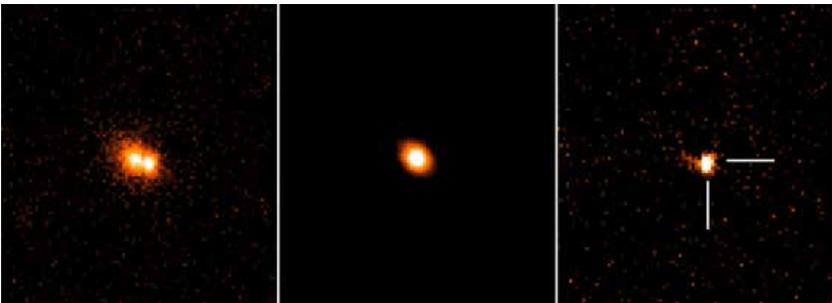
selon un troisième scénario, un processus interne aux étoiles aurait progressivement détruit le lithium au cours de leur existence.

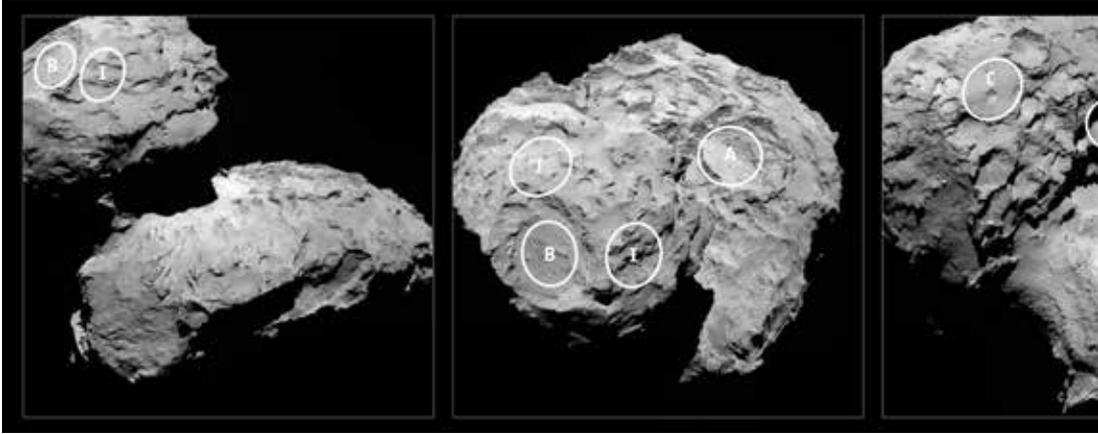
Autour de la Voie lactée gravitent plus de 150 amas globulaires, sortes de sphères constituées de centaines de milliers d'étoiles âgées, dont la formation a accompagné celle de notre galaxie. L'un d'eux, ainsi que plusieurs autres également situés dans la constellation du Sagittaire, ont été découverts à la fin du XVIII^e siècle par le chasseur de comètes français Charles Messier. Plus de deux cents ans après sa découverte, Messier 54 était encore considéré comme semblable aux autres amas globulaires de la Voie lactée. En 1994 toutefois, il apparut qu'il était en réalité affilié à une galaxie distincte de la nôtre – la galaxie naine du Sagittaire. Sa distance fut alors estimée à quelque 90 000 années-lumière – ce qui correspond à plus de trois fois la distance séparant la Terre du centre galactique.

Des nouvelles de Gaia

Gaia, le nouveau télescope spatial arpenteur du ciel, a découvert sa première supernova Gaia14aaa dans la galaxie lointaine SDSS J132102.26+453223.8. En régime de croisière, il devrait en trouver trois par jour.

