

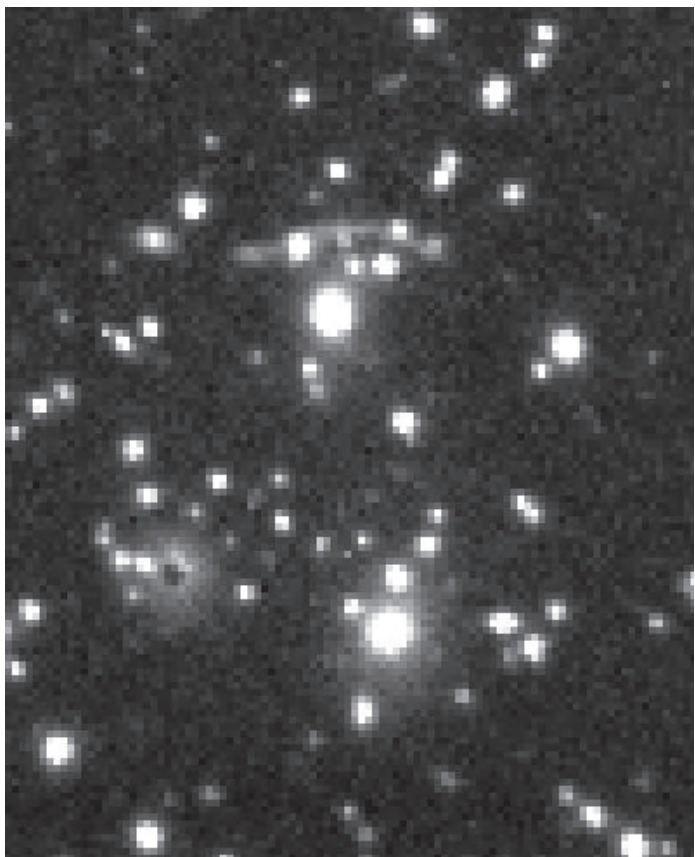
# L'astronomie dans le monde

## *Une nouvelle classe de lentilles gravitationnelles*

*Selon communiqué CNRS*

Une équipe internationale de scientifiques menée par des chercheurs français vient de mettre en évidence une nouvelle classe de lentilles gravitationnelles : les groupes de galaxies. Cette découverte a été possible grâce aux observations réalisées dans le cadre du grand sondage du télescope Canada France Hawaii (CFHT Legacy Survey – CFHTLS). La découverte d'arcs gravitationnels au centre de groupes de galaxies est une étape importante dans la compréhension des grandes structures de l'univers, de la distribution de la matière noire et des mécanismes de formation des groupes de galaxies, ceux-ci étant de masse intermédiaire

*Un cliché historique : le premier mirage en arc découvert. Il est produit par l'amas de galaxies Abel 370. (© Canada-France-Hawaii Telescope Corporation 2006)*



