

L'astronomie dans le monde

Pôle errant

Après 400 ans de relative stabilité, le pôle magnétique nord reprend son errance. Au cours des cent dernières années, il s'est déplacé de plus de mille kilomètres du Canada vers la Sibérie. Le Canada et l'Alaska risquent donc de perdre leurs aurores boréales.

Le champ magnétique terrestre est produit par le fer liquéfié dans le noyau terrestre. Des modifications complexes dans la partie externe de ce noyau sont à l'origine des variations du champ magnétique et de la migration des pôles. Des renversements totaux du champ, le pôle nord devenant le sud et vice-versa, ont lieu irrégulièrement. Le dernier connu date de 780 000 ans. A plus court terme, des déplace-

Carte typique des lignes d'égale variation magnétique (« isogones »), c'est-à-dire des lieux où l'angle entre le nord vrai et le nord magnétique est constant. Tout ce réseau se modifie au cours du temps.



ments erratiques se produisent qui sont plutôt de petites oscillations. Ainsi rien ne permet de penser que le mouvement décelé au cours du dernier siècle est le commencement d'un basculement des pôles. Il est fort possible que le pôle nord magnétique rebrousse chemin vers l'Amérique du Nord.

On peut retracer la position des pôles magnétique depuis le XVI^e siècle grâce aux récits divers et aux mesures réalisées par des explorateurs. Pour aller plus loin, il faut analyser des dépôts de sédiments qui ont en mémoire la direction du champ magnétique au moment de leur formation.

L'étude récente porte sur des sédiments déposés au long des 50 derniers siècles. Leur analyse montre effectivement des oscillations irrégulières avec des temps caractéristiques de l'ordre de cinq siècles. Le mouvement actuel s'inscrit bien dans ce genre de variations.

Pluton et Charon

A trente fois la distance Terre-Soleil, le rayonnement solaire qui tombe à la surface de Pluton est faible et, en plein midi, il ne peut donner qu'une clarté crépusculaire. Mais l'ensoleillement est encore bien plus faible (près de trois fois) à l'autre extrémité de l'orbite, lorsque Pluton se trouve à la distance de 50 unités astronomiques. La luminosité varie en effet avec le carré de la distance. En même temps que l'ensoleillement, la température baisse considérablement. La distance au Soleil est donc pour Pluton un élément essentiel du contrôle du cycle des saisons, contrairement à la Terre où cet effet est assez négligeable (le périhélie est atteint début janvier, en plein hiver boréal).

On s'attend à ce que l'atmosphère gèle lorsque Pluton s'éloigne et que les gaz précipitent sous forme de neige ou de glace à la surface.

La hâte que les astronomes ont de voir aboutir la mission spatiale New Horizons qui vient d'être lancée vers Pluton est en grande

partie due à cette raison. Il est plus intéressant et plus simple d'analyser des gaz atmosphériques qu'une surface verglacée.

Ce qui vaut pour Pluton devrait valoir pour la lune Charon qui l'accompagne aux confins du système solaire. Et pourtant, les observations réalisées avec les télescopes Keck et HST ont montré une différence de comportement. La température de Pluton est trop basse, alors que celle de son satellite Charon semble normale. Notre neuvième planète est donc plus froide qu'on ne le pensait, avec une température moyenne de surface de 230 degrés sous zéro au lieu de 220. La vaporisation de l'azote assurerait ce surplus de fraîcheur.

Il est difficile de séparer les deux astres avec des instruments optiques, leur distance angulaire ne dépassant jamais 0,8 seconde d'arc. C'est en allant à de plus grandes longueurs d'onde, dans le domaine submillimétrique, que l'on a pu obtenir une réponse claire et définitive. On a pu mesurer le rayonnement thermique

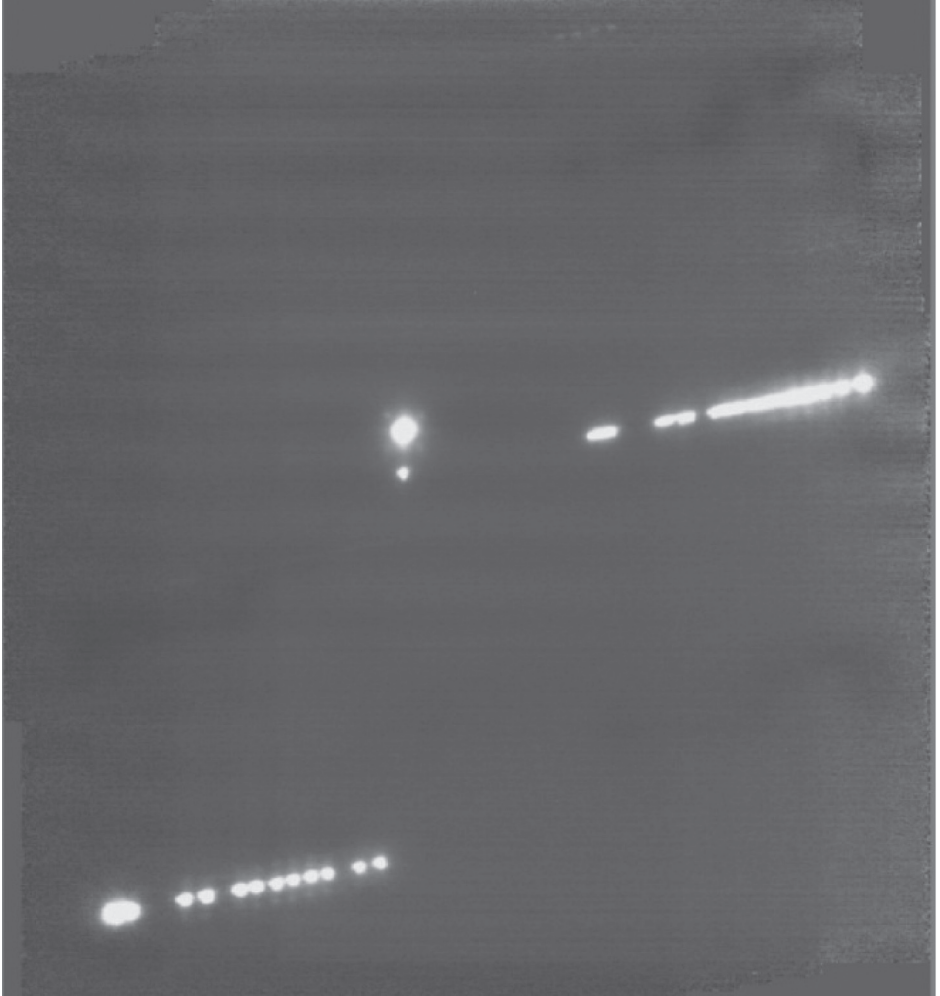
Vue d'artiste du système Pluton-Charon, avec au loin le Soleil (© ESO).

des deux astres séparément et constater cette différence de dix degrés en faveur de Charon.

La relation entre distance au Soleil et température est loin d'être simple. L'albédo, c'est-à-dire le pouvoir réfléchissant de l'astre, ou la présence d'une atmosphère sont des éléments décisifs pour définir la température d'équilibre. C'est ainsi que la Lune et la Terre n'ont pas la même température, et que celle de la première varie beaucoup plus que celle de la seconde. Vénus, avec son épais voile de gaz et de brumes est le siège d'un effet de serre extrême qui a élevé la température jusqu'à des centaines de degrés au-dessus de la « normale ». Sur Terre, un léger effet de serre est également présent, qui nous permet de jouir de climats tempérés. Cet effet de serre est en train de se renforcer par suite des émanations engendrées par la présence et l'activité humaine.

