

## L'astronomie dans le monde

### *Giotto : mission prolongée*

D'après le  
Communiqué ESA n°18

A sa réunion des 12 et 13 juin 1991, le Comité du Programme Scientifique de l'ESA a approuvé la recommandation de son directeur au sujet de la prolongation de la mission Giotto, qui consiste à envoyer la sonde à la rencontre de la comète périodique Grigg-Skjellerup.

Giotto, la première sonde interplanétaire de l'ESA, a été lancée le 2 juillet 1985 par une fusée Ariane 1 depuis le centre spatial de Kourou; huit mois plus tard elle rencontrait la comète de Halley et nous faisait parvenir de remarquables images du noyau de la célèbre comète. Giotto a survécu à cette mission particulièrement dangereuse et a été mise en « hibernation » deux semaines après ce rendez-vous réussi.

Les spécialistes de l'ESOC (le Centre Européen d'Opérations Spatiales de Darmstadt, en Allemagne) ont remis la sonde en activité en mars 1990; celle-ci était alors à 100 millions de kilomètres de la Terre.

Le 2 juillet 1990, l'engin est passé à 23.000 kilomètres de notre planète et a utilisé pour la première fois l'effet gravitationnel de la Terre pour repartir en direction d'un nouvel objectif, la comète P/Grigg-Skjellerup. Ce sera pour Giotto l'occasion d'établir un autre record, car elle sera la première sonde à avoir rencontré deux comètes.

Les préparatifs du rendez-vous sont déjà en cours. La prochaine grande étape sera une nouvelle mise sous tension de la sonde au cours de la première semaine de mai 1992, en vue de sa rencontre avec la comète le 10 juillet de cette année, vers 15 heures TU.

Si les spécialistes ont déjà pu fixer l'heure du rendez-vous avec une telle exactitude, c'est parce que l'ESOC a placé la sonde sur une orbite très précise qui la ferait passer, sans manœuvres de correction supplémentaires, à mois de 15.000 kilomètres du noyau de P/Grigg-Skjellerup. Moyennant quelques petites corrections, Giotto s'en approchera à environ mille kilomètres.

\* \* \*

### *Septante-sept « Vaches Mortes » dans le désert...*

#### *Des astronomes étudient une météorite géante de pierre et de fer*

D'après le  
Communiqué ESO PR06/91

Le désert d'Atacama est un endroit idéal pour étudier les corps célestes qui nous entourent. Cet article montre que ceci peut être fait non seulement grâce aux puissants télescopes des observatoires qui se sont installés sur quelques sommets isolés des Andes<sup>3</sup>, mais aussi directement depuis le plateau désertique.

Deux astronomes de l'ESO et un géologue chilien viennent de terminer l'étude détaillée d'un impact météoritique gigantesque, mais peu connu, dans une région isolée de l'Atacama. Durant 4 ans il ont passé au peigne fin une grande superficie et ont récolté 77 spécimens de la météorite de la Vaca Muerta (« La Vache Morte »), pour une masse totale de 3400 kilos. Cette météorite est d'un type ferro-pierreux rare, une méso-sidérite. Ces découvertes font plus que tripler la masse de matériau de cette

<sup>3</sup> L'ESO (European Southern Observatory) possède l'observatoire de La Silla, dans le désert d'Atacama, et a récemment décidé de placer un télescope d'une puissance équivalente à celle d'un 16 mètres, le VLT, au Mont Paranal.

sorte que l'on peut étudier, ce qui revêt une grande importance pour la connaissance de l'histoire du système solaire.

Les astronomes de l'ESO Holger Pedersen (maintenant à l'Observatoire de l'Université de Copenhague) et Harri Lindgren, ont profité de leurs moments de loisir pour travailler avec Claudio Canut de Bon (Directeur du Musée Minéralogique Ignacio Domeyko de l'Université de La Serena, Chili), et ils ont beaucoup apprécié l'excellente collaboration avec leurs collègues chiliens et les autorités chiliennes.

« Nous avons l'habitude d'observer des objets de l'espace lointain », dit Holger Pedersen, « mais ce fut une joie de s'adonner à de l'astronomie terre-à-terre. »

### *La chute de la météorite de Vaca Muerta*

Outre les grandes planètes et leurs lunes, il existe des myriades d'objets plus petits qui se meuvent sur des orbites elliptiques autour du Soleil. Il y en a de toutes les tailles, depuis les *petites planètes* d'un diamètre de quelques centaines de mètres, jusqu'aux *poussières* microscopiques, en passant par les *météorites*.

