

L'astronomie dans le monde

Comètes ou planètes lointaines

En juin 1993 (*Le Ciel*, vol. 55, page 178) nous annonçons la découverte du second astéroïde trans-plutonien — ou tout au moins trans-neptunien, 1993 FW, par l'observatoire d'Hawaii. Tout comme son compère 1992 QB₁, ce petit astre (≈ 200 km de diamètre) orbite à la distance très respectable d'environ 50 unités astronomiques du Soleil, soit sept milliards et demi de kilomètres.

Faut-il parler de petites planètes, d'astéroïdes ou de comètes ? On ne le sait pas encore. Bien sûr, 200 kilomètres pour un noyau cométaire, c'est énorme. La comète de Halley que l'on a pu mesurer de près grâce à la sonde Giotto, et qui passe pour une grosse comète, ne fait qu'une quinzaine de kilomètres. Mais l'on en connaît d'autres, qui sont restées dans l'anonymat — si l'on peut dire étant donné qu'elles reçoivent toutes un ou plusieurs noms — mais qui ont certainement des dimensions plus imposantes. Tout simplement, étant restées loin du Soleil, elles n'ont jamais offert un spectacle bien remarquable, et elles n'ont été enregistrées que comme de simples taches sur quelques plaques de télescopes Schmidt. On a ainsi observé de grosses comètes qui ne se sont guère approchées plus près du Soleil que Jupiter et Saturne. Souvenons-nous des difficultés que l'on a pour observer la comète de Halley à de telles distances. Bien sûr on connaît sa position et son mouvement et dès lors on peut obliger de gros télescopes à la suivre, et c'est ainsi que l'on réussit à l'observer. Par contre, les comètes dont nous parlons sont intrinsèquement bien plus brillantes puisqu'elles sont découvertes tout à fait par hasard, avec des télescopes de Schmidt classiques.

Nous avons donc ici un argument observationnel en faveur de l'existence de grosses comètes, de cent kilomètres de diamètre, et plus.

Un autre argument favorisant l'hypothèse cométaire est le fruit d'une théorie élaborée voici 40 ans par le grand astronome Gerard Kuiper. Celui-ci avait constaté que le disque

de matière à l'origine du système solaire devait s'étendre bien au-delà de l'orbite des planètes connues. Le reliquat doit exister encore sous une forme ou l'autre. Pourquoi pas sous la forme de comètes ? Les conditions physico-chimiques régnant dans ces zones glacées, riches en éléments volatils que le Soleil n'a pas réussi à souffler, semblent bien propices à la formation de ces « boules de neige » (sales...) que sont les comètes.

1993FW et 1992QB₁ — ou Karla et Smiley, comme les ont appelés leurs découvreurs, David Jewitt et Jane Luu — sont-ils les premiers éléments observés de la ceinture de Kuiper. C'est très probable. En tout cas la chasse aux comètes (?) lointaines est ouverte, et les résultats ne se font pas attendre. David Jewitt et Jane Luu ont détecté deux nouveaux membres de la famille en l'espace de 3 nuits, en septembre dernier : 1993 RO et 1993 RP sont venus doubler la population. Mais ce n'était pas tout. Quelques jours plus tard des astronomes anglais, travaillant au télescope de 2m50 des Canaries découvraient eux aussi deux nouveaux astres de mêmes caractéristiques. Les quatre nouveaux venus sont situés un peu plus près du Soleil que Karla et Smiley. Leur distance est de l'ordre de 33 à 35 unités astronomiques. Cela les rapproche de l'orbite de Neptune (30 ua). En fait, vu du Soleil, 1993 RO forme avec la planète géante un angle proche de 60°, ce qui pourrait en faire l'équivalent pour Neptune des astéroïdes « troyens » de Jupiter. Rappelons ici qu'il existe, à 60° devant et derrière une planète ou un satellite, et sur la même orbite que celle-ci ou celui-ci, deux points stables (deux des *points de Lagrange*) où peuvent subsister et s'accumuler de petits corps (astéroïdes, satellites, cailloux). Ces zones privilégiées des orbites sont effectivement occupées dans le cas de Jupiter par les astéroïdes troyens. En raison des perturbations des autres planètes, ces astéroïdes oscillent en réalité autour de ces points et tantôt s'écartent puis se rapprochent de Jupiter.