L'effet de serre ne peut expliquer l'état d'hypothermie de Pluton. Il s'agit au contraire d'un effet analogue à celui de la transpiration qui rafraîchit la peau exposée au Soleil. L'énergie du rayonnement utilisée pour éva-

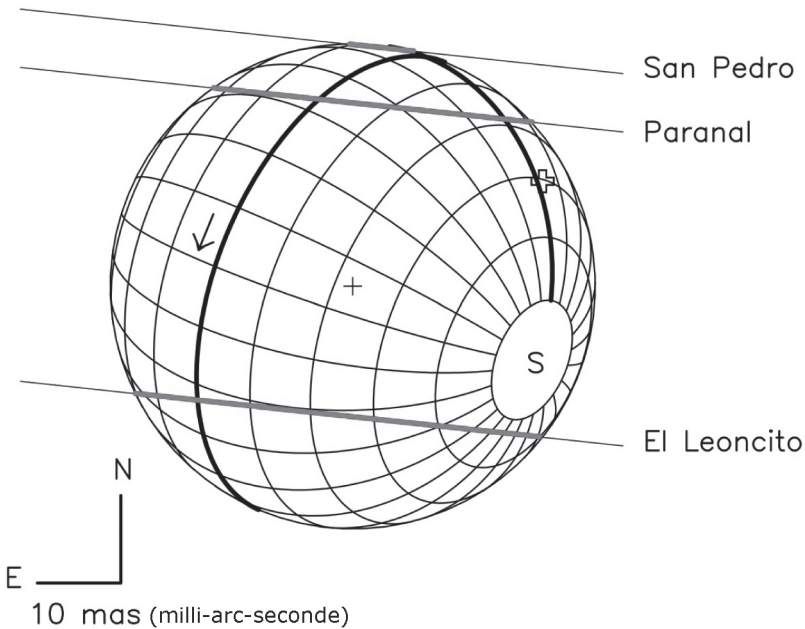




Pluton et Charon se trouvent au centre de cette mosaïque montrant le mouvement de deux étoiles proches entre 3 h et 1 h avant l'occultation. L'étoile de droite s'avance vers Charon avant d'être occultée. Le champ est de 13 secondes d'arc. (© ESO)

porer l'eau n'est plus disponible pour élever sa température. Pluton ne transpire pas, mais l'azote qui est présent en surface à l'état de glace joue le rôle de la sueur. Sa vaporisation consomme une partie de l'énergie solaire.

Charon, le compagnon de Pluton a été scruté en détail lorsqu'il a occulté une étoile lointaine en juillet dernier. Cet événement, très rare, était visible depuis l'Amérique du Sud; et plusieurs observatoires, au Brésil, au Chili et en Argentine, ont effectué des observations coordonnées. Deux groupes principaux se sont organisés, une équipe américaine (utilisant comme télescope principal le Gemini South de 8 m) et une européenne (avec le VLT de 8 m). Une troisième équipe américaine se rabattait sur des télescopes plus petits, en particulier les



Cordes d'occultation montrant les observations réalisées aux sites de San Pedro, Paranal et El Leoncito. L'addition d'autres sites pourraient fournir une meilleure détermination du profil exact de Charon (© ESO)

4 m des Cerros Tololo et Pachon. Cette concurrence a permis de publier (plusieurs fois et le même jour) que Charon a un diamètre légèrement supérieur à 600 km et une densité égale à 1,71 fois celle de l'eau, soit un tiers de celle de la Terre. Ces observations ont également permis de déterminer que Charon ne possède pas d'atmosphère substantielle. Si elle existe, et se compose d'azote ou/et de monoxyde de carbone, sa pression ne doit pas dépasser le microbar. Par comparaison, la pression sur Pluton est de 10 à 15 microbar, soit au moins cent fois plus.

Maintenant que chacun a pu faire état de ses mesures, on peut espérer que la réunion de toutes les données permettra de construire une image plus précise encore de Charon, avec un plus grand nombre de cordes.

La rareté des occultations de Charon et de Pluton s'explique évidemment par la petitesse des disques apparents (55 millisecondes d'arc pour Charon) et la lenteur des mouvements. Il faut donc mettre à profit ces événements.

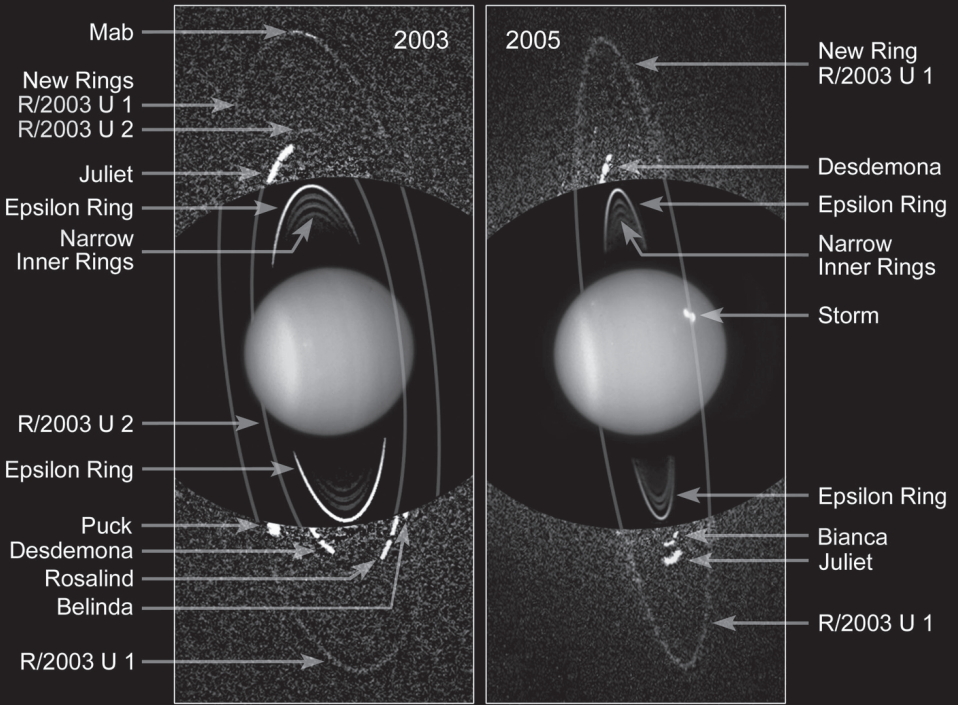
Les astronomes pensent déjà aux occultations que pourraient offrir d'autres gros objets de la ceinture de Kuiper (KBO). Par exemple, 2003 UB313, la « dixième planète ». Etant deux fois plus loin, mais deux fois plus grosse que Charon, il est raisonnable d'en espérer des observations à plus ou moins brève échéance.

Du côté d'Uranus !

Malgré une visite rapprochée par Voyager 2 en 1986, le télescope spatial Hubble continue à dévoiler des surprises au sujet d'Uranus. Il vient ainsi de découvrir deux nouveaux anneaux encerclant la planète géante. Le plus grand d'entre eux est deux fois plus grand que le système d'anneaux bien connu, découvert à la fin des années 70.

Deux lunes se sont ajoutées au palmarès, Mab et Cupidon. La première parcourt

Uranus ■ HST ACS/HRC



NASA, ESA, and M. Showalter (SETI Institute)

Ces images composites dues au télescope spatial Hubble montrent deux nouveaux anneaux autour d'Uranus, R/2003 U1 et R/2003 U2. Ces anneaux poussiéreux sont extrêmement faibles et il a fallu de très longues poses pour les faire ressortir. C'est ce qui explique le bruit de fond (la « neige ») présent sur les zones extérieures des images. La partie intérieure des images est moins bruitée, les temps de pose exigés étant moins longs.

Le plus extérieur des deux anneaux (R/2003 U1) est réapprovisionné en poussière par le nouveau satellite, Mab, se mouvant à l'intérieur de l'anneau. On aperçoit ce satellite comme un petit arc brillant au sommet de l'anneau. Les autres lunes apparaissent aussi comme des arcs, en raison des longs temps de pose. Le diamètre de R/2003 U1 est double de celui du système d'anneaux connu précédemment. Le second anneau (R/2003 U2) est de taille intermédiaire.

L'image de droite prise deux ans plus tard montre les anneaux moins ouverts. La planète Uranus approche l'équinoxe. Le plan équatorial, et les anneaux, sont vus de plus en plus de profil depuis le Soleil, et donc (pratiquement) depuis la Terre. En cette saison, les bandes nuageuses et les tempêtes se renforcent. On peut d'ailleurs voir l'une d'elles dans les latitudes boréales sur l'image de 2005 (« storm »).