De temps à autre un grain de poussière de l'espace interplanétaire entre à très grande vitesse (une dizaine de kilomètres par seconde, ou plus) dans l'atmosphère terrestre. Le frottement avec l'air a vite fait d'échauffer la poussière et de la volatiliser en produisant une *étoile filante*. Lorsque l'objet est plus gros, de la taille d'un caillou ou un rocher, on parle d'un *bolide*. Ces événements, beaucoup plus rares, laissent une traînée lumineuse qui est parfois observée en plein jour. Si la masse est suffisante, la météorite ne se volatilise pas entièrement dans l'atmosphère, et on peut en retrouver les débris au sol.

Il y a environ 3500 ans une météorite de plusieurs tonnes, et d'au moins un mètre de diamètre est tombée en plein désert de l'Atacama, dans le Nord chilien. Son interaction rapide avec l'atmosphère désintégra la pierre en une multitude de petits morceaux qui se sont disséminés dans le sable du désert sur une vingtaine de kilomètres carrés. Les conditions de sécheresse ont préservé ces fragments et, en cet endroit isolé, la plupart d'entre eux sont passés inaperçus.

Quelques morceaux avaient cependant été récoltés vers 1860, par des prospecteurs à la recherche de minéraux précieux. Trouvant des pierres qui brillèrent lorsqu'on les polissait, ils crurent avoir découvert un gisement d'argent. Ils récoltèrent probablement plus d'une tonne de matériaux, qu'ils portèrent à la ville minière de Copiapo. On en jeta sans doute la plus grande partie, mais quelques pierres, environ 45 kilos, reconnues comme météoritiques, furent recueillies dans des collections de minéraux.

Quelques années plus tard on donnait à cette météorite la dénomination de Vaca Muerta, d'après une rivière asséchée de la région. Mais bientôt on oubliait l'endroit exact de la chute.

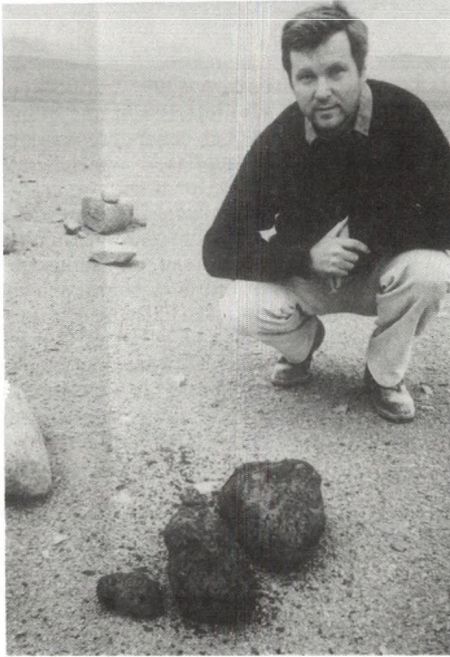
Il fallut attendre 1985, pour que le site soit redécouvert par Edmundo Martinez, après une étude minutieuse des vieux récits. Martinez étudiait la géologie à l'Université du Nord, à Antofagasta (il s'occupe maintenant d'une agence de voyage à San Pedro de Atacama).

### *L'assemblage des pièces*

En plus des quelques fragments qui avaient été récoltés et travaillés par les mineurs du siècle passé (afin d'en extraire des inclusions de nickel et de fer), Martinez en trouva un gros qui était resté intact. Son frère en parla à Canut de Bon qui décida de procéder à son étude scientifique, en compagnie de ses amis, les astronomes de l'ESO.

Cette étude demanda une exploration complète du site (que l'on sait maintenant s'étendre sur 11 kilomètres de long et 2 de large). La répartition des débris montre que la météorite est arrivée par l'est-sud-est en survolant les Andes. L'un des plus gros fragments frappa le sol avec une telle force qu'il creusa un cratère d'environ dix mètres de diamètre et deux de profondeur.

En tout 77 spécimens ont été repérés lors de dix expéditions entre février 87 et janvier 91. Vingt d'entre eux ont été déplacés et en partie exploités par les mineurs (voir photo); ceci est confirmé par le fait que quelques objets du siècle passé furent retrouvés aux environs (outils, ustensiles de cuisine, capsules, bouchons, clous, et même une pièce de monnaie de 1871). Mais 57 fragments, pesant de quelques grammes jusqu'à 309 kilos, ont été retrouvés intacts, si ce n'est une légère érosion.



L'astronome Harri Lindgren examine quelques fragments de la météorite de Vaca Muerta abandonnés par les mineurs. La météorite est tombée il y a environ 3500 ans dans le désert chilien de l'Atacama, à 60 kilomètres à l'est de la ville côtière de Taltal, et à 100 kilomètres du Mont Paranal, site du futur télescope VLT de l'ESO. Les fragments de la météorite sont dispersés sur une surface de 20 kilomètres carrés.

