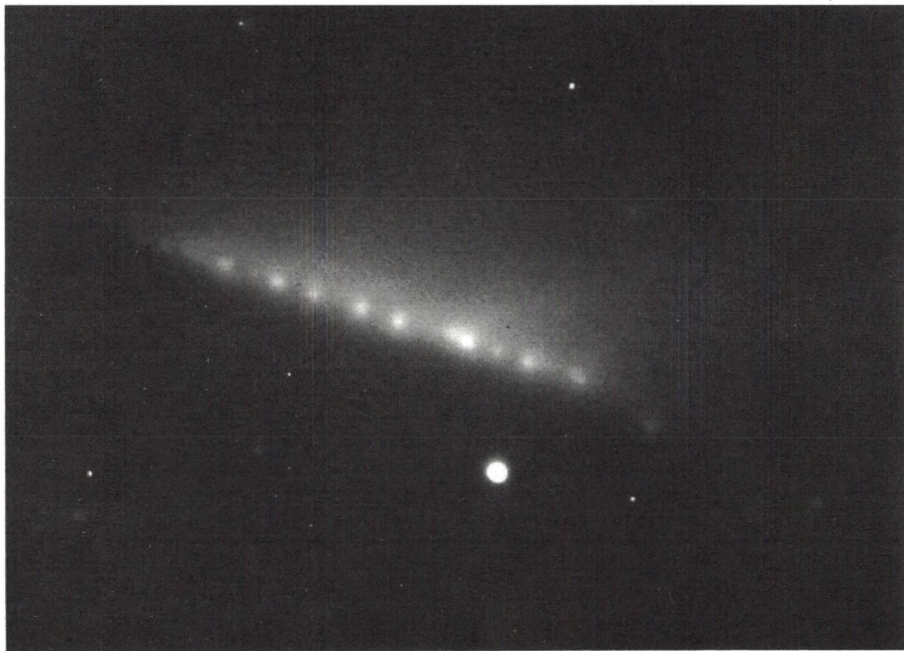

L'astronomie dans le monde

Comète Shoemaker-Levy (1993e)



Cette photo de la comète Shoemaker-Levy 1993e a été obtenue par Jane Luu et David Jewitt avec le télescope de 2,2 mètres de l'Université d'Hawaï et une caméra CCD. La pose était de 200 secondes. La chaîne constituée des débris du noyau s'étend sur 50 secondes d'arc (voir *Le Ciel*, mai 1993). La période orbitale est de 11 ans et demi. Il sera intéressant de suivre l'évolution de cet astre, et la dispersion des fragments du noyau.

L'orbite de Shoemaker-Levy est très voisine de celle de la planète géante, de sorte qu'actuellement les deux objets jouent un peu au chat et à la souris. Selon des calculs basés sur les observations des premières semaines, le passage « fatal » de la comète auprès de Jupiter

a eu lieu le 8 juillet 1992, à une distance de 0,0008 unités astronomiques (soit 120.000 kilomètres) du centre de la planète. La comète repassera tout près de Jupiter en juillet 1994.

La distance au centre de Jupiter pourrait n'être que de 0,0003 UA (45.000 kilomètres).

Le rayon de cette planète étant de 70.000 kilomètres, cela signifierait qu'une collision aurait lieu. On prévoit en fait qu'une partie, peut-être la moitié, des débris du noyau pourraient terminer leur carrière dans Jupiter. Le reste des fragments pourraient se satelliser autour de Jupiter, ou être éjectés vers des orbites héliocentriques de plus courtes périodes.

Pour les amateurs de calculs, voici les éléments nécessaires au calcul de l'orbite de la comète, tels qu'ils ont été publiés dans la circulaire 5800 de l'Union Astronomique Internationale :

(Epoque=22,0 juin 1993)
 T=1998 avril 5,7514
 e=0,065832
 q=4,822184 UA
 a=5,162007 UA
 Péri.= 22,9373°
 Nœud=321,5182° (2000,00)
 Incl.=1,3498°
 n=0,0840381
 P=11,728 ans

Les calculateurs chevronnés connaissent bien ces paramètres. Rappelons succinctement pour les autres qu'il s'agit essentiellement du moment du passage au périhélie, de l'excentricité, de la distance périhélique, du demi-grand axe et de divers angles donnant l'orientation de l'orbite dans l'espace.

1993 FW

L'astéroïde 1993 FW a été récemment découvert par Jane Luu et David Jewitt avec le télescope de 2,2 mètres de l'Université d'Hawaïi (ceux-là mêmes qui ont pris la photo de 1993e que nous présentons dans ce bulletin). Mais s'agit-il bien d'un astéroïde? De magnitude 23 et se déplaçant très lentement dans la constellation de la Vierge, l'astre est probablement situé très loin du Soleil, au-delà des orbites des planètes gazeuses, et même au-delà de Pluton. Cela n'est pas sans rappeler les caractéristiques de 1992QB₁, un objet découvert dans les mêmes circonstances, par les mêmes astronomes d'Hawaïi. Il se pourrait que ces astres soient les premiers membres connus

de la « ceinture de Kuiper ». Cette ceinture entourerait le système solaire et serait composée d'une multitude de comètes. C'est de là que proviendraient la plupart des comètes de courte période. Au-delà de la ceinture de Kuiper se trouve le plus vaste et plus célèbre « nuage de Oort », autre réservoir inépuisable de comètes.

