

# L'astronomie dans le monde

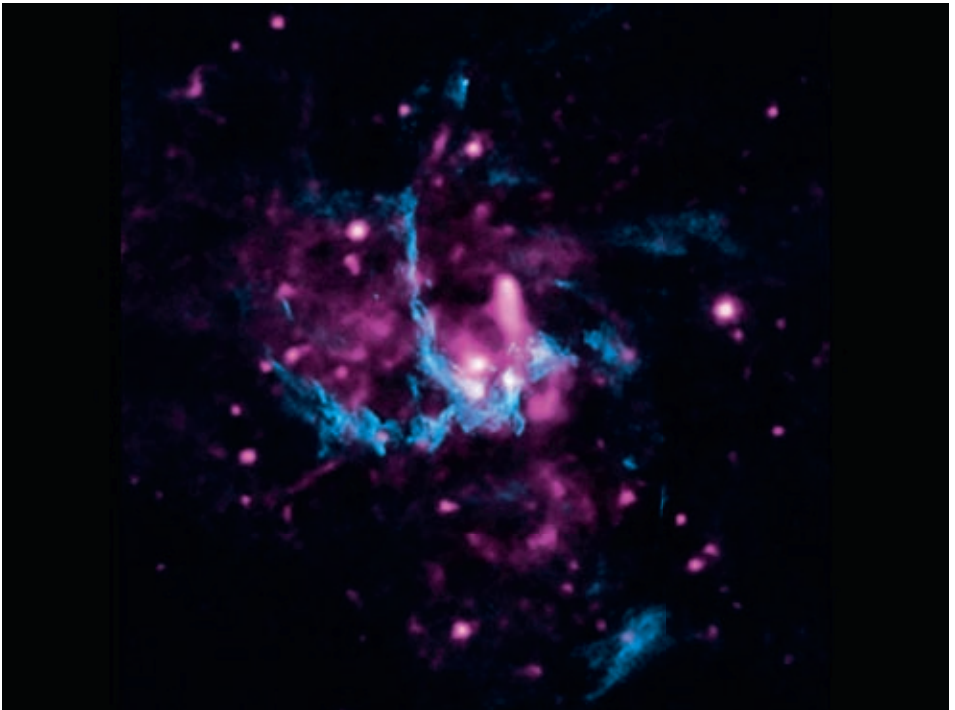
## **Sgr A\***

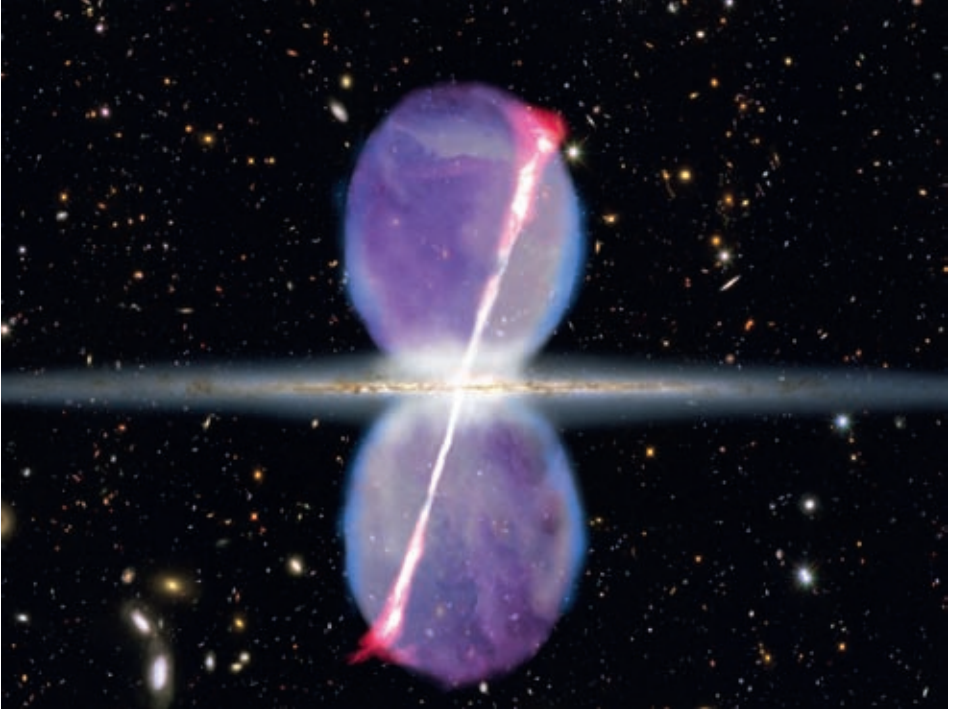
Les observations X et radio réalisées au moyen du télescope spatial Chandra et du VLA suggèrent la présence d'un jet émanant du trou noir central de la Voie lactée, Sgr A\*. Les jets proviennent de l'expulsion de matière que le trou noir n'a pas réussi à gober et qu'il rejette perpendiculairement au disque d'accrétion, c'est-à-dire selon l'axe de rotation du trou noir. Les observations montrent que le jet est parallèle à l'axe de rotation de la Galaxie. Les rotations sont donc parallèles. Cela implique que la Galaxie n'a probablement jamais connu de collisions majeures. Depuis une dizaine de milliards d'années, le gaz et la poussière ont dérivé de la même manière vers le trou noir dans un mouvement en spirale parallèle au

plan galactique. Une collision avec une autre galaxie, et une fusion des trous noirs centraux auraient certainement donné une orientation différente à l'axe de rotation du trou noir résultant.

