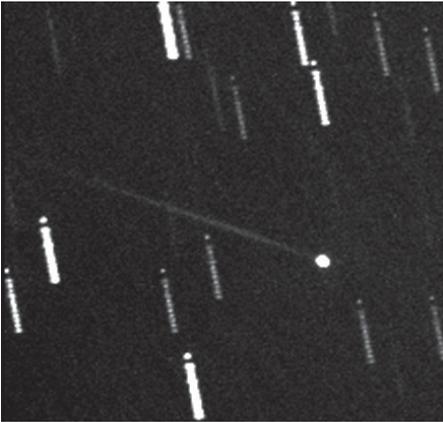


## L'astronomie dans le monde

### *P/2004 TU<sub>12</sub>*

Un astéroïde qui devient une comète, voilà ce qui est arrivé à 2004 TU<sub>12</sub> à la grande surprise des astronomes. Ce n'est pourtant pas la première fois que cette métamorphose intervient : les comètes 107P/Wilson-Harrington et 133P/Elst-Pizarro étaient initialement connues comme astéroïdes et ce n'est que l'apparition d'une queue qui a permis de reconnaître leur vraie nature.



*L'astéroïde P/2004 TU<sub>12</sub> a été photographié le 14 novembre à l'observatoire de Las Campanas, au Chili. L'image ci-dessus est le résultat de la coaddition de 12 poses de 60 secondes avec un télescope de 35cm, ouvert à f/7.*

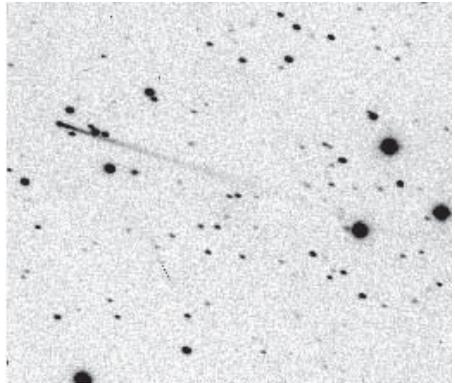
*(Crédit G. Masi, F. Mallia et R. Wilcox)*

2004 TU<sub>12</sub> avait été découvert le 10 octobre par R. McNaught avec un télescope Schmidt de 50cm à l'observatoire de Siding Spring en Australie. Il avait été catalogué comme NEA (near-Earth asteroid) et ne présentait pas la moindre trace d'activité cométaire. C'est en novembre qu'est apparu le fin pinceau de gaz et de poussières que l'on peut voir sur l'image ci-jointe.

Le petit astre effectue sa révolution

autour du Soleil en 5,3 ans. Sa reconnaissance comme comète périodique lui a valu l'ajout de la lettre P devant sa désignation. Quant à son petit nom officiel, c'est maintenant «comète Siding Spring» en l'honneur de l'observatoire où il a été découvert.

Si des astéroïdes peuvent révéler une activité cométaire, on en connaît qui sont des comètes tout à fait éteintes. Ainsi, en 1983 on découvrit un astéroïde, Phaeton, qui avait la particularité de partager l'orbite de l'essaim des Géminides, orbite dont le périhélie est en deçà de l'orbite de Mercure et l'aphélie à la distance de la ceinture des astéroïdes. Phaeton est probablement le plus gros reste de la comète qui est à l'origine des Géminides. Peut-être éparpille-t-il encore lui-même quelques débris à l'occasion d'impacts qu'il a subi lors de ses passages dans la ceinture des astéroïdes.



*Parfois astéroïde, parfois comète, Elst-Pizarro montra brièvement une queue en 1996.*

C'est aussi à des impacts que l'on pense lorsque l'on cherche à expliquer les brefs sursauts de la comète 133P/Elst-Pizarro qui passe, quant à elle, tout son temps dans la ceinture des astéroïdes, entre Mars et Jupiter.

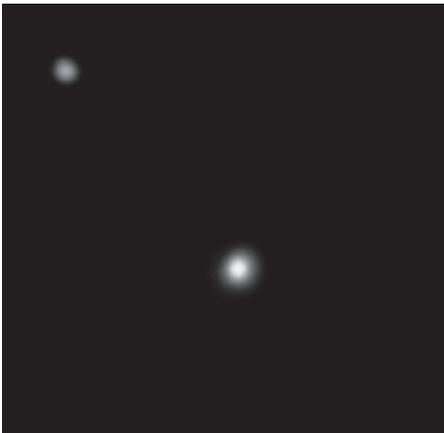
La surface des comètes qui ont effectué un grand nombre de passages près du Soleil a probablement perdu tous ses matériaux volatils et est recuite au point de ne plus permettre la moindre activité. Beaucoup d'astéroïdes NEA sont probablement ainsi d'anciennes comètes mortes, que seul le hasard d'un impact permet de réveiller.

L'an passé, un autre astéroïde 2003 EH-1 était découvert qui est associé à un autre essaim de météorites, les Quadrantides (voir l'image prise lors de sa redécouverte à l'ESO par E. Jehin dans *Le Ciel* de février 2004, p.60).

### Trous noirs précoces

Le télescope spatial X Chandra de la NASA confirme que des trous noirs supermassifs existaient très tôt dans l'histoire de l'univers. Peut-être proviennent-ils de l'effondrement de millions d'étoiles très massives dans des galaxies jeunes, et de la fusion des trous noirs résultants.