Ces deux astéroïdes pourraient donc en fait être des comètes géantes, inactives en raison de leur éloignement du Soleil. Pour atteindre la magnitude 23, un noyau cométaire doit approcher 200 kilomètres de diamètre (à comparer aux 15 kilomètres de la comète de Halley!).

Trois ans de moisson du télescope spatial

Selon la note d'information 08-93 de l'ESA

L'Agence Spatiale Européenne vient de diffuser une Note d'Information retraçant les grandes percées scientifiques effectuées par le HST durant les trois premières années de sa carrière. Le plus étonnant de l'histoire de ce télescope, tellement décrié pour sa « myopie » imprévue, n'est-ce pas justement la beauté et la qualité des résultats obtenus?

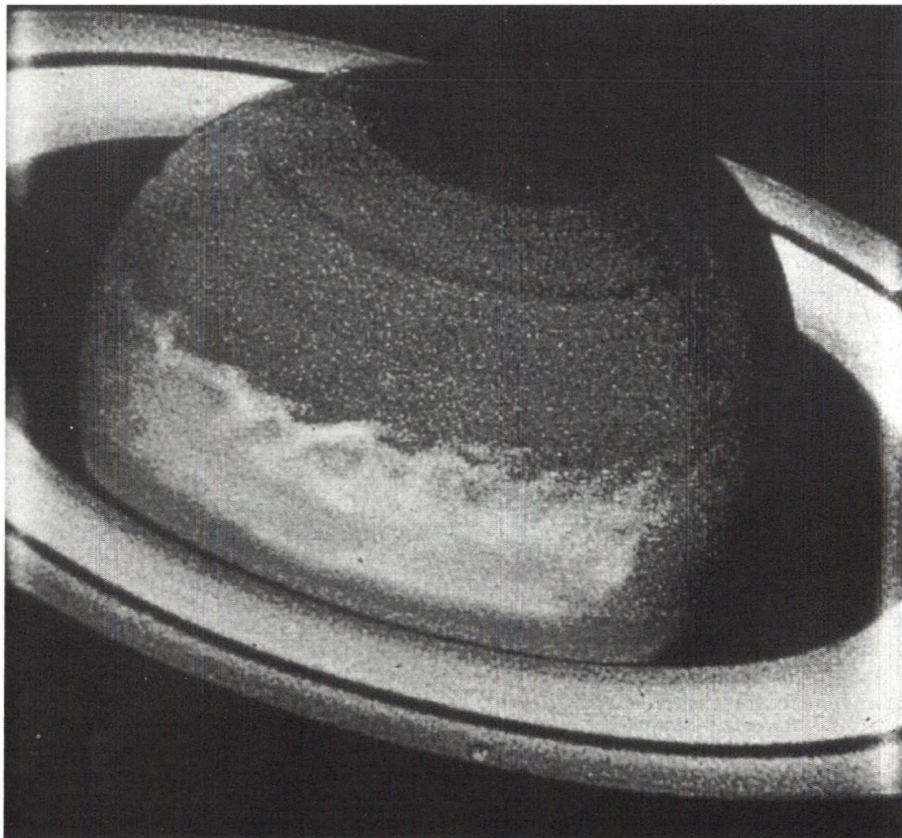
Le Télescope spatial effectue couramment des mesures hors pair. En trois ans, il a accumulé les observations de planètes, d'étoiles, de galaxies, examiné les plus lointains astres connus de l'Univers. Et surtout, il a confirmé l'existence d'objets astrophysiques fascinants, jadis considérés comme des concepts théoriques ou des curiosités rares du cosmos : les précurseurs de systèmes extra-solaires, les trous noirs géants et les mirages gravitationnels.

Comment cela est-il possible? Comment Hubble a-t-il pu parvenir à de telles prouesses malgré son handicap? La réponse tient à la fois à l'excellente qualité du télescope hormis son vice original et à la grande habileté des astronomes. Certes le miroir principal est affecté d'un irrémédiable défaut de courbure; il est trop plat, ses bords devraient être plus relevés de 2,34 microns par rapport au centre. Mais l'anomalie est en même temps si « parfaite » (un cas d'aberration sphérique pure) que les

chercheurs ont pu la déterminer avec précision et qu'ils peuvent aujourd'hui restaurer systématiquement le « piqué » d'images par un puissant traitement informatique.

La solution n'est pas une panacée bien sûr. En particulier, elle n'améliore pas la sensibilité, les astres très faibles restant toujours inaccessibles. Mais elle est déjà si puissante que le télescope Hubble est bien le meilleur au monde dans son domaine. Aussi sensible que les meilleurs instruments optiques terrestres, il voit plus net et détecte des rayonnements invisibles — ultraviolets — qui ne pénètrent pas l'atmosphère.

« Notre système solaire, tout d'abord, reste l'un des grands domaines de prédilection du télescope spatial tant que celui-ci n'est pas réparé. Proches et brillantes, les planètes offrent des caractéristiques idéales pour la reconstruction informatique des clichés. Et Hubble a effectivement transmis des vues saisissantes de Mars, Jupiter et son satellite Io, Saturne, Pluton, avec des détails nouveaux que seules des sondes spatiales explorant sur place auraient pu révéler autrement », affirme Piero Benvenuti, responsable du projet HST pour l'ESA.