La ceinture de Kuiper commence donc exac-

tement là où finit le système planétaire — et même avant si l'on place Pluton parmi les planètes conventionnelles.

Quel est le rôle de cette ceinture de comètes ? On parle souvent du nuage de Oort comme étant le grand réservoir d'où proviennent ces visiteuses occasionnelles de notre ciel. La conception actuelle des astronomes est que le nuage de Oort n'est pas la seule source de nouvelles comètes. Il fournirait principalement les comètes de longue période : celles que l'orbite oblige à retourner très loin au-delà des planètes après leur brève incursion auprès de la fournaise solaire. Les orbites de ces comètes sont distribuées au hasard dans l'espace. Elles peuvent être aussi bien directes que rétrogrades, situées près du plan de l'écliptique que perpendiculaires à celui-ci. Cette *isotropie* de distribution reflète l'isotropie du nuage de Oort.

Il en va tout autrement de la ceinture de Kuiper. Cette ceinture qui est en quelque sorte un prolongement du système planétaire est confinée près de l'écliptique, et a un sens de rotation privilégié, le sens direct des planètes. On conçoit donc que les comètes qui en proviennent soient de préférence proches de l'écliptique, et tournent dans le sens direct, comme on l'observe effectivement. Venant de moins loin, leurs orbites sont moins allongées et ont de plus courtes périodes que celles provenant du nuage de Oort.

Ajoutons à cela un troisième réservoir cométaire, situé encore plus loin que les deux premiers : l'espace interstellaire. A la façon des électrons de la bande de conduction que les atomes d'un métal se partagent, les comètes interstellaires ne sont liées à aucune étoile en particulier, bien qu'elles soient probablement nées en même temps que l'une ou l'autre d'entre elles. Leur mouvement initial était tel qu'elles se sont immédiatement soustraites à l'emprise de cette étoile. Ou bien, elles s'en sont échappées à l'occasion d'une perturbation gravitationnelle due au passage d'une autre étoile ou d'un nuage moléculaire massif. Ces comètes sont potentiellement très nombreuses, beaucoup plus nombreuses que celles du nuage de Oort. Mais l'espace est si vaste que nos chances d'en voir une traverser

notre système solaire sont très minces. Leur mouvement très rapide leur donnerait une signature aisément reconnaissable par les astronomes. En effet, elles ont des vitesses individuelles de l'ordre de grandeur des vitesses relatives entre les étoiles, c'est-à-dire quelques dizaines de kilomètres par seconde, alors que les objets de Kuiper ou Oort, liés au Soleil, ont essentiellement une vitesse originelle nulle. Lors d'un plongeon vers l'astre du jour, l'impulsion initiale des comètes interstellaires leur conférerait une trajectoire beaucoup plus tendue, très *hyperbolique* (contrairement aux trajectoires elliptiques ou quasi-paraboliques des autres comètes). Comme cette énergie additionnelle les rend relativement insensibles à l'attraction solaire, ces comètes passeraient statistiquement très loin de lui. Seul le hasard pourrait en faire passer une en-deçà de l'orbite de Vénus ou Mercure, par exemple. Les derniers calculs sur la fréquence probable des visiteuses interstellaires font état d'une comète tous les deux siècles environ. Le fait que l'on n'en ait pas découvertes depuis Messier et les autres pionniers de la chasse aux astres chevelus n'est donc pas du tout inexplicable.

* * *

Le Grand Plouf !