En observant le quasar SDSS J1306, distant de 12,7 milliards d'années lumière, les astronomes se sont aperçus que son spectre X a un profil identique à celui des quasars plus proches, et donc plus vieux. L'univers étant



*Le quasar SDSSp J1306 tel qu'il apparaît dans le champ du satellite X Chandra*



*Modèle de l'émission X à partir d'un trou noir accrétant la matière environnante (Illustration : CXC/M.Weiss)*

agé d'environ 13,7 milliards d'année, J1306 est très jeune d'un point de vue astronomique s'entend.

Le satellite européen concurrent XMM-Newton avait permis d'arriver essentiellement à la même conclusion en observant le quasar J1030, distant, lui, de 12,8 millions d'années lumière et donc potentiellement encore un peu plus jeune.

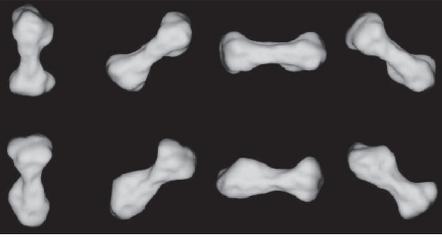
Les observations dans d'autres domaines de longueur d'onde indiquent également que ces quasars jeunes ont des propriétés identiques à celles de leurs aînés et reçoivent de l'énergie à partir des trous noirs supermassifs. On estime ainsi la masse du trou noir de J1306 à un milliard de fois celle du Soleil.

L'énergie rayonnée par le trou noir provient de l'échauffement du gaz environnant lorsqu'il est attiré par le champ gravifique de ce trou noir. Le gaz forme un disque en rotation rapide dont la partie centrale baigne dans un halo très chaud, de température pouvant atteindre plusieurs milliards de degrés. La puissance dégagée est équivalente à des milliers de milliards de fois celle du Soleil.

### Astéroïde double

2001 QG298 est peut-être le troisième cas d'un astéroïde constitué de deux corps en orbite si serrée qu'ils sont en contact.

En étudiant la courbe de lumière de



*Peut-être l'astéroïde 2001 QG298 ressemble-t-il à 216 Kleopatra observé ici avec le radiotélescope géant d'Arecibo.*

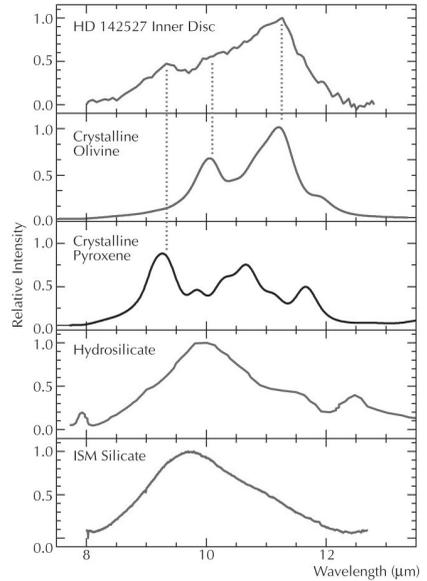
cet astre lointain, membre de la ceinture de Kuiper, les astronomes ont observé une amplitude remarquablement grande, correspondant à un écart de 1,14 magnitude. C'est le troisième astéroïde de taille relativement respectable montrant une amplitude supérieure à une magnitude et le seul connu actuellement parmi ceux de la ceinture de Kuiper. Divers arguments font penser que cette variation ne peut être le fait d'une surface présentant des zones très contrastées. L'explication la plus probable est que l'astéroïde est double. La même explication avait été proposée pour le Troyen Hektor, et des observations radar ont montré de façon beaucoup plus évidente le même phénomène pour Kleopatra.

À partir d'autres observations portant sur un grand nombre de petites planètes, les astronomes estiment que dix à vingt pour cent des astéroïdes de la ceinture de Kuiper pourraient bien être de semblables binaires de contact.

### ***D'autres terres***

Le spectre infrarouge des régions centrales du disque de poussières entourant des étoiles jeunes montre que toutes les conditions y sont réunies pour permettre la formation de planètes telluriques. L'existence de nombreuses planètes semblables à la nôtre dans l'univers est donc très probable. Leur détection ne saurait tarder.

Ces observations ont été réalisées avec l'équipement interférométrique du VLTI de l'ESO. Grâce à la résolution spatiale (environ 0,02 seconde d'arc) permise par la combinai-

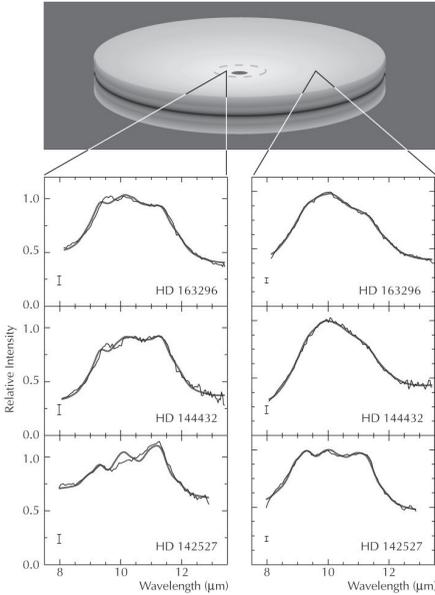


***Comparaison du spectre infrarouge de la zone centrale du disque de l'étoile HD142527 avec ceux des quelques types de poussières communes. (Cliché ESO)***

son de la lumière captée par deux des grands télescopes du Cerro Paranal, les astronomes ont pu différencier les spectres des régions centrale et périphérique des disques protoplanétaires entourant trois étoiles proches. C'est ainsi qu'ils ont obtenu de précieuses indications sur la composition chimique et la taille des grains de poussières près et loin des étoiles.

