

## L'astronomie dans le monde

### *Etoile artificielle pour Yepun*

L'ESO a expérimenté la première étoile guide laser pour un télescope du VLT et ce, afin d'utiliser plus efficacement les techniques d'optique adaptative.

Normalement, le piqué des images obtenues avec un télescope est limité par la turbulence atmosphérique. On a appris depuis quelques années à surmonter cette difficulté avec ce que l'on appelle l'optique adaptative, une méthode qui permet d'obtenir des images aussi bonnes que si le télescope se trouvait dans l'espace. Et, qui dit bonnes images, dit objets plus faibles et détails plus fins.

Pour être mise en œuvre, l'optique adaptative a besoin d'une étoile de référence, relativement brillante et très proche de la région du ciel à étudier. Cela limite les possibilités aux seuls voisinages de telles étoiles.

C'est alors qu'intervient la technique de l'étoile guide laser, dont nous avons déjà parlé dans ces colonnes. Elle avait été mise en œuvre sur l'un des télescopes Keck de 10 mètres pour étudier en détail le centre de la Galaxie (*Le Ciel*, février 2006, p. 84). Un rayon laser dont la longueur d'onde a été choisie avec précision est pointé vers le ciel et excite les atomes de sodium qu'il rencontre dans l'atmosphère à une altitude d'environ 90 kilomètres. C'est ainsi qu'est créée une étoile artificielle dont la position dans le ciel peut être parfaitement contrôlée.

L'étude par optique adaptative est maintenant possible sur tous les objets célestes, qu'il

y ait ou non des étoiles brillantes dans leur environnement.

Au Cerro Paranal le système a été installé sur le télescope Yepun et utilisé avec la caméra NAOS-CONICA et le spectrographe SINFONI.

C'est la première fois qu'un télescope de l'hémisphère sud est équipé d'un tel système.



*Vue du laboratoire de l'étoile guide laser. (© ESO)*

*A la page suivante, on voit le rayon laser de 50 cm de large qui s'échappe du télescope VLT Yepun. A sa gauche la Voie Lactée, et à sa droite le Grand Nuage de Magellan.*

*Voir aussi la photo de couverture 1. (© ESO)*



## **Météorites ferreuses**

Les météorites ferreuses pourraient représenter les ultimes fragments des astéroïdes qui ont formé la Terre et les planètes voisines. Ces météorites composées de fer et de nickel, sont l'un des matériaux les plus primitifs formés dans le Système Solaire. La plupart proviennent des noyaux de petits astéroïdes de plusieurs dizaines de kilomètres de diamètre. Selon les astronomes, la façon la plus simple d'expliquer la formation de leurs corps parents serait de les faire émerger du même disque de débris qui a produit les planètes telluriques. Les petits corps qui se forment rapidement dans le Système Solaire interne finissent par fondre et par se différencier via la désintégration des éléments radioactifs de courte vie. Les météorites ferreuses proviennent de ce matériau fondu qui coule vers le centre de chaque objet, se refroidit et se solidifie.

Il faut ensuite extraire ce matériau des petits corps, mais aussi trouver un moyen de le conserver aux environs pendant des milliards d'années. Les simulations numériques fournissent une solution prometteuse à ces deux problèmes. Elles montrent que les corps parents des météorites de fer qui évitent d'être avalés par les planètes sont rapidement détruits par des impacts. Du fait que chaque destruction produit

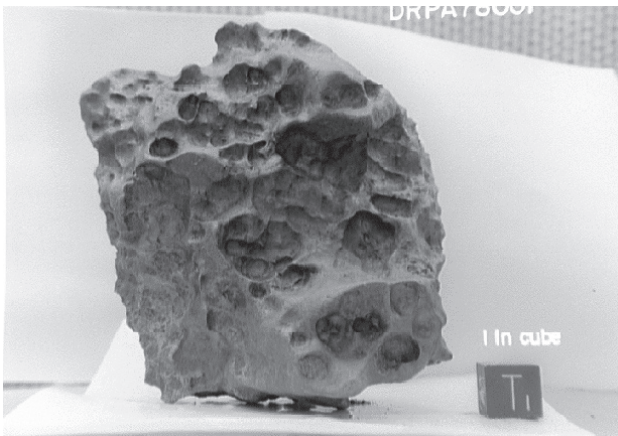
des millions de fragments, quelques-uns vont pouvoir diffuser au travers du Système Solaire interne par interactions avec des embryons planétaires, et certains vont atteindre une position leur fournissant une sécurité relative dans la ceinture des astéroïdes, située entre Mars et Jupiter. Quelques milliards d'années plus tard, les survivants, qui sont souvent sous la forme de météorites de fer, s'échappent de la ceinture des astéroïdes et sont transportés sur la Terre par l'intermédiaire d'un jeu de mécanismes mêlant collisions, forces non-gravitationnelles, et interactions gravitationnelles avec les planètes. Si nous trouvons exactement les météorites de fer qu'il faut, elles pourraient nous fournir des indications sur le matériau précurseur qui fabriqua la Terre primordiale. Cela nous aiderait à éliminer certains problèmes concernant l'origine de la Terre. Des composantes plus grandes de ce matériau pourraient encore se cacher parmi les astéroïdes. La chasse est ouverte !.

## **Comète 73P/Schwassmann-Wachmann 3**

Cette comète périodique passera à la mi-mai à une bonne dizaine de millions de kilomètres de nous – un peu plus proche que Hyakutake en 1998 –, et traversera rapidement les constellations de la Lyre (frôlant la nébuleuse annulaire dans la nuit du 7 au 8), du Cygne, du Petit Renard et de Pégase. Normalement très faible, sa proximité lui donnera une magnitude apparemment intéressante de l'ordre de 6 ou 7.