Cela ne fait plus maintenant le moindre doute : la vingtaine, et plus, de fragments provenant de la disruption du noyau de la comète périodique Shoemaker-Levy 9 lors de son passage du 8 juillet 1992 près de Jupiter repasseront à environ 30.000 kilomètres du centre de la planète géante en juillet 1994. Considérant que le rayon de Jupiter est bien plus grand, de l'ordre de 70.000 kilomètres, la conclusion est simple : la comète cessera d'être périodique, elle cessera même d'exister en se vaporisant dans les couches denses de l'atmosphère jovienne.

Les derniers raffinements de l'orbite — ou plutôt des orbites — des différents fragments donnent les instants de collision repris à la table ci-dessous (selon le télégramme astronomique 5893 du 22 novembre) pour les plus importants des 22 (ou plus) noyaux.

Table 1
Impacts principaux

Noyau	Date et heure TU
17	18 juillet 17h
15	19 juillet 2h
14	19 juillet 14h
12	20 juillet 5h
11	20 juillet 22h
7	21 juillet 14h
6	22 juillet 2h
5	22 juillet 17h
1	23 juillet 5h

On le voit, il ne s'agit pas de simple spéculation, mais pour la première fois dans l'histoire de l'astronomie, on a pu prédire le choc de mondes.[†] Bien petit(s) monde(s) dans le cas de Shoemaker-Levy, mais si un tel événement affectait la Terre, il pourrait avoir des conséquences dramatiques. L'importance exacte de celles-ci n'est pas connue dans la mesure où la masse de la comète est très incertaine.

S'agit-il d'un événement exceptionnel, et cela pourrait-il arriver sur Terre? C'est une question dont il est bien sûr normal de se préoccuper. D'autant que les discussions sur les *Earth Grazing Asteroids* (astéroïdes frôlant notre planète) et sur la catastrophe KT (qui a mis fin au règne des dinosaures) ont fait mûrir à point le sujet, et que les hypothèses les plus diverses ont couru. Passons en revue les données dont nous disposons.

Tout d'abord la comète Shoemaker-Levy 9 est très faible. C'est l'utilisation de film Kodak TP 4415 (une des variétés du célèbre TP 2415 des amateurs), et celle d'un très bon Schmidt (le 46 cm du Mont Palomar), par des observateurs hautement expérimentés accumulant les poses à un rythme infernal, qui en ont permis la découverte. Il y a quelques décennies, un tel travail aurait exigé beaucoup plus de temps, et il est très probable que l'on aurait raté cette comète. Rien n'indique

donc, du point de vue de l'observation que ce type de fragmentation soit très rare. Il aurait très bien pu s'en produire plusieurs par siècle (mais certainement pas plus) sans que l'on en ait jamais rien su. D'autre part des estimations théoriques fixent le nombre de fragmentations joviennes pour des comètes de 10 kilomètres de diamètre à une par millénaire, ce qui est bien peu (il pourrait sans doute y en avoir plus pour des comètes plus petites). Et toutes ces fragmentations ne sont pas suivies de collision avec Jupiter.

Si l'on accepte cette faible fréquence, alors oui, nous vivons un moment tout à fait exceptionnel. La chance est avec nous pour nous permettre de le vivre. Mais ce n'est pas impossible : nous avons bien eu récemment l'exemple de la supernova du Grand Nuage de Magellan pour nous montrer que le hasard fait parfois bien les choses.

L'orbite de Shoemaker-Levy 9 indique qu'elle est en fait totalement capturée par Jupiter. Bien sûr elle tourne autour du Soleil, mais à la manière dont la Lune tourne aussi autour du Soleil si l'on fait abstraction de notre planète. Si l'on prend comme système de référence la planète Jupiter, l'orbite de Shoemaker-Levy apparaît comme une ellipse allongée, dont l'un des foyers est la planète géante. Shoemaker-Levy 9 n'est qu'un satellite de cette dernière, une comète capturée par la forte gravité jovienne. L'orbite extrêmement allongée (*apojove* actuel de 50 millions de kilomètres environ, et excentricité de 0,99) amène parfois la comète très près de Jupiter. Le dernier de ces passages, en juillet 1992, eut lieu à 43.000 kilomètres de la couche nuageuse de la planète. La collision fut évitée, mais c'est alors que se produisit la dislocation du malheureux astre. Il existe en effet autour d'une planète une zone relativement étendue (dite de *Roche*) au sein de laquelle un autre astre de taille un peu importante ne peut résister aux effets de marée de la puissante voisine. C'est ainsi qu'il n'existe aucun gros satellite très proche de Saturne ou Jupiter.