(© NASA/ESA)

son orbite au sein de l'anneau extérieur et est probablement la source des poussières. Les impacts de météorites sur le satellite en produisent de grandes quantités qui se répandent autour de la planète. Sans ce mécanisme de régénération, l'anneau serait vite nettoyé de ses poussières qui retombent continuellement vers Uranus.

La nature des particules est responsable de la noirceur des anneaux. Les anneaux de Saturne, quant à eux, sont faits de fines particules de glace et sont donc très brillants.

Les premiers satellites découverts autour d'Uranus portaient le nom de fées et d'esprits de la littérature anglaise. Puck, découvert par Voyager en 1985 apparaît dans le Songe d'une nuit d'été de Shakespeare. Les découvertes suivantes de Voyager ont vite épuisé cette ressource et d'autres noms de la littérature anglaise sont apparus (Juliette, Rosalinde, etc.). Mab apparaît dans Roméo et Juliette. Cupidon est aussi un personnage de Shakespeare, en plus d'être un dieu romain.

Stardust

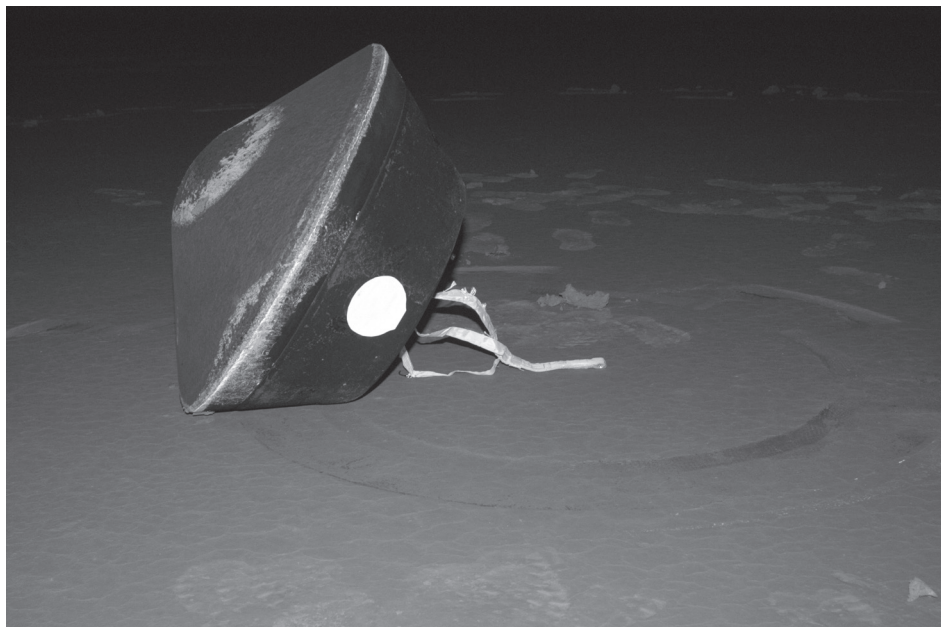
Au terme d'une odyssee de 7 ans, la capsule contenant les poussières interplanétaires et cométaires récoltées par la sonde Stardust lors de sa rencontre en janvier 2004 avec la comète Wild 2 s'est posée sans histoires dans le désert de l'Utah pour être ensuite acheminée au Centre Spatial Johnson de la NASA à Houston.

La capsule avait atteint les hautes couches de l'atmosphère au-dessus du Pacifique, à la vitesse record de plus de 46 000 km/h, provoquant un beau météore.

Les particules seront analysées par de nombreux laboratoires de par le monde. Elles devraient nous apporter de précieuses indications sur la genèse du système solaire et la nébuleuse proto-solaire. On pense en effet que les comètes sont un réservoir de matériaux présolaires (cf *Le Ciel*, janvier 2006, p. 21).

Le retour de Stardust observé depuis un DC8 de la NASA (© NASA/Ames Research Center)





Après sa rentrée atmosphérique fulgurante, la capsule de Stardust contenant le précieux chargement git sur le sable du désert de l'Utah.
(© NASA)

G29-38

Encore de la poussière, mais beaucoup plus loin de nous : celle que l'on observe autour de la naine blanche G29-38 est peut-être tout ce qu'il reste d'une comète qui s'est aventurée trop près de cette étoile, morte il y a 500 millions d'années.

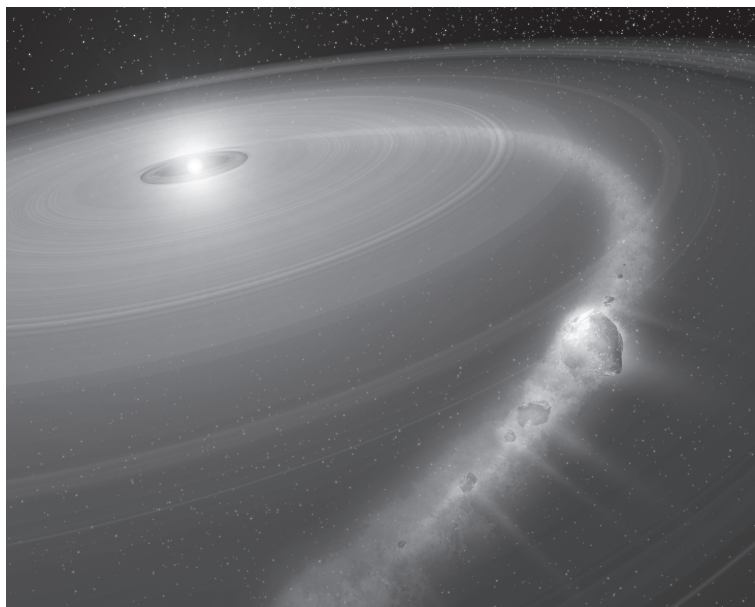
G29-38 a commencé sa vie comme une étoile trois fois plus massive que le Soleil. Elle a suivi une

La désintégration d'une comète près de G29-38.

Vue d'artiste.

(© NASA/JPL-Caltech/T. Pyle, SSC)

évolution semblable à celle qui attend l'astre du jour. Au fur et à mesure qu'elle vieillissait, son éclat augmentait. Elle s'est mise à gonfler pour devenir une géante rouge, assez grande pour engloutir une planète comme la Terre, située à 150 millions de kilomètres. A un certain



moment, la gigantesque enveloppe a été éjectée, ne laissant qu'un petit résidu très dense, une naine blanche. Des planètes éloignées, du type de Jupiter, ou Saturne, ont pu subsister. Il en va de même pour les comètes et les astres trans-neptuniens.

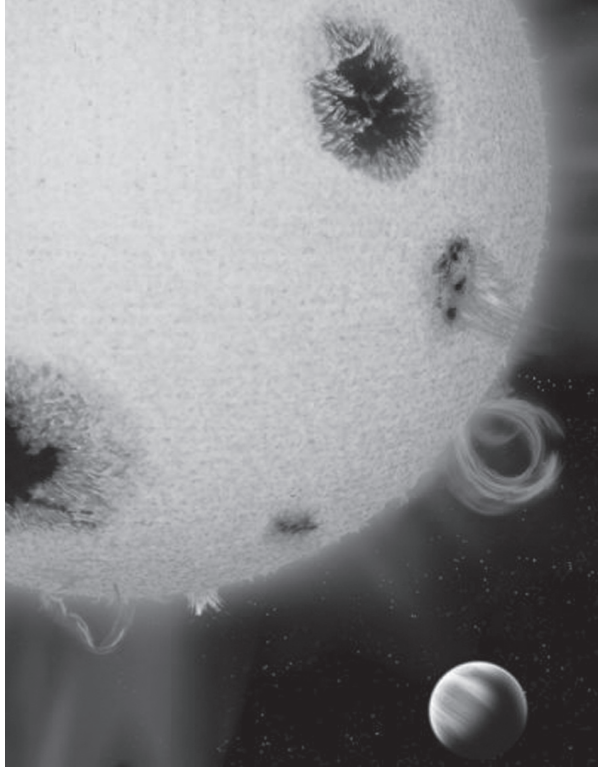
Les observations effectuées au moyen du télescope spatial infrarouge Spitzer semblent indiquer la présence de ces comètes survivantes. En effet, la poussière qu'on a observée très près de l'étoile pourrait provenir des débris d'une comète pulvérisée par l'effet de marée de la naine blanche. La petite taille de celle-ci autorise des approches très serrées et des effets gravifiques extrêmes.