Les pierres météoritiques que l'on voit à l'avant-plan sont beaucoup plus sombres que le reste du désert. Les quelques éclats visibles sur le sable indiquent que les mineurs ont travaillé sur ces pierres. On peut voir quelques outils à l'arrière. (Cliché European Southern Observatory)

Ces pièces sont d'une grande importance pour l'étude des météorites. Pedersen, Lindgren et Canut de Bon ont préparé un récit

détaillé de leurs recherches qui paraîtra dans le journal *Meteoritics* de la Meteoritical Society, l'autorité incontestable en ce domaine.

*L'étude scientifique commence*

Les morceaux de météorites sont maintenant récupérés et conservés dans des collections chiliennes, en particulier à l'Université de la Serena, et au Musée d'Histoire Naturelle de Santiago. Le poids total dépasse 3400 kilos et la météorite s'avère ainsi être de loin la plus importante de sa classe; il s'agit d'un type beaucoup plus rare que les habituelles météorites de fer et de pierre.

Les analyses en laboratoire de la météorite de Vaca Muerta ont commencé. L'âge a été mesuré par les méthodes radiochimiques. La méthode de datation par le carbone-14<sup>4</sup> situe la chute à il y a  $3500 \pm 1300$  ans. On s'occupe des analyses minéralogiques pour en déterminer la composition et la structure interne.

On pense que certaines petites planètes, de même que les comètes, sont constituées de matériaux datant du tout début du système solaire.

La petite planète dont provient la météorite de Vaca Muerta date d'environ 4 milliards et demi d'années et est donc pratiquement aussi vieille que le système solaire. La vie de cette petite planète a commencé de façon violente. Un astre partiellement fondu, et volcaniquement très actif est entré en collision avec une planète dont le cœur était métallique. Le mélange et la solidification des matériaux ont formé une *breccia*<sup>5</sup> cosmique mi-métallique et mi-pierreuse. Après un certain temps, cette planète éclata en un essaim de débris plus

---

4 Cette technique est basée sur le fait que lorsque la météorite est encore dans l'espace, elle est bombardée continuellement par les rayons cosmiques, ce qui conduit à une teneur particulière en atomes de carbone-12 et -14. Dès qu'elle rentre dans l'atmosphère terrestre, elle est protégée des rayons cosmiques, et la proportion des atomes de carbone-14 diminue du fait de leur désintégration spontanée. Une mesure précise de la composition du carbone indique donc le moment de la chute.

5 *Breccia* : mélange de minéraux, avec de gros fragments enrobés d'une matrice plus fine.

petits. Parfois l'un des fragments tombe sur la Terre; ce fut le cas de la météorite de Vaca Muerta.

Cette sorte particulière de météorite ferro-pierreuse n'a été rencontrée que sur une trentaine de sites. La masse que l'on a récupérée de Vaca Muerta représente le double du matériel que l'on pouvait étudier auparavant. Lorsque l'analyse sera terminée, les 77 « vaches mortes » de l'Atacama nous auront certainement apporté de nouvelles idées sur l'aube du système solaire.

\* \* \*

### *Le Pinatubo menace la couche d'ozone*

Le volcan Pinatubo continue à faire parler de lui. Ses manifestations semblent loin d'être terminées et, déjà, il apparaît qu'il s'agit là de la plus formidable éruption volcanique du siècle. Les observations recueillies par le satellite TOMS (Total Ozone Mapping Spectrometer) indiquent qu'une masse de dix à vingt millions de tonnes de dioxyde de soufre a été injectée dans l'atmosphère, soit bien plus que lors de l'éruption du volcan mexicain El Chichón en 1982.

C'est un peu par hasard que le satellite TOMS peut donner des renseignements sur le dioxyde de soufre, alors que son but est de mesurer l'ozone atmosphérique. Par une heureuse coïncidence le dioxyde de soufre interfère avec les mesures de l'ozone, et l'importance de l'effet permet de tirer quelques conclusions sur la masse de dioxyde présente dans l'atmosphère. Et par une autre coïncidence, cette molécule qui interfère avec le signal de l'ozone contribue précisément à sa destruction. Lors de l'éruption du Chichón, des scientifiques du NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) ont calculé que le soufre aurait catalysé, de façon temporaire heureusement, la destruction de quinze pour cent de l'ozone stratosphérique dans les latitudes moyennes de l'hémisphère nord. Si cela est vérifié, les conséquences de la colère du Pinatubo seraient encore plus dramatiques qu'on ne l'imaginait.