La comparaison des spectres dans la figure ci-dessus montre que l'on retrouve près de l'étoile la signature spectrale du pyroxène et de l'olivine. La figure de la page suivante montre les différences entre les spectres au centre et à la périphérie des trois disques proto-stellaires.

La région centrale correspondant grossièrement aux dimensions de l'orbite terrestre est riche en grains de silicate cristallisé d'une taille d'environ un micron. On pense que ces grains se forment sous l'influence de la chaleur solaire par l'agglomération de particules



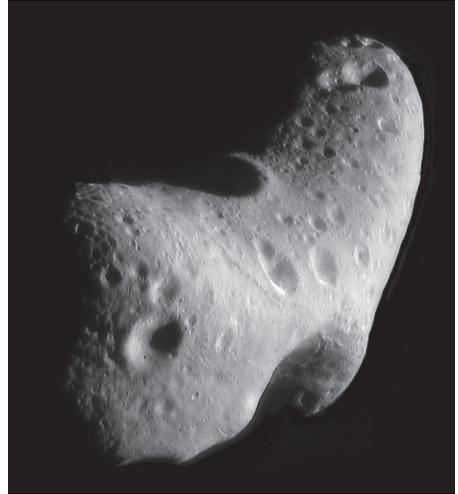
**Spectres infrarouges au centre et au bord des trois disques observés. (Cliché ESO)**

amorphes beaucoup plus petites, présentes dans le milieu interstellaire.

Ces travaux permettent aussi de conclure que les comètes à longue période sont des corps primordiaux d'un grand intérêt, témoins d'une époque antérieure à la formation des planètes. Si elles contiennent des silicates cristallisés, il faudra comprendre comment ceux-ci ont pu parvenir dans les zones glacées, loin du jeune Soleil, là où elles se sont formées.

### **Tremblements d'Eros**

En 2000-2001, la sonde NEAR avait surveillé l'astéroïde Eros. Elle n'y avait pas trouvé les nombreux petits cratères prévus par les scientifiques. Au lieu de 400 cratères de 20 mètres et moins par kilomètre carré, on n'en compte que 40. Un géophysicien américain propose que 90% des petits cratères ont été effacés par les

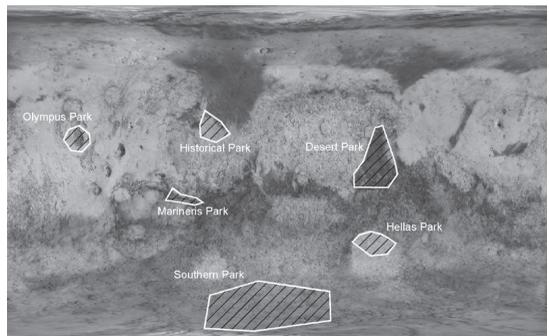


séismes provoqués par les impacts qu'a dû subir la petite planète.

L'autre solution qui permettrait d'expliquer l'absence de petits cratères serait une plus faible population que prévu des petites météorites, ou des petits astéroïdes susceptibles de laisser ces traces.

### **Parcs cosmiques**

On propose la création de parcs «planétaires», à l'instar des parcs nationaux terrestres. Parmi les candidats, le parc Olympus garantirait la protection du volcan géant martien.



**Six des parcs martiens proposés. (Crédit C. Cockell)**

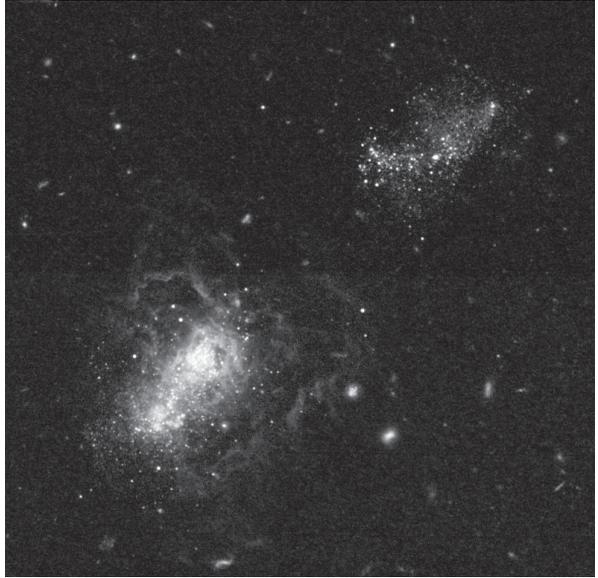
L'avantage déclaré d'un tel plan est qu'il permettrait l'exploitation débridée des zones non classées.

Curieuse conception de la protection!