La chasse aux planètes

Une première exo-planète vient d'être découverte par un instrument utilisant un interféromètre plutôt qu'un spectrographe classique. Cette exo-planète s'avère être très intéressante. C'est l'une des rares planètes connues tournant autour d'une étoile très jeune, 600 millions d'années, dans ce cas.

Comme pour les recherches classiques d'exo-planètes, c'est l'effet Doppler dans le spectre de l'étoile qui est mesuré par l'interféromètre, mais celui-ci est plus précis, plus compact, et moins cher que les spectrographes classiques. L'efficacité de la technique permet l'utilisation de petits télescopes. De plus elle se prête à la mesure simultanée de nombreuses étoiles.

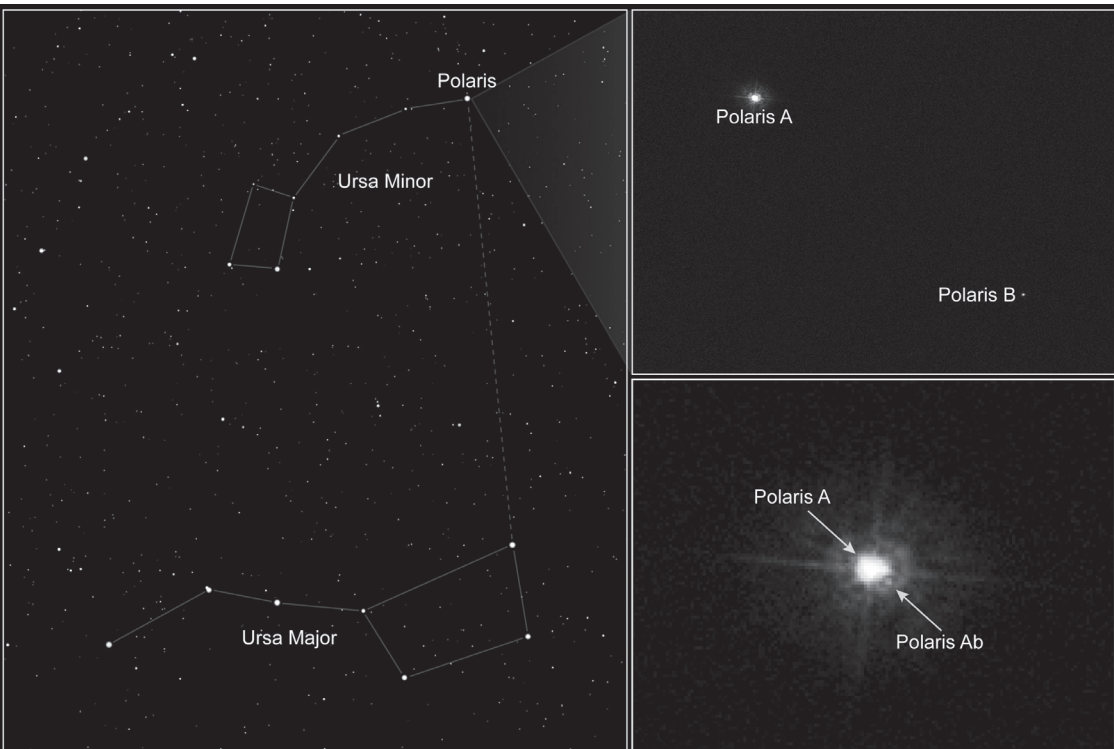
Cumuler autant de vertus laisse rêveur, sinon dubitatif. Va-t-on mettre au rencart les récents et coûteux équipements développés pour la recherche des exo-planètes? Toujours est-il que de nombreux observatoires pourront se lancer dans l'aventure alors qu'ils n'auraient jamais pu le faire autrement, et que le rythme des découvertes devrait s'accélérer de façon spectaculaire.



Vue d'artiste de la planète près de son étoile. Celle-ci se caractérise par une activité intense, témoignant de sa jeunesse relative.

(© P. Marenfeld and NOAO/AURA/NSF)

La jeunesse de l'étoile n'est pas sans poser quelques problèmes. Son activité magnétique se manifeste par des taches géantes qui, en tournant avec la période de rotation de l'étoile, modifient le spectre de façon périodique. Le profil des raies étudiées est donc modulé par un effet parasite. Dans le cas présent, la période de rotation de l'étoile a pu être mesurée photométriquement et elle s'établit aux environs de douze jours, alors que la période de révolution de la planète est de 5 jours. Il n'y a donc pas de risque de confusion entre les deux modulations.



Etoile polaire

L'étoile polaire est en réalité triple. Son plus proche compagnon a été photographié pour la première fois grâce au télescope spatial Hubble. La détermination de son orbite donne une mesure directe de la masse de l'étoile polaire, une étoile variable du type céphéide.

A 430 années lumière de nous, l'étoile polaire (Polaris A) est la céphéide la plus proche. On connaît depuis Herschel la présence de Polaris B, une petite étoile facilement visible dans un instrument d'amateur, et située à 18 secondes d'arc de Polaris A. Le second compagnon est beaucoup plus proche, ce qui lui a valu d'être dénommé Polaris Ab et non Polaris C. Il n'était connu que par son empreinte caractéristique dans le spectre de l'étoile polaire. Les variations de vitesse radiale avaient permis d'apprendre pas mal de choses sur le couple, mais la détermination de la dimension réelle de

En poussant au maximum les possibilités du télescope spatial Hubble, les astronomes ont pu photographier pour la première fois le compagnon proche de l'étoile polaire. Les images ci-dessus zooment sur la Grande Ourse et l'étoile polaire.

(© NASA/ESA/CfA, STScI)

l'orbite nécessitait sa résolution spatiale et la mesure de la distance angulaire. Celle-ci, mesurée par le télescope spatial Hubble s'établit à 0,2 seconde d'arc. Avec cette information on peut attribuer à Polaris A une masse égale à environ 4,3 fois celle du Soleil.

La connaissance des propriétés des céphéides est d'une importance capitale en astrophysique. Ces étoiles sont en effet à la base de tout un système de mesure des distances cosmiques.

Véga

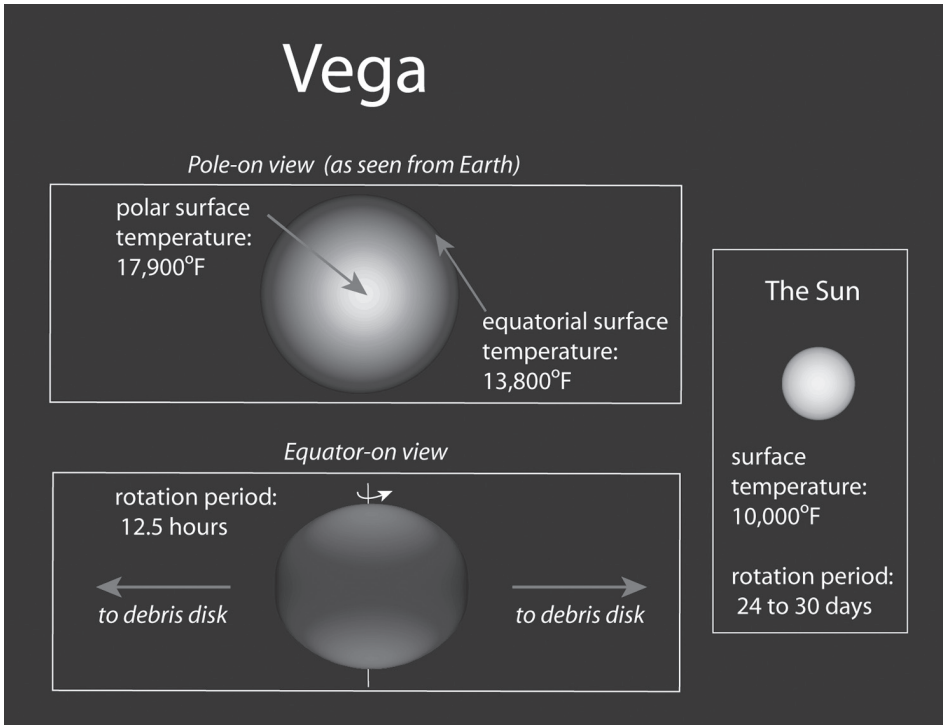
Cette autre étoile reine de nos cieux est l'objet d'études attentives. Les astronomes ont effectué des mesures interférométriques de haute précision avec le réseau CHARA (Center for High Angular Resolution Astronomy) de six télescopes, situé au Mont Wilson.