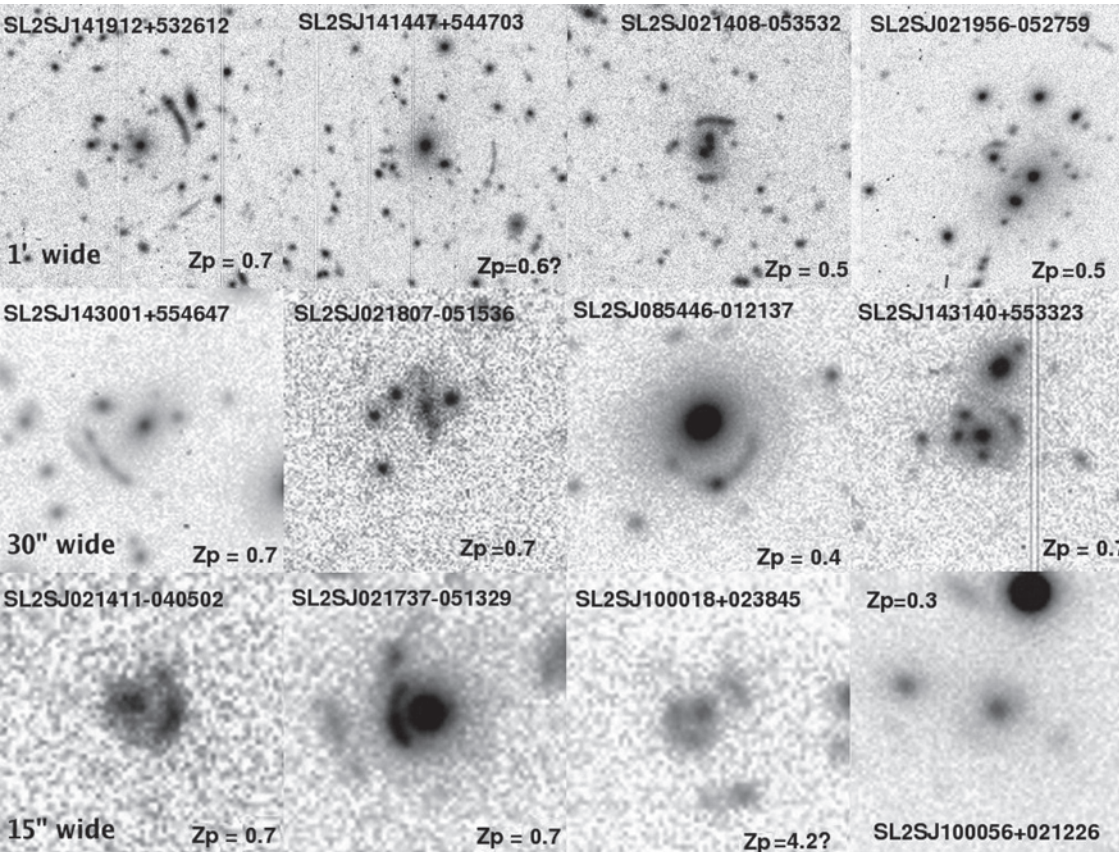
entre les galaxies et les amas de galaxies. Il y a juste vingt ans que l'observation au CFHT de galaxies en forme d'arcs au centre des amas de galaxies les plus massifs mettait en évidence le phénomène de lentille gravitationnelle. Ce phénomène est une conséquence directe de la théorie de la relativité générale d'Albert Einstein qui prédit que la présence importante de masse déforme localement l'Espace-Temps. La trajectoire de particules passant au voisinage de cette concentration de masse est déviée. Les photons, particules associées au rayonnement électromagnétique, n'échappent pas à cette règle. Dans le cas où l'alignement

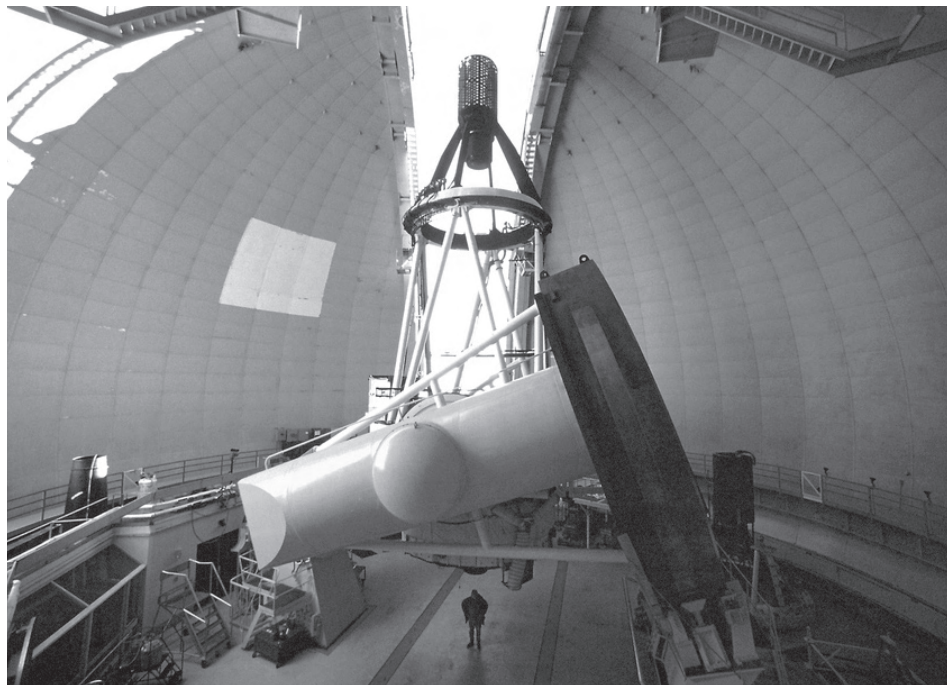
entre l'observateur, l'amas de galaxies et la galaxie lointaine est quasi parfait, on voit un arc lumineux qui est la fusion de plusieurs images déformées et amplifiées de cette galaxie.