Le côté spectaculaire d'une éruption volcanique est bien sûr l'éjection d'une grande quantité de cendres. Les cendres les plus légères s'élèvent très haut dans l'atmosphère et peuvent y rester assez longtemps, plusieurs semaines ou plusieurs mois. Mais le nuage de dioxyde de soufre est encore plus tenace. Cette molécule forme avec l'eau de minuscules gouttelettes d'acide sulfurique qui peuvent rester en suspension dans l'atmosphère pendant plusieurs années. L'aérosol n'a pas comme seul effet de s'attaquer à la couche d'ozone. Il réduit également la transparence générale de l'atmosphère (alors que la diminution de l'ozone augmente, elle, la transparence aux rayons ultraviolets!), de sorte que le rayonnement solaire est atténué et que la température moyenne de notre globe diminue. Le volcan Chichón a ainsi fait chuter la température de plusieurs dixièmes de degrés durant une ou deux années. Ceci est loin d'être négligeable. Rappelons que le réchauffement général du globe en raison de l'augmentation de l'effet de serre est chiffré à environ un demi degré pour notre siècle. Le Pinatubo pourrait donc annuler provisoirement ce gain de température.

\* \* \*

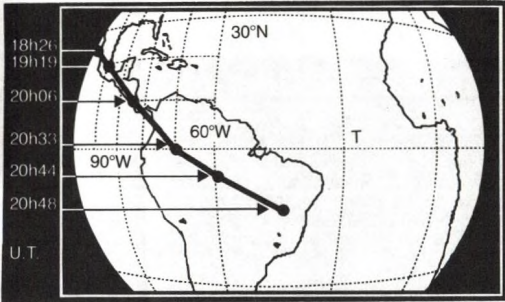
### *Météosat observe l'éclipse de Soleil*

Communiqué ESA n°27

Le 11 juillet, le satellite géostationnaire météorologique Météosat 3 était dans une position idéale, à environ 46° de longitude ouest, pour observer l'éclipse totale du Soleil au-dessus de l'Amérique latine.

Pendant trois heures, Météosat a scruté la Terre, dans les régions où l'éclipse était visible, à 15 minutes d'intervalle alors qu'en mode de fonctionnement normal, il prend une image du disque terrestre complet toutes les trente minutes.

L'avancée de l'ombre de la Lune sur la Terre est clairement visible dans la série d'images obtenues. L'examen précis de celles-ci fait apparaître clairement les régions d'ombre (éclipse totale) et de pénombre (éclipse partielle) à la surface de la Terre.



Ces images ont été captées et traitées au centre d'opérations de Darmstadt (Allemagne), où des ingénieurs travaillent actuellement à modifier la position de Météosat 3 pour le porter à 50° ouest d'où il assurera le soutien aux services météorologiques pour l'ensemble de l'Atlantique ouest et des Amériques.

Ci-dessus, à gauche : schéma montrant la progression de l'ombre de la Lune sur la Terre. Comparer aux photos suivantes.  
Ci dessous : image obtenue le 11 juillet à 19h40 TU. L'ombre est en haut à gauche, sur l'Amérique Centrale. (Cliché ESA)

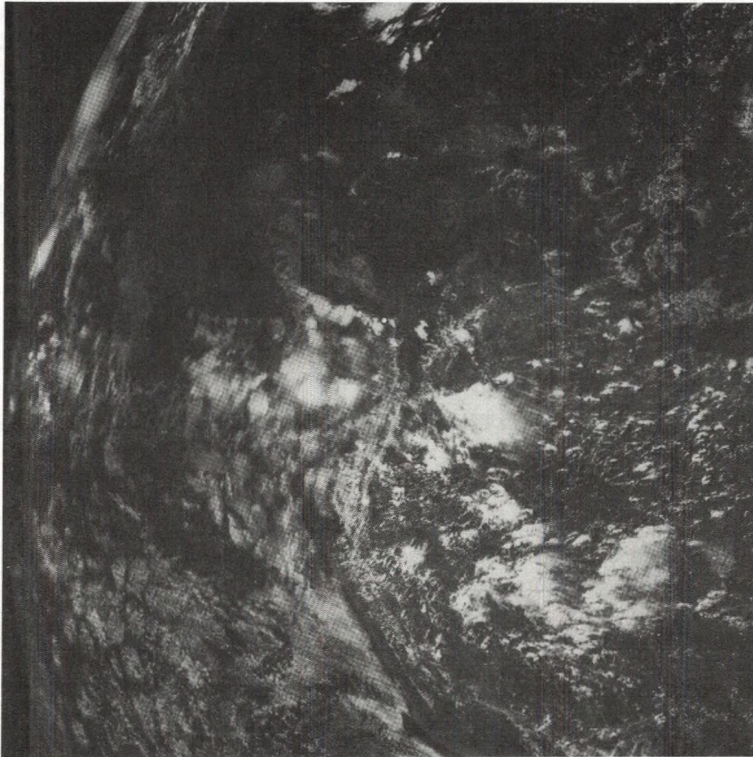




Image obtenue le 11 juillet à 20h40 TU. L'ombre, en bas à droite, a atteint le Brésil. (Cliché ESA)

Météosat a été lancé en juin 1988 et est exploité par l'Agence Spatiale Européenne pour le compte d'Eumetsat, organisation européenne responsable de l'exploitation des satellites météorologiques.