Avec une base maximale de 330 mètres CHARA est capable de séparer des sources écartées de 200 micro-secondes d'arc. L'instrument a ainsi permis d'obtenir une carte de la photosphère de Véga montrant une diminution de la température des pôles vers l'équateur, ainsi qu'un fort « limb darkening », c'est-à-dire une diminution d'intensité du centre vers le bord du disque. La modélisation des données confirme une idée ancienne selon laquelle l'axe de rotation de Véga est dirigé vers nous. On voit donc le pôle au centre du disque et l'équateur le long de la circonférence. L'obscurcissement vers le bord est accentué par la décroissance

de la température. L'origine de cette curieuse diminution de température (atteignant 4 000 degrés) à l'équateur s'explique par la rotation très rapide de l'étoile. Elle effectue un tour sur elle-même en 12 h 30. Il en résulte un aplatissement important, le diamètre équatorial étant 23 % plus grand que le diamètre polaire. Cette vitesse de rotation est considérable. Par comparaison, le Soleil, plus petit, ne fait un tour sur lui-même qu'en 27 jours. En fait Véga est à 92 % de la limite de l'éclatement.

Ces résultats confirment que les étoiles en rotation rapide sont plus froides à l'équateur qu'aux pôles. Ils permettent aussi de comprendre pourquoi le disque de poussières qui ceinture l'équateur de Véga est moins éclairé par l'étoile que ce que l'on pouvait attendre.

Vue d'artiste comparant Véga et le Soleil
(© J. Aufdenberg and NOAO/AURA/NSF)



Vers un interféromètre infrarouge à base kilométrique

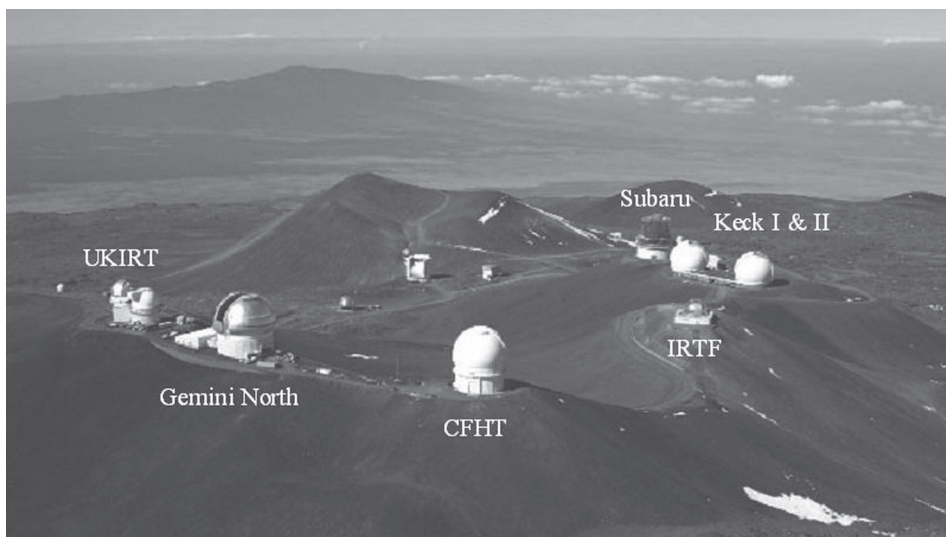
Communiqué Observatoire de Paris

Une équipe internationale d'astronomes, conduite par un astronome de l'Observatoire de Paris, vient d'obtenir pour la première fois des franges d'interférences entre deux grands télescopes reliés par des fibres optiques monomodes infrarouges. Ce succès obtenu sur le site du Mauna Kea à Hawaii avec les deux télescopes Keck, les plus grands de la planète, est la démonstration que l'utilisation de ces fibres pour le couplage de télescopes est opérationnelle. Il s'agit de la première étape d'un projet ambitieux qui devrait consister à coupler les sept plus grands télescopes du Mauna Kea (Figure 1) pour former un interféromètre géant, baptisé « OHANA ». Une fois le couplage des télescopes effectué, OHANA offrira une résolution angulaire équivalente à celle d'un télescope de 800 m de diamètre. On devrait alors pouvoir résoudre l'environnement des trous noirs super-massifs se situant au centre des

noyaux actifs de galaxies ou étudier les zones internes des systèmes exoplanétaires en formation, à moins d'une unité astronomique de l'étoile centrale, là où peuvent se former des planètes telluriques. Cet interféromètre ouvre la voie aux futurs observatoires optiques de dimension supérieure au kilomètre comme il en existe dans le domaine radio depuis plusieurs décennies.

La limite ultime à la capacité d'un télescope de résoudre les petites structures de sources astronomiques est la taille. Plus le télescope est grand et plus la résolution angulaire est importante. Les plus grands télescopes actuels ont des diamètres de 8 à 10 m. La taille de la prochaine génération de télescopes atteindra jusqu'à quelques dizaines de mètres, 100 m apparaissant comme une limite technologique pour des systèmes à pupille unique. Cette limite peut être dépassée si la lumière de plusieurs télescopes est recombinaisonnée de façon cohérente. La résolution angulaire est alors déterminée par la distance entre télescopes. Cette technique, l'interférométrie astronomique, a d'abord été suggérée par Hyppolite Fizeau au XIX^e siècle et démontrée par Albert A. Michelson avec un télescope et un « recombineur » de faisceaux. Antoine Labeyrie a ouvert une nouvelle ère en 1974 lorsqu'il est parvenu à obtenir des

Figure 1 : L'Observatoire du Mauna Kea et les 7 télescopes du projet OHANA : Optical Hawaiian Array for Nanoradian Astronomy. OHANA signifie également famille en langue hawaïenne. (© Richard Wainscoat)



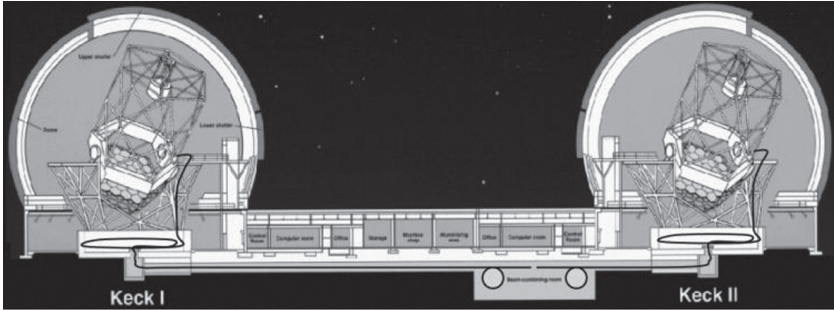


Figure 2 : Dispositif expérimental (1). Cheminement des fibres monomodes depuis les foyers Nasmyth jusqu'au laboratoire de recombinaison au sous-sol de l'observatoire.