Par l'étude de la forme et de la distribution des arcs gravitationnels, nous comprenons aujourd'hui bien mieux la distribution de masse dans les amas de galaxies.

Jusqu'à récemment, l'étude des arcs gravitationnels se cantonnait d'une part aux amas de galaxies les plus massifs et d'autre part aux galaxies massives. Cependant, pour bien comprendre les mécanismes de formation et d'évolution des structures dans l'univers il est nécessaire d'étudier aussi les échelles intermédiaires représentées par les groupes de galaxies.

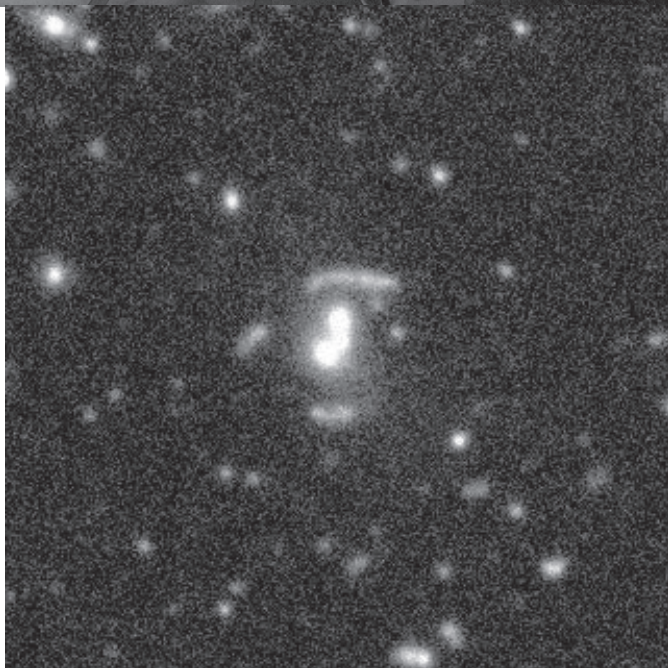
*Quelques-unes des nouvelles lentilles gravitationnelles illustrant leur grande variété. (© CFHT)*





*Le télescope de 3 m 60  
CFHT à Hawaï  
(© Canada-France-  
Hawaï Telescope  
Corporation 2006)*

*Exemple de mirage  
gravitationnel dans  
un groupe de galaxies  
découvert dans les  
images profondes du  
sondage CFHT-LS. Ce  
mirage est provoqué par  
un groupe de galaxies  
(SL2SJ021408-053532),  
visible au centre de  
l'image.  
En savoir plus  
© CFHT. CNRS/INSU.*



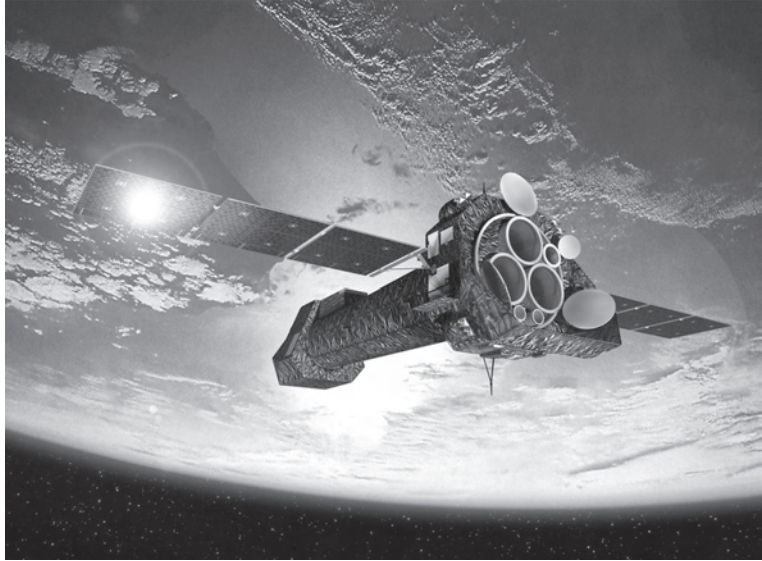
En 2003, la caméra grand-champ MegaPrime a vu sa première lumière au foyer primaire du télescope Canada France Hawaii. Chaque image comporte 300 millions de pixels et couvre une surface grande comme quatre fois la surface de la Lune sur le ciel. Utilisant cette caméra, le Legacy-survey a été mis en place avec pour objectif de couvrir une étendue correspondant à environ 1% du ciel visible depuis Hawaii.