\* \* \*

### ***Records de luminosité et de distance***

Le record de l'objet le plus lumineux de l'univers vient d'être battu à deux reprises. Tout d'abord, les astronomes américains Richard McMahon, Mike Irwin et Cyril Hazard ont découvert un quasar extrêmement lointain,

ayant un redshift de 4,7<sup>6</sup>. Ceci est déjà exceptionnel en soi car le plus grand redshift connu est de 4,9 (record non encore homologué). Mais le nouvel astre a la particularité de paraître aussi brillant que ses congénères bien plus proches. Ceci permet de calculer que sa luminosité intrinsèque doit être dix mille fois supérieure à celle d'une galaxie comme la nôtre. (Un facteur 10.000 équivaut à dix magnitudes.) Placé à la distance de la galaxie d'Andromède ce quasar serait bien plus brillant que Vénus à son maximum d'éclat.

Les records sont faits pour être battus, et sitôt cette nouvelle annoncée, d'autres astronomes américains et britanniques faisaient état d'un nuage de poussières, rayonnant une puissance considérable dans l'infrarouge. Cette puissance correspond à trente mille fois celle de notre Galaxie, et le record est donc battu de plus d'une magnitude!

\* \* \*

### **Le télescope spatial Hubble (HST) détecte des étoiles massives dans le noyau d'un amas globulaire**

D'après la  
Note d'Information ESA n°9  
et la revue *Nature*

Les observations à haute résolution du noyau de l'amas globulaire 47 Toucan, réalisées à l'aide de la caméra pour objets faiblement lumineux (FOC) de l'Agence Spatiale Européenne à bord du HST, corroborent l'hypothèse selon laquelle des étoiles pourraient entrer en collision et fusionner entre elles, acquérant ainsi un « surcroît de longévité ». Ces observations indiquent l'existence d'une concentration étonnamment élevée d'étoiles « blue stragglers », classe d'étoiles particulières susceptibles d'évoluer, à un moment de leur existence, vers une nou-

velle jeunesse plus chaude et plus brillante. Ces étoiles pourraient également jouer un rôle crucial dans l'évolution dynamique du noyau de l'amas.

Tirant parti du pouvoir séparateur élevé du HST et de sa sensibilité dans l'ultraviolet pour sonder le cœur dense de l'amas, les astronomes ont détecté 21 blue stragglers dans 47 Toucan, concentrés d'une façon extraordinaire dans le centre de l'amas, ce qui tend à prouver que ces astres résultent de collisions, de fusions, ou de rencontres proches entre étoiles. Ce résultat surprenant permet d'expliquer pourquoi les blue stragglers n'ont pu, jusqu'ici, être décelés par des instruments ne possédant pas le pouvoir séparateur suffisant pour résoudre en étoiles le cœur de 47 Toucan.

Les amas globulaires sont des essaims compacts de centaines de milliers d'étoiles. Ils comptent parmi les plus anciennes formations de la Voie Lactée. C'est dans le vaste halo de notre Galaxie qu'ils se sont formés, avant que celle-ci ne s'aplatisse comme une galette, en un disque à structure spirale. La formation des étoiles dans les amas globulaires ayant cessé il y a 15 milliards d'années, les astronomes s'attendaient à n'y trouver que des étoiles vieilles. De fait ils utilisent les amas globulaires pour estimer l'âge de l'univers.

Les observations faites depuis le sol confirment que les étoiles des amas globulaires se sont rapidement transformées en géantes rouges, c'est-à-dire en étoiles « vieilles ». En 1953 toutefois, l'astronome Allan Sandage a découvert une nouvelle population surprenante d'étoiles, qui semblaient contredire les lois de l'évolution stellaire. Il a détecté des étoiles bleues, chaudes et jeunes, dans l'amas globulaire M3, puis dans d'autres. Il a qualifié ces astres de blue stragglers (« traînards »), car ils semblaient avoir pris du retard par rapport aux autres étoiles ayant déjà atteint depuis longtemps le stade de géante rouge.