Les jets viennent par paires, symétriquement de part et d'autre du trou noir. On ne voit que le jet situé de notre côté, l'autre étant probablement masqué par du gaz et des poussières.

*Image composite en rayons X (pourpre) et en radio (bleu) montrant la région du trou noir supermassif Sgr A\*, au centre de la Galaxie. (X NASA/CXC/UCLA/Z.Li et al; Radio : NRAO/VLA)*





*Représentation artistique des bulles gamma découvertes par l'observatoire spatial Fermi et des jets du trou noir central. La structure s'étend sur un total de 50 000 années-lumière soit la moitié du diamètre de la Voie lactée et l'on suppose qu'elle résulte des éjections du trou noir. (NASA)*

Ce n'est pas la première fois que l'on annonce la détection d'un jet, mais jusqu'à présent les résultats étaient peu fiables, et se contredisaient même parfois.

Les nouveaux indices concernant le jet sont d'une part un alignement en direction de Sgr A\* de nuages émettant en X (une structure connue comme G359.944-0.052) et, d'autre part, une onde de choc détectée en radio, et qui signifie l'impact d'un jet sur le gaz interstellaire. Finalement, le spectre X de Sgr A\* ressemble à celui des jets émis par les trous noirs supermassifs d'autres galaxies.

Cela confirme aussi l'origine des bulles géantes de gaz observées par le télescope spatial gamma Fermi de part et d'autre du plan galactique.

### **Géant cosmique**

En analysant la répartition de sursauts gamma les astronomes ont mis en évidence la plus grande structure connue de l'Univers. Les GRB (Gamma Ray Bursts) montrent en effet une curieuse préférence pour les constellations d'Hercule et de la Couronne Boréale.

Avec un diamètre de 10 milliards d'années-lumière, ce monstre domine le Large Quasar Group, qui n'en fait que 4 milliards, et écrase le Sloan Great Wall (1,4 milliards). L'origine de cette structure est encore incertaine mais on favorise une concentration gigantesque d'amas de galaxies.

L'étude des sursauts gamma devra être poursuivie pour confirmer et détailler cette structure.

### ***Pénitents d'Europe***

On imagine les difficultés que rencontrerait un vaisseau spatial tentant d'atterrir dans la réserve naturelle du Tsingy de Bemahara à Madagascar, une zone au relief déchiqueté où pointent vers le ciel une forêt d'aiguilles rocheuses. Le chaos du Tsingy provenant de l'érosion karstique d'un massif calcaire est unique sur notre planète, mais un autre type de phénomène produit des formations serrées d'éperons verticaux que l'on trouve sur les hauts plateaux andins. C'est ce genre de terrain qui pourrait accueillir les astronautes sur Europe, l'un des satellites galiléens de Jupiter, si l'on en croit les derniers modèles. Les chercheurs ont tenté de deviner la structure de la surface à une échelle meilleure que 10 mètres

*Aiguilles rocheuses dans le Parc du Tsingy de Bemahara. (© Olivier Lejade, wikimedia commons)*  
*Les canyons aux bords tranchants comme un rasoir des Tsingy de Bemaraha se sont formés en grande partie sous la surface, à partir de cavités étroites et profondes. Tandis que les pluies de mousson cisaient le sommet d'un vaste dépôt calcaire, la nappe phréatique dissolvait la roche le long d'un réseau de lignes de fracture. Lorsque la voûte des cavités s'effondra et que la nappe s'abaissa, un labyrinthe de canyons avec lapiés tranchants émergea. (© wikipedia)*





– résolution des meilleures images obtenues jusqu’à présent.

Les pénitents ne se forment sur Terre que dans les régions tropicales car ils demandent un Soleil souvent proche du zénith, éclairant le fond des crevasses et ne frappant pas trop les flancs des aiguilles. La région équatoriale d’Europe peut convenir et rien n’empêche d’imaginer la présence de pénitents de quelques mètres qui passeraient inaperçus sur les images actuelles.

Les astronomes ont quelques observations en faveur de cette hypothèse. Les cartes thermiques montrent une bande anormalement froide le long de l’équateur; Agissant comme les ailettes d’un radiateur, les pénitents peuvent très bien expliquer ce refroidissement. Les échos radar montrent aussi une réflexion anormalement faible près de l’équateur. Là aussi, la structure des pénitents expliquerait

*Champs de Pénitents dans les Andes Centrales en Argentine (Rio Blanco). Les aiguilles peuvent atteindre jusqu’à cinq mètres de hauteur et sont légèrement inclinées vers le nord, dans la direction du Soleil à la mi-journée. Les pénitents furent décrits pour la première fois par Darwin en 1839. Il avait pu les observer lors de sa traversée de la Cordillère entre Santiago et Mendoza. (© wikipedia)*

la diffusion et l’éparpillement des ondes dans toutes les directions.