*À gauche, la supernova Gaia14aaa et sa galaxie hôte. Les deux images de droite montrent les deux objets séparément grâce à un traitement numérique.
(M. Fraser/S. Hodgkin/L. Wyrzykowski/H. Campbell/N. Blagorodnova/Z. Kostrzewa-Rutkowska/Liverpool Telescope/SDSS)*



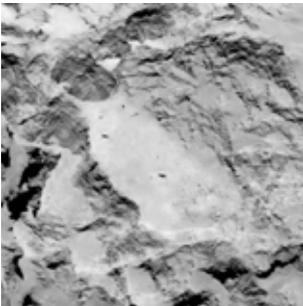


Rosetta

Le choix de l'ESA est connu pour le site d'atterrissage du module que doit débarquer la sonde Rosetta en novembre – le premier atterrissage jamais tenté sur une comète.

Cinq zones (A, B, C, I, J) de la comète 67P avaient d'abord été identifiées sur base de contraintes techniques et de critères scientifiques grâce aux informations détaillées recueillies par le véhicule spatial de l'ESA, pendant les premières semaines passées près de la comète (voir les images ci-jointes). C'est le J qui a été retenu, avec le C comme réserve.

La course pour trouver un site approprié pour poser l'atterrisseur Philae, n'a pu commencer qu'après le rendez-vous de Rosetta avec la comète le 6 août. La comète 67P/Churyumov-Gerasimenko n'avait évidemment jamais été vue d'aussi près.



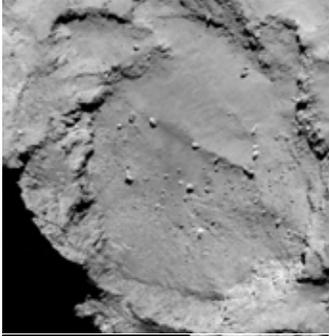
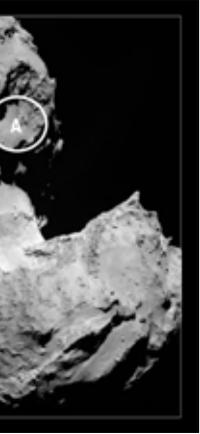
Images de Rosetta montrant une première sélection d'une dizaine de sites possibles d'atterrissage.

*ESA/Rosetta/MPS for OSIRIS Team
MPS/UPD/LAM/LAA/SSO/INTA/UPM/
DASP/IDA*

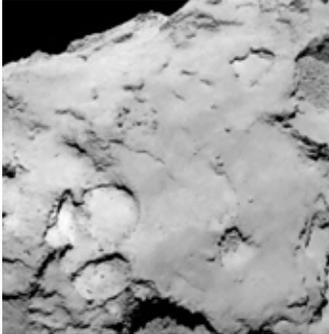
L'atterrissage devrait avoir lieu le 11 novembre lorsque la comète sera à 450 millions de kilomètres du Soleil, avant que l'activité sur la comète n'atteigne un niveau qui pourrait mettre en péril le déploiement précis et sûr de Philae sur la surface, et avant que le matériau de surface ne soit modifié par cette activité.

La comète est sur une orbite de 6,5 années autour du Soleil, et se trouve aujourd'hui à 522 millions de kilomètres de lui. Au périhélie (c'est-à-dire au plus proche du Soleil) le 13 août 2015, dans un peu moins d'un an, la comète et Rosetta seront à 185 millions de kilomètres du Soleil, ce qui signifie une augmentation par huit de la lumière reçue en provenance du Soleil.

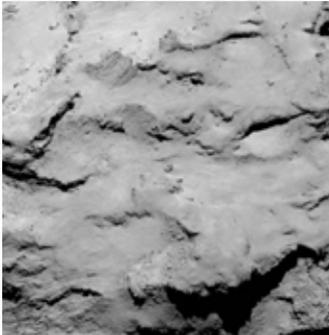
A - Situé sur le plus grand des deux lobes, avec une vue intéressante sur le petit. Ce terrain reliant les deux lobes étant potentiellement soumis à d'importants dégazages, des images HD (haute définition) étaient nécessaires pour étudier les pentes et dépressions, et rechercher les meilleures zones d'ensoleillement.