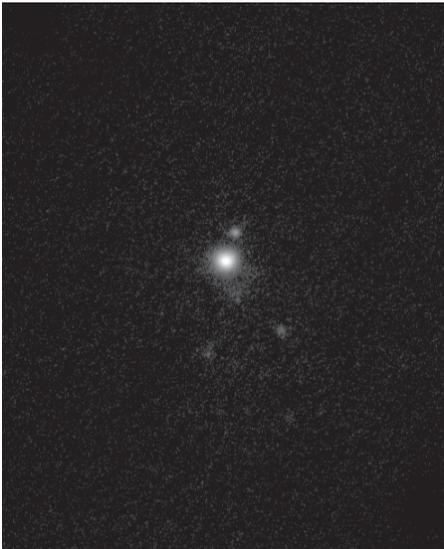
## ***Jeunes galaxies***

L'étude de la population stellaire de la galaxie I Zwicky 18 ne montre pas d'astres plus âgés qu'un demi-milliard d'années. Cette galaxie serait donc la plus jeune connue.

Beaucoup plus petite que notre Voie Lactée, cette galaxie a subi plusieurs épisodes de formation stellaire, le dernier datant seulement de quatre millions d'années, un clin d'oeil à l'échelle cosmique. On peut considérer cette «naine irrégulière» comme représentative des galaxies qui peuplaient l'univers primitif.



*La galaxie I Zwicky 18 (à gauche) est accompagnée d'une autre plus faible et plus âgée. C'est peut-être l'interaction avec cette dernière qui a suscité la première flambée de formation stellaire il y a 500 millions d'années. Les filaments diffus entourant I Zwicky 18 sont des bulles de gaz propulsées par les vents stellaire et la pression de radiation des étoiles jeunes. (Crédit NASA/ESA)*

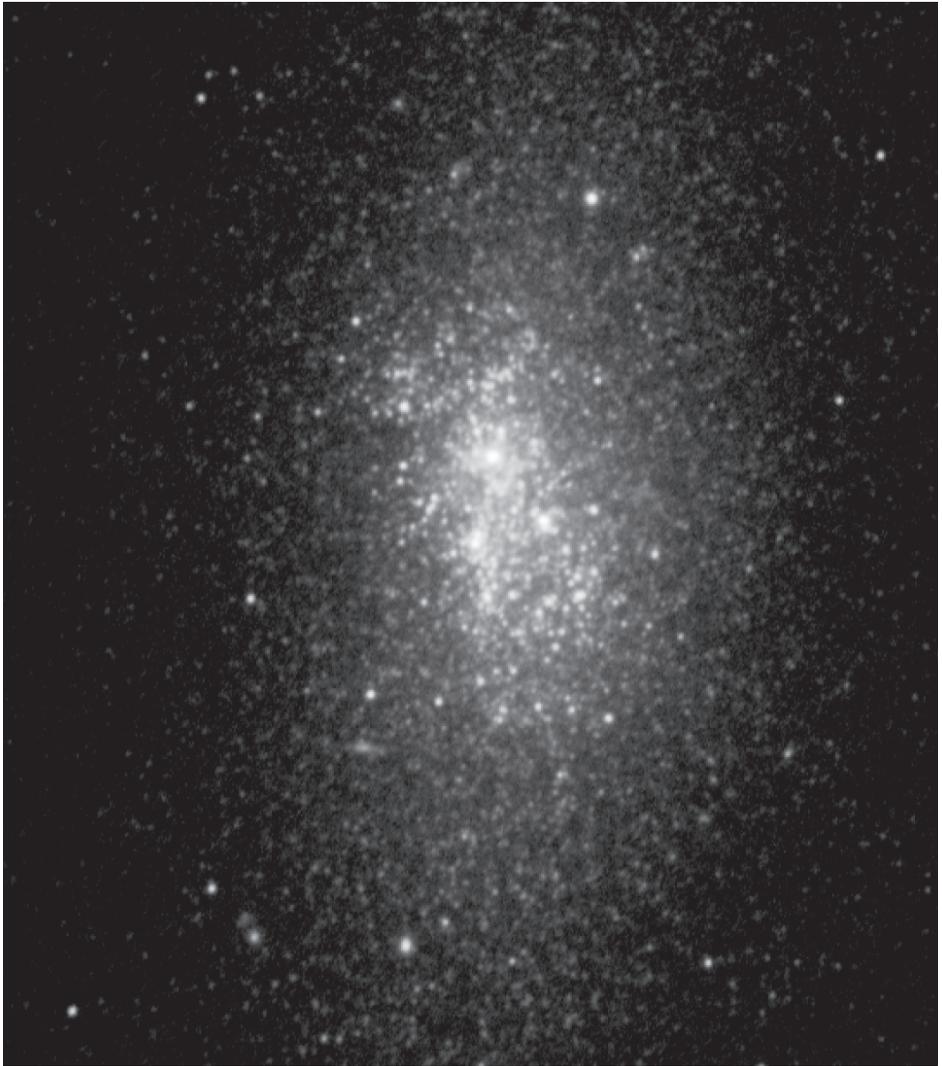


Avant la formation des premières étoiles la galaxie existait cependant déjà sous une forme embryonnaire, un simple nuage de gaz, hélium et hydrogène, n'attendant qu'une chiquenaude pour se condenser en étoiles.

L'étude du gaz interstellaire encore présent montre d'ailleurs la faible abondance des éléments autres que l'hélium et l'hydrogène, preuve de la jeunesse du système qui n'a pas encore eu le temps de produire beaucoup d'éléments plus lourds.