[†] Rappelons que l'on a assisté à la chute de comètes dans le Soleil ou tout au moins à leur vaporisation dans les couches basses de son atmosphère ; mais ces observations, faites par satellite, n'étaient rapportées qu'après coup, pour des comètes qui n'avaient pas été observées du sol. De même, certaines comètes qui ne sont pas réapparues après leur passage périhélique ont sans doute été volatilisées ; mais on ne peut pas comparer ces avatars icariens avec le cas qui nous occupe ici.

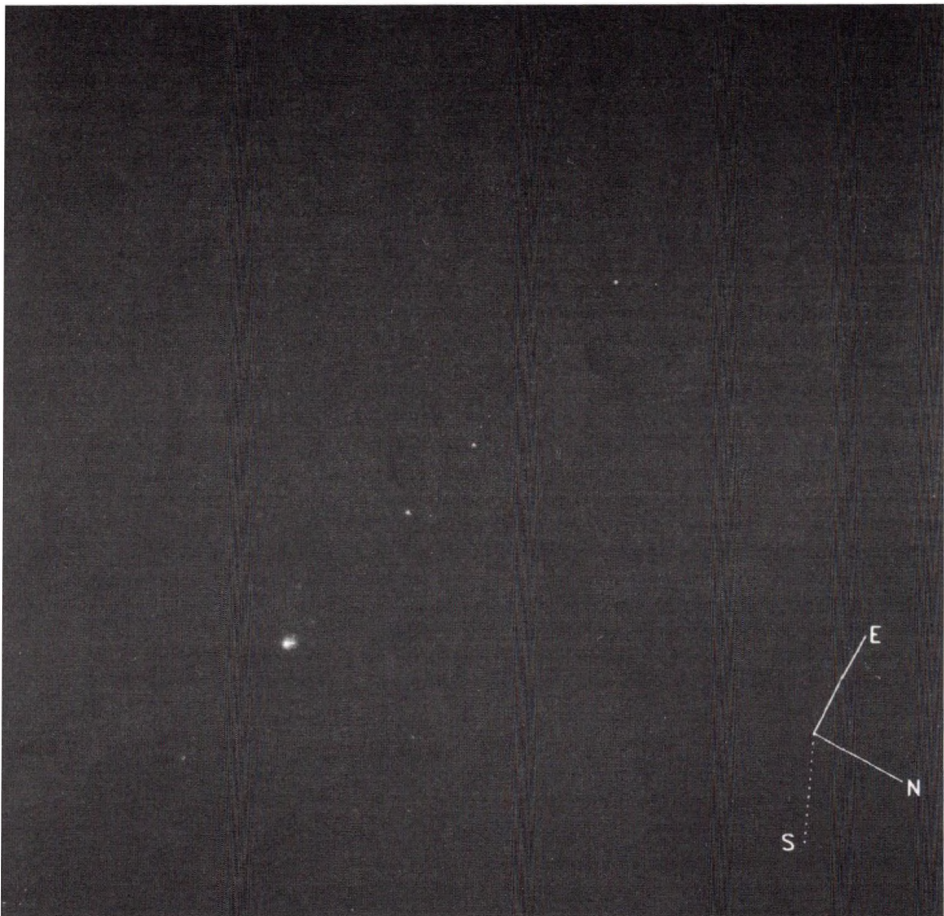
Les anneaux de Saturne sont une preuve a posteriori du danger qu'encourent les satellites assez téméraires pour s'approcher d'un peu trop près et braver la limite de Roche. La faible cohésion interne des comètes en fait des victimes toutes désignées des forces de marée et elles ne peuvent résister à une incursion dans la zone de Roche.