Il faut cependant relativiser les pronostics que l'on peut lire çà et là, basés sur cette seule indication. Cette comète est un objet diffus peu lumineux. En termes techniques, son « irradiance » est faible et elle le reste quelle que soit la distance à la Terre (l'irradiance d'une comète dépend par contre de sa distance au Soleil). Cela traduit simplement le fait que lorsque l'objet s'approche

### **Météorite ferreuse trouvée en Antarctique** (© NASA/JPL)





de nous, le gain en éclat total est exactement contrebalancé par l'augmentation des dimensions apparentes. C'est l'irradiance qui dicte la quantité de photons frappant les bâtonnets de la rétine, ou les pixels d'un CCD.

Un objet que la magnitude semble rendre accessible à l'œil nu peut se révéler extrêmement difficile à observer. Pour preuve, il suffit de considérer la galaxie du Triangle, M33, notoirement difficile à observer. Bien sûr, la taille apparente intervient aussi dans l'équation, mais il n'empêche qu'un ciel bien pur et l'absence de pollution lumineuse seront essentiels pour observer la comète 73P. La présence de la Lune à la mi-mai ne facilitera pas les choses. Il sera donc prudent de profiter des périodes sans lune de la fin avril et du début mai pour tenter l'observation. Mais les comètes sont imprévisibles et la tendance de celle-ci à se briser peut nous réserver des surprises. Des séances seront prévues à notre observatoire de Nandrin du lundi 17 au vendredi 21 avril à partir de 23 h (cf p. 131). La comète sera alors dans la Couronne Boréale à une trentaine de millions de kilomètres..

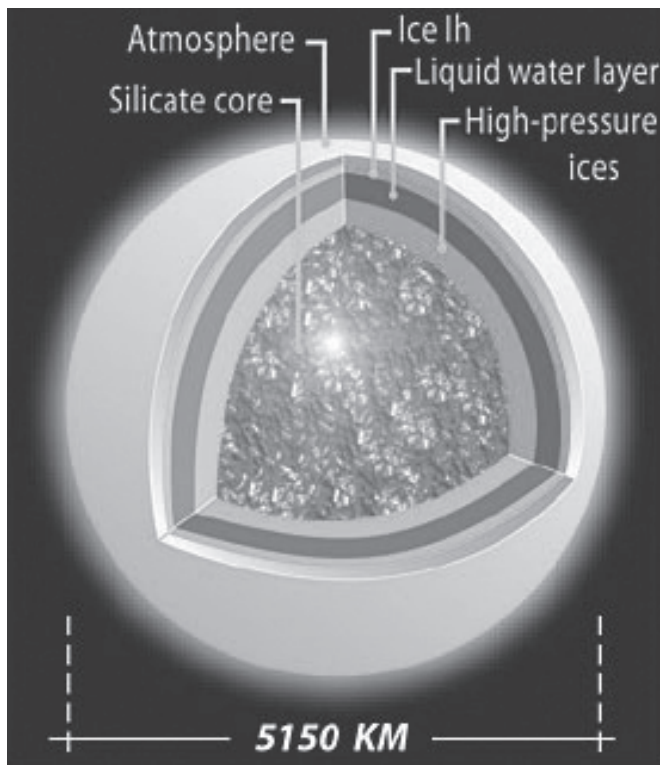
### **Le méthane de Titan**

Le mystère de l'origine du méthane observé dans l'atmosphère de la lune géante de Saturne est peut-être résolu. La sonde Cassini et l'atterrisseur Huygens ont montré que ce gaz joue un rôle important sur le satellite. D'un point de vue météo-

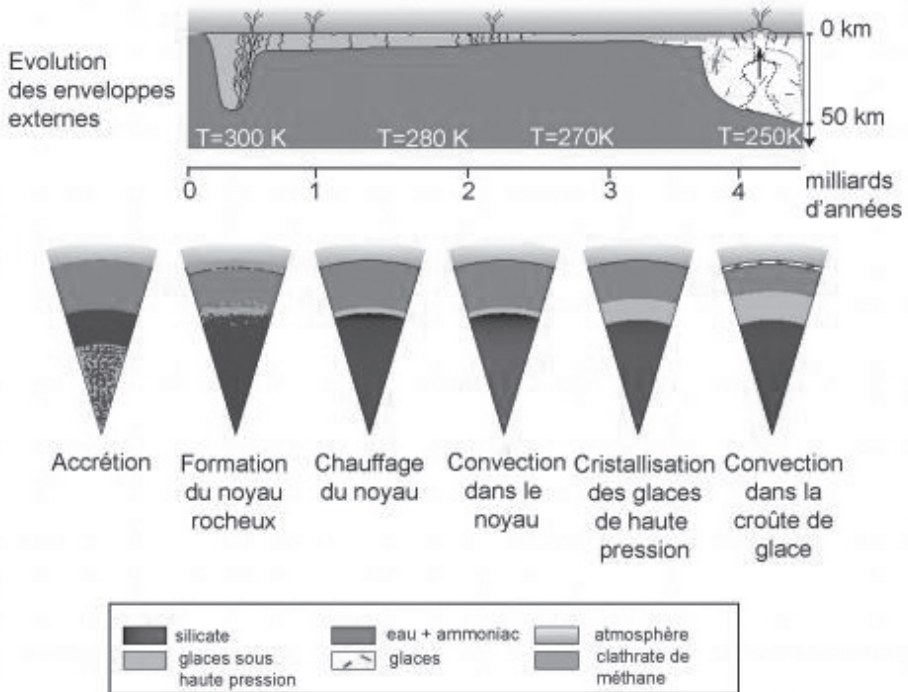
rologique, il est l'équivalent de l'eau sur Terre mais, contrairement à l'eau, le méthane est détruit par le rayonnement solaire, aussi faut-il un mécanisme de production. Cassini et Huygens n'ont pas détecté de mers d'hydrocarbures à sa surface. Un nouveau modèle propose que le méthane s'est échappé du sol lors de plusieurs épisodes dont le dernier a commencé il y a 500 millions d'années.