Autre cas, moins extrême, les images prises par le VLT montrent en détail des zones très actives de formation stellaire dans

*Dans la bande L des longueurs d'onde infrarouges, un objet se distingue au coeur de NGC5253 par son intensité, un amas stellaire jeune très massif. Le champ couvert est sensiblement le même que celui de la photo suivante. (Cliché ESO).*



*La galaxie NGC5253 observée en infrarouge (bande K) avec l'un des télescopes de 8m du VLT. (Cliché ESO)*

NGC 5253, une galaxie naine relativement pauvre en poussières et éléments lourds. On peut y voir également un exemple de ce qui a dû se passer dans l'univers primitif.

La formation stellaire est l'un des phénomènes fondamentaux de l'univers. C'est à l'intérieur des étoiles que la matière primor-

diale fabriquée lors du Big Bang est progressivement élaborée en un mélange comprenant de plus en plus d'éléments lourds. Dans l'atmosphère distendue de certaines étoiles ces atomes peuvent se combiner en molécules et même se condenser en grains de poussières. Tous ces matériaux servent de base pour des

génération ultérieures d'étoiles, pour des comètes, des planètes et, parfois, des êtres vivants.

Les épisodes violents de formation stellaire font momentanément briller de façon étincelante une galaxie anodine qui devient alors visible sur de très longues distances.

La naissance d'une étoile commence par l'effondrement de la partie centrale d'un nuage de gaz et de poussières tel que celui d'Orion. Etant donné sa composition, ce nuage n'est pas primordial. Il est le résultat de toute une chaîne comprenant plusieurs générations d'étoiles ayant participé à l'enrichissement en éléments lourds.

Les astrophysiciens savent depuis longtemps que la condensation des nuages interstellaires est favorisée par la présence de ces éléments lourds et de poussières. Ils sont donc particulièrement intrigués par la formation des premières générations d'étoiles à partir du gaz primordial, ou quasi-primordial. Cela s'est passé généralement il y a très longtemps, et l'on pourrait penser que nous n'avons plus aucune chance d'assister à ce phénomène autrement que dans des simulations sur ordinateur. Et bien, non, il existe encore des galaxies ayant préservé en leur sein des nuages très pauvres sinon dépourvus de poussières. C'est le cas de ce que l'on nomme les «Blue Dwarf Galaxies» (galaxies bleues naines). Et, malgré leur faible teneur en poussières, ces petites galaxies peuvent montrer une intense activité de formation d'étoiles. Leur étude est donc d'un grand intérêt pour comprendre la naissance des premières étoiles de l'univers.

NGC5253, dans le Centaure, est l'une des plus proches des Blue Dwarf Galaxies à la distance modeste de 11 millions d'années lumière. Elle a été étudiée avec l'un des télescopes de 8 mètres du VLT (Very Large Telescope) de l'ESO dans le proche infrarouge. Ces observations, combinées avec des images prises dans le domaine visible par le télescope spatial Hubble ont montré l'existence d'amas jeunes, dont l'un, n'ayant que quelques millions d'années est très massif (plus d'un million de fois la masse du Soleil) et rayonne autant dans l'infrarouge que toute

la galaxie dans les longueurs d'onde du visible.

Malgré sa faible teneur en poussières, NGC5253 n'en est cependant pas totalement dépourvue. C'est d'ailleurs pour cela qu'il a fallu utiliser l'infrarouge pour pénétrer les nuages et bien distinguer les amas. C'est évidemment paradoxal, mais sans être dans les conditions de l'univers primordial, on s'en rapproche malgré tout un peu.

### ***Anomalie dans le rayonnement 3K***

Une coïncidence troublante apparaîtrait entre la répartition du fond de radiation cosmique et la présence de certaines inhomogénéités au sein de notre système solaire, lequel pourrait alors jouer le rôle de filtre. Si c'était bien le cas, il faudrait revoir les modèles cosmologiques actuels !

Mais les coïncidences sont souvent le fruit du hasard et les scientifiques recommandent la plus grande prudence devant une interprétation hâtive.

### ***Brillant mais bref***

Pendant un bref instant, le pulsar B1937+21 a émis la radiation la plus puissante jamais observée. L'intensité du *pulse*, qui n'a duré que 15 nanosecondes, a même dépassé d'un ordre de grandeur celle des plus forts sursauts gamma.

