

L'astronomie dans le monde

Abell 2667

On vient de détecter une galaxie en train de se faire dépouiller de son gaz et de ses étoiles. Cette malheureuse galaxie s'est rapprochée un peu trop près d'un amas de galaxies et a subi les effets de cet environnement hostile.

L'étude, basée sur des observations réalisées avec le télescope Hubble et de nombreux autres télescopes et satellites, apporte un nouvel éclairage sur le lent et mystérieux mécanisme de transformation des galaxies au sein des amas et pourrait permettre d'expliquer le processus de formation des millions d'étoiles errant comme des âmes en peine au centre des amas.

Dans l'univers local, c'est-à-dire « aujourd'hui », près de la moitié des galaxies sont elliptiques, pauvres en gaz et constituées d'étoiles vieilles. L'autre moitié est composée de galaxies riches en gaz, généralement spirales ou irrégulières, jeunes et formant des étoiles en abondance. Elles se trouvent plutôt dans les régions les moins denses de l'univers.

L'amas de galaxies Abell 2667 dans le Sculpteur. (© NASA, ESA, and J. Kneib —Laboratoire d'Astrophysique de Marseille)

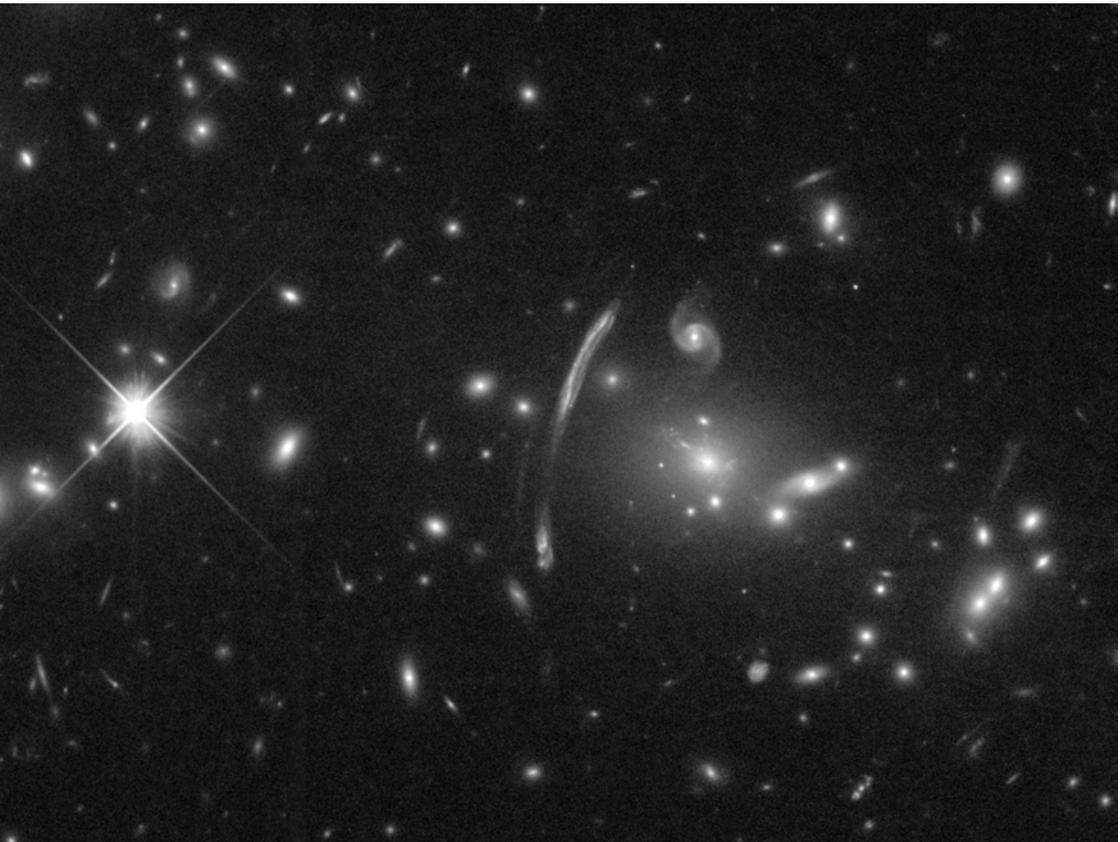


Les observations de l'univers aux distances correspondant à la moitié de son âge actuel révèlent une toute autre répartition. Les galaxies spirales et les galaxies irrégulières étaient alors beaucoup plus nombreuses. L'importante population de galaxies elliptiques dans l'univers local ne peut a priori s'expliquer que par une transformation des galaxies spirales et irrégulières au cours du temps.

Le télescope spatial Hubble a permis d'observer une des séquences les plus significatives de ce processus comme cela n'avait jamais été fait auparavant. En étudiant l'amas de galaxies Abell 2667, les chercheurs ont observé une galaxie spirale très curieuse qui le traverse avec une vitesse d'au moins 1000 kilomètres par seconde (3,6 millions de km/h). En croisant les résultats de cette observation avec ceux ob-

tenus à partir de plusieurs télescopes au sol et dans l'espace, ils ont ainsi pu apporter d'importantes précisions sur le mécanisme de la transformation en cours. Cette galaxie unique, située à 3,2 milliards d'années-lumière de la Terre subit les effets dévastateurs, d'une part de l'énorme champ gravitationnel d'Abell 2667 qui résulte de la contribution combinée de la matière noire, du gaz chaud et de centaines de galaxies et, d'autre part, de la pression dynamique du gaz chaud intra-amas.

Au cours de ce formidable plongeon au cœur d'Abell 2667, les étoiles et le gaz de la galaxie sont littéralement éjectés, donnant naissance à une longue traînée de nuages de gaz bleu lumineux et de jeunes étoiles, ressemblant à une queue de comète.



En même temps, les forces du champ gravitationnel d'Abell 2667 déclenchent une telle agitation au sein de la galaxie-comète qu'elles génèrent une très importante formation d'étoiles. Les étoiles jeunes des parties externes de la galaxie sont alors à leur tour expulsées dans le milieu intra-amas des parties centrales. Ainsi Abell 2667 est en train de vider cette galaxie de toute sa jeunesse, la vieillissant prématurément. A terme, cette galaxie n'hébergera plus que de vieilles étoiles. Vidée de tout son gaz et de toute sa poussière elle ne pourra probablement plus donner naissance à de nouvelles étoiles.