Aux plus hautes latitudes, les scientifiques prévoient une structure moins tourmentées, des espèces de bols de quelque cinquante centimètres de diamètre.

Ces résultats obligent à réviser les projets d’exploration d’Europe. Le satellite est d’un intérêt tout particulier en raison des possibilités de vie qu’offre son océan souterrain, un vaste réservoir contenant plus d’eau liquide







*Pénitents de glace au clair de Lune à Chajnantor.*

*Ces formations bizarres de neige et de glace sont connues sous le nom de pénitents. Ils sont illuminés par le clair de Lune, visible sur la droite de la photo. Sur la gauche, on peut voir les Nuages de Magellan, tandis que la lueur rougeâtre de la nébuleuse de la Carène apparaît près de l'horizon tout à gauche. On peut imaginer ici une assemblée de moines de glace, se rassemblant au clair de Lune. Les pénitents sont des merveilles naturelles se trouvant dans les régions de haute altitude telles que les Andes chiliennes, à plus de 4 000 mètres d'altitude. Les détails du mécanisme formant ces pénitents ne sont toujours pas compris. Pendant de nombreuses années, la population des Andes croyait que les pénitents étaient dus aux forts vents dans les montagnes des Andes. Toutefois, les vents n'ont qu'un faible rôle dans leur formation. De nos jours on croit qu'ils résultent d'une combinaison de phénomènes physiques. Le processus commence avec la lumière du Soleil brillant sur la surface de la neige. À cause des conditions très sèches dans ces régions désertiques, la glace se sublime au lieu de fondre. L'ablation différentielle est favorisée par un phénomène de feedback, la lumière solaire étant réfléchie sur les parois des aiguilles. Au bas des aiguilles, la haute température et l'humidité permettent la fusion de la glace. (ESO/B. Tafreshi, twanight.org, wikipedia)*



que tous les océans terrestres combinés. Une première mission, Europa Clipper, qui pourrait être lancée au début des années 2020 devrait permettre d'obtenir des images topographiques avec une résolution meilleure que le mètre, ce qui permettrait de régler la question des pénitents et de décider des lieux appropriés pour un atterrissage.

L'Europe (notre continent) n'est pas en reste. Elle prépare une mission ambitieuse JUICE (JUPiter ICy moons Explorer mission) devant étudier Jupiter et les trois lunes galiléennes susceptibles de contenir un océan (Callisto, Europe et Ganymède). Le lancement pourrait avoir lieu en 2022 et l'arrivée près de la planète géante en 2030.

Le but ultime des astronomes est d'un jour envoyer une sonde forer la croûte superficielle d'Europe (la lune) et de permettre à un sous-marin d'explorer l'océan.

*Vue d'artiste de Europa Clipper, une mission de la NASA qui devrait explorer le satellite de Jupiter en effectuant 32 passages rapprochés à des distances allant de 2 700 à 25 kilomètres. L'environnement magnétique de Jupiter oblige à imaginer une protection efficace du vaisseau spatial contre les radiations. D'une part, Europa Clipper passera le plus clair de son temps hors des ceintures de radiation. D'autre part, les composants sensibles seront dans une enceinte blindée.  
(NASA/JPL Caltech)*

Il faut évidemment s'assurer que l'arrivée sur Europe se fasse dans les meilleures conditions, et pas sur un terrain hérissé d'aiguilles acérées.

L'exploration actuelle du lac Vostok, sous les glaces de l'Antarctique peut être considérée comme un prototype de cette mission.

## **Pulsars milliseconde**

Un pulsar est une étoile à neutrons, un astre très compact issu de l'effondrement gravitationnel d'une étoile massive ayant épuisé son combustible nucléaire. Cet effondrement des couches internes a lieu en même temps que l'explosion en supernova des couches externes.

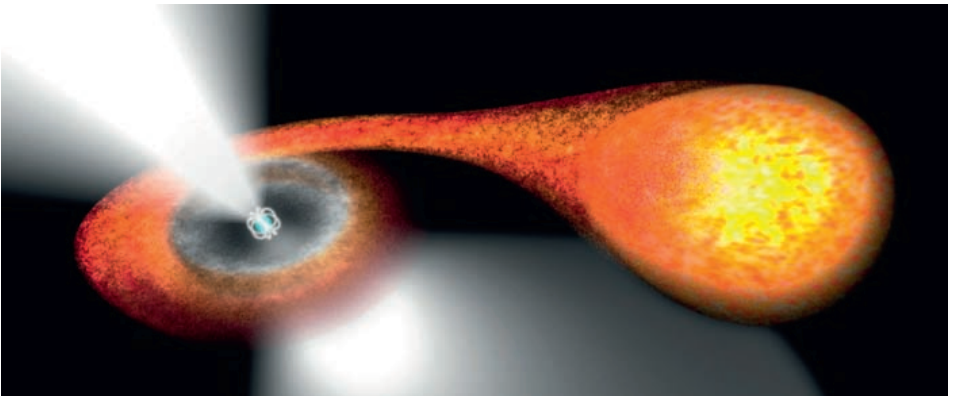
La masse des étoiles à neutrons va de 1,4 à environ 3 fois celle du Soleil. La valeur inférieure correspond à la limite de Chandrasekhar des naines blanches. En absorbant la matière d'un compagnon proche, ou en fusionnant lors d'une collision, les étoiles naines blanches finissent par arriver à cette limite et s'effondrent. Des étoiles plus massives peuvent donner des pulsars au-delà de la limite de Chandrasekhar, mais à partir d'une certaine valeur la gravité de l'étoile à neutrons serait telle que la pression interne serait vaincue et l'astre s'effondrerait en quelque-chose de beaucoup plus compact, un trou noir. C'est la limite TOV (Tolman–Oppenheimer–Volkoff) qui est de l'ordre de 1.5 à 3 masses solaires et qui correspond à des masses stellaires originelles, avant effondrement, de 15 à 20 fois celle du Soleil.