Brisée en petits morceaux, Shoemaker-Levy n'en continua pas moins sa course, chaque noyau étant devenu indépendant, mais suivant

une trajectoire à peine différente de celle du voisin. Ces trajectoires placent les noyaux en un alignement assez remarquable avec des distances relatives qui, après un an et demi, se comptent en centaines de milliers et même en millions de kilomètres. C'est cette belle chaîne cométaire qui a été aperçue (à leur totale stupéfaction) par Carolyn et Eugene Shoemaker, David Levy et Philippe Bendjoya en mars 1993.



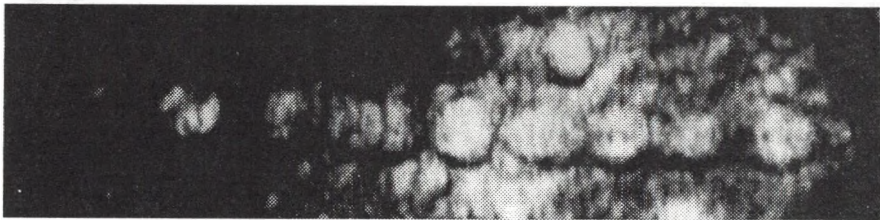
A gauche une vue «terrestre» de l'alignement de noyaux résultant du bris de la comète Shoemaker-Levy 9. Cette photo provient de la Spacewatch Camera de l'Université de l'Arizona et a été obtenue le 30 mars 1993. Les deux autres images sont deux agrandissements différents d'un cliché pris par le Hubble Space Telescope le premier juillet. On peut voir que le plus brillant des noyaux n'est en fait lui-même qu'un amas de plusieurs fragments plus petits. De telles images, et surtout celles qui seront obtenues après la réparation du satellite, permettront d'avoir une meilleure idée de la tailles des noyaux, et donc de l'énergie cinétique qui sera libérée lors de la collision avec Jupiter. (Crédit NASA/ESA et University of Arizona)



La chaîne de «perles» de la comète Shoemaker-Levy 9 vue par la Wide Field and Planetary camera (WFPC) du Hubble Space Telescope le premier juillet 1993. (Crédit NASA)

Pourquoi n'avait-on pas vu cette comète avant sa désintégration ? Il se fait que l'on possède parmi les archives des divers observatoires des plaques photographiques et des images CCD de champs du ciel où devait se trouver Shoemaker-Levy 9 avant sa première aventure jovienne. Ces clichés auraient dû révéler Shoemaker-Levy si sa magnitude avait atteint au moins la valeur 20. Ce n'est pas le cas. L'astre était donc extrêmement faible et faisait preuve d'une activité pour le moins modeste. Cette constatation permet de donner une limite supérieure de 10 kilomètres au noyau initial et, par la même occasion, de conclure qu'aucun des noyaux issus de la dislocation, ne doit mesurer plus de 4 ou 5 kilomètres. Ceci est d'ailleurs en accord avec des images prises par le satellite HST (Hubble Space Telescope). Les débris font montre d'une plus grande activité que la comète mère en raison de l'exposition de couches profondes, riches en éléments volatils, qui ne demandent qu'à s'échapper, entraînant des poussières et formant ainsi queues et chevelures autour de chaque fragment. C'est donc un feu d'artifice final que nous donne Shoemaker-Levy, dès avant sa disparition dans les couches atmosphériques de Jupiter.