Planètes et étoiles binaires

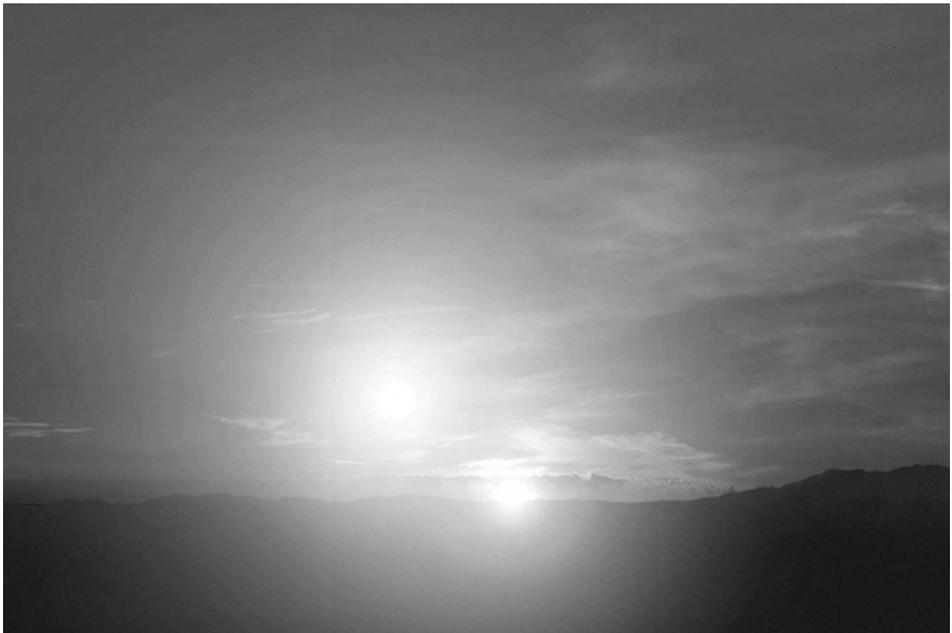
L'observation par le télescope spatial infrarouge Spitzer a montré que beaucoup d'étoiles binaires sont entourées de disques de débris. Les astronomes en déduisent que les systèmes planétaires à deux soleils pourraient être légion.

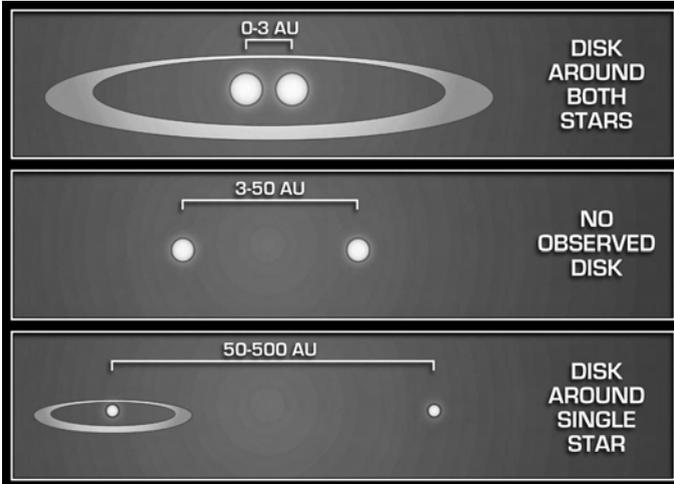
On connaissait déjà des planètes dans des systèmes doubles très écartés, là où l'on s'attend effectivement à ce que la binarité ait peu

d'influence sur la naissance de planètes. Mais dans le cas de doubles relativement serrées, distantes de moins de quelques centaines d'unités astronomiques (UA), on ne savait pas si la formation de planètes était contrariée. L'existence de disques indique la présence de comètes, d'astéroïdes et d'autres débris résultant d'un processus plus ou moins abouti de formation planétaire. La comparaison avec les étoiles simples conduit les astronomes à conclure que les étoiles doubles sont aussi souvent qu'elles accompagnées de planètes.

Cette statistique peut être quelque peu précisée. On s'est en effet aperçu que les doubles très serrées, séparées de moins de trois UA, présentent plus souvent des disques que les systèmes intermédiaires. Ainsi lorsque la séparation entre deux étoiles est comparable à la distance Soleil-Jupiter (5 UA) ou Soleil-Pluton (40 UA), le système a peu de chance d'avoir des planètes.

Un double lever de soleil n'est peut-être pas chose exceptionnelle dans l'univers.
(© NASA/JPL-Caltech/Robert Hurt,SSC)





*Le télescope spatial Spitzer Space Telescope a montré que les disques de débris sont plus fréquents autour des binaires les plus écartées (plus de 50 UA) ainsi que les moins écartées (moins de 3 UA).
(© NASA/JPL-Caltech/T. Pyle, SSC)*

*Ci-dessous, une vue d'artiste d'une binaire serrée entourée d'un disque de débris.
(© NASA/JPL-Caltech/T. Pyle, SSC)*



Les disques englobent les deux étoiles lorsqu'elles sont rapprochées, mais une seule lorsqu'elles sont écartées. C'est peut-être la raison pour laquelle il n'y a pas de disque dans les cas intermédiaires. Trop petit pour contenir les deux étoiles, il serait cependant trop grand pour une seule.