Une fois formée, l'étoile à neutrons ralentit progressivement sa rotation suite à la dissipation d'énergie par le champ magnétique tournant. Cependant, si l'étoile a un compagnon proche, elle peut en siphonner la matière via un disque d'accrétion. Cet apport peut accélérer la rotation jusqu'à de très grandes

valeurs. On estime qu'au-delà de mille tours par minute, la perte d'énergie par rayonnement gravitationnel compenserait l'accélération par accrétion. Mais, de toutes façons, vers 1 500 tours minutes l'étoile se briserait sous l'effet centrifuge.

Les effets de marée subis au cours de ce processus d'accélération devrait circulariser parfaitement l'orbite du couple et c'est ce que l'on observe généralement. Pourtant, deux pulsars milliseconde ne cadrent pas avec ce scénario. PSR J2234+06 et PSR J1946+3417 ont des orbites allongées, ce qui a conduit les astronomes à suggérer une origine différente. Peut-être proviennent-ils directement de l'effondrement d'une naine blanche tournant rapidement sous l'effet d'un phénomène d'accrétion. La rotation permet à la naine blanche de ne pas s'effondrer malgré une masse supérieure à la limite de Chandrasekhar. L'accrétion finit par cesser et la naine blanche ralentit progressivement pour finalement ne plus résister à l'effondrement. On assiste alors à la naissance d'un pulsar milliseconde sur une orbite qui n'a pas été circularisée. Les excentricités prédites par les modèles se situent dans une gamme assez serrée (0,09 à 0,12) et correspondent bien à celles observées. Un autre scénario permet cependant de produire une plus grande variété d'orbites. Il implique l'éjection d'une étoile dans un système triple.

*Vue d'artiste d'un pulsar milliseconde gagnant en masse et en moment angulaire dans un système binaire. (ESA)*





## **Poussières lunaires**

Des données obtenues lors des missions Apollo, et égarées depuis, ont été retrouvées et ont permis de mesurer la vitesse avec laquelle la poussière lunaire s'accumule, un millimètre par millénaire, soit dix fois plus que les estimations antérieures.

L'équipement utilisé pour effectuer ces mesures, le Lunar Dust Detector, consistait en petites cellules photovoltaïques montées sur un boîtier de la taille d'une boîte d'allumettes. Le dépôt de poussières lunaires faisait diminuer l'intensité de la lumière captée et par conséquent le voltage des cellules.

Souvent considérés comme des données techniques très accessoires, les résultats avaient été oubliés à la NASA et une copie des bandes magnétiques d'archives n'a été mise au jour que récemment.

Les scientifiques ont alors pu mesurer qu'il y avait un dépôt de 100 microgrammes de poussières par centimètre carré chaque année.

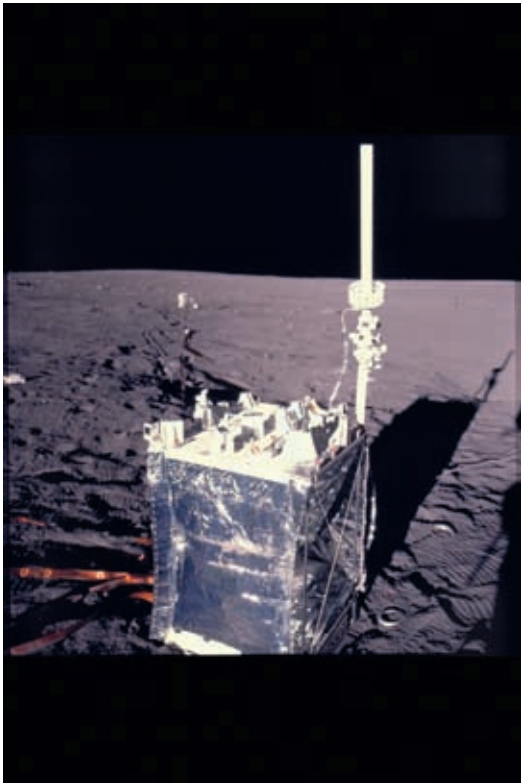
Cela ne semble pas beaucoup, mais l'effet de ces poussières sur des panneaux solaires servant à alimenter une station lunaire serait plus dommageable que celui des plus fortes tempêtes solaires et, si l'on peut protéger les cellules solaires des radiations nuisibles, il est bien plus difficile de se défaire des poussières.