Par une inspection minutieuse, cherchant à détecter des arcs gravitationnels dans le premier quart de ce sondage, l'équipe a identifié pour la première fois de nombreux arcs autour des groupes de galaxies. Ceci permet d'obtenir de manière directe des informations sur les groupes de galaxies, environnements clefs de la formation des structures dans l'Univers. Les scientifiques auront ainsi des données uniques qui les aideront à comprendre le rôle de la matière noire dans l'évolution de ces grandes structures.

## ***Un trou noir dans un amas globulaire***

Les télescopes spatiaux XMM-Newton et Chandra ont permis la découverte d'un trou noir là où les astronomes n'auraient jamais imaginé en voir, dans un amas globulaire. Ce résultat pourrait avoir de profondes implications pour notre connaissance de la dynamique des amas d'étoiles ainsi que pour l'existence d'une hypothétique classe de trous noirs dits de « masse intermédiaire » (IMBH).

Les amas globulaires sont des agrégats compacts de milliers ou millions d'étoiles vieilles et l'on ne pensait pas que des trous noirs puissent survivre dans un environnement aussi particulier. Les simulations sur ordinateur



***XMM-Newton. Impression d'artiste. Son orbite l'emmène jusqu'au tiers de la distance à la Lune, ce qui lui assure de longues périodes d'observations continues. (© ESA)***

montrent en effet qu'un trou noir qui y apparaîtrait plongerait rapidement vers le centre de l'amas et subirait alors un effet de fronde gravitationnelle qui l'éjecterait tout simplement du système.

Les observatoires X ont donc fourni la première preuve convaincante que certains trous noirs pourraient non seulement survivre mais se développer et s'épanouir dans les amas globulaires. Ce qui a le plus étonné les astronomes, c'est la rapidité avec laquelle le trou noir a été trouvé.

Les astronomes avaient entrepris une recherche systématique de trous noirs dans des milliers d'amas globulaires dans l'espoir d'en découvrir ne serait-ce qu'un seul. S'étant préparés pour un travail de longue haleine, quelle ne fut pas leur surprise de trouver un trou noir dès le deuxième amas qu'ils étudiaient. La quête continue et d'autres trous noirs sont trouvés mais le premier avait déjà suffi à conclure le débat vieux de dix ans sur les trous noirs et les amas globulaires.



On considère généralement qu'il y a deux classes principales de trous noirs. Les trous noirs supermassifs ont une masse équivalant à des millions ou des milliards de fois celle du Soleil. Ils se trouvent au centre de la plupart des galaxies, y compris de la nôtre. Les quasars sont une manifestation de ce type de trou noir. À l'autre bout de l'échelle des masses on trouve les trous noirs stellaires qui contiennent l'équivalent d'une dizaine de masses solaires. Ils se forment lors de l'effondrement d'étoiles massives et notre Galaxie en contient probablement des millions.

Les trous noirs isolés sont par définition invisibles. Mais leur voisinage peut s'embraser lorsqu'ils capturent de la matière proche. En tombant vers le trou noir la matière s'échauffe fortement et rayonne dans les rayons X. C'est cette émission qui a été détectée dans un amas globulaire de la galaxie NGC 4472, située à

*La galaxie NGC 4472 (M49) située à une cinquantaine de millions d'années-lumière dans l'amas de la Vierge. C'est dans l'un de ses amas globulaires que l'on a trouvé un trou noir stellaire.*

*(© NOAO/AURA/NSF)*

environ cinquante millions d'années-lumière dans l'amas de la Vierge.