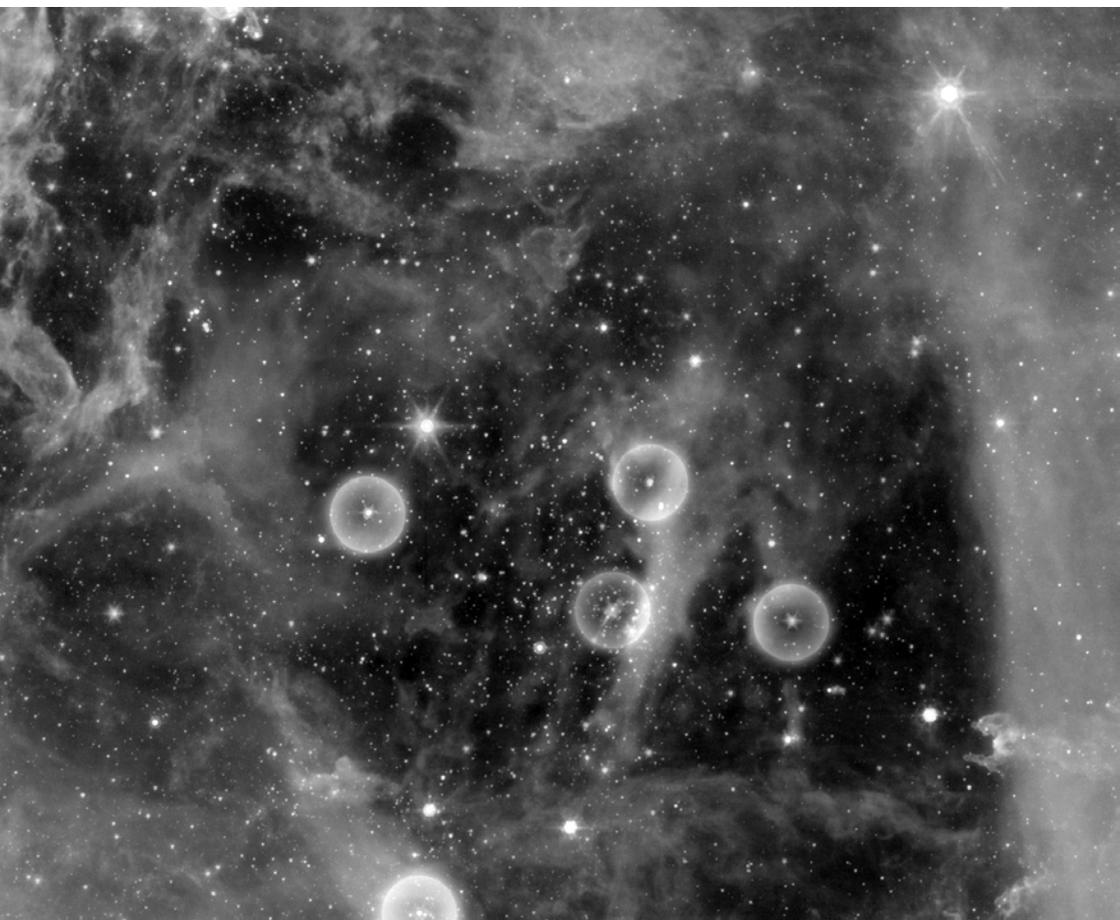
Disques proto-planétaires

Une étude de la nébuleuse de la Rosette (constellation de la Licorne) réalisée avec le télescope spatial infrarouge Spitzer montre un déficit de disques proto-planétaires autour des étoiles se trouvant à proximité d'étoiles très chaudes. Rien de plus normal puisque les vents

stellaires et le rayonnement puissant émanant de celles-ci conduisent à la dissipation rapide des disques, empêchant ainsi la formation ultérieure de planètes, faute de matière première. Les planètes qui se seraient déjà formées résistent sans peine à l'approche d'une étoile chaude.

Les planètes géantes se forment très rapidement et sont donc moins sensibles que les planètes telluriques aux « Planetary Danger Zones ».

*Les zones interdites sont représentées ici autour d'étoiles très chaudes de la nébuleuse de la Rosette dans la Licorne.
(©NASA/Spitzer)*



L'astéroïde binaire Antiope

Cet astéroïde double a pu être étudié en détail en combinant les données provenant des plus grands télescopes avec celles obtenues par de petits instruments d'amateurs.

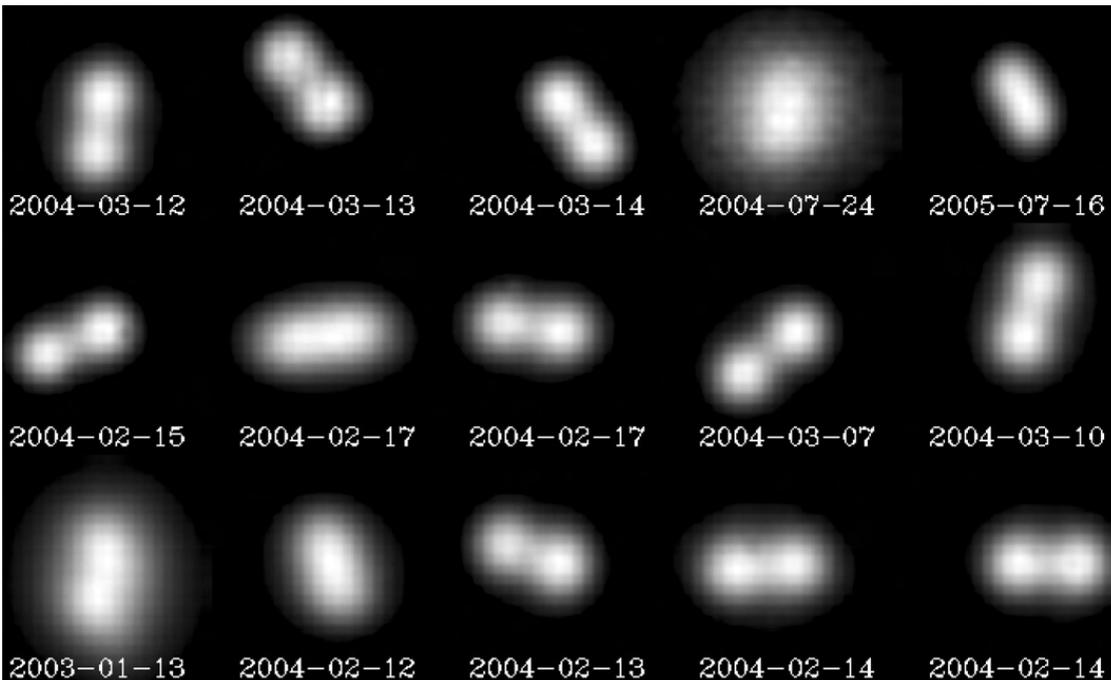
Une campagne d'observations conduite avec les télescopes VLT et Keck et faisant appel à l'optique adaptative a permis de tracer avec précision l'orbite relative des deux corps et de déterminer la masse du système. Il s'avère que les astéroïdes sont séparés de 171 kilomètres et que la période du couple est de 16 heures et demie. La rotation est synchrone et les deux astres se présentent donc perpétuellement la même face, comme la Lune par rapport à la Terre, signe du travail efficace des forces de marée.

Les astronomes se rendirent vite compte que la Terre s'approchait du plan de leur orbite

*L'astéroïde double (90) Antiope
photographié à différentes phases.
(© ESO, VLT/NACO)*

et qu'une série d'éclipses mutuelles aurait lieu entre mai et novembre 2005. Il était évidemment exclu de suivre de tels phénomènes avec les télescopes géants où le temps d'observation est dispensé au compte-goutte. Les astronomes firent donc appel à leurs collègues amateurs et professionnels du monde entier pour une campagne d'observation continue. Celle-ci fut couronnée de succès et l'on a pu établir la forme exacte des deux astéroïdes. Ils sont ovoïdes avec des grands axes de $93,0 \times 87,0 \times 83,6$ km et $89,4 \times 8,8 \times 79,6$ km.

Ces dimensions correspondent pratiquement à la forme théorique prédite par Edouard Roche en 1859 pour deux corps fluides couplés gravitationnellement. Evidemment, nos deux petites planètes ne sont pas fluides, mais leur cohérence interne est probablement si faible que les effets de marées conduisent à un équilibre identique à celui qu'adopteraient des astres parfaitement fluides.