---

6 Rappelons très brièvement ici qu'un *quasar* est une galaxie au noyau anormalement brillant, dont l'activité est probablement alimentée par un trou noir. Le *redshift* d'une galaxie mesure le rougissement de sa lumière dû à l'expansion de l'univers. La valeur du redshift est étroitement liée à la distance car les galaxies s'éloignent d'autant plus vite les unes des autres qu'elles sont éloignées. Un redshift de 4 ou 5 représente une distance énorme. La lumière qui nous vient de ces astres a voyagé pendant un temps à peine inférieur à l'âge de l'univers, si bien que l'on voit ces galaxies dans l'état où elles étaient peu après le Big Bang.

L'explication la plus simple que l'on puisse avancer, c'est que les blue stragglers se sont formés tard dans la vie de l'amas. C'est pourtant la moins plausible car les amas ont été dépouillés, il y a plusieurs milliards d'années, des poussières et du gaz nécessaires à la formation d'étoiles nouvelles.

On a proposé également que les blue stragglers mélangent leurs réserves internes d'hydrogène de manière plus efficace que les autres étoiles, ce qui leur permet de soutenir plus longtemps le rythme des combustions nucléaires et de « brûler » une proportion plus importante de leur hydrogène initial. Une étoile normale ne consomme au cours de sa vie qu'environ le dixième de son hydrogène, celui qui est proche du cœur de l'étoile — les régions extérieures n'atteignant pas les conditions de température et de pression indispensables à l'entretien des réactions thermonucléaires. Il faudrait que les blue stragglers arrivent à brûler la quasi totalité de cet hydrogène pour prolonger leur jeunesse de la façon que l'on observe.

En 1964, les astronomes Fred Hoyle et W.H. McCrea ont émis l'hypothèse selon laquelle ces étoiles étranges se forment lorsque deux étoiles fusionnent en un système binaire très serré. Ceci aurait pour effet de brasser l'hydrogène dans chacune des étoiles et de réalimenter en combustible frais leurs foyers nucléaires respectifs, l'hydrogène de la périphérie étant ramené vers le centre.

Ce scénario est plausible, car les rencontres rapprochées d'étoiles doivent être relativement fréquentes dans le cœur très peuplé des amas globulaires. D'après les estimations des astronomes, une étoile sur cent dans un amas globulaire a rencontré de près une autre étoile. Si notre propre environnement stellaire local était aussi peuplé, on pourrait voir à l'œil nu plus d'un million d'étoiles au lieu des quelques milliers que nous apercevons par une nuit sans Lune. La distance entre les étoiles au centre d'un amas n'est que de l'ordre de vingt fois la distance Soleil-Pluton.

Dans un système binaire très serré, l'étoile la moins massive pourrait aussi soutirer de l'hydrogène frais à son compagnon. Grâce à cet apport de combustible, l'étoile se réchauffe

et bleuit. Dans le cas de collisions directes, il se pourrait que les étoiles fusionnent effectivement en mélangeant leur combustible.

Les étoiles fusionnées et les systèmes binaires auraient une masse environ deux fois supérieure à celle des étoiles individuelles de l'amas. Elles auraient tendance à s'installer au centre de l'amas. Les observations faites à partir de la Terre semblent indiquer que les blue stragglers seraient des étoiles massives résultant de fusions. Il a été montré récemment qu'il existait, au centre de certains amas globulaires, une plus forte concentration de blue stragglers que de « sous-géantes » de même magnitude.

Le centre de l'amas globulaire relativement concentré NGC6397 a pu être résolu depuis le sol et il a révélé la présence de blue stragglers brillants. Cependant les amas de plus haute densité sont encore plus difficiles à résoudre en étoiles et c'est ainsi que le Space Telescope Hubble a été utilisé pour en sonder le centre.

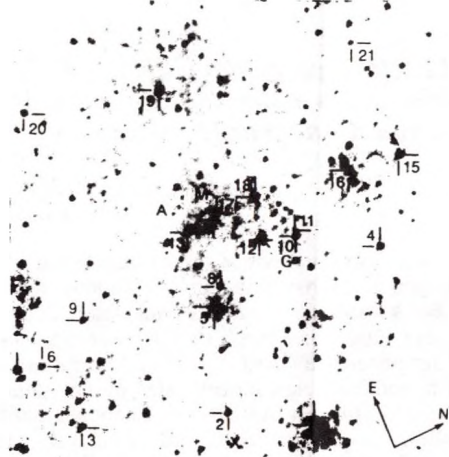


Image du noyau de 47 Toucan, obtenue avec la caméra FOC. Un champ de 22 secondes de côté est visible. Les positions de 21 blue stragglers sont indiquées.