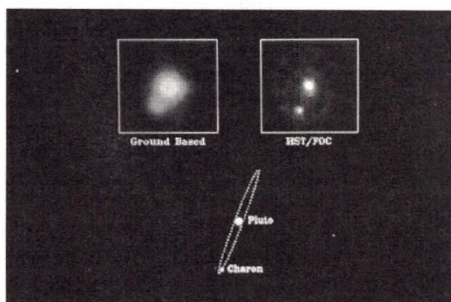
Tempête sur Saturne. Image obtenue en novembre 1990 grâce à la caméra WF/PC. (Cliché Space Telescope Science Institute)

En 1990 notamment, une centaine de photographies ont été prises d'une gigantesque tornade qui se développe régulièrement tous les 30 ans dans l'atmosphère saturnienne. Hubble a pu en suivre l'évolution et la disparition avec une acuité sans précédent. « Et là, apparaît la grande force du Télescope spatial dans le domaine planétaire : il peut suivre la progression des phénomènes variables dans le temps et ainsi instaurer une surveillance systématique — quasi-météorologique — du système solaire », explique Piero Benvenuti, également directeur du Centre de coordination européen pour le télescope spatial ST-ECF, département commun à l'ESA et à l'Observatoire austral européen ESO, basé en Allemagne. De tels programmes d'observations à long terme sont en cours sur Mars et sur Jupiter. Il permettront peut-être de mieux comprendre les origines des grandes tempêtes martiennes et de la tache rouge atmosphérique jovienne.

La caméra européenne FOC de Hubble a ainsi obtenu une image spectaculaire du satellite Io de Jupiter. Ce travail, effectué par l'astronome Francesco Paresce au Space Telescope Science Institute de Baltimore (USA), confirme que le sol de la lune jovienne est bien couvert de givre de dioxyde de soufre mais révèle, par contre, que l'atmosphère est extrêmement hétérogène. Dans certaines régions, la pression gazeuse est multipliée par 1000 ! Io est un corps volcanique très actif et les zones de forte densité atmosphérique pourraient être liées à cette activité. Si cette hypothèse est la bonne, la surveillance régulière devrait permettre de surprendre en direct des effets dynamiques tels que des éruptions ou la circulation de nuages de cendres.

Toujours en ultraviolet, la caméra FOC a délivré la meilleure image d'aurores de Jupiter réalisée à ce jour, ce qui donne des informations fines sur l'interaction du champ magnétique et de l'atmosphère de la planète géante.

Dernière avancée dans le système solaire : la plus lointaine planète du Soleil, Pluton et sa lune Charon ont été pour la première fois clairement distinguées l'une de l'autre.



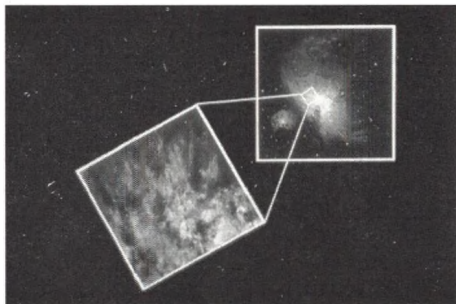
Pluton et son satellite Charon vus depuis le sol (à gauche), et par le HST (caméra FOC). (Cliché Space Telescope Science Institute)

Mieux, chacun des deux objets a pu être « pesé » et, à la surprise générale, Pluton a été trouvé 10 fois plus massif et 2 fois plus dense que son gros satellite. Cette grande différence de densité, et donc de constitution, renforce beaucoup la thèse d'une origine distincte pour chacun des deux corps. Bien que voisins aujourd'hui, Pluton et Charon ne sont vraisemblablement pas nés ensemble.

Dans notre Galaxie (la Voie Lactée) le télescope spatial s'est attaché à étudier l'évolution des étoiles, en s'attardant plus particulièrement sur les étapes extrêmes de leur gestation et de leur mort. Dans la constellation d'Orion à 1500 années-lumière de la Terre, par exemple, se situe l'une des régions galactiques les plus actives en formation de nouvelles étoiles. Hubble y a pris de remarquables clichés d'astres excessivement jeunes, âgés de moins d'un million d'années. Et, surprise encore, une quinzaine de ces bébés-étoiles sont apparus entourés du disque-cocon de matière qui leur a donné naissance. Ces disques seraient vraisemblablement susceptibles de former des planètes !

C'est dans un tel disque de gaz et de poussières que notre Soleil et ses propres planètes se sont constitués, pense-t-on, il y a 4,5 milliards d'années, et nous ne connaissons toujours aucun autre exemple d'un tel système planétaire dans l'Univers. « La découverte de disques de gaz et de poussières autour d'étoiles jeunes est très encourageante pour les

astronomes », commente Piero Benvenuti, « elle indique que le processus qui a créé notre système solaire est un mécanisme naturel qui pourrait être courant dans le Cosmos ».



Cette région de la nébuleuse d'Orion d'une année-lumière de côté est située au bord d'une cavité d'hydrogène ionisé, chauffé par la radiation d'étoiles jeunes (caméra WFPC). (Cliché Space Telescope Science Institute)

À l'autre extrémité du cycle de vie stellaire, se situe l'explosion mortelle d'une étoile massive. Récemment, Hubble a transmis la première image détaillée d'un reste de supernova proche : les Dentelles du Cygne, à 2500 années-lumière de la Terre. Ce réseau de filaments de gaz excité et ionisé provient d'un cataclysme préhistorique qui s'est produit il y a 15000 à 30000 ans dans le ciel.