(© W.M. Keck Observatory et Observatoire de Paris)

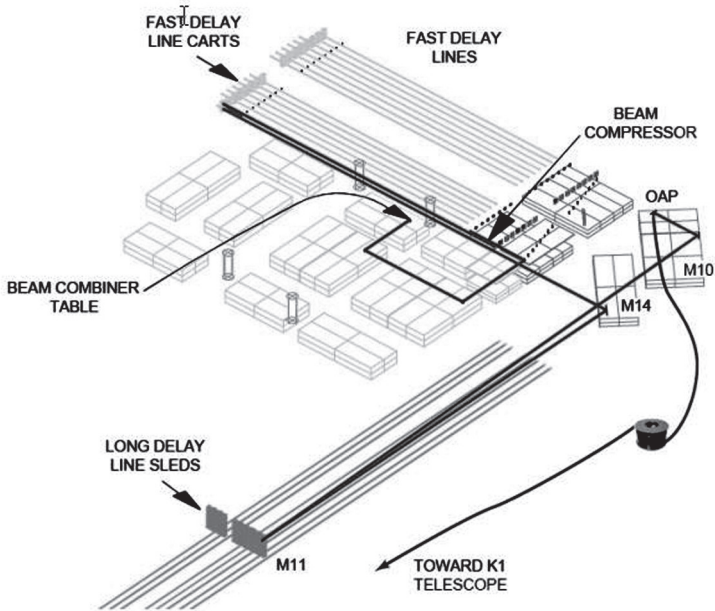


Figure 3 : Dispositif expérimental (2). Schéma d'interfaçage des fibres OHANA avec les lignes à retard et le recombinateur de l'interféromètre Keck. Pour plus de clarté, un seul faisceau et une seule fibre sont représentés. Les deux faisceaux suivent des parcours équivalents. La fibre est placée au foyer d'une parabole hors-axe (OAP) afin de produire un faisceau afocal. Le faisceau est réfléchi par un miroir plan (M10) vers la grande ligne à retard (Long Delay Line). Il est ensuite injecté dans la ligne à retard rapide (Fast Delay Line). La taille du faisceau est réduite par un compresseur de faisceau (Beam Compressor) puis le faisceau est envoyé vers le recombinateur (Beam Combiner). (© W.M. Keck Observatory)

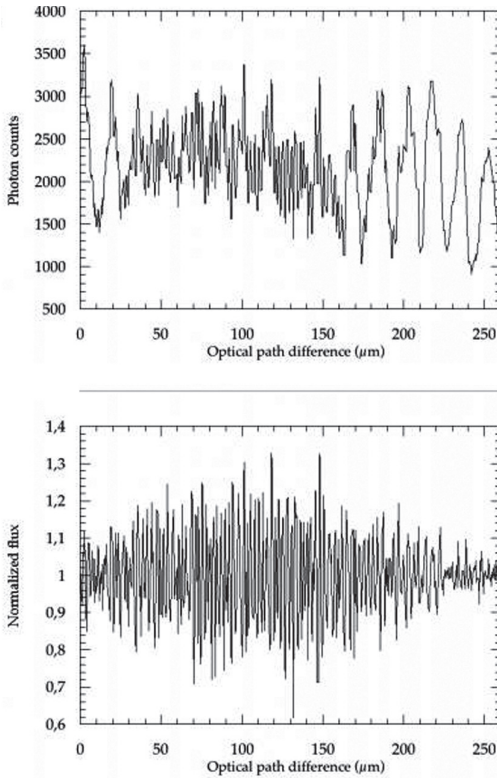


Figure 4 : Franges d'interférences enregistrées sur l'étoile 107 Herculis. Les franges d'interférences sont la structure de 200 microns de large. Les fluctuations plus basses fréquences visibles sur la figure du haut sont dues à des vibrations. Ces fluctuations ont été éliminées sur la figure du bas pour mieux mettre en évidence les franges d'interférences.

franges d'interférences entre deux télescopes distincts. Depuis, une vingtaine d'observatoires interférométriques ont été en opération et ont permis de résoudre des surfaces stellaires ou leurs environnements jusqu'alors restés ponctuels. Avec l'avènement de l'optique adaptative pour les très grands télescopes, l'interféromètre Keck et l'interféromètre du Very Large Telescope (VLTI) ont inauguré l'ère de la très haute résolution angulaire à haute sensibilité avec les toutes premières études d'environnements de noyaux actifs de galaxies. Une résolution angulaire plus importante est nécessaire pour accéder au cœur qui abrite un trou noir super-massif.

Les interféromètres actuels ont des bases d'au plus quelques centaines de mètres de longueur. La propagation de faisceaux sur de longues distances nécessite un grand nombre de miroirs ce qui, combiné aux effets de la diffrac-

tion, aboutit à une transmission faible. Les fibres monomodes ont le potentiel de transporter la lumière sur de longues distances avec peu de pertes. Elles peuvent par conséquent jouer un rôle clé pour la construction de très grands réseaux de télescopes de taille kilométrique voire supérieure. On a pu montrer que des fibres de 300 m de long pouvaient transporter la cohérence de la lumière dans des bandes de 300 nm de large dans le proche infra-rouge avec une transmission de 50% à 95%.

Le premier test interférométrique a été réalisé avec les deux télescopes Keck distants de 85 m dans la bande astronomique K' (2-2.3 μm). Deux câbles de 300 m de long ont été utilisés simulant ainsi du point de vue de la propagation un interféromètre de 500 m de base. Les entrées des fibres ont été directement placées aux foyers Nasmyth corrigés par optique adaptative. Les câbles reliaient ces foyers au laboratoire de recombinaison situé au sous-sol de l'observatoire (Figure 2). À leur sortie des fibres, la différence de marche entre les faisceaux a été égalisée au moyen de lignes à retard classiques afin de pouvoir détecter l'étroit paquet de franges (Figure 3). Aucune longue ligne à retard fibrée n'est encore disponible et cela reste un sujet de recherche en développement pour de futurs grands réseaux. Malgré la présence de nuages, les premières franges ont été détectées sur l'étoile 107 Herculis de magnitude 4,6 dans la bande K (figure 4).

Ce premier succès marque le début de l'effort consistant à recombinaison chaque base d'OHANA avant de réaliser le réseau complet. La prochaine étape verra la liaison des télescopes Canada-France-Hawaii (CFHT) et Gemini

Nord. Ce succès ouvre aussi la voie vers la conception de grands interféromètres kilométriques à grand nombre de télescopes pour le domaine optique qui apporteront une vision bien plus précise de notre univers par rapport aux systèmes actuels.

Des pulsars extraordinaires

Le pulsar « milliseconde » PSR J1909-3744 est l'un des plus rapides que l'on connaisse avec 340 tours par seconde. Une observation assidue a permis la détermination la plus précise de sa masse, 1,44 fois celle du Soleil. Le pulsar est accompagné d'une naine blanche. L'orbite a été mesurée avec précision et elle s'avère être un cercle d'une perfection incroyable, d'un diamètre d'un million de kilomètres.

Quant à un autre pulsar récemment découvert, PSR J1748-2446ad, il établit un nouveau record de rapidité, avec 716 tours par seconde, se rapprochant effectivement de la milliseconde. L'ancien record datait de 1982 et était détenu par le tout premier pulsar milliseconde connu (avec 642 tours par seconde).

Trous noirs intermédiaires

La découverte d'une étoile en orbite autour d'un trou noir confirme l'existence de trous noirs de masse intermédiaire (de 100 à 10 000 masses solaires). Les collisions d'étoiles dans un amas dense seraient la cause de la formation de ces trous noirs.

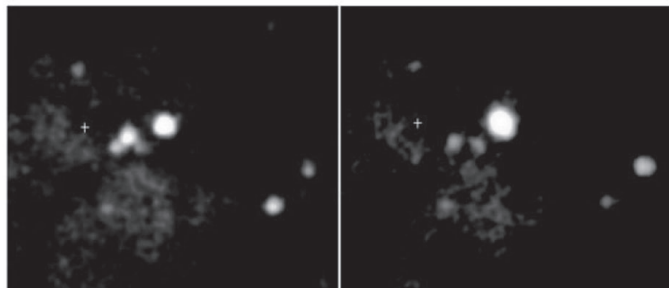
L'étoile en question se manifeste dans la source X M82 X-1, située dans la galaxie particulière M82. Elle traverse un stade bien particulier de son évolution, vers la fin de sa vie. Elle est devenue une géante rouge, et est si distendue que le gaz de ses couches extérieures s'échappe et tombe vers le trou noir. Cette matière s'échauffe jusqu'à de très hautes températures ce qui la rend lumineuse en rayons X jusqu'au moment où elle franchit l'horizon du trou noir.