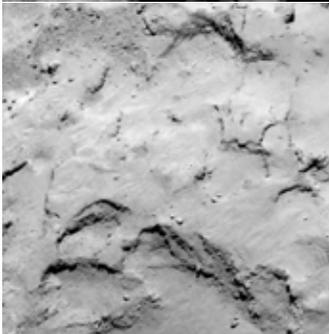
B - Situé dans une structure à l'allure de cratère sur le plus petit lobe, ce site possède un terrain plat et apparemment sûr pour se poser, mais les conditions d'insolation auraient pu s'avérer problématiques à long-terme. Les images HD ont permis de mieux visualiser les blocs de roches présents.



C - Ce site a été choisi en réserve pour l'atterrissage. Il est situé sur le plus grand lobe du noyau et offre plusieurs surfaces distinctes qu'elles soient bien ensoleillées, accidentées ou au contraire très plates. Les images HD permettent de mieux évaluer le risque, mais le site est bien ensoleillé, point positif pour l'utilisation scientifique à long-terme de Philae.

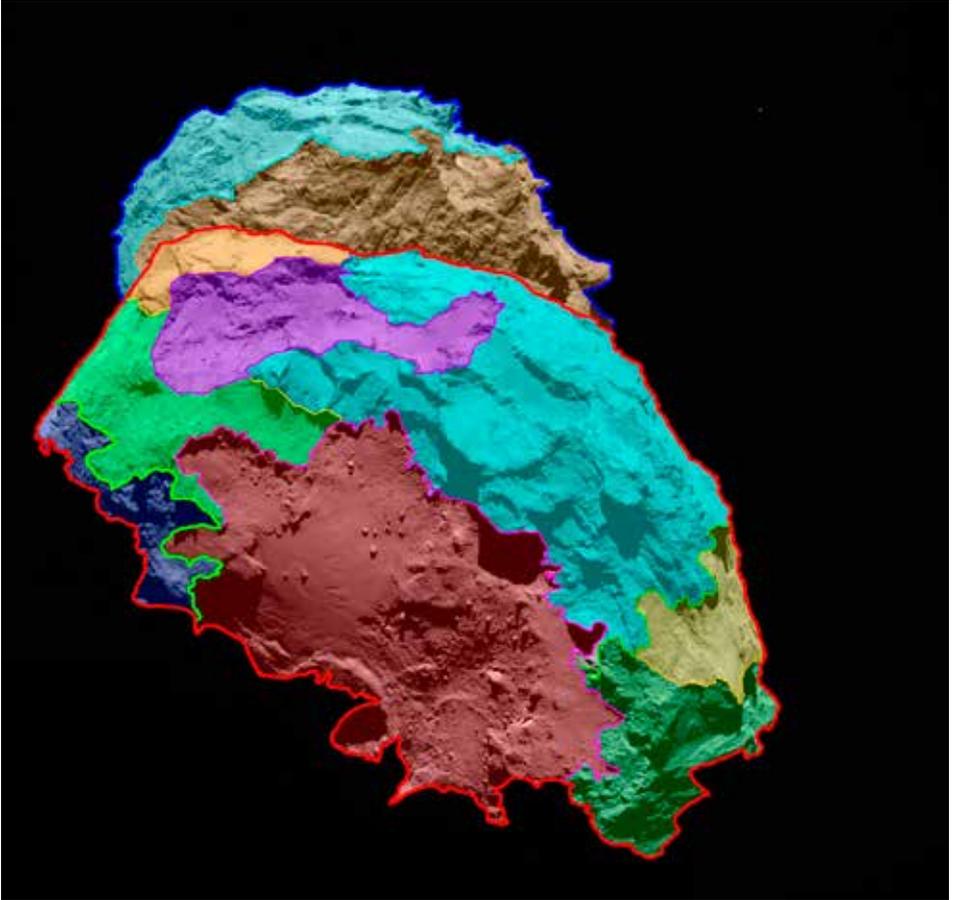


I - Zone relativement plate située sur le petit lobe et contenant un terrain qui pourrait être récent. Les conditions d'insolation pouvaient être propices à une étude scientifique à long-terme.