Dans un premier temps, au cœur de Titan, un noyau de silicate se forme avec, au-dessus, un océan d'eau et d'ammoniaque recouvert d'une couche de clathrate, cristal de glace emprisonnant du méthane. Une première partie du méthane est libérée dans l'atmosphère juste après la formation du noyau rocheux.

Un second épisode de dégazage se produit quand le noyau est suffisamment chaud pour initier une convection thermique. La couche externe de clathrate s'amincit à chacun de ces épisodes.



*Schéma de la structure interne de Titan. Le méthane est prisonnier dans la couche de glace qui recouvre un océan d'eau mélangée à de l'ammoniaque.*



Enfin, le satellite subit un refroidissement global et une cristallisation de son océan interne accompagnée de mouvements convectifs dans la croûte de glace. Les anomalies thermiques ainsi créées déstabilisent les clathrates restants qui se dissocient et libèrent le méthane.

A chacun des épisodes, se produisant à un intervalle de 2 milliards d'années et durant quelques centaines de millions d'années, le méthane libéré par les clathrates peut s'échapper au travers des failles de la croûte de Titan, par cryo-volcanisme, pour être injecté dans l'atmosphère.

Lors de ses futurs survols de Titan, la sonde Cassini devrait, si cette hypothèse est exacte, observer des édifices cryo-volcaniques et, avec de la chance, détecter des éruptions de méthane.

*Evolution de l'intérieur de Titan depuis l'accrétion, il y a 4,55 milliards d'années, jusqu'à nos jours. Cette évolution est caractérisée par différents événements majeurs (formation du noyau rocheux, convection dans le noyau, convection dans la croûte glacée) qui contrôlent le dégazage du méthane dans l'atmosphère.*

*Le schéma du haut représente tout particulièrement l'évolution des couches externes, à savoir l'océan d'eau liquide enrichi en ammoniac et la croûte glacée, composée de clathrate de méthane et de glace d'eau, et indique les périodes où un dégazage se produit.*

© LPG. LPL. CNRS.

## **HD 189733b**

Le télescope spatial Spitzer a détecté le rayonnement infrarouge de cette exoplanète, portant ainsi à trois le nombre d'exoplanètes vues « directement » de cette façon. Les deux autres sont 209458b and TrES-1.

A la distance de 63 années lumière dans la constellation du Petit Renard, l'étoile HD 189733 est pour ainsi dire une de nos voisines. La récente découverte d'une planète en orbite autour d'elle avait été rapidement suivie de l'observation photométrique de transits, le plan de l'orbite étant vu par la tranche (*Le Ciel*, novembre 2005, p. 348). La chute de luminosité lors de ces transits est d'ailleurs la plus forte (3%) parmi les exoplanètes transitantes

*En infrarouge (panneau de droite), l'éclat de l'étoile est moins aveuglant et permet de mieux distinguer une planète voisine.*

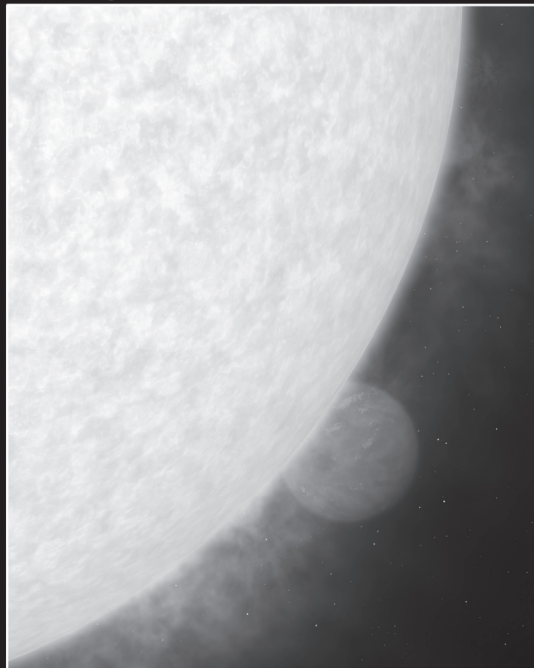
*Vue d'artiste © NASA/JPL-Caltech/R. Hurt (SSC)*

connues. La faible distance entre l'étoile et la planète assurait que la température de cette dernière soit très élevée. Cela doit d'ailleurs être le cas de la plupart des planètes transitantes puisque la probabilité des transits diminue rapidement avec la distance.

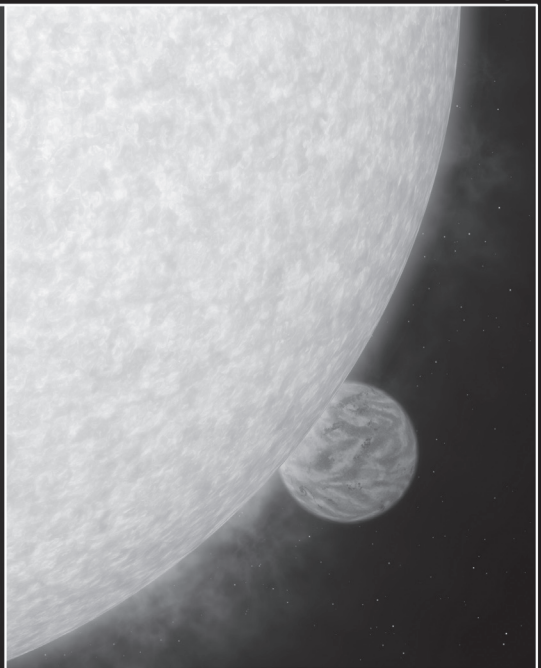
Pour distinguer la lueur infrarouge de la planète de celle de son étoile, on a comparé les observations faites hors éclipse, avec celles faites lorsque la planète est cachée derrière l'étoile. La différence est la contribution de la planète.