### ***Supernovae et jolies galaxies***

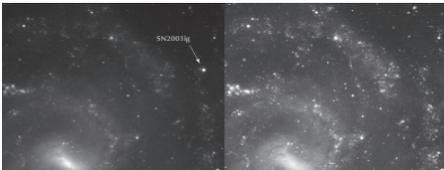
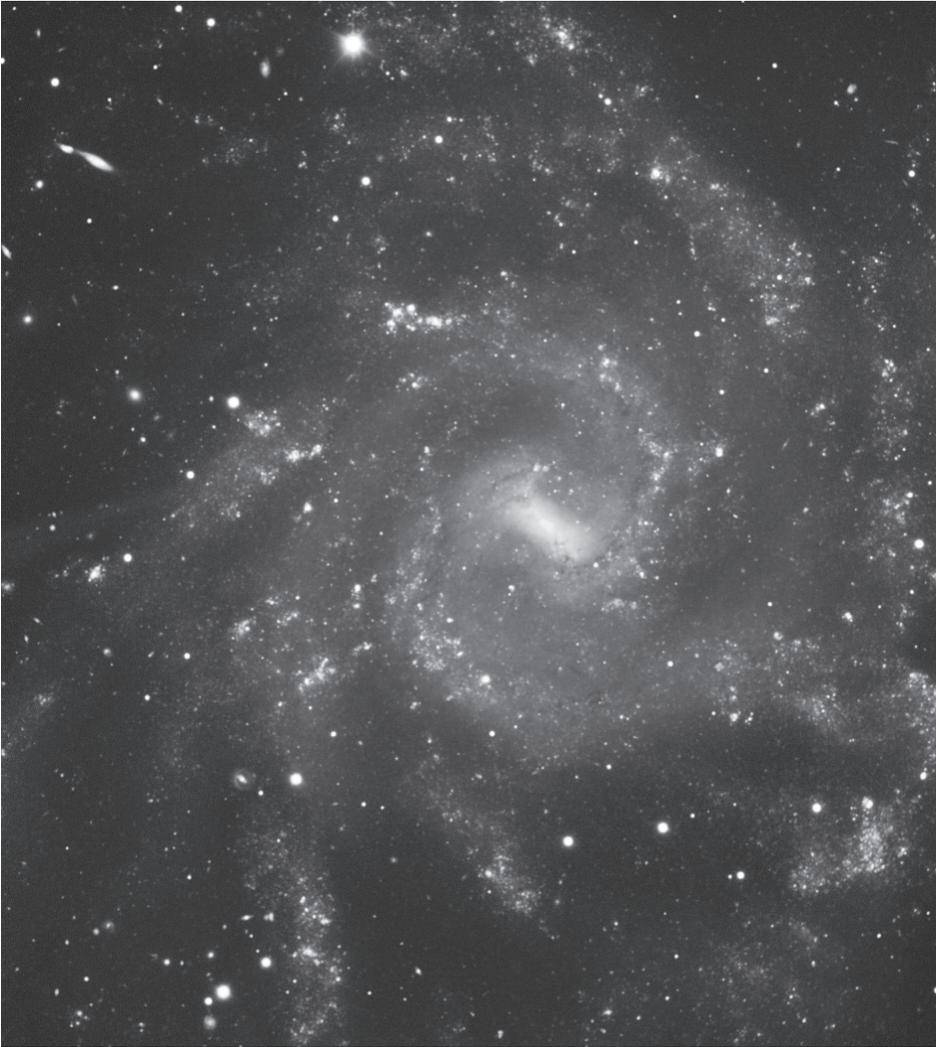
Les images de jolies galaxies et particulièrement des spirales que l'on associe mentalement à notre propre Voie Lactée ne laissent personne de marbre. Il est effectivement difficile de ne pas succomber au charme de ces magnifiques structures.

Les astronomes de l'ESO, à l'observatoire du Cerro Paranal, ont mis à profit la versatilité de l'instrument Vimos pour photographier deux splendides exemples de ce que l'on a appelé un temps des «univers-îles».

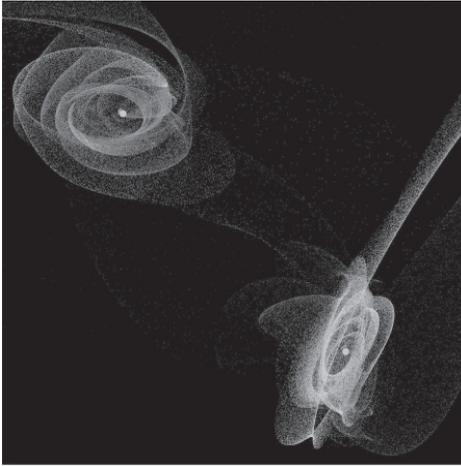
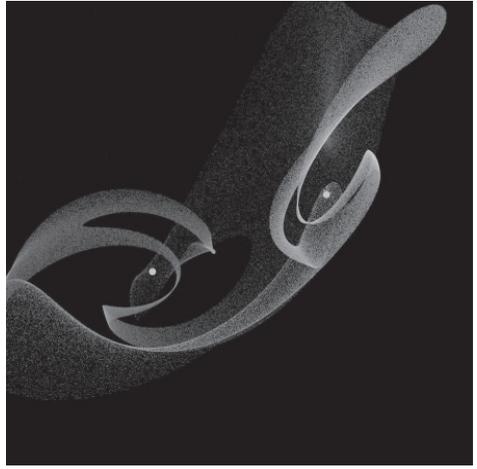
Ces deux galaxies, NGC6118 et 7424 présentent la particularité d'avoir récemment



*Cette splendide image de la spirale NGC6118 a été obtenue avec le télescope VLT de 8m20 Melipal de l'ESO. La position de la supernova SN 2004dk apparue récemment est indiquée ci-contre. Située dans le Serpent à 80 millions d'années lumière, cette galaxie est à peine visible dans les instruments d'amateurs. On ne peut que rester rêveur devant les performances de ces télescopes géants. (Cliché ESO)*



*Autre galaxie, autre supernova. La spirale (modérément) barrée NGC7424 a été le siège de la supernova SN 2001ig découverte visuellement par l'amateur australien Robert Evans. Comme la précédente, la photo principale a été prise avec le VLT Melipal. Ci-contre, on voit la supernova sur une image obtenue avec le VLT Yepun en 2004 (Cliché ESO)*



*Les trois images ci-contre, obtenues par simulations numériques montrent comment les disques de deux systèmes planétaires se déforment et peuvent échanger des poussières et des planètes lors d'une rencontre rapprochée. En haut, à gauche, les disques de poussières et de planètes entrent en contact. Les collisions pulvérisent beaucoup de matière qui part dans tous les sens; planètes et particules passent d'un système à l'autre (figure de droite). Finalement les disques s'écartent, avec des orbites très perturbées.*

produit une supernova.