On pensait initialement que les poussières lunaires provenaient uniquement de l'espace : poussières interplanétaires et retombées des impacts météoritiques. Les astronomes envisagent maintenant l'existence d'une « atmosphère » de poussières, extrêmement ténue et qui s'expliquerait par la lévitation sous l'effet d'un champ électrique. Le jour, les photons solaires éjectent des électrons des grains de poussières. Ceux-ci se chargent donc positivement. La nuit, des électrons du vent solaire sont capturés par des grains de poussière et les chargent négativement. Le phénomène de lévitation pourrait se produire à la limite des zones sombres et claires où se rencontrent les phénomènes contraires.

Des signes de la présence de ces poussières avaient déjà été remarqués. Ainsi les astronautes d'Apollo, en orbite lunaire, avaient aperçu un halo de poussière sur l'horizon.

La sonde LADEE (Lunar Atmosphere and Dust Environment Explorer), lancée en septembre devrait apporter une réponse définitive à la question depuis son orbite à 250 km d'altitude.

*Un instrument destiné à mesurer l'accumulation des poussières était abrité dans la station centrale ALSEP de plusieurs missions Apollo. Il était principalement conçu pour mesurer le dépôt provoqué par le décollage du module lunaire, mais aussi pour voir ce qui se passait à long terme. L'accumulation s'étant révélée très faible, l'équipement a plutôt servi à contrôler la lente dégradation des cellules solaires sous l'effet des radiations et des changements de température. (NASA)*



## Trous noirs intermédiaires

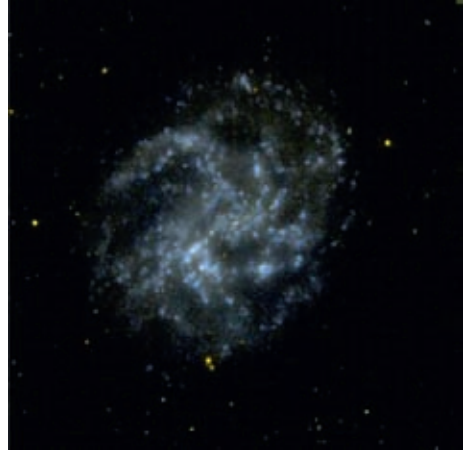
On appelle trous noirs intermédiaires, ou trous noirs de masse intermédiaire (IMBH), des trous noirs qui seraient plus gros que les trous noirs stellaires et moins gros que les trous noirs supermassifs que l'on trouve au centre des galaxies. Trop gros pour être le résultat de l'effondrement d'une seule étoile, ils pourraient provenir de la fusion de plusieurs trous noirs stellaires ou être primordiaux et avoir été créés dans le Big Bang.

Parmi les candidats IMBH les plus sérieux sérieux on trouve des noyaux peu lumineux de galaxies actives, comme NGC 4395. L'environnement peu dense de ces trous noirs diffère de celui des trous noirs supermassifs et l'on comprend mal comment ils auraient pu se former. Les sources ULX (ultraluminous X-ray sources) sont d'autres trous noirs intermédiaires potentiels. Leur haute luminosité conduit à leur attribuer des masses de plusieurs centaines de fois celle du Soleil.

Peu de candidats ont résisté à l'examen attentif, et de nouvelles études concernant les ULX pourraient réduire à zéro la liste des candidats IMBH.

La source ultra-lumineuse M101 ULX-1 située dans un bras de la spirale Messier 101, à une bonne vingtaine d'années-lumière de nous, a pu être « pesée » avec une certaine précision grâce à son mouvement orbital. Jusqu'à présent, les estimations ne dépendaient que de sa luminosité X et de son spectre, typique de ce que l'on attend en rayons X d'un trou noir assez massif. Mais le trou noir a un compagnon, une étoile de type Wolf-Rayet et on a pu déterminer que le couple parcourt une orbite complète en 8,2 jours. La masse de la Wolf-Rayet a été évaluée à 19 masses solaires. Celle du trou noir a tout

*Impression d'artiste du système de M101 ULX-1, montrant à l'avant-plan le trou noir et son disque d'accrétion, et à l'arrière-plan l'étoile de Wolf-Rayet. (Gemini Observatory/AURA; Lynette Cook)*



*Image dans l'ultraviolet de la galaxie NGC 4395 prise avec l'observatoire spatial GALEX. (GALEX/NASA)*

d'abord été estimée à 20 ou 30 fois celle du Soleil, puis encore abaissée à cinq fois celle-ci. Il est donc de masse stellaire et non intermédiaire entre celles des trous noirs stellaires et des supermassifs. Son efficacité exceptionnelle pour siphonner la matière le fait paraître plus lourd que son poids. Reste à expliquer pourquoi le spectre observé ne concorde pas avec



les attentes des théoriciens pour un trou noir stellaire, mais la mesure de la masse basée sur la loi de Newton, paraît indiscutable.