Cette technique permettrait, si le signal était suffisamment intense, de réaliser une cartographie très grossière de la planète. En effet la disparition et la réapparition ne sont pas des phénomènes instantanés, mais progressifs. Dans le cas de HD 1897633b, les données ont seulement permis de constater qu'il s'agissait d'un objet arrondi ce qui, tout compte fait, est un bon début pour dresser une carte.

Visible Light



Infrared Light



## **Super-Terres**

En janvier, on nous annonçait la découverte de l'exoplanète « la plus semblable à la Terre », une « super-Terre » : OGLE-2005-BLG-390Lb. Sa température est de l'ordre de -220 C. Sa masse est entre 3 et 11 fois celle de la Terre, ce qui y rend la pesanteur insoutenable, son année vaut dix des nôtres et son soleil est une naine rouge. Ce paradis se trouve heureusement à 22 000 années lumière. Pourquoi les astronomes parlent-ils alors de similitude ? Cela provient de la nature rocheuse, plutôt que gazeuse de la planète. On divise les planètes (de notre système solaire, tout d'abord)

*Champ de l'étoile OGLE-2005-BLG-390 dans le bulbe galactique. La flèche indique la position de l'étoile-source dont l'éclat a été amplifié par le passage, entre cette étoile et l'observateur, d'une étoile invisible qui en a focalisé la lumière par gravité (on l'appelle ainsi étoile-lentille). On notera la zone sombre sur la gauche de l'image : elle est due à des poussières en direction du centre galactique, qui masquent la lumière des étoiles plus lointaines.*

*(© Image préparée par Jean-Philippe Beaulieu IAP-CNRS-UPMC)*



en telluriques, comme la Terre ou Mars, et gazeuses, du type de Jupiter ou Uranus. Cette exoplanète est donc bien comme la Terre, une planète tellurique. La plupart des autres exoplanètes sont du type de Jupiter.

C'est l'effet de lentille gravitationnelle qui a permis de détecter cet objet.

Plus récemment une autre exoplanète est à nouveau proclamée « super-Terre », la plus semblable à notre planète. On aurait pu espérer mieux que la précédente, mais non. Curieusement, le monde de OGLE-2005-BLG-169Lb est encore plus exotique que celui de OGLE-2005-BLG-390Lb. Cette découverte est également due à l'effet fortuit de lentille gravitationnelle.

Cette dernière « super-Terre » tourne autour d'une naine rouge située à environ 9000 années-lumière. Elle pèse autant que 13 Terres, mais c'est probablement une planète tellurique, mélange de roches et de glace, avec un diamètre de plusieurs fois celui de la Terre. Les astronomes estiment en effet qu'elle n'a pas accumulé assez de gaz pour devenir une planète géante. Au lieu de cela, le disque de matières dont elle est issue s'est dissipé, la privant des matières premières nécessaires pour se développer.

Elle orbite autour de son étoile hôte à une distance d'environ 460 millions de kilomètres, une distance équivalente à celle de la Ceinture d'astéroïdes autour de notre Soleil. A cette distance, sa température avoisine les -200 degrés Celsius (un peu moins froid que la précédente), suggérant que, bien que ce monde soit similaire en structure à notre Terre, il est trop froid pour la présence d'eau liquide et de vie.

Les astronomes ont calculé qu'environ un tiers de toutes les étoiles de la séquence principale pourraient avoir des super-terres glacées. La théorie prévoit que les planètes plus petites devraient se former plus facilement autour d'étoiles plus grandes qu'autour d'étoiles de faible masse. Puisque la plupart des étoiles de la Voie lactée sont des naines rouges, les systèmes solaires dominés par des super-Terres peuvent être plus courants dans la Galaxie que ceux ayant des géantes gazeuses comme Jupiter.

La collaboration OGLE (Optical Gravitational Lensing Experiment) a initiale-

ment découvert ces étoiles par effet de lentille gravitationnelle en scrutant systématiquement dans la direction du Centre galactique qui regorge d'étoiles à des distances très variées. Toute étoile dont l'éclat varie est signalée à plusieurs équipes d'astronomes qui en assurent le suivi. Des centaines de phénomènes de lentilles sont identifiés mais seulement une petite fraction de ces événements correspondent à des planètes.