Le télescope du satellite XMM-Newton est doté d'une grande sensibilité aux sources X variables et il est capable de surveiller de grandes zones de la sphère céleste. L'autre télescope, sur le satellite Chandra, est assez complémentaire puisqu'il a une bonne résolution angulaire et permet de préciser la position des sources X. On peut alors comparer ces positions avec des images optiques. C'est ainsi que l'on s'est aperçu que le trou noir en question se trouve bien dans un amas globulaire.

Les amas globulaires figurent parmi les structures les plus anciennes de l'univers, contenant des étoiles ayant plus de 12 milliards d'années. Les trous noirs qui s'y trouvent se sont donc probablement formés il y a des milliards d'années, et auraient dû être éjectés depuis belle lurette.

Les observations X laissent peu de doutes sur la nature trou noir de l'astre. Il est trop lumineux et trop variable pour être autre chose. On parle même de source X ultra-lumineuse (ULX). Les ULXs sont plus lumineuses que la « limite d'Eddington » relative aux trous noirs de masse stellaire. Cette limite correspond à la pression de radiation X contrebalançant exactement l'attraction gravitationnelle. On pense que les ULXs pourraient être des trous noirs de masse intermédiaire faisant la jonction entre les trous noirs supermassifs et les trous noirs stellaires.

Il se peut que quelques trous noirs grossissent par fusion avec d'autres ou en absorbant du gaz environnant, et qu'ils acquièrent une masse suffisante pour éviter l'éjection. Il suffirait pour cela qu'ils atteignent une centaine de fois la masse solaire. A partir de là ils pourraient continuer à gonfler tranquillement et constitueraient des IMBHs.

Mais il y a d'autres façons de fabriquer des sources ultra-lumineuses sans faire appel aux trous noirs de masse intermédiaire. En particulier, la lumière pourrait être émise de façon non uniforme, comme le faisceau

d'un phare, et l'astre paraîtrait alors plus lumineux qu'il n'est en réalité.

## **Les lacs de Titan**

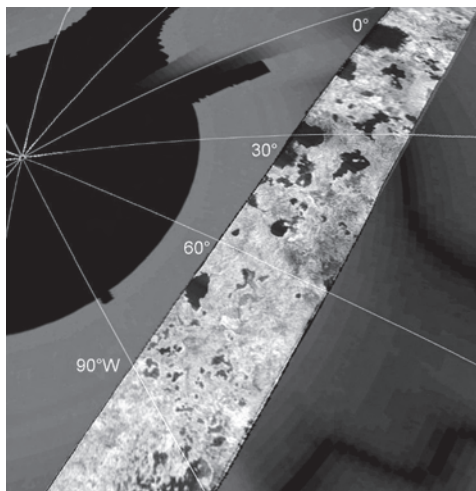
*Selon communiqué CNRS*

Il se confirme que Titan, le plus gros satellite de Saturne, présente un paysage parsemé de lacs de méthane au voisinage de son pôle Nord. Il serait doté d'un cycle « hydrologique » actif où le méthane liquide jouerait un rôle similaire à celui de l'eau sur Terre. Cette découverte a été réalisée avec le radar de la sonde Cassini-Huygens de la NASA et de l'ESA.

La sonde Cassini, actuellement en orbite autour de la planète Saturne, survole régulière-



*Image radar de Titan  
centrée sur 80° de  
latitude nord, et  
montrant une bande  
de 140 km. Elle a été  
prise par Cassini le 22  
juillet 2006  
(© NASA/JPL/USGS)*



**Vue du pôle nord de Titan avec la trace radar contenant les lacs (© NASA/JPL, Cassini Radar Team, F. Paganelli).**

ment son satellite Titan. Ce dernier est le deuxième plus gros satellite du système solaire avec 5 150 kilomètres de diamètre. L'atmosphère de Titan, toujours embrumée, empêche de voir sa surface dans le domaine de la lumière visible comme dans celui de l'infrarouge, à quelques rares exceptions près. Cela vient de la chimie particulière de l'atmosphère, essentiellement composée d'azote et de méthane : à cause du rayonnement solaire dans la haute atmosphère, le méthane est le point de départ d'une suite de réactions qui aboutissent à la formation de particules d'hydrocarbures suffisamment grosses pour former un brouillard.

