



# L'astronomie dans le monde

## ***La période des Céphéides***

En découvrant la première étoile double dans laquelle une étoile variable de type céphéide et une autre étoile passent alternativement l'une devant l'autre, une équipe internationale d'astronomes a résolu un mystère vieux de plusieurs décennies. L'alignement rare des orbites des deux étoiles dans ce système d'étoile double a permis une mesure de la masse de la céphéide avec une précision inégalée. Jusqu'à présent, les astronomes avaient deux théories incompatibles pour l'estimation de la masse des céphéides. Le nouveau résultat montre que le calcul provenant de la théorie des pulsations stellaires a visé juste, alors que celui provenant de la théorie de l'évolution stellaire se révèle en contradiction avec ces nouvelles observations.

Les étoiles variables de type céphéide classique, sont des étoiles instables, plus grandes et beaucoup plus lumineuses que le Soleil. Elles se dilatent et se contractent de façon périodique, avec un cycle complet qui dure entre quelques jours et plusieurs mois. La durée nécessaire pour que la brillance de l'étoile augmente puis décline est plus longue pour les étoiles les plus lumineuses et plus courte pour

les étoiles à plus faible luminosité. Grâce à cette relation remarquablement précise, l'étude des céphéides est l'un des moyens les plus efficaces pour mesurer les distances des galaxies proches et de là, définir l'échelle des distances de l'univers.

Malheureusement, malgré leur importance, on ne comprend pas tout des céphéides. Les calculs de leur masse, dérivés de la théorie des étoiles pulsantes, donnent des valeurs de 20 à 30% inférieures aux calculs provenant de la théorie de l'évolution stellaire. Cet écart embarrassant est connu depuis les années 1960.

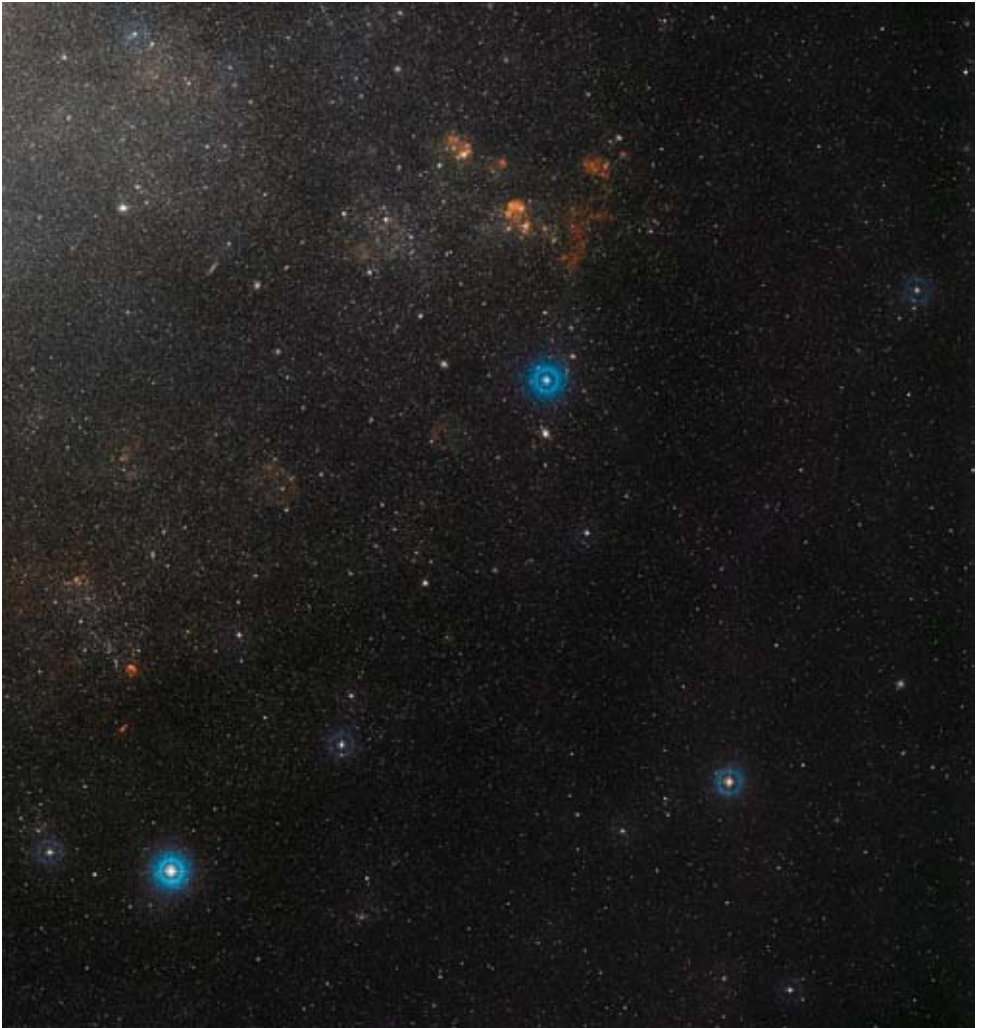
Pour résoudre ce mystère, les astronomes avaient besoin de trouver une étoile double contenant une céphéide et dont l'orbite pouvait être vue par la tranche depuis la Terre. Dans ces cas, connus sous le nom de binaires à éclipses, la luminosité globale faiblit lorsqu'une des deux composantes passe devant l'autre et à nouveau quand elle passe derrière l'autre. En observant de telles paires, les astronomes peuvent déterminer les masses des étoiles avec une grande précision. Malheureusement, ni les céphéides, ni les binaires à éclipses ne sont assez fréquentes, de sorte que la chance de trouver une telle paire