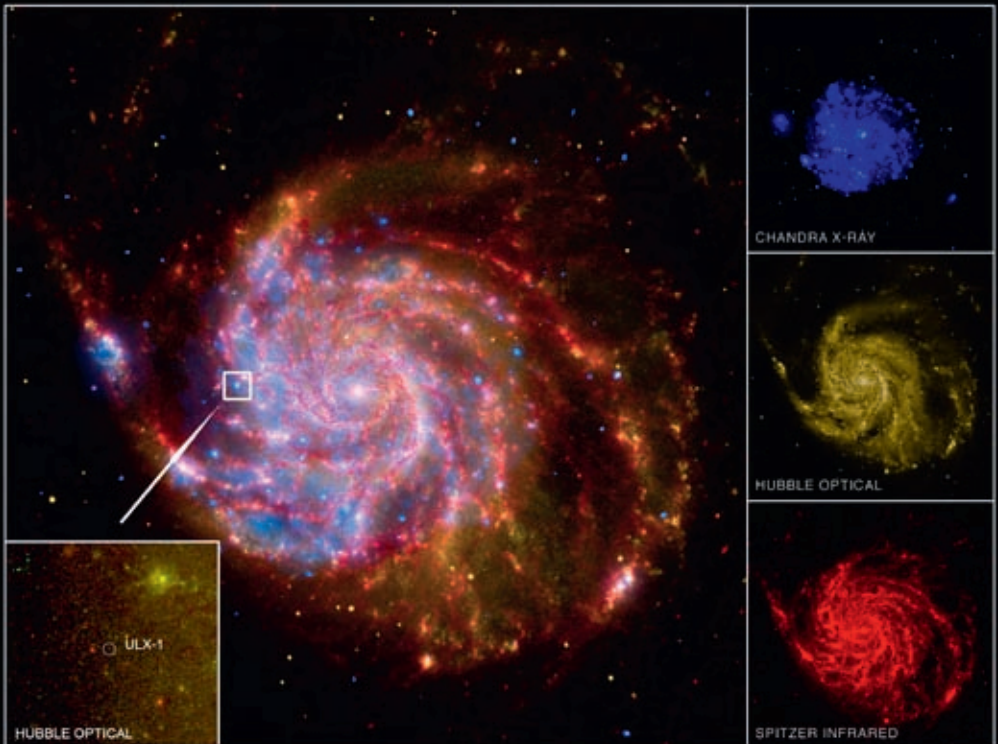
M101 ULX-1 n'est pas la seule source ultra-lumineuse soupçonnée d'être un trou noir intermédiaire et devant être ramenée à de plus justes proportions. La galaxie NGC 1313, une petite spirale située à 13 millions d'années-lumière, est le siège de deux ULX parmi les mieux étudiées. Les observations réalisées avec le télescope spatial X NuSTAR ont montré que leurs spectres ne correspondaient pas à celui de trous noirs intermédiaires. L'un

des deux serait de 30 masses stellaires, tout à fait dans le domaine des trous noirs stellaires. L'autre, avec de 70 à 100 masses solaires, est sans doute à la limite supérieure des masses pour un trou noir stellaire.

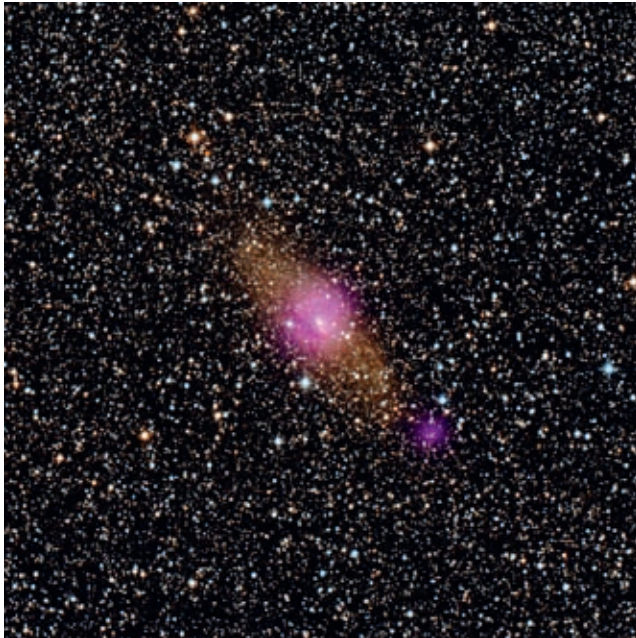
Une autre source ultra-lumineuse, découverte récemment dans la petite galaxie du Compas (située elle aussi à 13 millions d'années-lumière) a fait l'objet d'études avec toute une panoplie de télescopes, au sol et dans l'espace. La masse du trou noir est estimée à une centaine de fois celle du Soleil, à nouveau une valeur un peu élevée, mais sans doute compatible avec un trou noir stellaire.

Ces résultats tempèrent l'optimisme des astronomes dans la recherche d'éventuels trous noirs intermédiaires.