Au début de sa mission déjà, il y a trois ans, le télescope spatial avait photographié une supernova qui avait éclaté dans l'une de nos galaxies satellites, le Grand Nuage de Magellan, à 170000 années-lumière de distance.

On possède ainsi maintenant deux observations, à deux étapes très différentes, des phénomènes violents qui constituent l'un des moteurs principaux de l'évolution des galaxies. (Travail des astronomes européens D. Macchetto, N. Panagia et P. Jakobsen).

Encore plus loin, dans le domaine des galaxies extérieures, l'une des contributions les plus remarquables du télescope spatial a été de confirmer l'hypothèse de l'existence de trous noirs supermassifs au centre de nombreuses galaxies actives. Hubble a trouvé les indices de la présence de ces trous noirs de plus d'un million de masses solaires dans plusieurs

galaxies : M 32, satellite de la grande galaxie d'Andromède, M 51, dans la région des Chiens de chasse, M 87 dans la Vierge ...



Image obtenue par la caméra WFPC du HST montrant le noyau de la galaxie des Chiens de Chasse, M51. La croix obscure est due à l'absorption par des bancs de poussières gravitant sans doute autour d'un trou noir d'une masse égale à un million de fois celle du Soleil. (Cliché Space Telescope Science Institute)

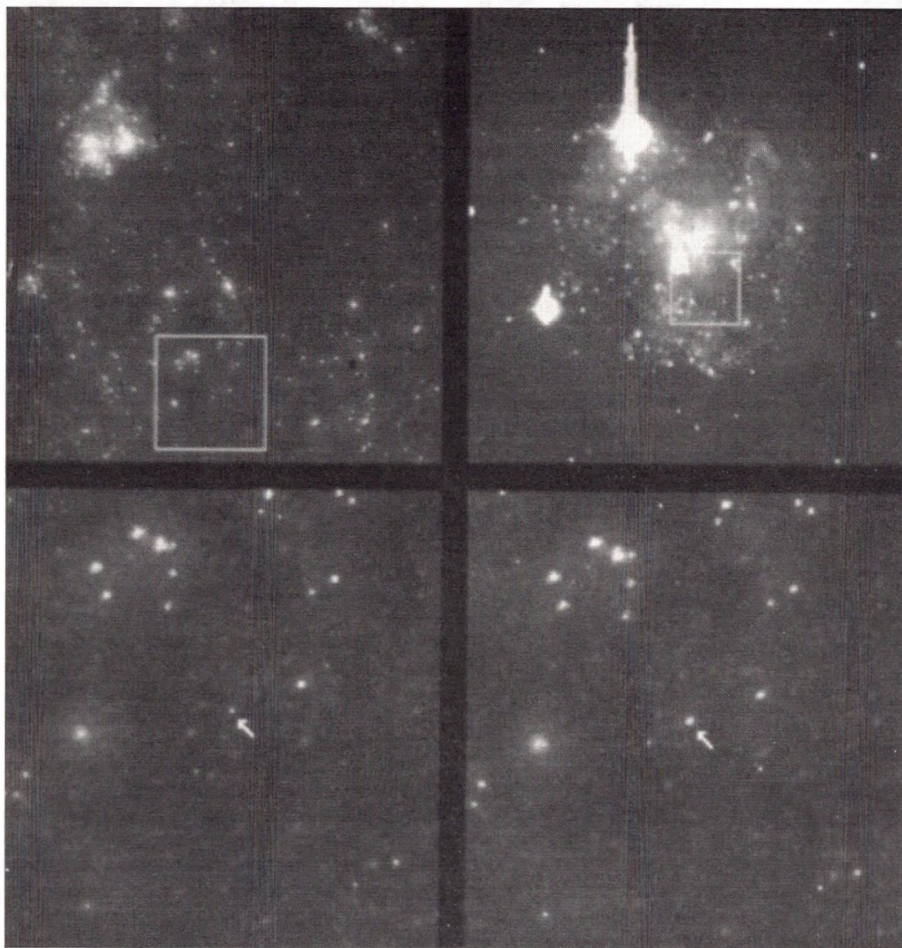
« Mais l'observation la plus convaincante à ce jour concernant les trous noirs est celle du cœur de la galaxie NGC 4261 de l'amas de la Vierge, à 45 millions d'années-lumière », affirme le responsable scientifique. « Elle montre pour la première fois un objet qui ressemble réellement à la description théorique de l'environnement d'un astre superdense ». La nouvelle image dévoile un disque de gaz chaud — de 300 années-lumière de diamètre — qui semble tourner et être absorbé par un astre central de 10 millions de masses solaires. Deux jets symétriques découverts précédemment en radio expulsent des particules relativistes sur une distance de 90000 années-lumière.

Le télescope spatial a également observé des objets très lointains, et donc très anciens du fait de la vitesse finie de la lumière. Il a photographié la plus lointaine galaxie connue (4C41.17, dont le message lumineux a mis plus de 10 milliards d'années à nous parvenir), détecté l'amas de galaxies le plus éloigné (à une distance de 7 à 10 milliards d'années-lumière) et révélé pour la première fois la structure individuelle des galaxies d'un amas

situé à 4 milliards d'années-lumière : CL 0939+4713, dans la constellation de la Grande Ourse.