inhabituelle semble très faible. Aucune n'est connue dans la Voie Lactée.

Très récemment, les astronomes ont trouvé un tel système double parmi les étoi-

***La céphéide OGLE-LMC-CEP0227 est l'une des nombreuses étoiles au centre de cette image créée à partir des clichés rouge et bleu du Digital Sky Survey. (© ESO / Digitized Sky Survey 2 / Davide de Martin)***

les du Grand Nuage de Magellan. Il contient une étoile variable de type céphéide avec des pulsations tous les 3,8 jours. L'autre étoile est légèrement plus grande et plus froide et ces deux étoiles parcourent leur orbite en 310 jours. La vraie nature binaire de l'objet a été immédiatement confirmée grâce au spectrographe HARPS à La Silla. Les observateurs ont mesuré à la fois le mouvement orbital des étoiles et le mouvement de va-et-vient de



la surface de la céphéide lorsqu'elle se dilate et se contracte.

Ces données très complètes et détaillées ont permis aux observateurs de déterminer le mouvement orbital, les tailles et les masses des deux étoiles avec une précision très élevée – dépassant de loin ce qui avait été fait avant pour une céphéide. La masse de la céphéide est maintenant connue avec environ 1% d'erreur et sa valeur s'accorde exactement avec les valeurs calculées par la théorie des pulsations stellaires. Ce faisant, il a été démontré que la masse plus grande, estimée par la théorie de l'évolution stellaire était largement erronée.

Les chercheurs espèrent trouver d'autres paires de ce type afin d'étendre l'application de cette méthode. Cela permettrait à terme de déduire la distance du Grand Nuage de Magellan avec moins d'un pour cent d'erreur et améliorerait considérablement l'échelle des distances cosmiques.