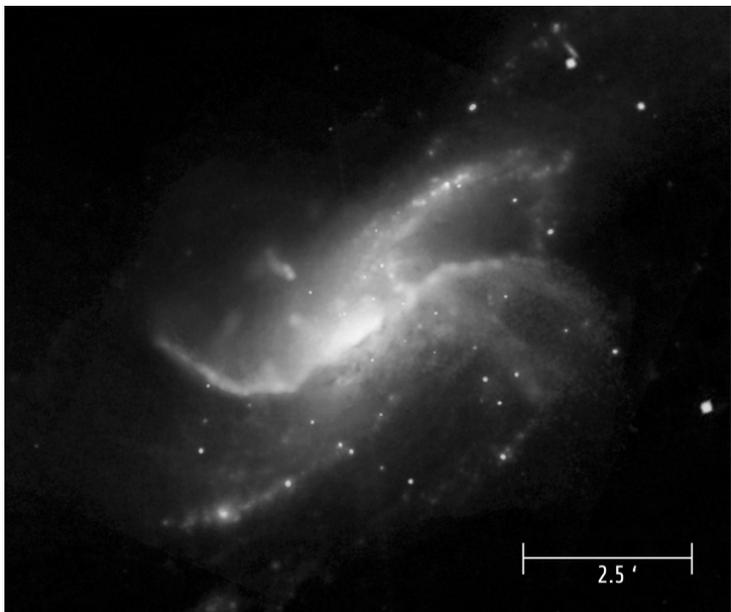


Galaxie NGC 4258

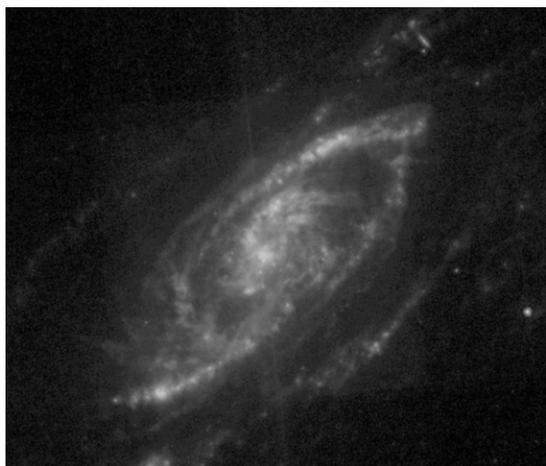
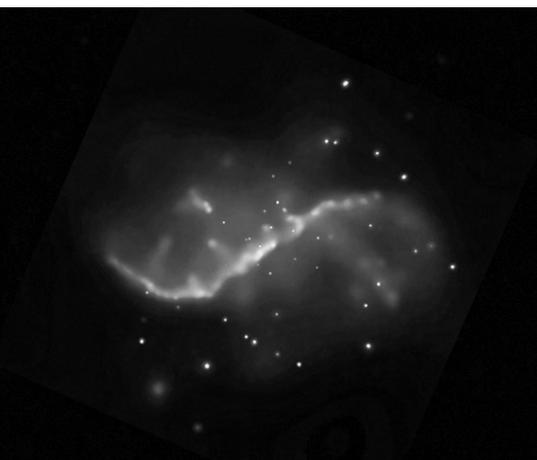
L'origine des bras spiraux anormaux de la galaxie NGC4258 a pu être expliquée suite à des observations réalisées en X et en infrarouge. Ces bras diffus, invisibles dans le domaine optique, sont des régions de gaz chauffées à de hautes températures par le passage d'ondes de choc créées par les jets émis par le trou noir central de la galaxie.

Combinaison d'images de la galaxie NGC 4258 obtenues depuis l'infrarouge jusqu'aux rayons X, incluant entre autres les deux images ci-dessous. (© NASA/CXC/Univ. of Maryland/A.S. Wilson et al. Optical : Pal. Obs. DSS; IR : NASA/JPL-Caltech; VLA & NRAO/AUI/NSF)

L'image obtenue par le télescope spatial Chandra en rayons X montre les bras « anormaux » de la spirale NGC 4258. (© NASA/CXC/Univ. of Maryland/A.S. Wilson et al.)



L'image infrarouge due au télescope spatial Spitzer montre les poussières distribuées le long des bras « normaux », ceux-là même que l'on observe dans le visible. (© NASA/JPL-Caltech)



PAH

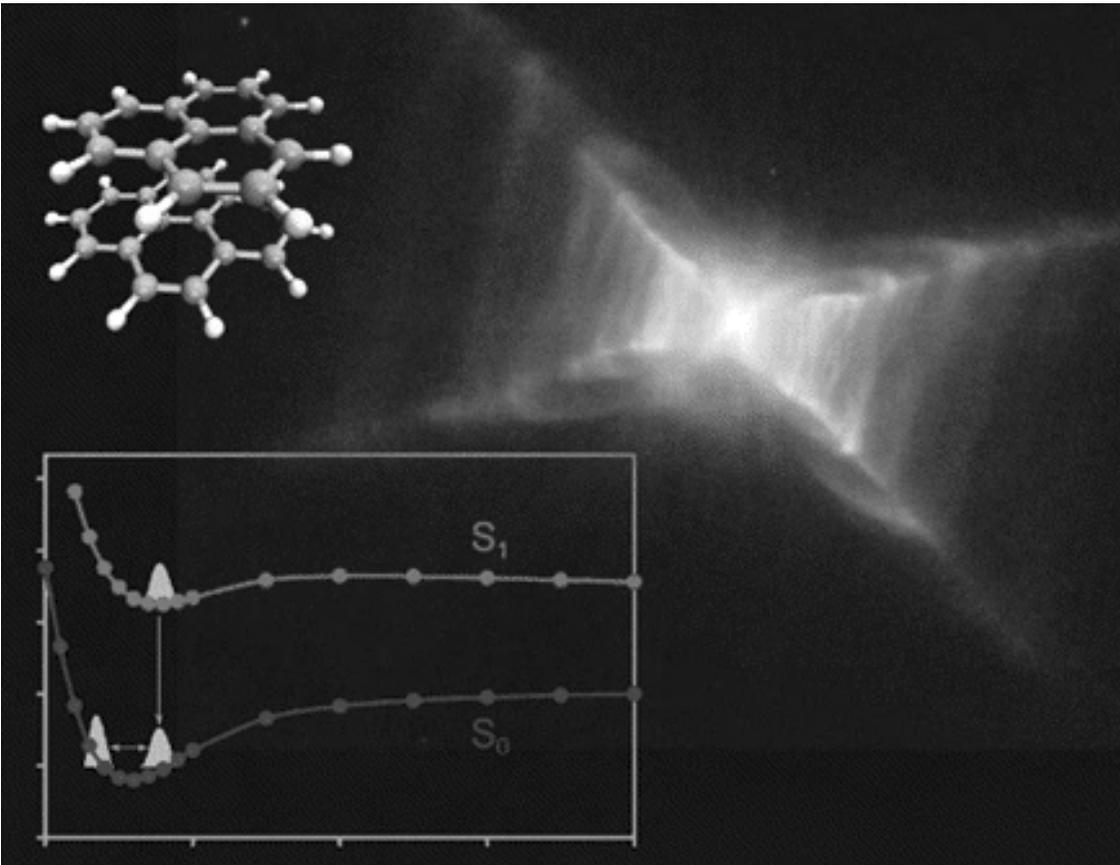
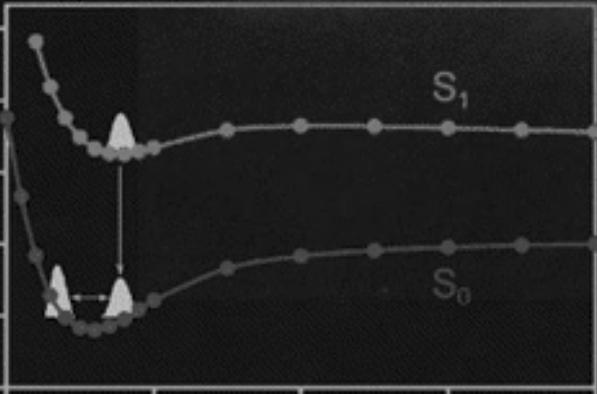
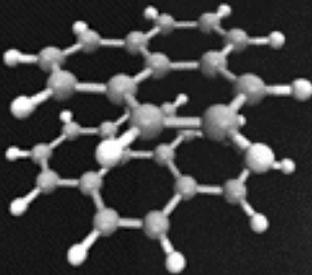
Des composés organiques aromatiques polycycliques (PAH) seraient à l'origine d'un rayonnement mystérieux (ERE, « Extended Red Emission ») observé dans la Voie Lactée ainsi que dans d'autres galaxies. Des études théoriques ont permis de mettre en évidence les propriétés de certains assemblages de PAH qui, non seulement résistent aux radiations de l'espace interstellaire, mais en ont besoin pour se constituer. Ces composés seraient également