Dans le cas de 47 Toucan, situé à 15.000 années-lumière, et cinq fois plus dense que NGC6397, le HST a permis de dénombrer environ 600 étoiles dans un champ restreint, de 1,5 année-lumière de diamètre, où les observations depuis le sol n'en montraient que quelques douzaines. En comparant les clichés

du HST à deux images de 47 Toucan prises dans le visible par Georges Meylan avec le télescope de 2,2m de l'ESO à La Silla, les chercheurs ont découvert 21 étoiles exceptionnellement brillantes dans l'ultraviolet. Ils ont ensuite comparé la brillance et la température de ces étoiles à un modèle numérique mis au point par l'équipe de la FOC. Ce modèle permet de prévoir les caractéristiques des étoiles normales et des blue stragglers dans l'ultraviolet, et montre que les étoiles très brillantes dans l'ultraviolet sont des blue stragglers.



Le noyau de 47 Toucan, avec un plus fort grossissement (focale double). Le champ n'a ici que 11 secondes de côté. La résolution est remarquable.

Cette forte concentration de blue stragglers au cœur de 47 Toucan laisse penser que ces étoiles sont beaucoup plus massives que la plupart des autres étoiles de l'amas. Certaines pourraient être doubles. Les systèmes binaires jouent un rôle crucial dans l'évolution de l'amas et expliqueraient pourquoi il n'y a pas plus d'étoiles normales au centre. Il est possible en effet que les centres s'effondrent puis rebondissent du fait de la présence des blue stragglers. Bien que ceux-ci ne représentent qu'une infime partie de la population de l'amas, ils serviraient d'accumulateur d'énergie cinétique. Tels des batteurs à œufs, quel-

ques blue stragglers seraient capables d'activer les mouvements de milliers d'autres étoiles de l'amas.

Les astronomes ne sont pas en mesure de déterminer de manière concluante, à partir des seules images de la FOC, dans quelle catégorie, parmi les trois envisagées, il y a lieu de classer les blue stragglers de 47 Toucan. Le modèle de l'étoile binaire est toutefois corroboré par d'autres observations d'étoiles à grande vitesse détectées au centre de l'amas, et qui ne pourraient provenir que de l'interaction gravitationnelle lors du rapprochement d'une étoile simple et d'une étoile double, ou de deux étoiles doubles.

\*\*\*

### *Etoiles doubles dans les amas globulaires*

Nous venons de voir comment la découverte de blue stragglers au centre d'amas globulaires est un indicateur de la présence de systèmes stellaires doubles. Mais ce n'est pas le seul. Les astronomes ont également découvert dans NGC6397 et dans 47 Toucan des populations significatives de pulsars binaires (voir ci-après) et de variables « cataclysmiques », ces variables devant leur comportement violent et erratique au transfert de matière entre les deux membres d'un couple serré.

On connaît aussi la présence de binaires X (émettant dans la gamme des rayons X) au cœur des amas globulaires les plus denses. Cette variété de systèmes binaires dans les amas globulaires constitue une indication précieuse à la fois pour l'étude de l'évolution stellaire, et pour celle de l'évolution dynamique des amas.

\*\*\*

### *Pulsars « milliseconde » dans 47 Toucan*

L'étude de l'amas 47 Toucan se poursuit vigoureusement sur plusieurs fronts, et illustre le regain d'intérêt que connaissent ces vastes agrégats stellaires.

Dans le domaine radio, la surveillance de l'amas avec le grand radiotélescope de Parkes (Australie) a permis de détecter dix nouveaux pulsars « milliseconde », c'est-à-dire des pulsars émettant leurs impulsions caractéristiques avec une période de l'ordre de quelques millièmes de seconde seulement (la limite supérieure qui donne droit à l'appellation est arbitrairement fixée à 25 millisecondes). Dans le cas de ces dix pulsars, les périodes s'échelonnent de 1,8 à 5,8 millisecondes. Au moins six de ces pulsars sont doubles, ce qui se déduit de la variation régulière et périodique de l'intervalle entre les impulsions (voir l'article suivant sur la « dixième planète »). Pour deux d'entre eux, les périodes orbitales ont pu être déterminées avec précision : 2,22 jours et 0,121 jours.

L'abondance de systèmes doubles parmi les pulsars milliseconde n'est pas pour surprendre si l'on sait que l'une des explications de la courte période de ces astres est l'accélération de la rotation d'une étoile à neutron dans un système binaire. (Un pulsar est une étoile à neutrons émettant un pinceau de radiation dans une direction bien déterminée; pour que l'étoile à neutrons soit observée comme pulsar, il faut que ce pinceau balaye la Terre à chaque rotation de l'étoile; la période du pulsar n'est autre que sa période de rotation.) D'autres moyens existent pour accélérer la rotation du pulsar mais impliquent généralement aussi une étoile double.