*Source : communiqué ESO*

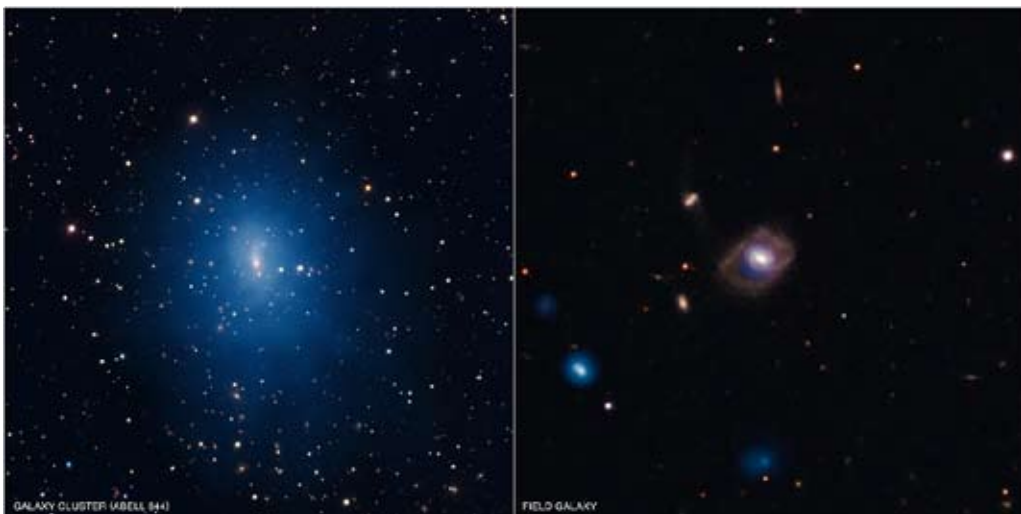
## ChaMP

Les observations menées au moyen du télescope spatial X Chandra dans le cadre du projet ChaMP (Chandra Multiwavelength Project) ont révélé la proportion des trous

noirs supermassifs actifs parmi les galaxies relativement proches. Seul un pour cent des galaxies de champ comme SDSS J1021+1312 (image ci-dessous) de masse comparable à la nôtre ont un trou noir en activité. Cette fraction dépend de la masse des galaxies, les plus grosses ayant plus de chances de contenir un noyau actif. Cette étude montre aussi qu'à l'époque actuelle le taux d'activité ne dépend pas de l'appartenance de la galaxie à un amas, et qu'il était plus grand dans l'univers jeune.

Le projet ChaMP, qui couvre 30 degrés carrés du ciel, est le plus grand survey réalisé avec Chandra. Les images X de Chandra ont été combinées avec des images optiques du Sloan Digital Sky Survey (SDSS), permettant ainsi d'étudier environ 100 000 galaxies, dont 1 600 semblent montrer un noyau actif.

*La galaxie de gauche, Abell 644, est au centre d'un amas situé à plus de 900 millions d'années-lumière. Celle de droite est une galaxie isolée, SDSS J1021+1312, située à plus d'un milliard d'années-lumière. Chacune contient en son coeur un trou noir supermassif aspirant goulûment la matière environnante. Ces images sont des composites réalisées à partir de données provenant du Chandra X-ray Observatory et du SDS. (© Rayons X : NASA/CXC/Northwestern Univ/D. Haggard et al ; Optique : SDSS)*



## MOAO

L'optique adaptative multi-objet (MOAO) ouvre la voie à l'observation de sources astronomiques très faibles dans un très grand champ de vue. Le démonstrateur CANARY installé sur le télescope William Herschel aux îles Canaries en Espagne utilise les mesures faites sur trois étoiles guides hors de la ligne de visée pour déformer un miroir placé dans le faisceau lumineux de l'étoile test, afin de compenser les effets néfastes créés par la turbulence de l'atmosphère. CANARY a atteint des performances tout aussi bonnes que celles d'une optique adaptative classique. Cette technologie valide la faisabilité de l'instrument EAGLE qui équipera l'European Extremely Large Telescope (ESO).

Comprendre comment l'univers a pu évoluer de son état de densité quasi uniforme juste après le Big-Bang jusqu'à sa très forte structuration actuelle en étoiles, galaxies et amas de galaxies est une des questions clés

de la cosmologie. Ce n'est qu'après l'époque de la formation des premières étoiles et/ou galaxies que l'univers devient observable faisant suite à l'âge sombre, environ 800 millions d'années après le Big-Bang. Observer les étoiles et les galaxies présentes à cette période permettra de comprendre comment l'univers s'est structuré.

Afin de pouvoir conduire de telles observations, le premier des outils est un télescope de taille extrêmement grande. C'est le projet de télescope géant européen (E-ELT ESO) dont le miroir primaire fait 42 mètres de diamètre et qui se situera dans le désert d'Atacama au Chili. Ce télescope subira les effets inévitables de la turbulence atmosphérique, qui brouille les images et en détruit le contraste et