*La source ultra-lumineuse ULX-1 de M101 est située au bord d'un bras spiral. Cette photo est un composite d'images X, infrarouge et optique. (Chandra X-ray Observatory, Spitzer Satellite, Hubble Space Telescope, GALEX Satellite)*



*L'image des deux trous noirs de la spirale NGC 1313 obtenue par NuSTAR apparaît en magenta et est superposée sur une image du Digitized Sky Survey. Ce sont des sources ultralumineuses (ULX) accrétant avec une voracité inattendue la matière perdue par un compagnon stellaire. Le trou noir proche du centre de la spirale pèse entre 70 et 100 fois autant que le Soleil. L'autre trou noir, plus petit, vaut une trentaine de soleils. (NASA/NuSTAR)*



*À 13 millions d'années-lumière, la galaxie du Compas (ESO 97-G13) est la galaxie active la plus proche de nous. Deux trous noirs figurent en magenta sur l'image X de NuSTAR, superposée sur une image du Digitized Sky Survey. Le gros trou noir est le trou noir supermassif central, tandis que le petit est l'ULX. (NASA/JPL-Caltech)*



## **Rosetta**

*Basé sur un communiqué ESA*

Le flop d'ISON, l'ex-comète du siècle, ne doit pas nous détourner de ces astres qui représentent la matière primordiale du Système solaire et sont d'un intérêt exceptionnel pour l'étude de son histoire.

L'an prochain, le 20 janvier précisément, après 957 jours d'hibernation dans l'espace lointain, Rosetta, la sonde cométaire de l'ESA, se réveillera automatiquement à l'approche de la destination qu'elle aura mis près de dix ans à atteindre, la comète Churyumov-Gerasimenko.

Cette année sera particulièrement riche puisque Rosetta se rapprochera progressivement de la comète Churyumov-Gerasimenko, en vue d'un rendez-vous en août. Lorsqu'elle aura cartographié en détail la surface de la comète, la sonde enverra, en novembre, l'atterrisseur Philae qui procédera à une étude approfondie de son noyau.

Rosetta accompagnera ensuite la comète tout au long de son voyage à travers le système solaire interne.

Elle suivra ainsi l'évolution constante des caractéristiques de la comète à mesure que cette dernière se réchauffera en s'approchant du Soleil. C'est en août 2015 que sa course la mènera au plus près de notre étoile.

Le principal objectif poursuivi par Rosetta est une meilleure compréhension de l'origine et de l'évolution du Système solaire, en particulier grâce à l'étude du rôle que les comètes sont susceptibles d'avoir joué dans l'apparition de l'eau, voire de la vie, sur Terre.

La mission Rosetta donne lieu à un certain nombre de « premières » dans le domaine de l'exploration spatiale. Il s'agit de la première mission menée au-delà de la principale ceinture d'astéroïdes en ne recourant qu'à des piles photovoltaïques pour fournir de l'énergie à un véhicule spatial qui accomplit sa mission à quelque 800 millions de kilomètres du Soleil.

Une fois qu'elle aura atteint son objectif, Rosetta sera le tout premier véhicule spatial à graviter autour d'une comète et à y faire atterrir une sonde, ce qui fait de cette mission l'une des plus complexes et des plus ambitieuses jamais entreprises.

*Vue d'artiste de la sonde Rosetta larguant l'atterrisseur Philae sur le noyau de la comète 67P/Churyumov-Gerasimenko après une phase de cartographie en août et septembre 2014. (ESA-C. Carreau/ATG medialab)*



S'approcher d'une comète, graviter autour et atterrir dessus, cela nécessite des manœuvres fort délicates. Nos connaissances sur la surface de la comète sont aujourd'hui très limitées, c'est pourquoi l'atterrissage de la sonde, pour se faire dans de bonnes conditions, ne pourra se préparer qu'une fois celle-ci arrivée à proximité.

Philae fournira les premières images jamais obtenues depuis la surface d'une comète et procédera à la première analyse in situ de la composition du noyau d'un tel corps céleste en forant depuis sa surface.

Philae ne sera que le second objet artificiel à se poser sur un astre extrêmement éloigné de la Terre. Il s'approchera alors du record détenu depuis janvier 2005 par la sonde Huygens, qui s'est posée sur Titan, satellite de Saturne situé à une distance de 1,3 milliard de kilomètres de la Terre. Philae comme Huygens sont des véhicules spatiaux de l'ESA.

Enfin, Rosetta deviendra le premier engin spatial à observer de près l'évolution d'une comète à mesure que cette dernière est soumise à un rayonnement solaire de plus en plus intense.

### Visiteurs vers Mars

La Planète rouge va recevoir de la visite : deux sondes, l'une indienne, l'autre américaine, viennent de partir. L'américaine, MAVEN, va étudier l'atmosphère martienne – mais pas la présence de méthane, indice débattu de vie potentielle.

Il y a des milliards d'année Mars devait posséder une atmosphère épaisse, responsable d'un effet de serre pouvant expliquer la présence d'océans.