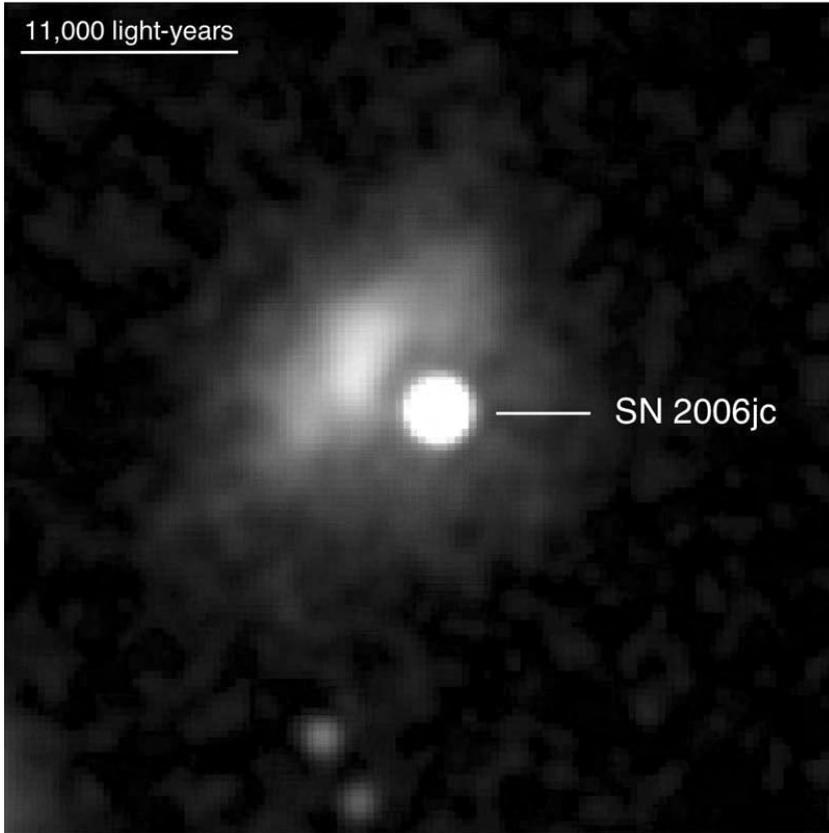
Les treillis de PAH chargés électriquement peuvent expliquer l'origine d'une lueur rouge que l'on rencontre partout dans l'univers, comme dans la nébuleuse du Rectangle Rouge. (© HST/NASA/ESA)

impliqués dans des processus plus terre à terre comme la formation de suies dans les moteurs diesel.

De nombreuses molécules avaient été proposées pour expliquer l'origine de la lueur rouge ERE, mais aucune ne satisfaisait à cent pour cent. L'hypothèse des hydrocarbures aromatiques polycycliques chargés électriquement semble mieux tenir la route. Les PAH sont de curieuses molécules avec une structure en treillis de poulailler.

Habituellement, ils ne sont pas chargés et n'émettent pas un rayonnement de la même teinte que ERE (cf spectres dans l'encadré de la figure ci-dessous)..





Supernova 2006jc

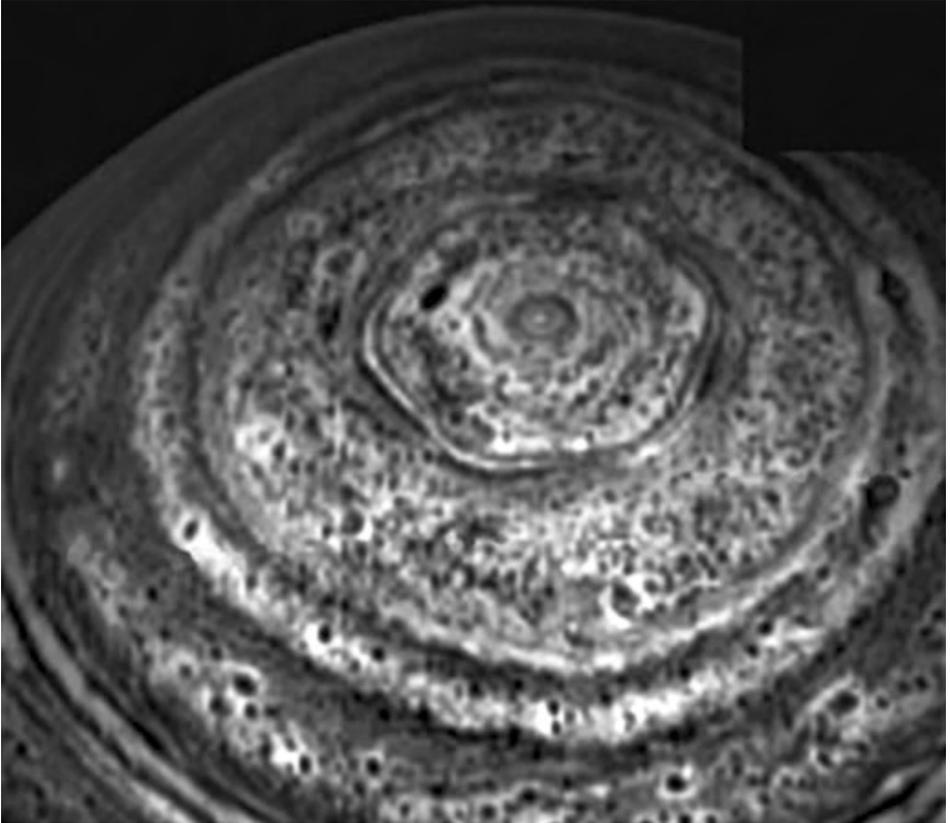
En 2004, un violent sursaut dans la galaxie UGC 4904 avait fait croire à l'explosion d'une supernova. L'étoile survécut, mais deux ans plus tard, à la grande surprise des astronomes, elle explosait à nouveau, et cette fois pour du bon. L'événement de 2004 n'était qu'un dernier hoquet, préluant à la destruction de l'étoile. L'observation du rayonnement X pendant les mois qui suivirent montre que les débris de la supernova ont rapidement rattrapé l'enveloppe éjectée lors de la première explosion. L'étoile était sans doute encore récemment une LBV (Luminous Blue Variable), une étoile massive dans une phase très instable de son évolution. Les LBV sont sujettes à de fortes éruptions qui font souvent croire à des su-