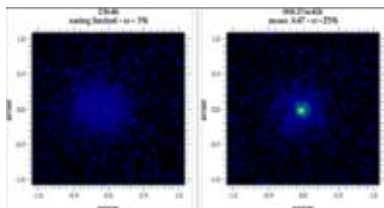
***Tir laser pour produire une étoile artificielle au télescope William Herschel de 4m20 au Roque de Los Muchachos à La Palma (Canaries).***



la résolution. Pour lui permettre d'exprimer l'extrême finesse de qualité d'image dont il est capable, il devra être équipé de la technologie de l'optique adaptative. Il s'agit d'utiliser un miroir déformable pour compenser en temps réel les avances et les retards subis par les fronts d'onde de la lumière après propagation dans l'atmosphère. Jusqu'ici l'optique adaptative ne pouvait efficacement corriger la turbulence que sur un champ de vue étroit. Mais pour une analyse approfondie de l'univers jeune, il est indispensable d'avoir une vision plus étendue. Des champs de vue dix fois plus larges sont alors nécessaires. C'est l'objectif d'EAGLE qui devrait permettre l'observation en parallèle de 20 galaxies lointaines dans un champ de 5 minutes d'arc, chacune devant être corrigée des perturbations atmosphériques.

Cependant, les galaxies primordiales sont trop faiblement lumineuses pour permettre une quelconque mesure de ces perturbations. Celle-ci doit alors s'appuyer sur l'information lumineuse des rares étoiles guides présentes dans le champ de vue, complétée par la création par laser d'étoiles artificielles quand le nombre d'étoiles guides naturelles disponibles n'est pas suffisant. Par ailleurs, la compensation de la turbulence par un seul miroir déformable n'est plus aussi efficace qu'en optique adaptative classique, à cause de la très grande taille du champ de vue. Les galaxies primordiales ayant une très petite taille visible (de l'ordre d'une seconde d'arc), il n'est en fait nécessaire de corriger que des petits îlots correspondant aux galaxies à observer.

***Images d'une étoile test sans la correction (montrant l'effet de la turbulence) et avec la correction par MOAO.***



La nouvelle technologie MOAO utilise donc un miroir déformable par galaxie-cible.

Les performances de CANARY sont à la hauteur des espérances placées dans la MOAO. La figure jointe présente les images de cette étoile test sans la correction (montrant l'effet de la turbulence) et avec la correction par MOAO. La qualité obtenue de l'image est très proche de celle mesurée en mode optique adaptative classique dans les mêmes conditions. La prochaine étape sera de répéter l'expérience mais avec des étoiles guides artificielles créées par laser.

*Source : communiqué de l'Observatoire de Paris*

## ***Des suies autour d'une exoplanète***

L'atmosphère de la Jupiter chaude HD189733b serait-elle en partie voilée par des suies ? C'est ce que proposent des chercheurs pour expliquer l'appauvrissement en carbone de cette exoplanète par rapport à son étoile parente.

Les scénarios de formation des planètes géantes sont centrés autour de deux paradigmes : formation par instabilité du disque circumstellaire selon le mode de formation des étoiles, et formation par instabilité lorsque le gaz de l'enveloppe se condense autour d'un noyau de rocs et de glaces. Ces deux scénarios favorisent l'émergence de planètes dont la teneur en éléments lourds (« métallicité ») est supérieure à celle de leur étoile parente. C'est ce que démontrent depuis plusieurs décennies les déterminations d'abondances en éléments volatils dans les planètes géantes du système solaire. Pour l'instant aucun consensus n'a été atteint au sujet des mesures des abondances du carbone et de l'oxygène (détectés sous formes de méthane, de monoxyde et de dioxyde de carbone) dans HD189733b. Plusieurs études indépendantes ont récemment suggéré la possibilité que cette planète et d'autres Jupiter chaudes possèdent des métallicités inférieures à celles de leurs étoiles parentes. Ces mesures, si elles étaient avérées, susciteraient la question de savoir comment une telle planète a pu accumuler aussi peu d'éléments lourds au cours de sa formation.

## **Kepler-10b, une planète tellurique**

Le télescope spatial Kepler a découvert sa première planète rocheuse. Avec un diamètre de 40% plus grand que celui de la nôtre, Kepler-10b est la plus petite exoplanète tellurique connue. Elle rôtit à proximité de son étoile dont elle fait le tour en une vingtaine d'heures. Sa masse est de 4,6 terres et sa forte densité de 8,8 rivalise avec celle du bronze ou du nickel.