## ***La danse cosmique des galaxies distantes***

*Selon communiqué de presse ESO/INSU*

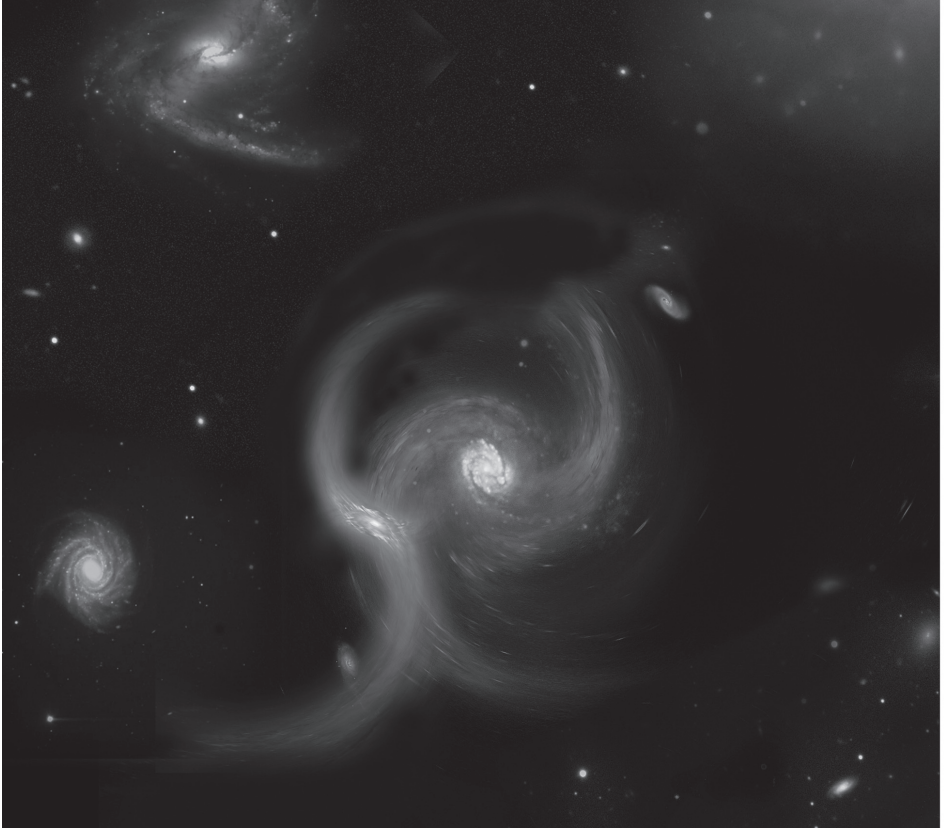
Comment se forment et évoluent les galaxies pour former les grandes spirales observées aujourd'hui ? Des astronomes se sont attaqués à ce problème avec le VLT de l'ESO.

Notre Galaxie, comme sa voisine Andromède sont constituées d'un bulbe central et d'un disque doté de bras en forme de spirale où les étoiles les plus jeunes se concentrent. C'est en étudiant le mouvement de rotation de ces disques que les astrophysiciens découvrirent dans les années 1930 que les galaxies spirales contiennent beaucoup plus de matière que ce que l'on peut observer à partir de la lumière qu'elles émettent : aujourd'hui nous savons que plus de 80% de la masse sont composés de cette matière invisible, appelée « matière noire », et dont la nature même reste encore très mystérieuse.

Ces galaxies spirales représentent environ deux tiers des galaxies actuelles : c'est dire si la compréhension de leur origine est une des questions centrales de l'astronomie. Pour tenter de mieux comprendre comment ces galaxies spirales se sont formées, une équipe internationale d'astronomes s'est intéressée à un échantillon de 32 galaxies très éloignées, tellement éloignées qu'elles ont émis leur lumière alors que notre propre Soleil n'était même pas encore né... Ces galaxies nous renseignent donc sur le passé des galaxies actuelles, et celui-ci s'est révélé être particulièrement agité !

Grâce à l'instrument FLAMES/GIRAFFE, les astronomes ont pu déterminer





***Vue d'artiste d'une collision de galaxies***  
(© ESO/VLT)

avec précision les mouvements internes dans ces galaxies distantes et étudier comment la relation entre la matière ordinaire, sous forme d'étoiles, et la matière noire a évolué dans le passé.

Cette étude a permis de révéler de manière très surprenante, qu'environ 40% des galaxies ont des mouvements internes très perturbés, ce qui signifie que ces galaxies n'ont pas atteint un état d'équilibre comme celui observé dans les galaxies spirales locales. La raison de cet état est que ces galaxies sont probablement en coalescence avec d'autres. Généralement, on ne pensait pas que les fusions jouaient un rôle si important dans l'évolution des galaxies.

Quand à l'énigmatique matière noire, les astronomes ont découvert que dans les galaxies ayant atteint un état d'équilibre (les seules pour lesquelles on peut mesurer la masse), la fraction de matière noire semble identique à celle observée dans les galaxies actuelles. Ce résultat renforce le lien entre les matières ordinaire et noire et entretient le mystère sur cette masse « sombre », sans laquelle les galaxies spirales ne pourraient tout simplement pas exister !

Avec FLAMES/GIRAFFE, on a également pu cartographier pour la première fois la densité électronique dans des galaxies aussi distantes. Des éjections de matière et de grandes régions d'hydrogène ionisé très chaud, avec des formations très importantes d'étoiles ont ainsi pu être détectées, autres preuves du passé agité des galaxies. L'étude des mouvements

internes de la matière interstellaire et de ses propriétés est très importante pour comprendre la formation et l'évolution des galaxies. Cette méthode préfigure probablement ce que sera la science avec les futurs très grands télescopes de la classe des 40 mètres.

### ***Découverte du chaînon manquant dans le « zoo » des galaxies lointaines***

*Selon communiqué de presse CNRS*

Un nouveau type de galaxie vient d'être découvert. Véritable chaînon manquant dans le « zoo » des galaxies lointaines, il permet d'établir le lien formel entre des populations de galaxies jusqu'alors apparemment disjointes. Depuis une dizaine d'années, les observations