La sonde Huygens, libérée par Cassini, a atterri dans une région proche de l'équateur de Titan le 14 janvier 2005 et a montré des reliefs ressemblant à des réseaux de drainage et à des lacs asséchés. Le radar de la sonde Cassini, lui, a fait des images de la surface à travers son atmosphère opaque, avec une résolution inférieure au kilomètre. Il a montré plusieurs cryo-volcans (des volcans de glace), des cratères d'impact de météorites et de vastes champs de dunes faites d'un matériau qui reste à déterminer.

Le seizième survol de Cassini au-dessus du pôle nord de Titan, le 22 juillet 2006, a révélé la présence de plus de 75 lacs de méthane liquide. Ils apparaissent comme des structures sombres de forme irrégulière, atteignant parfois plusieurs dizaines de kilomètres. Ils sont associés à des chenaux et à des dépressions topographiques et présentent différents niveaux de remplissage. Ces lacs extra-terrestres, les premiers découverts dans notre système Solaire, confirment qu'un cycle hydrologique actif existe sur la surface et dans l'atmosphère de Titan. Les scientifiques savaient déjà que Titan possédait un cycle atmosphérique du méthane. Il ne leur manquait plus que la découverte de structures hydrologiques (lacs, rivières) pour confirmer qu'un cycle complet du méthane existe sur Titan, à l'image du cycle de l'eau sur Terre.

Cassini devrait continuer d'observer Titan pendant encore au moins 2 ans, portant la surface imagée par le radar à 25 pour cent de la surface totale du satellite. D'autres découvertes sont donc attendues, très certainement d'autres lacs et, pourquoi pas, des mers.

## ***Un trou noir géant absorbant une étoile***

*Selon communiqué CNRS*

Un trou noir géant absorbant une étoile a été observé par le satellite GALEX. Ce satellite permet pour la première fois aux astronomes d'observer toutes les étapes de l'absorption d'une étoile par un trou noir. Cet événement très rare offre aux scientifiques de précieuses informations pour comprendre l'évolution conjointe des trous noirs et de leurs galaxies hôtes

Parmi les trous noirs supermassifs qui résident au cœur de nombreuses galaxies, certains sont actifs alors que d'autres sont « dormants ». Les trous noirs actifs accrètent de la matière environnante et la portent à haute température, ce qui la rend très brillante, avant qu'elle ne disparaisse à jamais dans le trou noir et devienne invisible. Les trous noirs dormants, comme celui de notre Galaxie, la Voie Lactée, n'émettent pratiquement jamais le moindre flash en temps ordinaire et sont donc difficiles

à étudier, sauf dans les très rares moments où ils ingèrent une étoile : un événement tel que celui observé par le satellite GALEX ne se produit qu'une fois tous les 10000 ans dans une galaxie « normale ».

Pendant peut-être des milliers d'années, ce trou noir dont la masse est évaluée à des dizaines de millions de fois la masse du Soleil est resté « dormant » au sein d'une galaxie elliptique anonyme dans la constellation du Bouvier située à 4 milliards d'années-lumière de la Terre. Puis une étoile imprudente s'est aventurée un peu trop près de ce monstre somnolent et a été déchiquetée par la force de sa gravité.

L'étoile s'est d'abord aplatie et étirée lorsque les effets de la gravité du trou noir ont commencé à se faire sentir, un phénomène qui se produit tous les jours à moindre échelle pour la Terre, quand la gravité de la Lune agite notre monde, faisant monter et baisser le niveau des océans. Toutefois, le destin de cette étoile est bien plus catastrophique : quand la gravité du trou noir surpasse celle de l'étoile, les effets de marée la disloquent. L'étoile ne peut tout simplement plus rester assemblée et se brise en morceaux. Certains débris vont tourner en spirale autour du trou noir et y plonger générant un sursaut brillant de lumière ultraviolette que GALEX a pu détecter.