Cette découverte est basée sur plus de huit mois de données collectées par le satellite, de mai 2009 à janvier 2010. Le photomètre ultra-précis de Kepler mesure la petite diminution d'éclat qui accompagne le passage d'une planète devant le disque de l'étoile. La taille de la planète peut se déduire de la courbe de lumière et la périodicité de ces transits donne la distance entre l'étoile et la planète. C'est ainsi que l'on a constaté que son orbite est 20 fois plus serrée que celle de Mercure et bien en deçà de la zone habitable.

Kepler-10 a été la première candidate pour une petite exoplanète trouvée par Kepler, ce qui l'a placée en tête de liste pour un suivi au sol par l'observatoire Keck à Hawaï. Les astronomes n'ont pas été déçus. Les minuscules variations de vitesse mesurées par effet Doppler dans les spectres ont confirmé le mouvement orbital.

La brillance de l'étoile hôte a permis de la caractériser de façon très détaillée, beaucoup mieux que la plupart des autres étoiles connues pour abriter des planètes. En particulier Kepler a pu analyser les vibrations sismiques de l'étoile qui permettent un diagnostic précis de la structure de l'étoile, à la manière des ondes sismiques terrestres.

*Source : communiqué NASA*

## **Le nain se rebiffe**

Les données concernant les objets transneptuniens placent actuellement Éris en tête de liste, devant Pluton, une promotion qui avait suscité en son temps une polémique aussi curieuse que stérile sur le statut du monde glacé découvert par Clyde Tombaugh en 1930. Ou bien on rangeait Éris (alors appelé Xéna)

Dans cette étude, les chercheurs ont tout d'abord élaboré un modèle décrivant la composition des planétésimaux accrétés par HD189733b pendant sa formation dans le disque circumstellaire. Connaissant la quantité minimale et la composition des éléments lourds présents dans la planète, ces chercheurs ont ensuite déterminé la métallicité résultante de HD189733b. Ils ont montré qu'elle devrait être enrichie et non appauvrie comme les mesures le suggèrent. En même temps, des modèles photochimiques récents proposent qu'une fraction substantielle du carbone pourrait exister sous formes d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et de suies, quasiment indécélabes, dans les parties supérieures de l'enveloppe de HD189733b. En considérant cette hypothèse, les chercheurs ont montré que l'adjonction d'une fraction plausible de carbone sous forme de HAP et de suies dans l'enveloppe de HD189733b augmenterait significativement sa métallicité. Elle deviendrait supérieure à celle de son étoile parente et serait cohérente avec la structure interne de la planète et les modèles de formation existants.

Une mesure diagnostique qui permettrait de vérifier l'hypothèse de l'existence de HAP et de suies dans HD189733b serait la détection de précurseurs chimiques tels que l'acétylène.

*Source : actualité CNRS/INSU*

parmi les planètes, ou, en toute logique, on déclassait Pluton.

Il se fait que de récentes observations d'une occultation, et en premier lieu celles menées par E. Jehin avec le télescope liégeois Trappist (La Silla, ESO), conduisent à ramener Éris à de plus justes proportions, peut-être même en dessous de Pluton. Devrait-on pour autant réintégrer le nain dans la classe élitiste des planètes ?

Scientifiquement, le sujet est simplement une obscure question de taxonomie. Il faut bien ranger les astres dans des classes, des sous-classes etc., afin que les astronomes puissent s'entendre entre eux. Que Pluton soit un peu plus grand ou plus petit qu'Éris, ça ne devrait rien changer à la nature des choses. Dans cette optique, Éris et Pluton sont des « planètes naines », jusqu'à la prochaine révision des astro-taxonomistes.

Le 6 novembre trois équipes d'astronomes ont observé Éris pendant qu'elle occultait une petite étoile de la constellation de la Baleine. La faiblesse des objets demandait des

poses relativement longues, de sorte que la durée totale de l'événement reste assez imprécise pour chacun des sites. Les dimensions que l'on en déduit sont donc entachées d'une certaine imprécision, mais il apparaît qu'Éris est peut-être plus petit que Pluton dont le diamètre est de  $2\,344 \pm 20$  km. La masse d'Éris est bien connue grâce à la présence d'un satellite (Dysnomia). Elle est supérieure de 25% à celle de Pluton et lui donne la densité assez surprenante de 2,5. Plus étrange encore est la blancheur d'Éris. Son éclat rapporté à une surface plus étriequée entraîne un albédo proche de 1 – il réfléchit quasiment toute la lumière qu'il reçoit. Les autres astéroïdes lointains sont très blancs, mais Éris est un champion de ce point de vue. Son éloignement record aux confins du système solaire, à une centaine d'unités astronomiques, serait-il la cause de cet éclat ?