Jusqu'à présent, l'on ne connaissait que treize pulsars milliseconde dans des amas globulaires. L'amas du Toucan se distingue par les courtes périodes de ses pulsars. Par contraste, 3 des cinq pulsars connus de M15 ont des périodes supérieures à 30 millisecondes. D'autre part les théories actuelles ne semblent pas pouvoir s'accorder avec un aussi grand nombre de pulsars dans un amas comme 47 Toucan, d'autant que les observations laissent présager qu'il en existe beaucoup plus encore. Ces résultats devraient avoir d'importantes conséquences sur nos connaissances de l'évolution des pulsars, des amas et même de la Galaxie.

\* \* \*

## *A nouveau, la dixième planète?*

Cet été a vu l'annonce de la énième découverte de la dixième planète. Elle faisait état, non pas d'une planète de notre système solaire qui orbiterait au-delà de Neptune et Pluton, mais d'un compagnon peu massif du pulsar PSR1829-10. Mais cette fois encore la nouvelle a été démentie.

La méthode classique utilisée pour détecter un compagnon faible consiste en l'analyse de la vitesse ou de la position de l'astre principal. Si elles varient périodiquement, on peut en déduire qu'elles sont perturbées par la gravitation d'un second astre. C'est ainsi que Bessel a soupçonné l'existence du compagnon de Sirius après l'observation d'anomalies dans le mouvement de l'étoile. La période de ce système est de 50 ans.

Dans le cas du pulsar PSR1829-10 c'est également une oscillation périodique de la position que l'on croit avoir observé. Cette variation de la position est mesurée indirectement par les retards des signaux émis par le pulsar. On sait que les pulsars sont des horloges extrêmement précises envoyant des impulsions électromagnétiques à intervalles réguliers. Des astronomes anglais se sont aperçus que l'intervalle de temps séparant les impulsions de PSR1829-10 varie périodiquement, avec une période de six mois. On peut interpréter ce résultat par un mouvement orbital de très faible excentricité. Lorsque le pulsar est situé le plus loin de nous, ses impulsions mettent environ 15 millièmes de seconde de plus pour nous parvenir que lorsqu'il est situé au plus près. Ceci est tout à fait compatible avec l'existence d'un astre, une planète, ayant une dizaine de fois la masse de la Terre et tournant autour du pulsar avec une période de 6 mois et une orbite comparable à celle de Vénus. Le couple pulsar-planète orbite autour du centre de gravité du système, et la masse du pulsar étant beaucoup plus grande que celle de la planète, le mouvement du pulsar n'a que la faible amplitude observée.

Cette interprétation n'est pas sans soulever certaines difficultés. Un pulsar est une étoile à neutrons, un astre très compact issu de l'effondrement du cœur d'une étoile massive ayant épuisé son combustible nucléaire. Cet effondrement s'accompagne d'une explosion des couches extérieures; c'est le phénomène ca-

taclysmique de supernova. Il est difficile de comprendre comment une planète tournant autour de l'étoile initiale aurait pu survivre à une telle explosion, et comment l'orbite résultante pourrait être aussi parfaitement circulaire. Il n'est pas évident non plus qu'une planète aussi proche du pulsar puisse supporter l'intense champ de radiation.

Pour improbable que paraisse cette découverte, il faut considérer le fait que c'est le seul cas observé sur 500 pulsars. S'agirait-il donc bien d'une planète miraculeusement préservée?

Mais d'autres coïncidences remarquables viennent compliquer le problème. Tout d'abord, la période est très proche de la moitié d'une année terrestre. Trop proche disent certains. Ensuite les phases des orbites de la Terre et du pulsar sont curieusement synchronisées :

lorsque la planète et le pulsar sont en quadrature, la ligne Terre-Soleil est également exactement perpendiculaire à la ligne de visée. Statistiquement l'hypothèse d'une planète devient indéfendable. Par contre une explication élégante peut être avancée. Il suffit qu'un nuage de plasma existe quelque part entre nous et le pulsar. Lors du mouvement de la Terre, la ligne de visée traverse des zones différentes du nuage, ce qui peut donner des retards différents si la structure du nuage varie suffisamment d'un point à l'autre. C'est le cas par exemple pour un nuage qui aurait des dimensions comparables à celles de l'orbite terrestre. De tels objets tournant autour du Soleil à des dizaines d'unités astronomiques, ou plus, pourraient exister en grand nombre (de l'ordre de cent mille) et expliquer toutes les caractéristiques observées.