Image en ultraviolet de la supernova 2006jc obtenue par le satellite Swift. (© NASA/Swift/S. Immler)

pernovae. L'éjection de l'enveloppe extérieure aurait pu en faire brièvement une Wolf-Rayet, mais les Wolf-Rayets ne présentent pas d'éruptions aussi violentes. Les théoriciens sont donc bien intrigués. Ils ne comprennent pas comment une étoile massive peut produire une supernova aussi vite après un important outburst.

L'hexagone de Saturne

L'étrange hexagone entourant le pôle nord de Saturne à la latitude de 78 degrés a été observé par spectromètre visible et infrarouge de la sonde Cassini. L'image présentée ici est la première prise pratiquement au-dessus du pôle



*L'hexagone du pôle nord de Saturne observé en infrarouge thermique par Cassini.
(© NASA/JPL/University of Arizona)*

et couvrant toute la calotte en une fois. Elle a été prise le 29 novembre 2006 depuis une distance de 900 000 km. Jusqu'ici les images obtenues depuis le sol ou l'espace montraient toujours cette structure au bord du disque de la planète.

Découvert dans les années 80 à l'occasion des missions Voyager, l'hexagone s'affirme comme une structure stable, au moins sur des dizaines d'années.

L'image a été prise en infrarouge thermique, à la longueur d'onde de 5 microns, alors que la nuit polaire régnait sur la zone observée. Le rayonnement est dû à la chaleur interne de Saturne qui s'échappe lentement depuis sa formation il y a des milliards d'années. C'est sur ce fond que l'on voit en silhouette des nuages situés 75 kilomètres au-dessous des couches observables dans le domaine visible.

De multiples images obtenues au cours d'une période de douze jours montrent que la structure est quasi stationnaire et s'étend profondément dans l'atmosphère.

On ne comprend toujours pas l'origine du phénomène qui semble très stable et n'a pas d'équivalent austral - le pôle sud montre un simple tourbillon.

Oxygène moléculaire interstellaire

Selon un communiqué de l'Observatoire de Paris

L'oxygène moléculaire a longtemps été considéré comme un composant potentiel important et abondant dans les nuages moléculaires. Pourtant les recherches menées depuis plus de vingt ans n'avaient pas réussi à le détecter, mais on vient enfin de détecter la raie fondamentale de O_2 avec le satellite Odin et son télescope sub-millimétrique de 1.1m de diamètre, couplé à un récepteur dédié à la raie à 119 GHz fondamentale de l'oxygène moléculaire. L'abondance déduite de O_2 est mille fois inférieure aux premières attentes.

L'oxygène est l'élément le plus abondant dans le cosmos après l'hydrogène et l'hélium. Il est deux fois plus abondant que l'élément suivant, le carbone. On s'attend donc à ce que des espèces comme O (l'oxygène atomique),

OH (le radical hydroxyle), H_2O (l'eau) et O_2 (le dioxygène ou oxygène moléculaire) soient abondantes dans le gaz interstellaire. Si les 3 premières ont bien été détectées dans le milieu interstellaire, la molécule O_2 ne l'était toujours pas jusqu'à aujourd'hui. Pourtant la molécule assez semblable CO (monoxyde de carbone) est couramment observée et sert même de traceur pour l'hydrogène moléculaire H_2 invisible à basse température. Pourquoi ?

Notre atmosphère étant pleine d'oxygène moléculaire, les télescopes au sol sont totalement aveuglés dans ce domaine de fréquences correspondant aux raies de O_2 . Diverses stratégies pour contourner ce problème existent (observer des molécules isotopiques comme $O^{18}O$, qui ne saturent pas les récepteurs, observer des sources extragalactiques très lointaines pour bénéficier de leur décalage vers le rouge, en dehors des fréquences bloquantes de l'atmosphère, utiliser des avions ou des ballons, etc.);

mais le mieux est de disposer d'un satellite pour observer la molécule O_2 en se plaçant au-dessus de l'atmosphère.

C'est ce que viennent successivement de

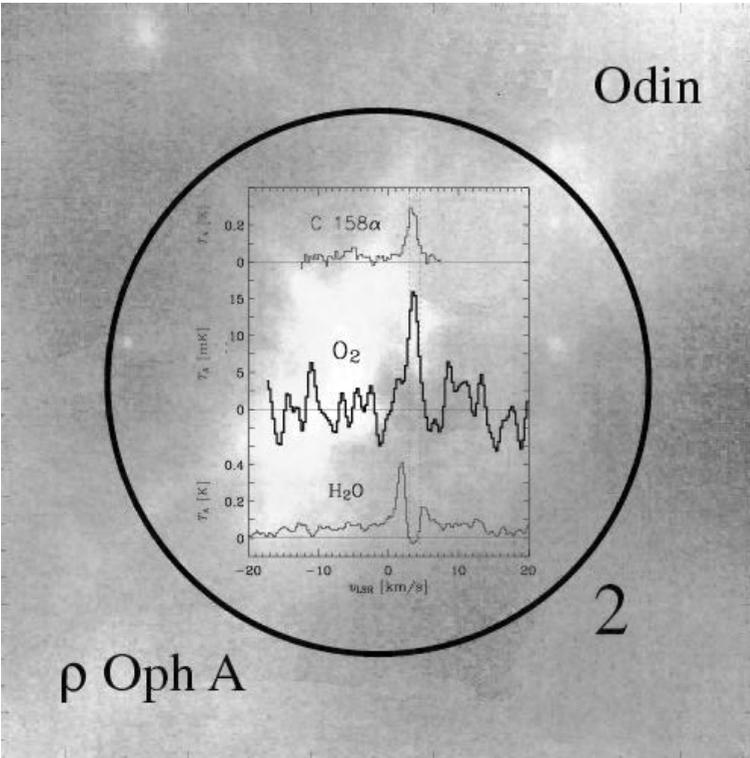


Figure 1 : La raie de l'oxygène moléculaire (au milieu) apparaît à la vitesse de l'absorption maximum du signal d'autres traceurs, comme H_2O (en bas). Ces traceurs ont une émission intense venant de la zone très chaude située derrière le nuage et cette émission est absorbée par le gaz très froid du nuage qui est devant. Cette absorption est donc signe d'une grande quantité de gaz froid, ce qui semble favorable à l'apparition de O_2 .