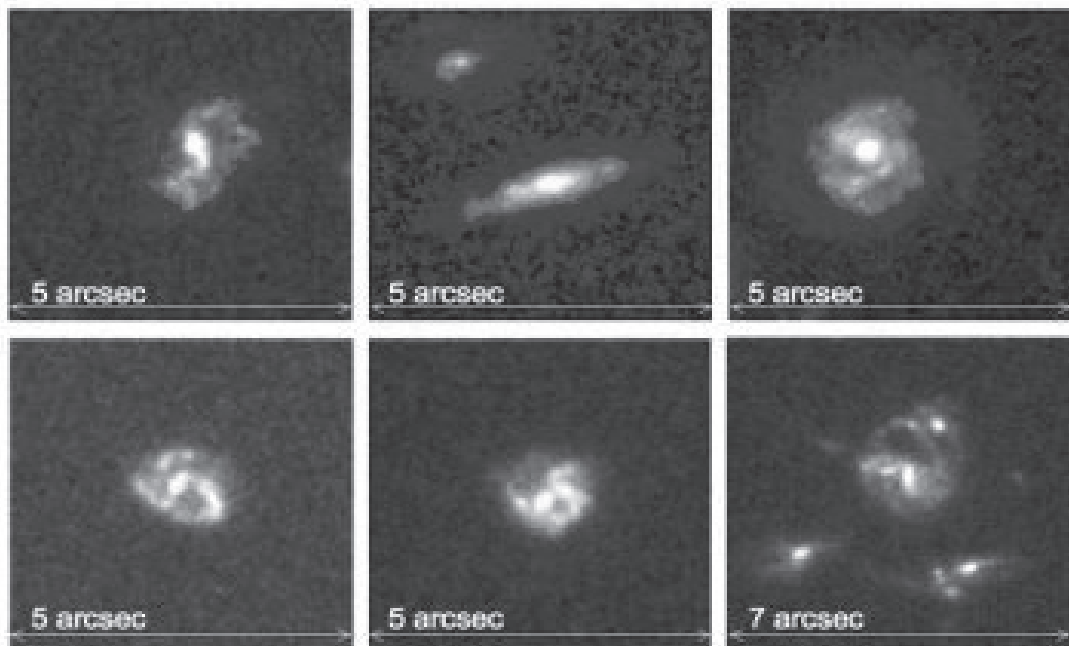
***Montage de six images de galaxies observées par Denis Burgarella et son équipe, à plus de 6 milliards d'années lumière dans l'univers lointain. Les cinq premières galaxies sont des galaxies spirales. La dernière possède une morphologie plus perturbée probablement due à des interactions avec les galaxies voisines.***

© NASA, ESA, équipe GOODS.

de l'Univers lointain ont permis aux astronomes de détecter deux grandes familles de galaxies où se forment massivement des étoiles : des galaxies où les étoiles jeunes et chaudes sont directement observables dans les domaines ultraviolet et visible, et des galaxies dont les étoiles jeunes sont dissimulées dans leurs cocons de poussières et qui ne sont vues que dans les domaines infrarouge et submillimétrique.

Entre les deux, aucune famille de galaxies n'avait pu être détectée. Pourtant, trouver un lien pouvait permettre aux astrophysiciens d'en savoir plus sur leur formation et leur évolution. Les galaxies « ultraviolettes » évoluent-elles en galaxies « infrarouges » (ou vice-versa) ou bien suivent-elles deux chemins parallèles sans se croiser ?

Pour tenter de répondre à ces questions, les astronomes ont utilisé des données provenant de deux télescopes spatiaux observant l'un dans l'ultraviolet (GALEX, satellite de la NASA) et l'autre dans l'infrarouge (Spitzer de la NASA) ainsi que des données obtenues à



partir de l'un des télescopes de l'ESO dans le domaine visible.

L'étude a été réalisée sur 300 galaxies ultraviolettes de l'Univers lointain sélectionnées à partir de données GALEX. La grande surprise a été de détecter pour la première fois, grâce à Spitzer, une partie de ces galaxies dans le domaine infrarouge. Cette population de galaxies, qui possède les propriétés des deux grandes familles de galaxies à forte formation d'étoiles dans l'Univers lointain, a donc enfin pu être mise en évidence.

Grâce aux images du télescope spatial Hubble, il apparaît aussi que la grande majorité de ces galaxies sont des galaxies spirales telles que nous en trouvons communément dans l'univers local. Cette découverte permet de calculer avec une précision inégalée le nombre d'étoiles qui se forment dans l'Univers à différentes époques, et de mieux comprendre l'origine des grandes galaxies spirales telles que la Voie Lactée.

## **M82**

M82 est une galaxie brillante, bien connue des amateurs, et célèbre pour son activité et la présence de nombreuses étoiles jeunes et massives. Ces étoiles sont le produit des interactions gravitationnelles avec la galaxie voisine

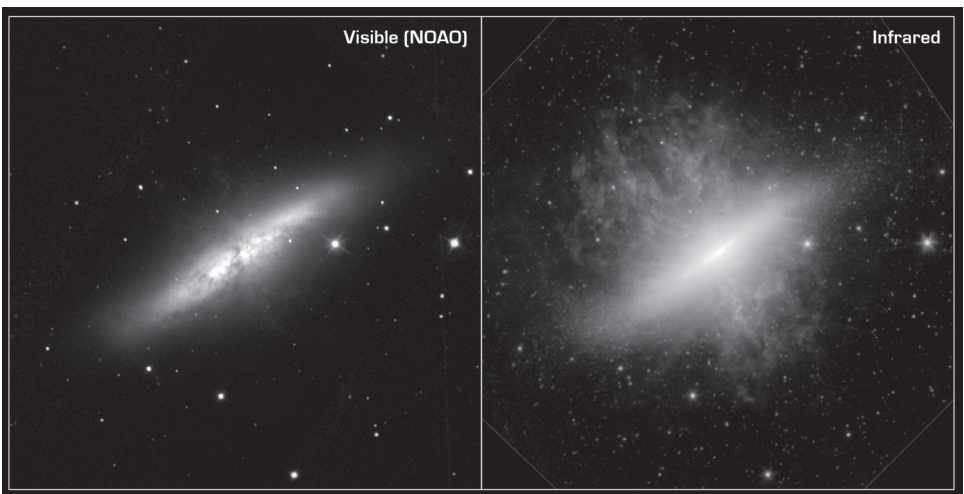
M81 et se trouvent en majorité dans le bulbe central.

Les images infrarouges obtenues par le télescope spatial Spitzer montrent d'énormes nuages s'étendant tout autour de M82. Cette galaxie, dont la forme évoque justement un cigare (elle est vue de profil), a expulsé une quantité incroyable de poussières. Et, comme pour les cigares, ces fumées sont toxiques et contiennent des composés hydrocarbonés aromatiques polycycliques (PAH) – molécules organiques que l'on retrouve aussi dans les gaz d'échappement des voitures, ou les fumées de barbecue. Ces composés sont répandus dans l'espace par les vents stellaires.