J - Site finalement retenu par l'ESA. Assez similaire au précédent et aussi sur le petit lobe (la « tête »), ce site offre une surface a priori intéressante ainsi qu'un ensoleillement suffisant. Il semble donc plus propice que le site I, ce qui est vérifié par les images HD qui permettent de mieux voir les rochers présents.

ESA/Rosetta/MPS for OSIRIS Team
MPS/UPD/LAM/IAA/SSO/INTA/UPM/
DASP/IDA



Au cours de leurs examens préliminaires, les astronomes ont déjà pu apprécier la diversité géologiques des terrains, noter la présence de falaises, de cratères, de dépressions, de gros rochers, et même de rainurage. Ils ont pu tracer une carte du noyau séparant les diverses régions. Certaines zones semblent inertes qu'alors que d'autres endroits paraissent recevoir des retombées de poussières émises depuis des sources souterraines.

Les observations réalisées au cours de la mission devront montrer s'il y a des changements, s'ils sont importants et quelle est leur fréquence.

*Vue du « ventre » et de la « tête » de la comète 67P/Churyumov-Gerasimenko montrant des régions de morphologies distinctes.
ESA/Rosetta/MPS/OSIRIS, MPS/UPD/LAM/IAA/SSO/INTA/UPM/DASP/IDA*

Laniakeia

Basé sur un communiqué CNRS

Dans l'Univers, les galaxies sont groupées en amas, et se déplacent en suivant des « courants », le long de filaments délimitant de grandes régions vides. Les régions étendues de haute concentration en galaxies, comme celle dans laquelle nous vivons, sont appelées des superamas.

Pour la première fois, les chercheurs proposent une définition dynamique de notre superamas de galaxies, évoquant la notion de « bassin versant » en hydrologie. Il est possible de délimiter un volume cosmique dans lequel circulent des courants de galaxies, comme des cours d'eau dans des ravines. D'un diamètre de 500 millions d'années-lumière, ce continent extra galactique contient une masse d'environ 100 millions de milliards de fois la masse du Soleil. Laniakea est cent fois plus volumineux que ce que l'on pensait depuis 50 ans. Les chercheurs lui ont donné ce nom hawaïen (signifiant « immenses horizons célestes ») en hommage à ce pays de navigateurs aux étoiles qui abrite quelques-uns des plus grands télescopes du monde utilisés pour cette découverte.

Cette recherche met un point final aux questionnements sur le « Grand Attracteur », qui duraient depuis 30 ans. Cette région qui semble attirer toutes les galaxies voisines, sans paraître pourtant plus dense, peut se comparer à un large vallon où se déverse la matière. L'étude montre par ailleurs que notre continent extragalactique contient environ 100 000 grosses galaxies comme la nôtre et un million de plus petites. Cette étude fait appel au plus grand catalogue de vitesses de galaxies jamais publié (8 000 galaxies), préparé depuis des années pour construire une carte détaillée de la distribution de matière (noire et lumineuse) dans l'Univers.

Deux vues du superamas Laniakea. La surface extérieure bleutée englobe tous les courants de galaxies (lignes noires) dirigés vers l'intérieur. Le centre se situe aux alentours du Groupe Norma. Des couleurs différentes sont données aux galaxies individuelles afin de distinguer les composants majeurs dans le superamas Laniakea : le Supergroupe Local historique en vert, la région du Grand Attracteur en orange, le filament de Pavo-Indus en violet et les structures incluant le Mur Antlia et le nuage Fornax-Eridanus en magenta.

© Cosmic Flows