Avec ce dernier travail, Hubble a pu composer un véritable atlas morphologique d'objets qui existaient au moment où l'Univers n'avait que les 2/3 de son âge actuel. Il a trouvé les mêmes types de galaxies qu'aujourd'hui : galaxies elliptiques, irrégulières, spirales, galaxies en interaction. Mais en revanche, la fréquence de chacun des types a changé entre cette époque et la nôtre. Les galaxies spirales

— actives en formation d'étoiles jeunes — ont disparu au profit des galaxies elliptiques — vieilles et calmes. Cette constatation nous donne des indications sur la façon dont les galaxies évoluent dans l'Univers. En particulier, les modèles théoriques prévoient que la collision et la fusion de deux galaxies spirales peuvent donner le jour à une galaxie elliptique. La nouvelle observation tend donc à confirmer que les rencontres et les interactions entre voisines jouent un rôle important dans la vie des galaxies.



27 étoiles variables de type Céphéide ont été observées dans la galaxie IC 4182 située à 16 millions d'années-lumière. Ces étoiles sont des indicateurs de distance précis, et ce type d'observation permettra de mieux connaître les dimensions de l'univers (caméra WFPC). (Cliché Space Telescope Science Institute)

Dernier champ d'investigation, enfin : celui de l'Univers perçu dans son ensemble. « L'étude cosmologique constitue l'objectif premier de la mission » indique Piero Benvenuti, qui poursuit : « le télescope Hubble a véritablement été conçu pour répondre aux questions fondamentales de la taille, de l'âge et de l'évolution future du cosmos. Malheureusement, cette tâche est aussi la plus difficile à mettre en œuvre et sa réalisation reste en grande partie interdite par la vision dégradée du télescope. Pourtant, là encore, des percées significatives ont été effectuées qui démontrent les capacités actuelles et potentielles de l'instrument ».

Ainsi, avec la galaxie IC 4182, Hubble a fait preuve de son aptitude à établir une échelle de distance précise dans l'Univers. Cette galaxie se situe à 16 millions d'années-lumière, c'est-à-dire hors du « groupe local » de galaxies dans lequel réside notre propre Voie lactée. Le télescope spatial y a distingué pour la première fois des étoiles brillantes individuelles et s'en est servi pour déduire la distance de la galaxie à 4% près.

Lorsque le défaut du miroir primaire sera corrigé, il deviendra possible d'effectuer ce même travail sur un plus grand nombre de galaxies et jusqu'à des distances trois fois plus importantes. Ces mesures « primaires » pourront alors servir de références pour évaluer l'éloignement d'astres encore beaucoup plus lointains, estimer la dimension de l'Univers observable, la vitesse d'expansion de l'espace (constante de Hubble) et le ralentissement de cette expansion. Ce vaste programme pourrait, enfin, nous permettre de déterminer l'âge du cosmos, et son destin : s'il est ouvert ou fermé, s'il se dilatera indéfiniment ou recontractera à un certain moment.

Hubble a également observé des mirages gravitationnels et démontré l'utilité de ces objets pour mesurer la masse de l'Univers. Les mirages gravitationnels résultent de la Relativité générale d'Einstein qui prédit que les rayons lumineux se courbent au voisinage d'un objet massif tel qu'une galaxie ou un amas de galaxies. L'effet est perceptible lorsque, vu de la Terre, un astre massif de premier plan se trouve exactement aligné avec un objet très

lumineux d'arrière-plan; l'image de celui-ci apparaît alors distordue, voire éclatée en plusieurs images secondaires.



Image de la lentille gravitationnelle G2237+0305, dite « croix d'Einstein » (caméra FOC). (Cliché Space Telescope Science Institute)

Au centre de l'amas AC 114, une équipe européenne utilisant les capacités du télescope spatial a ainsi mis en évidence deux images parfaitement symétriques d'un quasar lointain. L'observation était de si grande qualité que l'on a pu en déduire théoriquement l'existence d'une troisième image gravitationnelle. Celle-ci a effectivement été trouvée, au bon endroit, preuve de notre bonne compréhension de l'optique gravitationnelle. Inversement, l'analyse du cliché permet de calculer la distribution de masse à l'intérieur de l'amas défectueux. On trouve 10 à 20 fois plus de masse que prévu! Cette constatation renforce l'idée des astrophysiciens que l'Univers est rempli d'une majorité de matière « noire » qui échappe à l'observation directe et dont la nature demeure inconnue. Là encore, Hubble a montré qu'il pouvait apporter des informations vitales sur cette matière obscure. La poursuite de ce travail permettra d'évaluer la quantité de matière présente dans le cosmos et de déterminer si celle-ci est suffisante pour interrompre un jour l'expansion de l'Univers.

On le voit, les performances du télescope spatial sont uniques et la qualité des résultats en témoigne. « L'Europe, d'ailleurs, bénéficie largement du retour scientifique de la mission. En trois ans, 500 chercheurs européens ont été

impliqués dans des demandes de temps d'observation sur le télescope. Et pendant cette même période 20% du total d'observation a été réalisé pour le compte d'une équipe européenne, alors que la contribution officielle de l'ESA au programme n'est que de 15% » affirme le Dr. Roger Bonnet, Directeur du Programme Scientifique de l'ESA.

Pourtant Hubble ne nous a encore donné qu'un avant-goût des merveilles qu'il pouvait produire. En décembre, les astronautes de la navette installeront un dispositif compensateur du défaut optique. Nous pourrions peut-être alors découvrir les premiers détails de la surface de la planète Pluton, qui n'a jamais été visitée par les sondes spatiales, explorer la structure des disques de poussières autour d'étoiles jeunes et y dénicher — pourquoi pas? — des corps planétoïdes en formation, percevoir, enfin la vraie dimension du cosmos. Mais qui sait, en réalité, ce que nous découvrirons de plus saisissant. Une seule chose est sûre, après leurs trois premières années d'expérience, les astronomes sont fins prêts pour exploiter la moindre amélioration des performances de leur instrument. Ils s'impatientent déjà!