Ces nuages sont parmi les plus grands jamais observés dans des galaxies. Ils s'étendent jusqu'à 20 000 années lumière du plan de M82, bien au-delà de l'habitat stellaire. On avait connaissance de la présence de gaz très chaud s'étendant en éventail de part et d'autre de la galaxie, et on l'associait aux étoiles massives du bulbe central. La structure du halo de poussière semble prouver au contraire qu'ils proviennent d'étoiles disséminées dans toute la galaxie.

### ***Comparaison d'images visible et infrarouge de M82.***

© *NOAO, NASA/JPL-Caltech/C. Engelbracht (University of Arizona)*



## Céphéides

Une étude interférométrique a montré pour la première fois l'existence d'enveloppes autour d'étoiles de type Céphéides. Elles sont probablement constituées de matière éjectée par ces étoiles variables.

Pour arriver à cette conclusion, deux Céphéides très célèbres ont été étudiées avec l'interféromètre CHARA du Mont Wilson. Il ne s'agit ni plus ni moins que de  $\delta$  Céphée, le prototype de la classe qui a emprunté son nom, et de l'étoile polaire. Cette dernière perd peu à peu tous ces secrets puisque sa masse vient d'être déterminée grâce à la découverte d'un compagnon proche (cf *Le Ciel*, février 2006, p. 78).

La troisième Céphéide faisant l'objet de cette recherche est moins célèbre car c'est un objet austral. C'est pourtant la plus brillante de tout le ciel. L Carinae a été observée par l'interféromètre VLTI de l'ESO, depuis l'observatoire de Paranal.

Ces observations interférométriques consistent simplement à déterminer le diamètre des étoiles. Les Céphéides sont des étoiles supergéantes, très distendues, et se prêtent malgré leur éloignement à ce genre de mesures. Leur masse est d'une dizaine de fois celle du Soleil

et leur taille peut atteindre des centaines de fois la sienne. Mais l'interférométrie a révélé une anomalie. Les trois Céphéides observées semblent deux à trois fois plus grosses qu'elles ne devraient l'être. On ne mesurerait donc pas l'étoile elle-même, mais une atmosphère étendue, une enveloppe ténue s'étendant bien au-delà de la photosphère et masquant cette dernière dans les longueurs d'onde utilisées qui sont dans l'infrarouge.

Le fait que ces trois étoiles possèdent une enveloppe conduit évidemment à généraliser et à supposer que le phénomène est la règle pour ce type d'astre.

Les pulsations liées à la variabilité des Céphéides sont de grande amplitude, la photosphère montant et descendant alternativement à une vitesse impressionnante. On peut imaginer qu'un peu de matière puisse s'en échapper.

*Deux modélisations de la Céphéide L Car produites sur base des observations faites au VLTI de l'ESO. A gauche, dans l'infrarouge proche, l'enveloppe est relativement transparente. A droite, en infrarouge dit « thermique », l'enveloppe contribue à gonfler l'image de l'étoile.*  
(© ESO VINCI, MIDI/VLTI)

I Car, K Band



3 mas



I Car, N Band



3 mas





## *Naines brunes en éclipse*

Deux naines brunes en orbite l'une autour de l'autre et s'éclipsant périodiquement ont permis la mesure précise de leurs masses et de leurs dimensions. De telles mesures sont impossibles dans le cas d'étoiles isolées.

Les éclipses mutuelles sont dues à la faible inclinaison du plan orbital sur la ligne de visée, une circonstance que l'on n'avait encore jamais rencontrée pour des naines brunes.

Rappelons qu'une naine brune n'est ni une étoile, ni une planète. Elle est trop petite pour générer son énergie propre par des réactions nucléaires de fusion, mais trop grosse pour être une planète. Ainsi, l'une des naines de la paire est 55 fois plus massive que Jupiter, et l'autre l'est 35 fois. Les réactions nucléaires demandent une masse critique de 80 Jupiters. Par comparaison, le Soleil pèse mille Jupiters.

La paire est si serrée que l'on ne voit qu'un seul objet depuis la Terre. Les éclipses se remarquent par les diminutions périodiques de l'éclat total. C'est la détermination précise des moments des éclipses et l'utilisation des lois de Newton qui a permis le calcul des masses et aussi des dimensions. Celles-ci sont également surprenantes. Le qualificatif de naines semble ici peu approprié car on trouve des dimensions comparables à celles du Soleil. Ceci est dû à la jeunesse de ces astres. Ils se trouvent d'ailleurs dans la « pouponnière » d'Orion, une fabrique d'étoiles de moins de dix millions d'années.

La spectrographie a donné la température des objets, 2650 K pour le plus lourd, 2790 K pour l'autre.

Les astronomes ont été surpris de constater que la plus massive des deux est aussi la plus froide, contrairement aux prédictions pour des astres de même âge. Soit les modèles sont pris en défaut, soit les naines n'ont pas le même âge, ce qui pourrait arri-

ver si le couple s'était formé lors d'une capture. Ceci est très possible car les simulations montrent qu'il est très peu probable que des naines brunes se forment en couple. Les interactions entre les deux entravent en effet le processus.

Les observations favorisent donc la formation de naines brunes isolées, de tailles comparables à celles des étoiles normales. En se refroidissant, elles se contractent et finissent leur carrière avec des dimensions planétaires.

Auparavant, la seule naine brune dont la masse avait été directement mesurée était beaucoup plus vieille et moins lumineuse. La luminosité dépend directement de la taille, ce qui confirme la contraction de ces objets.