Quel contraste avec les noyaux cométaires que les sondes spatiales nous révèlent très sombres. Et avec la multitude d'astéroïdes « noirs » que WISE découvre en infrarouge dans la ceinture principale entre Mars et Jupiter, et plus près de nous.

Plus blanc que neige, Éris se place comme une nouvelle énigme dans le royaume des mondes transneptuniens, tandis que Pluton réintègre son rang de premier parmi les nains.

***Représentation artistique des planètes naines Éris, Pluton (et sa lune, Charon) et Cérès en comparaison de la Terre. Ce dessin non réactualisé montre encore Éris plus grand que Pluton. (NASA)***



## La roue réinventée



*Illustration par J. Grandville de la fable de La Fontaine « L'Astrologue qui se laisse tomber dans un puits »*

Internet vient de découvrir que les signes du zodiaque sont faux, une évidence que les charlatans et astrologues, soucieux de leur fonds de commerce, ont appris à contrer depuis longtemps avec de misérables arguments. <http://www.bbc.co.uk/news/science-environment-12199980>

Voir aussi « Quand les planètes quittent le zodiaque » *Le Ciel* octobre et décembre 2005.

**La 2000<sup>e</sup> comète SOHO, découverte par un astronome amateur polonais le 26 décembre 2010. Crédit : SOHO/Karl Battams**

## SOHO

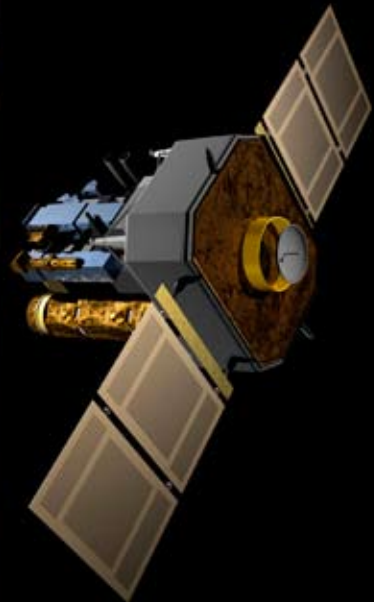
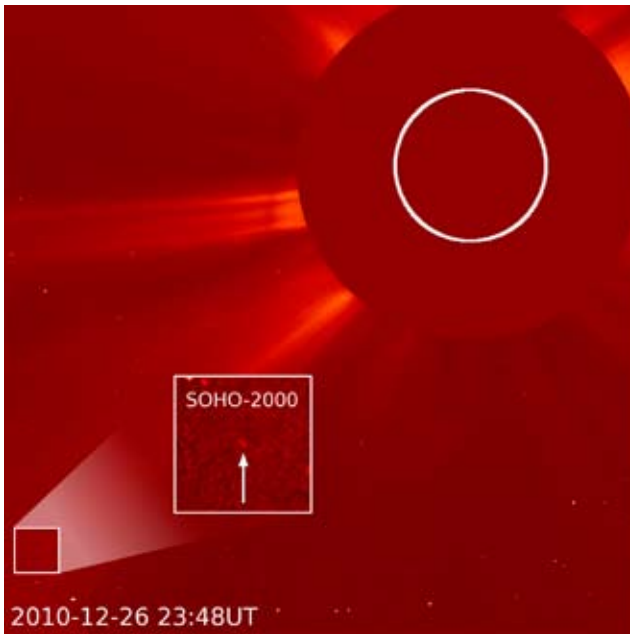
La 2000<sup>e</sup> comète SOHO vient d'être découverte. Le « Solar and Heliospheric Observatory » lancé en 1995 est consacré au Soleil mais les images qu'il fournit de la couronne solaire offrent l'occasion de voir les comètes passant très près de lui, un exploit impossible à réaliser depuis le sol.