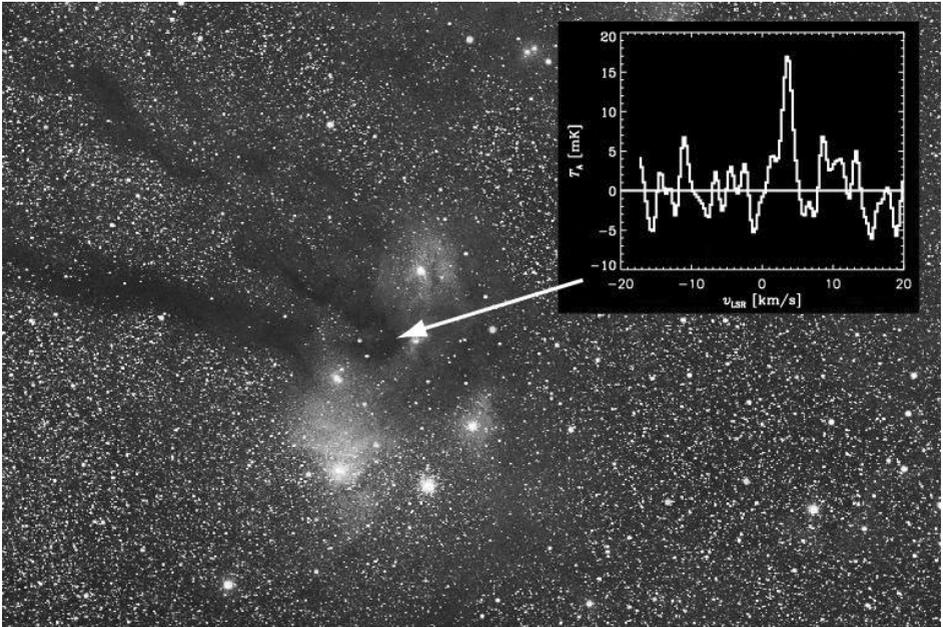


Figure 2 : La première raie de l'oxygène moléculaire a été détectée par Odin dans le nuage moléculaire Rho Oph A, dans la constellation du Serpent. (Photo d'Alex Mellinger D.R.)

faire deux groupes, le premier, américain, a lancé un petit satellite, SWAS, chargé de mesurer l'eau et le dioxygène dans l'espace suivi par un deuxième, deux fois plus gros, Odin, construit par 4 pays (la Suède, la France, la Finlande et le Canada) dont les buts principaux étaient les mêmes mais avec des possibilités plus étendues. En particulier, Odin est équipé d'un récepteur dédié uniquement à la recherche de l'oxygène moléculaire dans sa raie d'émission fondamentale (a priori la raie la plus intense dans les milieux de température inférieure à 100 K). Odin vient enfin de rencontrer le succès en détectant cette raie dans la direction d'un gros nuage moléculaire proche de nous, Rho Oph A.

Les recherches de la molécule O_2 remontent au début des années 80. Rapidement, il fallut déchanter car la molécule supposée très abondante n'apparaissait pas, malgré l'amélioration

continue de la sensibilité des récepteurs. Il y eut plusieurs fausses alertes.

Cette première détection suggère que l'abondance de O_2 est 1 000 fois plus faible que ce que l'on attendait mais ce n'est qu'une estimation préliminaire. La résolution angulaire du satellite étant assez faible (à peu près dix fois plus mauvaise que celle de l'œil humain), on ne sait pas exactement où se trouve la source d'émission. Des observations à plus haute résolution seront faites par Herschel, le prochain satellite qui devrait être lancé dans l'espace par l'Agence Européenne ESA en 2008.

Trou d'ozone

L'analyse des glaces du Groenland indique qu'une gigantesque éruption solaire a détruit une bonne partie de la couche d'ozone de notre planète en 1859. La tempête magnétique associée avait eu de fâcheuses conséquences sur les lignes télégraphiques. Au vu de ce qui se passe sur certaines étoiles de type solaire, des éruptions encore plus violentes doivent parfois se produire.