Réparation du HST

Le 2 décembre prochain, si tout va bien, la navette américaine Endeavour s'envolera pour réparer et rénover le télescope spatial Hubble — opération qui a été discutée dans *Le Ciel* d'avril 1993, pages 99-111. Cette mission, d'une importance toute particulière pour les astronomes, est maintenant prévue par la NASA pour une durée totale de onze jours, ceci afin de permettre d'effectuer la bagatelle de cinq « marches » dans l'espace (un record), et peut-être même sept!

La décision de programmer cinq « activités extra-véhiculaire » (EVA) a été prise après une évaluation détaillée des résultats des entraînements en piscine (pour combattre la pesanteur), de la simulation sur ordinateur des manœuvres du bras de la navette, et de sorties faites lors des précédentes missions.

En passant à cinq EVA, au lieu des trois initialement prévues, la NASA espère augmenter les chances de succès. Cela donne plus de souplesse à la mission et permettra éventuellement de mieux répondre à des situations imprévues.

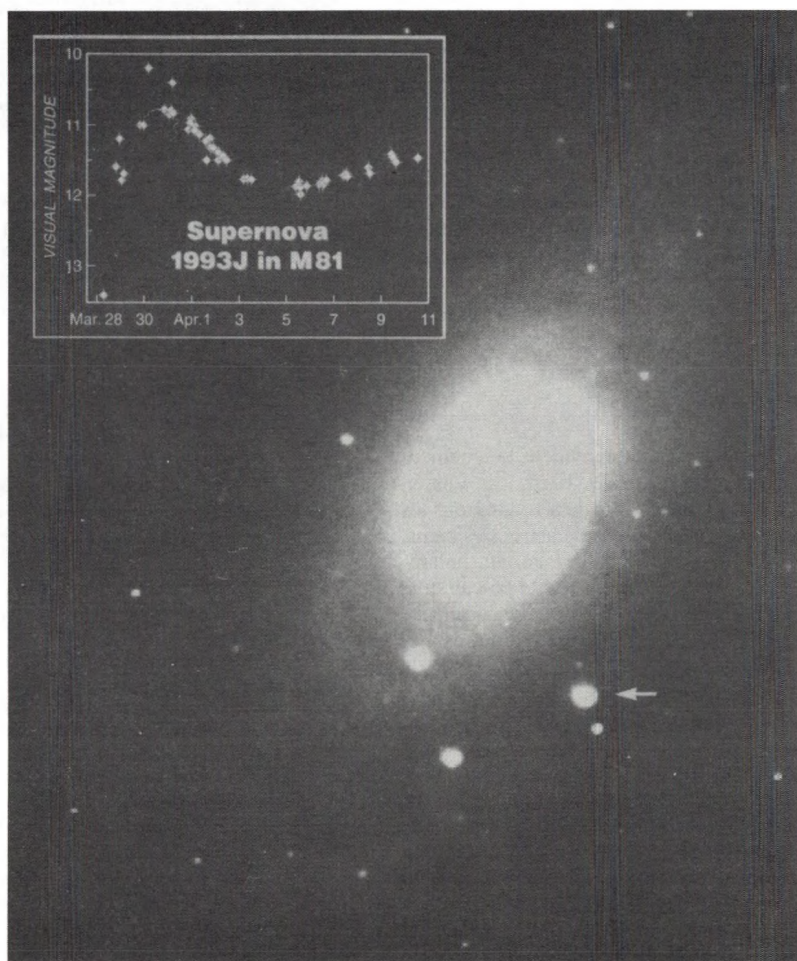
Les objectifs prioritaires de la mission sont le remplacement des gyroscopes, celui des panneaux solaires, de la « Wide Field and Planetary Camera », et l'installation du correcteur optique COSTAR.

L'ampleur des tâches permet de comprendre la nécessité du grand nombre d'EVA. La réussite de celles-ci sera facilitée par le fait qu'elles seront réalisées en alternance par deux équipes différentes. En outre, les missions de la navette Endeavour en juin et de Discovery en juillet incluront des sorties EVA qui permettront de tester certains des outils destinés à la réparation du HST. Ces missions auront aussi pour objet de calibrer le temps nécessaire à l'exécution des différentes opérations.

Supernova SN 1993J dans M81

Après le maximum secondaire atteint à la mi-avril, cette intéressante supernova poursuit son déclin rapide. Début mai elle passait la magnitude 12.

L'étude spectroscopique de SN 1993J regorge déjà de surprises. Ainsi, l'objet, classé initialement par les astrophysiciens comme étant de « type II », montrait au début de mai des signes caractéristiques du « type I ». Ces deux types de supernovae se distinguent par la présence (type II) ou l'absence (I) de raies de l'hydrogène dans les spectres. Une supernova de type II marque la fin d'une étoile super-massive et l'énergie libérée est l'énergie gravitationnelle du cœur; l'hydrogène que l'on aperçoit est celui des couches extérieures expulsées. Par contre, le type I est dû à une naine blanche accompagnant une supergéante rouge et recevant de la matière de celle-ci. Lorsque la masse est suffisante, une vaste réaction nucléaire s'opère, la naine blanche est détruite, et des éléments lourds sont produits.