La plupart des astronomes considèrent que les naines brunes constituent la majorité des astres produits lors de l'effondrement d'un nuage interstellaire, mais elles sont si faibles qu'il a fallu la technologie actuelle pour détecter des candidates. Mais il ne suffit pas de trouver des astres faibles et froids pour être certain qu'il s'agit bien de naines brunes. Encore faut-il avoir le moyen d'en calculer la masse.

## *Inflation cosmique*

Trois années d'observations du rayonnement relique 3 K du Big Bang par le satellite WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe) ont permis d'engranger de nouvelles

*Les lignes blanches indiquent la polarisation et sont superposées à la carte des températures du rayonnement de fond de l'univers.*

(© NASA/WMAP)



preuves de l'inflation extrême (un facteur  $10^{60}$ !) de l'univers dans les tout premiers instants de l'univers.

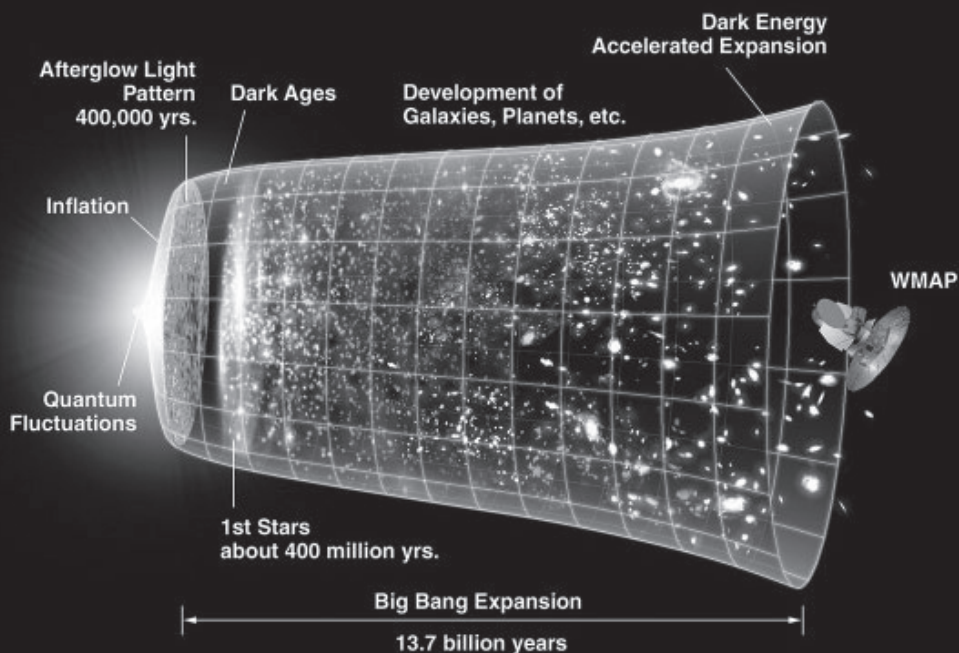
WMAP, dans la foulée de COBE et d'autres expériences avait déjà analysé la distribution de température, avec une précision effrayante puisqu'il s'agissait de mettre en évidence des déviations de l'ordre du milliardième de degré. Ces variations indiquent des fluctuations de densité, fluctuations qui, avec le temps, conduisent à former la structure de l'univers avec ses immenses vides séparant des groupes de galaxies.

Cette fois, c'est de la polarisation du rayonnement micro-ondes qu'il est question. Pour situer la difficulté, la mesure de la polarisation se base sur un signal une centaine de fois plus faible que celui qui a fourni la température.

Des expériences depuis le sol avaient déjà détecté la polarisation, mais seulement dans de petites régions alors que WMAP a pu cartographier tout le ciel.

Outre de nouvelles preuves du modèle d'inflation de l'Univers, WMAP a montré que les premières galaxies se sont formées environ 400 millions d'années après le Big-Bang, au lieu des 200 millions d'années des évaluations précédentes. Il contraint aussi la composition du cosmos, à 4% d'atomes, 22% de matière noire et, encore plus mystérieuse, 74% d'énergie noire, responsable de l'accélération de l'expansion universelle.

*La ligne du temps de l'univers commence par une période d'inflation extrême. (©NASA).*



## ***Rivière d'étoiles***

Le télescope spatial Spitzer a permis la découverte d'un ruban d'étoiles s'étendant de la Grande Ourse au Bouvier. Il se situe au-dessus du plan de la Voie Lactée et est constitué d'astres échappés de l'amas NGC 5466 sous l'influence de la gravitation de notre Galaxie. L'effet de marée induit par celle-ci tire l'amas et l'étire selon la ligne conduisant au centre de la Galaxie. Les étoiles qui s'écartent le plus deviennent sensibles à la moindre perturbation et peuvent quitter l'amas à l'occasion par exemple d'un passage rapproché du centre galactique. Elles vivent alors leur propre vie sur des orbites qui les écartent progressivement de l'amas.

Malgré sa taille gigantesque, on n'avait pas encore décelé ce courant car ses étoiles sont perdues au milieu de la multitude de celles d'avant-plan appartenant au disque de la

Voie Lactée. Ce n'est qu'en passant au crible la couleur et l'éclat de neuf millions d'étoiles du catalogue du Sloan Digital Sky Survey (SDSS) que les astronomes ont pu le distinguer. Toutes ces étoiles ont un caractère de famille car, provenant d'un amas globulaire, elles ont le même âge et partagent certaines caractéristiques.

Le recensement du SDSS se limite à la partie boréale du ciel. Il est fort possible que la rivière d'étoiles se prolonge dans l'autre hémisphère et même qu'elle entoure tout le ciel.

L'étude cinématique des étoiles de tels courants devrait permettre de préciser la quantité de matière, et donc de matière noire, que contient la Galaxie, et d'en découvrir la distribution.

***La rivière d'étoiles liée à l'amas globulaire NGC 5466 (Vue d'artiste, © Caltech)***