### ***Capture interstellaire***

Le passage d'une étoile au voisinage du Soleil dans les premiers temps de celui-ci aurait pu conduire à former la structure complexe du système solaire. Cela pourrait expliquer en particulier la présence du mystérieux Sedna qui ne serait autre qu'une planète ravie au système accompagnant l'étoile visiteuse.

Lorsque deux systèmes planétaires s'abordent, les disques en rotation constitués

de poussières, de planètes et autres planétoïdes, se heurtent avec violence, à la manière de deux meules qui se toucheraient. Les perturbations qui en résultent ont été étudiées par simulation sur ordinateur comme le montrent les figures ci-dessus.

### ***Cassini***

La sonde de la NASA continue son périple autour de Saturne et nous révèle les mondes étranges de ses satellites. Les jeux d'ombre et de lumière entre les anneaux et la planète permettent aux caméras de Cassini d'obtenir des



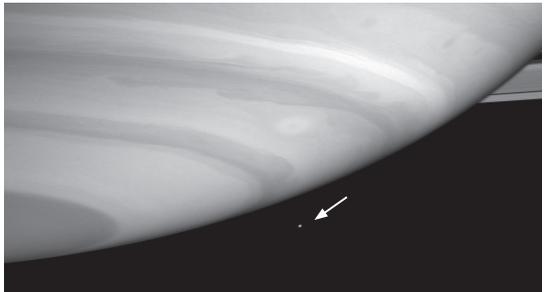
*Les gracieux arcs des anneaux de Saturne et leurs ombres projetées sur la surface de la planète sont visibles dans cette image prise par Cassini d'une distance de 8,5 millions de kilomètres. (NASA/JPL/Space Science Institute)*

vues fantastiques, auxquelles le petit format de notre bulletin ne peut guère faire honneur.

Mais la NASA n'est pas seule dans ce voyage. On attend beaucoup du module européen Huygens qui doit bientôt explorer, très brièvement, Titan.

Un an après l'arrivée de Mars Express sur la planète rouge, les lois de la mécanique céleste ont voulu que le jour de Noël coïncide une fois encore avec un événement très important pour l'ESA : la séparation du couple Cassini-Huygens le 25 décembre et l'ultime voyage de la sonde européenne vers Titan.

C'est le 14 janvier 2005, à une distance de 1,25 milliard de km de la Terre et après 7 ans de voyage à travers le Système solaire, que Huygens plongera dans l'atmosphère de Titan, la plus grande et la plus mystérieuse des lunes de Saturne. La sonde européenne sera le premier véhicule spatial à venir ainsi ex-



*Mimas semble minuscule sous les guirlandes des tempêtes saturniennes (NASA/JPL/Space Science Institute)*

plorer in situ cet environnement sans équivalent, dont la composition chimique paraît très proche de celle de l'atmosphère de la Terre primitive, juste avant que la vie n'y fasse son apparition il y a 3,8 milliards d'années.

L'orbiteur Cassini, transportant Huygens s'est placé en orbite autour de Saturne le 1er juillet 2004, pour une mission d'étude de la planète aux anneaux et de ses lunes qui durera au moins quatre ans. Le premier survol loin-



*Les caméras de Cassini ont surpris le petit satellite de Saturne, Prométhée, en train de voler des particules de l'anneau F. C'est l'interaction complexe avec Prométhée qui donne à cet anneau son allure particulière. On voit ici l'anneau F divisé en 5 brins. Prométhée lui est relié par un pont de matière. (NASA/JPL/Space Science Institute)*

tain de Titan par Cassini-Huygens a eu lieu les 2 et 3 juillet 2004. Il a permis de recueillir des données sur l'atmosphère de Titan qui ont ensuite été confirmées lors d'un premier survol proche réalisé le 26 octobre 2004 à une altitude de 1174 km. Ces données - comme celles recueillies lors d'un second survol proche de Titan prévu le 13 décembre à une altitude de 1200 km - serviront à valider les conditions d'entrée atmosphérique de la sonde.

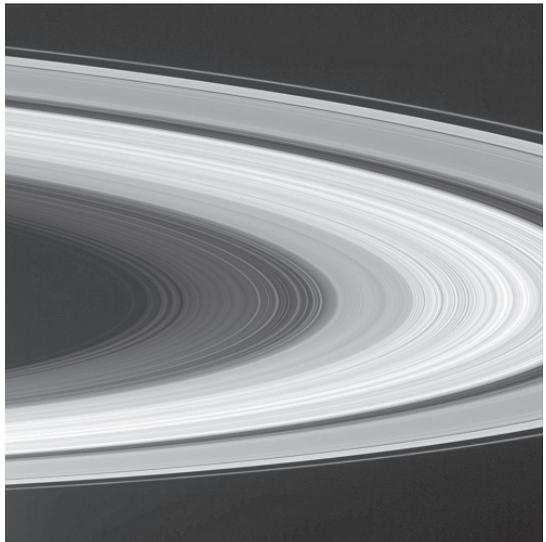
Le 17 décembre, l'orbiteur sera injecté sur une trajectoire contrôlée de

*Les anneaux révélés dans toute leur splendeur, depuis l'anneau F à l'extérieur, jusqu'aux fines structures de l'anneau interne D. (NASA/JPL/Space Science Institute)*

collision avec Titan qui lui permettra de libérer la sonde Huygens en la plaçant sur la bonne route. Le 21 décembre tous les systèmes seront préparés pour la séparation et la minuterie de la sonde sera enclenchée de manière à "réveiller" celle-ci quelques heures avant son arrivée sur le satellite. Certaines des dates et des horaires fournis peuvent faire l'objet d'ajustements mineurs pour des raisons opérationnelles, à l'exception de l'heure d'entrée dans l'atmosphère de Titan le 14 janvier qui est désormais connue à deux minutes près.