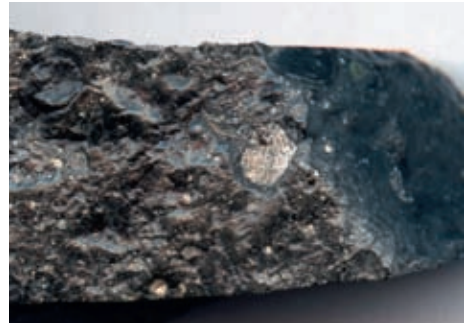
Plusieurs théories décrivent la perte de cette atmosphère. Les impacts d'astéroïdes lors de la phase du « later heavy bombardment » il y a environ 4 milliards d'années ont pu jouer un rôle. La perte du champ magnétique global qui protégeait l'atmosphère de l'érosion par le vent solaire est un candidat encore plus sérieux. Les études réalisées par le Mars Global Surveyor indiquent que les mécanismes de convection produisant le champ magnétique se sont arrêtés il y a environ 3,7 milliards

d'années. MAVEN va mesurer des vitesses d'échappement de l'atmosphère pour évaluer leur importance relative.

La sonde indienne, Mangalyaan ou MOM, en plus d'objectifs technologiques, doit faire une analyse générale de l'atmosphère et de la surface de Mars.

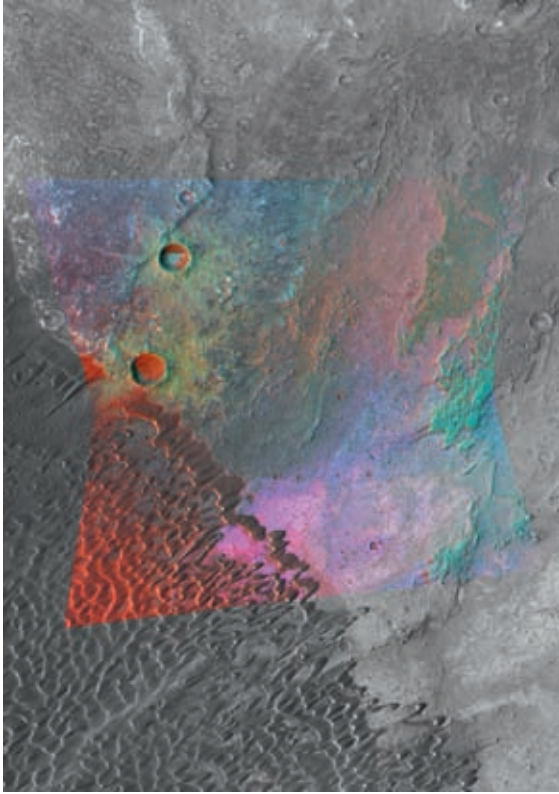
### Géologie martienne

La météorite martienne NWA 7533, découverte en 2012 dans le Sahara par des bédouins, semble provenir de la croûte martienne primitive. Son analyse permet de tirer des conclusions sur l'origine et l'âge de cette croûte, au moins 4,4 milliards d'années, soit autant que celles de la Terre et de la Lune. Une centaine de millions d'années après la formation du Système solaire, Mars était déjà une planète évoluée, avec une croûte différenciée et des processus magmatiques et atmosphériques compliqués.



*Un morceau de la météorite Northwest Africa (NWA) 7533 (© Nature/H.Y. McSween)*

La présence de roches granitiques sur Mars semble de plus en plus probable. De grandes quantités de feldspath, un minéral que l'on trouve dans le granite, semblent avoir été détectées dans un ancien volcan, et pourraient résulter d'une activité volcanique prolongée. Une autre étude attribue la même signature, trouvée dans d'autres régions de Mars, à l'anorthosite, un minéral présent sur la Lune, plutôt qu'au feldspath. Le doute subsiste mais, dans les deux cas, ces résultats prouvent que



*La présence de feldspath se note par des teintes magenta brillantes dans cette image prise par le Mars Reconnaissance Orbiter. (NASA/JPL/JHUAPL/MSSS)*

la géologie de Mars est plus complexe qu'on l'imaginait, un fait qui se voit conforté par la mise en évidence d'une interaction cyclique inattendue des halogènes entre l'atmosphère et le sol.

### **Mars et les astéroïdes**

L'influence gravitationnelle de Mars rafraîchit la surface de certains astéroïdes, une remise à neuf que l'on pensait l'œuvre exclusive de la Terre. Une longue exposition aux radiations cosmiques rougit les astéroïdes. Les

secousses subies lors d'un passage près de la Terre ou de Mars bousculent les grains et exposent de la matière fraîche. Cet effet explique les spectres observés et la proportion d'astéroïdes rafraîchis, c'est-à-dire dérougis. D'autres hypothèses impliquant les collisions entre astéroïdes ou l'accélération débridée de leur rotation ne parviennent pas à reproduire les statistiques observées.

### **Lac martien**

Les forages effectués par le rover Curiosity dans des « mudstones » ont relevé des indices de la présence éphémère d'un lac dans le cratère Gale il y a environ 3,6 milliards d'années.

Il s'agissait probablement d'un plan d'eau douce, calme, contenant des éléments comme le carbone, l'hydrogène, le soufre, l'oxygène et l'azote, et qui aurait pu constituer un milieu propice à la vie microbienne. Mais ce lac n'a subsisté que quelques dizaines ou centaines de milliers d'années.

*Forage par la sonde Curiosity dans le rocher John Klein se trouvant dans le dépôt Sheepbed de « mudstone » dans la région de Yellowknife Bay du cratère Gale. (NASA/JPL-Caltech/MSSS)*