On observe auprès du trou noir une émission X qui varie avec une période de 62 jours que l'on attribue à la révolution de l'étoile autour du trou noir. Pour calculer la masse du trou noir, il faudrait connaître la vitesse orbitale, ce qui n'a pas encore été possible étant donné la situation de l'astre dans un nuage dense de poussières qui obscurcit même le rayonnement infrarouge. Des arguments théoriques faisant intervenir la luminosité observée en X, permettent cependant de favoriser une valeur de l'ordre de 1 000 masses solaires.

On sait que la plupart des galaxies contiennent des trous noirs centraux supermassifs, dont la masse vaut des millions ou des milliards de fois celle du Soleil. Ainsi, la nôtre, la Voie Lactée possède un trou noir central de

Le radiotélescope de 64 mètres de Parkes a permis de mesurer la masse exacte du pulsar PSR J1909-3744.
(© CSIRO)





Le trou noir M2 X-1 est la source variable près du centre de ces images X obtenues par le télescope spatial X Chandra.

près de quatre millions de masses solaires (cf article suivant), un vrai gringalet dans cette catégorie !

Des millions de trous noirs « stellaires » existent aussi dans les galaxies et résultent de l'effondrement d'étoiles massives. Ils ne pèsent donc que quelques soleils.

Entre les deux extrémités de l'échelle des masses des trous noirs se trouvait un vide que la nouvelle population pourrait bien combler.

Le trou noir central de la Galaxie

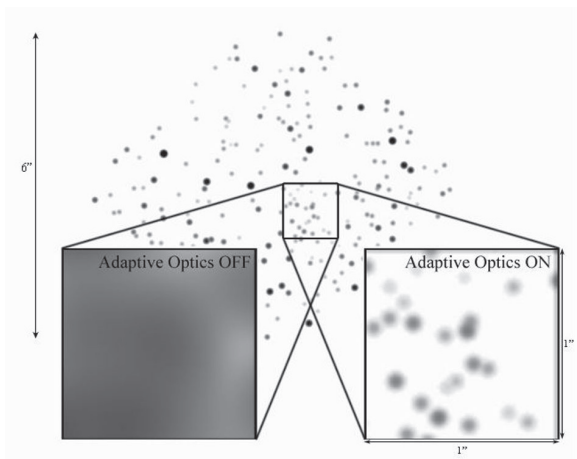
Des images à haute résolution obtenues avec un télescope de 10 m muni d'optique adaptative et de « guidage » laser ont permis de préciser les orbites d'étoiles proches du centre galactique et d'estimer la masse du trou noir supermassif qui s'y trouve, soit 3,7 millions de fois celle du Soleil.

Comme le montre l'illustration ci-jointe, l'utilisation d'un système d'optique adaptative est essentielle pour se débarrasser des effets néfastes de la turbulence atmosphérique. Sans un tel outil il est impossible, quelle que soit la taille du télescope, de résoudre la multitude de petites étoiles du cœur de la Galaxie.

C'est un des télescopes Keck de 10 mètres, à Hawaï, qui a été utilisé pour mener cette recherche. L'optique adaptative requiert la présence dans le champ d'une source ponctuelle de référence, suffisamment brillante. Il n'y a

pas toujours une étoile adéquate, aussi les astronomes ont-ils mis au point un système laser créant une source artificielle dans la très haute atmosphère. Ce type de système se généralise et il prouve ici sa robustesse et son efficacité en montrant des performances bien supérieures au système « naturel » utilisant une étoile. Il a permis de suivre avec grande précision le mouvement d'étoiles situées à quelques mois lumière

Ces photos du centre galactique prises à la longueur d'onde de 2,2 microns montrent dans quelles proportions l'optique adaptative (en bas à droite) améliore la qualité des images par rapport à une observation faite sans cet outil (à gauche). (© Keck/UCLA)



seulement du trou noir central de la Galaxie. Il s'agit d'étoiles jeunes, massives et intrinsèquement très brillantes. L'orbite d'une trentaine de ces étoiles a été déterminée et cela a permis de préciser la masse du trou noir. On espère que l'analyse de ces orbites aidera à résoudre une énigme : comment des étoiles jeunes peuvent-elles exister dans un tel environnement ?

Trajectoires de quelques étoiles auprès du trou noir central de notre Galaxie au cours des neuf dernières années. En fond, une photo de la région prise en 2004. Le champ ne fait qu'une seconde d'arc de côté. L'impression en noir et blanc ne permet naturellement pas l'identification de tous les astres.

(© Keck/UCLA)

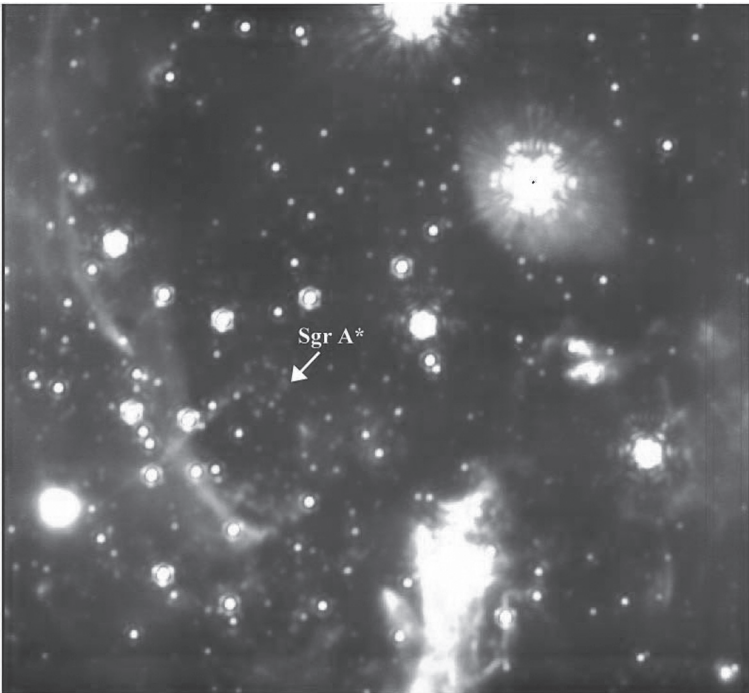
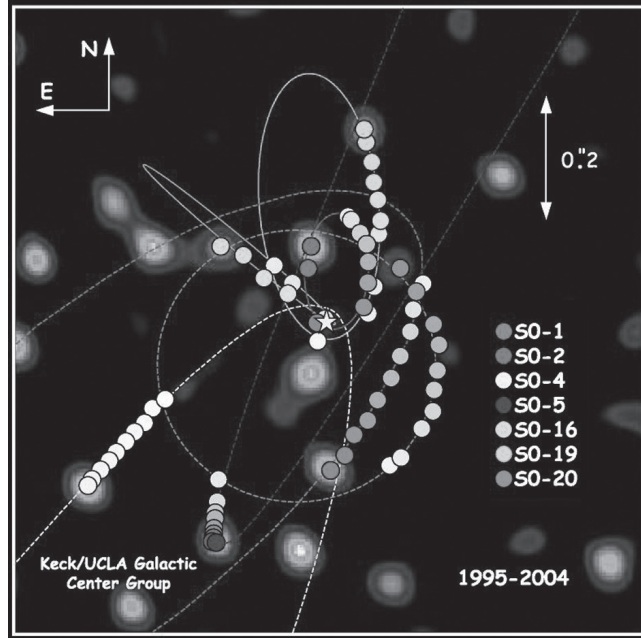