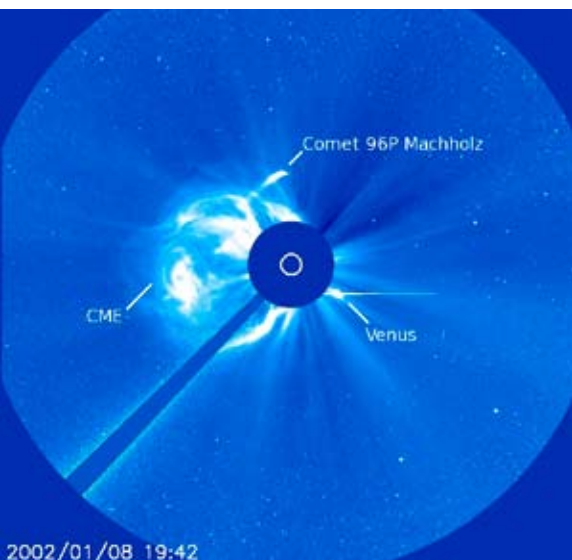
Bénéficiant de l'aide des internautes de par le monde, SOHO s'affirme comme le plus grand découvreur de comètes de tous les temps, battant de loin les Messier et Méchain dont nous parle Pierre Ponsard, mais aussi les découvreurs prolifiques modernes McNaught et autres Shoemaker.

SOHO a plus que doublé le nombre de comètes dont l'orbite a pu être déterminée. Ce n'est pas le satellite qui découvre les comètes. Cette tâche est remplie par de nombreux astronomes amateurs ravis sur leurs écrans d'ordinateur pour scruter les images délivrées par les caméras Large Angle and Spectrometric Coronagraph (LASCO).

C'est Marcin Kusiak, un étudiant en astronomie de Cracovie qui a trouvé la 2000<sup>e</sup> SOHO.

Le succès de cette chasse est démontré par son butin. Il a fallu dix ans pour en arriver





*Passage de 2002 de la comète 96P/Machholz observé par SOHO  
(© NASA/ESA/SOHO)*

### **Lacs de Titan**

Le lac Ontario, dans l'hémisphère austral de Titan, est une parfaite mer d'huile avec des vagues d'une amplitude de moins d'un millimètre. Aucun plan d'eau terrestre n'est aussi plat que cela.

Peut-être n'y avait-il pas le moindre souffle de vent lors des mesures, mais il est probable que la viscosité des hydrocarbures constituant le lac est très forte. La profondeur d'Ontario est relativement faible, tout au plus quelques mètres, alors que les lacs du nord, plus nombreux, atteignent des profondeurs plus importantes.

Ontario Lacus est le plus grand des lacs australs de Titan. Sa surface totale rivalise avec celle de son homonyme d'Amérique du Nord. Les observations radar utilisées pour en déterminer la profondeur ont été obtenues lors des survols par Cassini en juillet 2009 et janvier 2010. Des mesures de profondeurs près des rivages avaient déjà été effectuées, mais c'est la première fois qu'il a été sondé sur toute son étendue.

à la millième comète et seulement cinq pour le second millième. La participation se fait plus nombreuse et active. Le traitement des images s'est amélioré. Il y a cependant un effet plus inattendu, une vraie augmentation du nombre de comètes passant au voisinage du Soleil.

On a ainsi appris qu'il y a plus de comètes qui frôlent l'astre du jour qu'on ne le pensait. Ces comètes ne viennent pas au hasard mais par salves. Leur origine s'explique par la fracture d'astres plus importants dont les débris nous arrivent par paquets sur des orbites très similaires. En fait on pense que 85% des comètes LASCO proviennent du même objet qui s'est brisé il y a plusieurs siècles. Ce sont les comètes de la famille Kreutz. La plupart de ces comètes sont des « sungrazers » (frôleurs de Soleil), des corps qui passent si près de l'astre du jour qu'ils sont vaporisés. Mais beaucoup de comètes LASCO survivent à leur passage au périhélie. Un visiteur fréquent est la comète 96P Machholz, qui revient tous les 6 ans et qui est rentrée trois fois dans le champ de LASCO.

*Ontario Lacus sur Titan. Image obtenue par Cassini en juin 2005. (© NASA/JPL/Space Science Institute)*