La séparation de Cassini et de Huygens est prévue le 25 décembre, à environ 5h08 heure de Paris. Cassini devant effectuer un pointage très précis pour la libération de Huygens, on ne pourra disposer de données de télémétrie avant que l'orbiteur puisse à nouveau diriger son antenne principale vers la Terre et transmettre les données enregistrées pendant la séparation. Ces signaux mettront plus d'une heure (67 minutes très exactement) à nous parvenir. Les données définitives permettant de confirmer la séparation seront disponibles ultérieurement ce 25 décembre.

Après sa libération, la sonde Huygens s'éloignera de Cassini à une vitesse d'environ 35 cm par seconde en tournant sur elle-même



environ sept fois par minute afin de maintenir sa trajectoire balistique. Les deux véhicules spatiaux ne communiqueront plus entre eux jusqu'au déploiement du parachute principal de Huygens dans l'atmosphère de Titan. Le 28 décembre, Cassini manoeuvrera pour quitter sa trajectoire de collision et reprendre sa mission. L'orbiteur se préparera à recevoir les données transmises par Huygens qu'il enregistrera en vue de les envoyer plus tard vers

la Terre.

Huygens demeurera en sommeil jusqu'à quelques heures de son arrivée sur Titan, le 14 janvier. L'entrée dans l'atmosphère est prévue à 11h15 heure de Paris. La descente doit durer environ deux heures et quinze minutes, pendant lesquelles la sonde enverra ses données à Cassini. Ces données seront retransmises vers la Terre plus tard dans l'après-midi. Si Huygens - qui a été conçue davantage comme



*L'une des plus remarquables et sans doute la plus intrigante des photos de la planète aux anneaux. On y voit à la fois les anneaux (à l'avant-plan, en bas) et la surface de la planète sur laquelle se projettent les ombres des anneaux. Ces dernières s'estompent en entrant vers la gauche dans l'hémisphère nocturne de la planète. Mimas est visible devant la trace brillante laissée par l'«ombre» de la division de Cassini. NASA/JPL/Space Science Institute)*

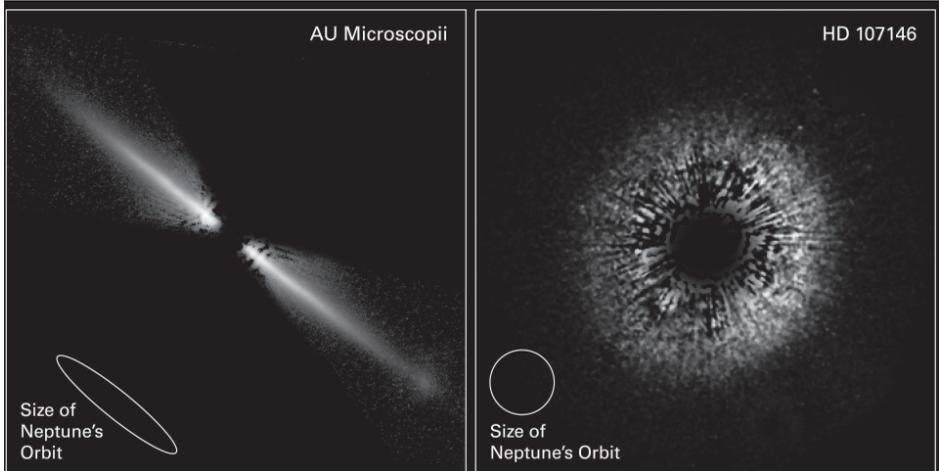
une sonde atmosphérique que comme un atterrisseur - survit à son contact avec la surface de Titan, elle pourrait encore communiquer pendant un maximum de deux heures avec Cassini et lui envoyer des données supplémentaires avant que la liaison ne soit définitivement rompue.

### ***Disques et planètes***

Les observatoires spatiaux Spitzer et Hubble ont joint leurs forces pour étudier la poussière autour d'étoiles semblables au Soleil. Alors qu'Hubble a pris des images de disques protoplanétaires autour d'une étoile

jeune, Spitzer a découvert des disques plus ténus, semblables à notre ceinture de Kuiper, autour d'étoiles adultes.

L'étoile étudiée par le HST a entre 50 et 250 millions d'années, tandis que les six observées par Spitzer ont en moyenne quatre milliards d'années. Ces dernières étaient connues pour posséder des planètes gazeuses géantes, et peut-être des planètes telluriques. Y observer des disques de poussière constitue un petit exploit puisque les disques entourant les étoiles aussi évoluées sont très ténus. Ils résultent des collisions entre planètes et/ou planétoïdes et sont donc une indication de la présence de ceux-ci.



*Disques de poussières observés par le télescope spatial Hubble.  
(Crédit NASA/STScI)*

*Bonne et heureuse année 2005*