La supernova SN 1993J dans la belle galaxie M81 de la Grande Ourse. En encadré, dans ce cliché extrait de *Sky & Telescope*, figure la courbe de lumière des premières semaines. (Cliché CCD par Dennis di Cicco, le 15 avril)

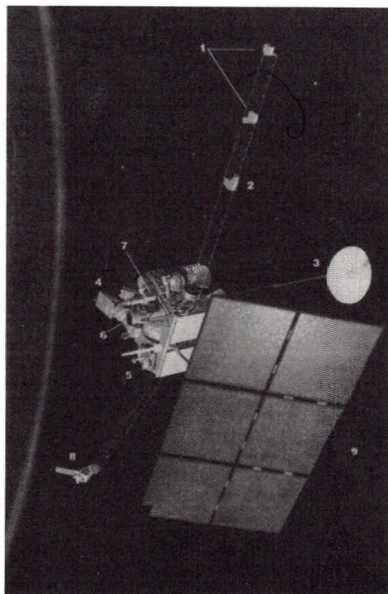
L'interprétation donnée du spectre de SN 1993J est que le progéniteur était une étoile supergéante ayant transféré une bonne partie de la couche extérieure d'hydrogène vers un compagnon proche. Cela expliquerait la faiblesse des raies de l'hydrogène. Une seule supernova était connue précédemment pour avoir eu un comportement un peu similaire, SN 1987K.

Les astronomes profitent de l'aubaine, et continuent d'observer l'agonie de l'étoile dans tous les domaines de longueur d'onde. Nulle doute que d'intéressantes découvertes seront effectuées et que des colloques seront organisés à son sujet.

En route vers Mars

Les sondes Viking qui avaient longuement étudié la planète Mars dès 1975, à la fois en orbite et au sol, furent loin de résoudre tous les problèmes qu'elle pose aux astrophysiciens. De nombreuses questions demeurent, notamment en ce qui concerne l'activité volcanique, les variations de la composition de la surface d'un point à l'autre, la circulation atmosphérique, le champ magnétique, et, bien sûr, la présence de la vie.

Heureusement, après onze mois de voyage, une nouvelle sonde de la NASA, le Mars Observer sera placée en orbite autour de la planète rouge le 24 août. Toute une séquence de manœuvres compliquées modifieront cette orbite pour faire en sorte que l'altitude soit pratiquement constante (400 kilomètres), et que la position apparente du Soleil pour un observateur hypothétique situé sous le satellite corresponde toujours à celle de 2 heures de l'après-midi. Ceci donne à chaque observation un éclaircissement semblable, et permet donc de distinguer plus aisément les variations saisonnières ou quotidiennes des changements de lumière. Ce type d'orbite « héliosynchrone » n'est pas une nouveauté. Il est utilisé pour des satellites d'observation de la Terre, comme les Landsats.



Dessin par Ken Hodge du Mars Observer qui arrivera en orbite martienne en août 1993. Parmi les instruments embarqués, signalons : 1, des magnétomètres placés au bout d'un mât pour diminuer les influences du vaisseau; 2, le réflectomètre à électrons; 3, l'antenne principale de communication; 4, le radiomètre infrarouge; 5, l'altimètre laser; 6, la caméra; 7, le spectromètre thermique; 8, le spectromètre γ ; 9 les panneaux solaires. (Jet Propulsion Laboratory)

Les instruments qui équipent le Mars Observer sont au nombre d'une demi-douzaine. Une caméra CCD sera évidemment le composant le plus spectaculaire, qui offrira des images de la planète en trois focales très différentes : un fish-eye obtiendra quotidiennement des images complètes de la planète; une deuxième position permettra une résolution de 300 mètres qui assurera plusieurs couvertures du globe au long de la mission (prévue pour une année martienne, c'est-à-dire 687 jours); enfin une troisième focale donnera

une résolution spatiale d'un ou deux mètres, mais uniquement sur une fraction très limitée du sol martien. Curieusement, cette caméra n'intéressait guère les scientifiques initialement, et ce n'est qu'à la dernière minute qu'elle fut insérée dans le projet.

D'autres instruments vont mesurer les émissions de rayons gamma par des éléments comme l'uranium et le fer, permettant ainsi d'en déterminer la concentration. La mesure du spectre infrarouge avec le TES (Thermal-Emission Spectrometer) donnera aussi des indications sur la nature des matériaux présents en surface, en particulier les glaces. Le TES sera donc d'une grande importance pour l'étude des calottes polaires. Un magnétomètre et un « réflectomètre à électrons » mesureront le champ magnétique qui jusqu'ici n'a pas encore été détecté avec certitude (les Russes ont bien annoncé l'existence d'un champ très faible, mais cela n'a pas été confirmé). Un altimètre mesurera la topographie exacte en chronométrant le temps mis par un rayon laser pour toucher le sol et revenir au satellite. Enfin un radiomètre suivra l'évolution de la température et de l'humidité dans l'atmosphère, ainsi que les mouvements des nuages de poussières.

L'analyse de la trajectoire de Mars Orbiter révélera les détails du champ gravifique de la planète rouge. L'intensité du freinage par la haute atmosphère constituera une indication précieuse sur la densité de celle-ci.

Si la sonde survit plus longtemps qu'une année martienne, elle aura l'occasion de travailler en simultané avec deux sondes russes qui devraient la rejoindre en 1995 et 1997. Ces sondes déposeront des instruments au sol — y compris des pénétrateurs — et il est prévu que Mars Orbiter serve de relais radio pour la transmission des résultats.