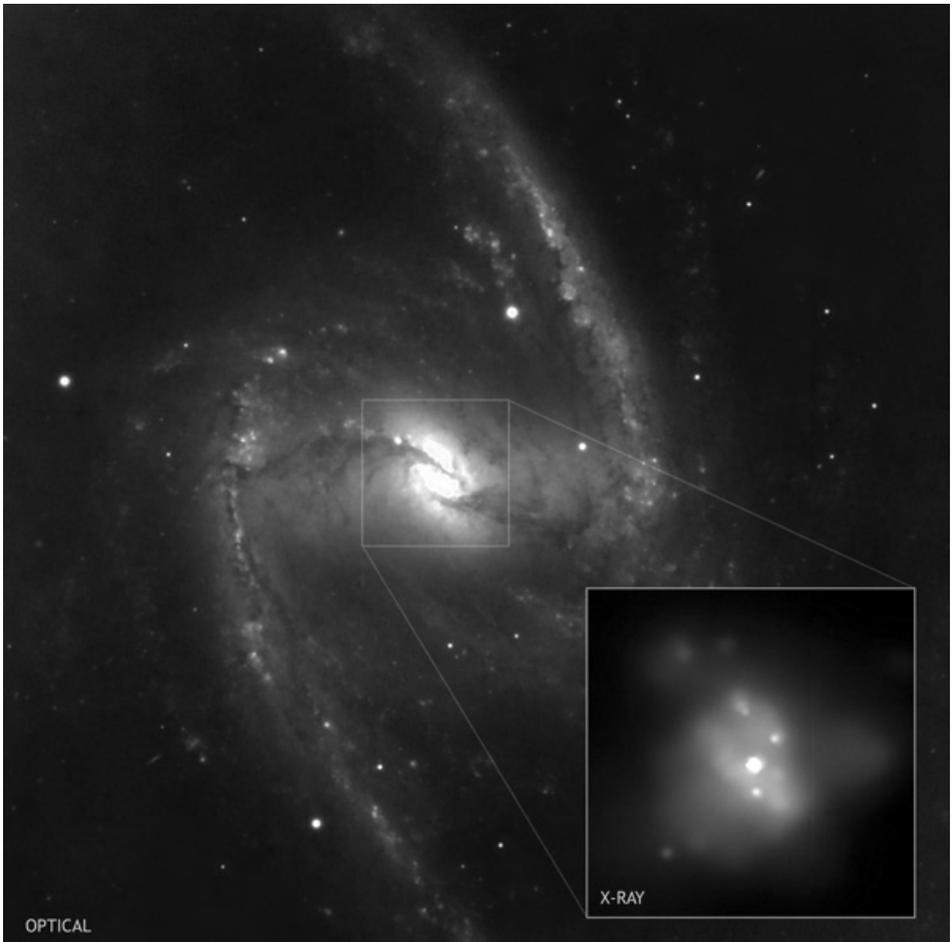
Réchauffement global sur Mars

On peut le proclamer sans crainte : si Mars s'est réchauffé de quelques dixièmes de degré ces dernières décennies, ce n'est pas le fait de l'activité humaine. On pense que c'est la répartition des poussières sur le sol qui en est responsable. Lorsque la poussière s'élève, elle découvre des roches plus sombres qui absorbent mieux l'énergie solaire. Si les retombées sont localisées, de grandes étendues sont ainsi laissées à nu. Il s'agit évidemment de phénomènes cycliques et une tempête globale peut ramener tout dans l'ordre.

Eclipse d'un trou noir

Le télescope spatial X Chandra a observé une éclipse du trou noir supermassif de la galaxie NGC 1365. L'éclipse est due au passage d'un nuage dense devant le trou noir, à seulement un centième d'année-lumière de ce dernier.

La galaxie NGC 1365 abrite un trou noir révéleé comme un point brillant dans l'image X de Chandra figurant dans le petit encadré.
(© ESO/VLT, NASA/CXC/CfA/INAF/Risaliti)



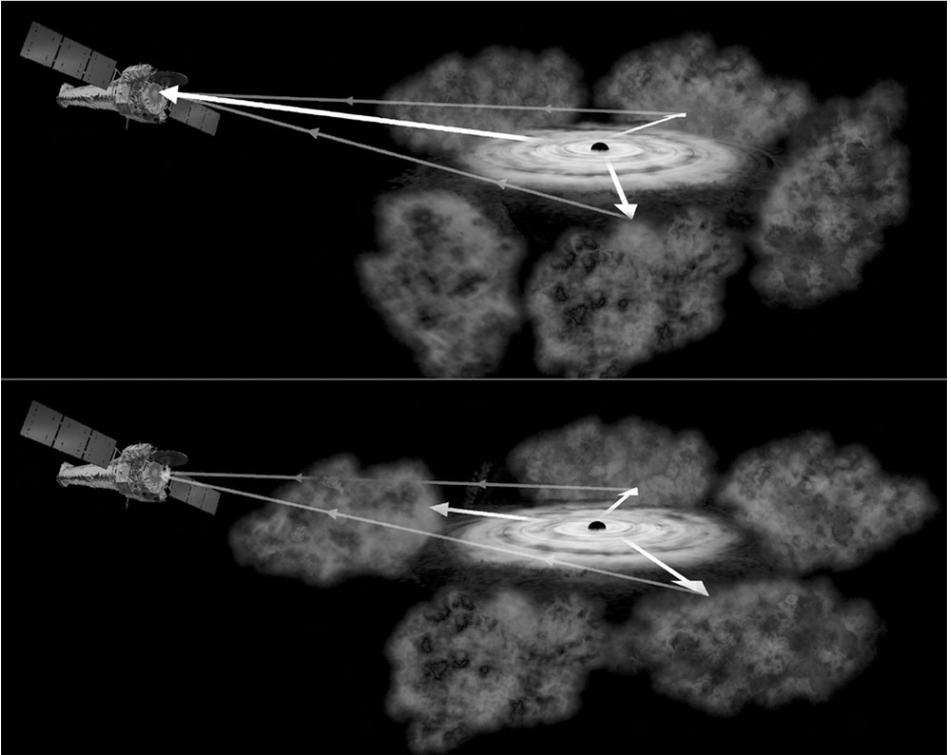


Illustration du phénomène d'éclipse, lorsque l'un des nuages s'interpose entre le trou noir et l'observateur. (© NASA/CXC/M.Weiss)

Cet événement a permis de mesurer les dimensions du disque d'accrétion qui entoure le trou noir. Il mesure environ sept fois la distance Terre-Soleil et est ainsi une dizaine de fois plus grand que l'horizon du trou noir, horizon qui marque le non-retour pour la matière qui s'aventure trop près du monstre. Le disque d'accrétion constitue justement l'ultime étape du voyage de cette matière lorsque étoiles, gaz et poussières sont entraînés dans un tourbillon infernal. Echauffée à des millions de degrés, cette matière devient une source puissante de rayons X avant de disparaître à tout jamais.

La source X était visible dans toutes les observations faites par Chandra sauf une, celle qui eut lieu pendant l'éclipse.

Le jour de Saturne

Mesurer la période de rotation d'une planète gazeuse n'est pas facile puisque l'on ne dispose d'aucun repère stable. On pensait que les variations périodiques de l'émission radio liée au champ magnétique, lui-même ancré au cœur de la planète, représentaient bien la rotation du noyau. C'est peut-être vrai pour Jupiter, mais pour Saturne il n'en est rien. La rotation du champ magnétique est freinée par le disque de plasma créé par les geysers d'Encelade. Cet effet peut en outre expliquer les changements observés antérieurement dans la période de rotation de la planète déduite de l'émission radio.

On ne connaît actuellement aucune technique capable de mesurer avec précision la période de rotation de la planète.

MAD à l'ESO

Un système perfectionné d'optique adaptative a été testé avec succès à l'observatoire de l'ESO/Paranal. Le « Multi-Conjugate Adaptive Optics Demonstrator » (MAD) a permis d'obtenir avec l'un des télescopes VLT des images du ciel corrigées de la turbulence atmosphérique sur un champ de deux minutes d'arc, au lieu des dix ou vingt secondes habituelles

*Partie centrale de l'amas globulaire
Oméga Centaure. (© ESO, VLT/MAD)*

L'amas Oméga du Centaure est une cible idéale pour ce genre de test. Extrêmement peuplé, il constitue un challenge, même dans les meilleures conditions de seeing.

Pour régler l'optique adaptative, trois étoiles de onzième magnitude ont été sélectionnées dans un champ de 1,5 minute de diamètre. Des capteurs analysent les fronts d'onde et en déduisent les corrections à apporter pour corriger au mieux les effets de la turbulence. Les corrections sont alors appliquées instantanément par des miroirs déformables.