En effet, GALEX, grâce à ses « yeux ultraviolets » au concept optique très performant, a permis de saisir un sursaut ultraviolet dans cette galaxie lointaine, puis de mesurer sa décroissance au cours de l'absorption des restes stellaires, permettant ainsi aux scientifiques d'observer pour la première fois ce phénomène en direct, alors qu'il avait été nécessaire d'attendre dix ans pour obtenir la confirmation de tels événements détectés sur trois trous noirs dans les années 90.



*Vue d'artiste illustrant le phénomène de digestion de l'étoile par le trou noir supermassif observé par le satellite GALEX (NASA-CNES).*

© NASA/JPL-Caltech.

Ces observations sur la variation de lumière visible effectuées pendant deux ans à de multiples longueurs d'onde dans le cadre du Canada France Legacy Survey ont permis de suivre l'évolution du phénomène et ont joué un rôle critique pour écarter d'autres hypothèses exotiques qui auraient pu expliquer le sursaut d'émission ultraviolette.

Actuellement GALEX continue à surveiller périodiquement, depuis son orbite, la décroissance de la lumière ultraviolette alors que le trou noir finit les dernières miettes de son dîner stellaire. Toutes ces observations aideront à peser les trous noirs de l'univers et à comprendre comment ils s'alimentent et grossissent au sein de leurs galaxies. Ce nouveau résultat, qui repose sur la capacité de GALEX à explorer le domaine temporel, est le premier d'une série utilisant les mesures ultraviolettes effectuées depuis trois ans sur plus de 30 millions d'objets célestes. Et GALEX sera maintenu en service jusqu'en 2010 ...



## ***Anneau d'une naine blanche***

On a trouvé autour d'une étoile de type naine blanche un anneau de gaz particulièrement riche en métaux (c'est-à-dire en éléments autres que l'hydrogène et l'hélium, selon le jargon des astronomes). C'est là un début de réponse à un problème qui intrigue les astronomes, à savoir l'absence de planètes autour des naines blanches.

L'étoile en question est SDSS1228+1040 dans la Vierge. Elle se trouve à 463 années-lumière. On pense qu'elle est devenue naine blanche il y a une centaine de millions d'années, lorsqu'une étoile a terminé sa vie après avoir brûlé ses dernières réserves comme géante rouge. A ce moment les planètes intérieures du genre de Mercure ou Vénus avaient été détruites, alors que les planètes extérieures avaient été propulsées à de grandes distances.

Depuis l'étoile se refroidit tranquillement mais elle est encore à la température respectable de 22 000 degrés.

Les astronomes ont observé les raies spectrales du fer, du magnésium et du calcium superposées au spectre de l'étoile. Les raies sont dédoublées par effet Doppler ce qui indique que le gaz tourne autour de l'étoile dans un anneau que l'on voit de profil. Les deux composantes des raies correspondent aux mouvements d'éloignement et de rapprochement du gaz par rapport à nous. Le rayon de l'anneau est d'environ un million de kilomètres.

On pense que l'origine de cet anneau est analogue à celle des anneaux planétaires. Un astre, probablement un astéroïde d'une cinquantaine de kilomètres, s'est approché de trop près et a été détruit par les forces de marée. Pour plonger vers l'étoile cet astéroïde avait dû subir les perturbations d'une planète ou d'un gros astéroïde. Les débris en orbite serrée autour de l'étoile se sont alors évaporés, ne laissant plus que du gaz.

La découverte a été réalisée dans le cadre de l'étude de 500 naines blanches et c'est le seul anneau de gaz qui a été trouvé. Le cas est donc rarissime et semble indiquer que les systèmes planétaires du même genre que le nôtre sont rares ce qui signifie qu'il n'y a pas souvent de ceinture d'astéroïdes, ou elles se trouvent plus près de l'étoile, ou encore que les planètes sont rarement aux distances de Mars et Jupiter.

Cette conclusion est en accord avec ce que l'on apprend actuellement sur les planètes tournant autour d'étoiles similaires au Soleil. La plupart d'entre elles se meuvent sur des orbites très serrées.



***Un anneau lumineux fait de vapeurs métalliques, voilà tout ce qu'il reste d'un astéroïde imprudent qui s'est approché d'une naine blanche (Vue d'artiste, © M.A. Garlick/Univ. of Warwick)***