La fin des nuits?

La plupart de nos concitoyens, et en particulier les jeunes, ne savent plus ce qu'est un ciel étoilé; certains n'ont jamais vu d'étoiles, tant la pollution lumineuse est intense dans notre pays. Autoroutes, cités, parkings, presque partout la nuit est vaincue sous une avalanche de « lumens ». La diffusion de ces lumières dans le ciel fait qu'il est très difficile,

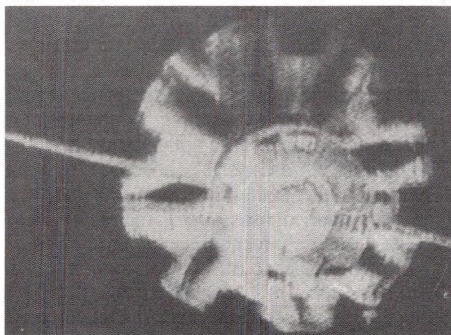
même en Ardennes, de trouver un endroit où l'on peut regarder les étoiles dans de bonnes conditions.

Mais cela risque d'empirer dans des proportions effrayantes si des projets tels Novii Zviet (« nouvelle lumière ») se concrétisent. Le concept de Novii Zviet vient d'être pour la première fois mis en pratique lors de l'expérience Znamya (« étendard »): un miroir plan ultraléger de 20 mètres de diamètre qui a été testé en orbite le 4 février par l'équipage de la station Mir. Son but est simple: renvoyer la lumière solaire vers un point de la Terre situé dans l'ombre, en d'autres termes supprimer la nuit d'une petite région du globe. Bien sûr le faisceau réfléchi par Znamya s'élargit en se dirigeant vers la Terre de sorte que son intensité en arrivant au sol est « diluée » par rapport à celle qu'aurait la lumière solaire directe.

Il est facile d'estimer l'éclairement reçu au sol. Supposons que le miroir soit extrêmement grand. On pourrait ainsi voir l'image complète du Soleil, et l'éclairement serait celui du jour. Par contre, un petit miroir de 20 mètres de diamètre, situé à 400 kilomètres, ne sous-tend qu'un angle de 10 secondes. On peut l'assimiler à une petite fenêtre ne permettant de voir qu'une minuscule partie de l'image du disque solaire. Celui-ci fait 30 minutes d'arc de diamètre, soit 1.800 secondes. En d'autres termes, il suffirait que le miroir soit 180 fois plus grand pour que l'on voie l'image entière du Soleil. Elevons cette valeur au carré, et nous trouvons que l'éclairement dû au miroir est environ 30 mille fois plus faible que celui du Soleil. Ce facteur semble très grand. Cependant, n'oublions pas que nos sens ne répondent pas de façon « linéaire », mais, au contraire, « logarithmique », aux stimuli. Cette propriété est à l'origine de l'échelle des décibels en acoustique. En astronomie, cette progressivité se traduit par l'échelle des magnitudes: un écart de 5 magnitudes signifie une différence d'éclat d'un facteur 100; une différence de 10 magnitudes correspond à un facteur $100 \times 100 = 10.000$; de la même façon, 15 magnitudes correspondent à un million ($100 \times 100 \times 100 = 1.000.000$), etc. Sur cette échelle, le facteur 30.000 équivaut à un peu plus de onze magnitudes. La magnitude du Soleil est de -26,8. Celle de notre miroir pourrait ainsi atteindre environ -16. C'est

considérable. Rappelons que la Pleine Lune (de magnitude -12,5) empêche de voir les étoiles à l'exception des plus brillantes. (Pour mémoire, Vénus atteint -4,5 et Sirius -1,5.)

L'orientation de Znamya n'était pas contrôlée pour viser un point fixe. La tache lumineuse balaya rapidement des milliers de kilomètres. N'empêche que le 4 février les villes biélorusses de Brest et Gomel ont été brièvement illuminées par un phare dépassant de loin l'éclat de la Lune.



Znamya, le premier miroir de l'espace, vu depuis la station Mir.

Ceci ne donne qu'une toute petite idée de ce qui nous attend si les promoteurs de Novii Zviet sont autorisés à poursuivre leur entreprise. Le but est de placer en orbite des centaines de réflecteurs d'un diamètre de 400 mètres chacun. On leur assignerait des cibles bien précises (par exemple des cités plongées dans la nuit arctique) qu'ils éclaireraient avec une intensité égale à 50 pleines lunes pendant 40 minutes à chaque orbite.

On n'a pas encore réellement évalué l'impact qu'aurait ce bombardement lumineux, mais le rythme circadien de la faune et de la flore en serait certainement affecté. Parmi les plus malheureux figureraient les astronomes. Ne parlons même pas des endroits directement visés par les phares de l'espace. Les cônes de lumières jaillissant du ciel perturberaient toute observation à des centaines de kilomètres autour des cibles. En outre le ciel serait parcouru en permanence par la flottille des centaines de satellites géants qui — même sans diriger leurs faisceaux vers l'observateur — apparaîtraient comme autant d'étoiles cent fois plus brillantes que Vénus. Toute forme d'astrophotographie serait naturellement compromise. La Voie Lactée serait invisible, même des meilleurs sites actuels d'observatoire. C'en serait bien fini de la voûte étoilée du ciel.