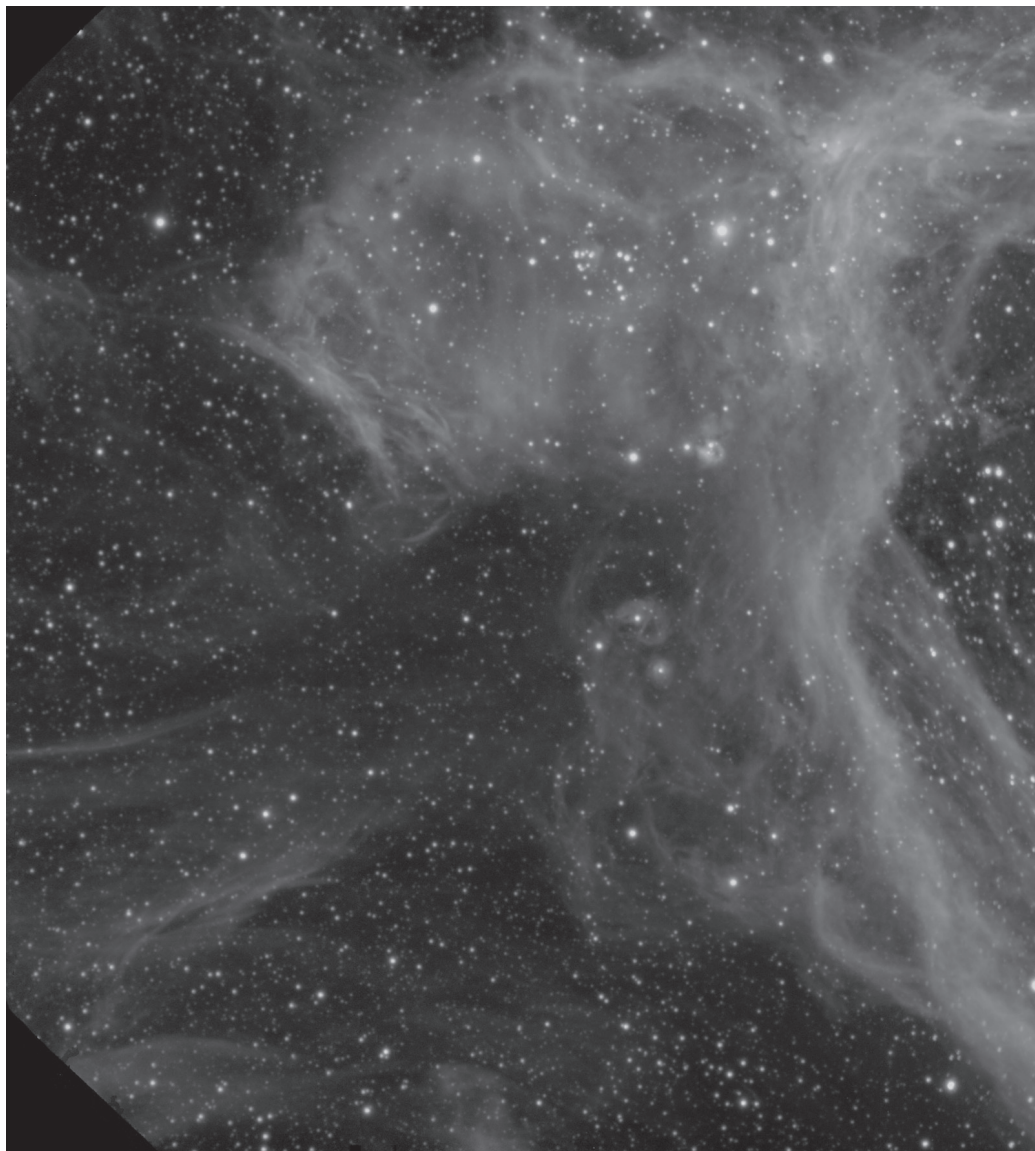
Image infrarouge (bande L' à 3,8 microns de longueur d'onde) des régions centrales de la Galaxie montrant la position du trou noir (Sgr A). Le champ fait dix secondes d'arc de côté. La résolution atteinte est de 0,082 seconde d'arc grâce à l'utilisation de l'optique adaptative et d'un guidage par étoile laser artificielle.*

(© Keck/UCLA)

Elles n'ont pu s'y former et il semble bien qu'elles viennent de loin. En essayant de retracer les trajectoires dans le passé, il apparaît qu'elles seraient nées dans un amas massif, qui aurait migré relativement rapidement vers le trou noir.

N44

Connue comme une « superbulle », la cavité que montre l'image ci-dessous a été creusée dans un nuage de gaz interstellaire par l'amas central d'étoiles massives, au gré des explosions de supernovae. Ces étoiles ne



vivent que quelques millions d'années ce qui permet d'admirer le spectacle avant la dissipation de l'amas et du nuage.

L'image a été obtenue avec le télescope Gemini Sud en combinant des vues prises dans quelques longueurs d'ondes spécifiques,

principalement de l'hydrogène, mais aussi de l'oxygène et du soufre. Le champ est de 10 minutes d'arc de large. N44 est située dans le Grand Nuage de Magellan.

Plutôt qu'une bulle, cette cavité est probablement un tube dirigé vers nous.



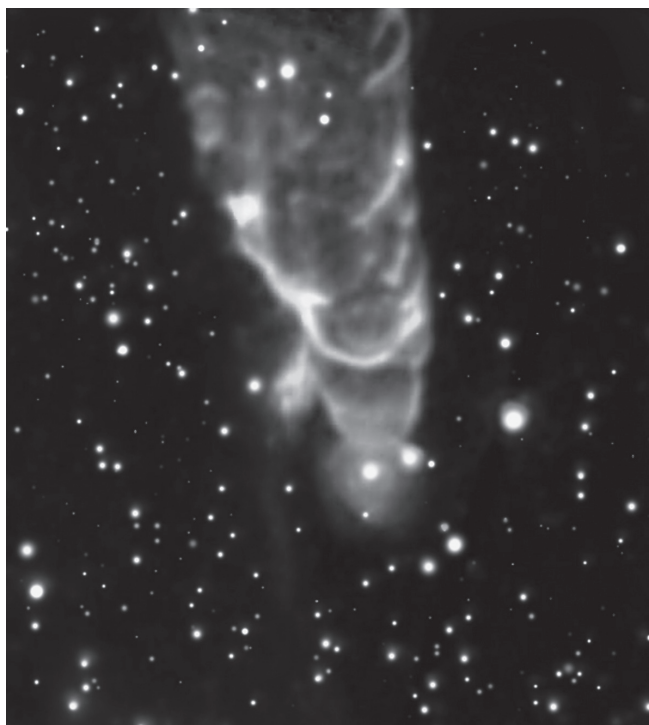
Tornade spatiale

Cette tornade observée par le télescope spatial Spitzer est le résultat d'ondes de choc à l'interface entre un jet proto-stellaire et le milieu interstellaire.

Contrairement à ce que l'on pourrait penser, l'étoile en formation est située au-dessus du bord supérieur de l'image et éjecte vers le bas de la matière qui heurte les nuages environnants à plus de cent kilomètres par seconde. La présence d'une étoile à la pointe de la tornade n'est due qu'au hasard.

L'objet, Herbig-Haro 49/50 fait partie d'une vaste région de formation stellaire dans la constellation du Caméléon.

*HH 49/50 par le télescope spatial Spitzer
(© Crédit: NASA / JPL-Caltech / J. Bally University of Colorado)*



En exclusivité à Liège

»» **GALERIE OPÉRA** ««

DÉPARTEMENT INSTRUMENTS D'OPTIQUE

Télescopes terrestres et astronomiques,
loupes, microscopes, ...



Optique
Buisseret

Maîtres-opticiens depuis plus de 150 ans

Varilux Center Liège

10 rue des Clarisses - tél.04 223 29 15
Galerie Opéra Liège - tél.04 223 77 06

Varilux Center Marche

2 rue de Luxembourg
tél.084 32 19 48