On n'avait jamais encore observé pareille chaîne cométaire, mais il existait cependant des indications très tangibles de leur existence, outre leur prévision par les théoriciens. L'observation de Shoemaker-Levy, pour exceptionnelle qu'elle soit n'a donc pas pris les astronomes au dépourvu et ne leur pose pas de problèmes fondamentaux. Les sondes Voyager avaient, il y a longtemps déjà, observé des alignements singuliers de cratères (des *catenas*) à la surface de satellites de Jupiter (18 sur Callisto et 4 sur la surface plus jeune de Ganymède pour être précis). Les *catenas* peuvent avoir jusqu'à 700 kilomètres d'extension et consistent en 6 à 30 cratères dont le diamètre peut atteindre 30 kilomètres. Le hasard ne pouvant expliquer cela, il fallait supposer qu'une ligne de météorites, ou de comètes, s'étaient abattues à la queue-leu-leu. Cette théorie connaît évidemment un regain d'intérêt et de crédibilité avec l'observation de Shoemaker-Levy 9. Remarquons que la Lune présente quelques alignements de cratères, mais toujours en relation avec un impact majeur ; l'on peut donc conclure qu'il s'agit dans le cas de notre satellite de retombées de l'impact principal.



Cette série de cratères d'impact est l'une de celles trouvées sur la lune de Jupiter Callisto. On l'appelle *Gipul Catena*. Les impacts ont très certainement eu lieu en succession rapprochée, et sont le fait d'un train de comètes (ou d'astéroïdes) du même genre que Shoemaker-Levy 9.

Remarquons que pour obtenir des chaînes de cratères aussi courtes, il faut que les fragments de l'astre impacteur soient très rapprochés les uns des autres. Beaucoup plus que ne le sont actuellement les noyaux de Shoemaker-Levy 9. Des noyaux plus écartés ne donneraient pas d'alignement net et, d'ailleurs, seul l'un ou l'autre d'entre eux heurterait le satellite. Ce sont donc probablement des cratères résultant d'une collision avec les fragments d'un corps qui venait juste de faire connaissance avec la zone interdite, la limite de Roche de Jupiter. Sans en connaître la fréquence exacte, nous savons donc que ces événements ont souvent eu lieu dans le système solaire, mais une chose doit nous rassurer : il semble bien qu'ils affectent uniquement la planète Jupiter, celle dont la masse importante permet la capture des plus nombreuses comètes, et dont la grande zone de Roche assure la meilleure efficacité comme « casseuse » de comètes.

Que pourra-t-on observer ?

Malheureusement les conditions sont très défavorables puisque tous les fragments de la comète entreront dans l'atmosphère jovienne du côté opposé au Soleil, vers 45 degrés de latitude sud, et à 35 degrés du méridien de minuit. Après chaque impact, il faudra attendre une heure et demie avant que la rotation, pourtant rapide, de Jupiter amène la région concernée à portée de nos télescopes. Restera-t-il quelque chose à voir ? C'est bien là la question.

D'une part, la masse des noyaux est inconnue. Les plus gros pourraient avoir entre 1 et 5 kilomètres de diamètre. Ce facteur 5 d'incertitude sur la taille se traduit par un facteur $5^3 = 625$ sur la masse, et autant sur l'énergie qui sera libérée lors de l'impact. Cette énergie est tout simplement l'énergie cinétique qui est proportionnelle à la masse (et au carré de la vitesse).

Dans le cas d'un petit noyau on aurait une libération de 250 mille mégatonnes[†] (ou 10^{21} Joules pour ceux que les exposants aussi grands n'effraient pas). Le gros noyau donnerait 150 millions de mégatonnes. Cela ne pas-

serait sans doute pas inaperçu. On a pensé que la luminosité de l'impact pourrait être telle que l'on en verrait le reflet sur les satellites bien exposés de Jupiter, particulièrement ceux qui auraient la bonne grâce d'être en éclipse à ce moment sans être occultés par le disque de la planète évidemment. C'est peut-être cet aspect qui aurait le plus de chance d'être vu par les amateurs. La consultation des éphémérides de Jupiter montre qu'aucun satellite ne sera en éclipse lors des impacts mais, selon les estimations les plus optimistes, le sursaut d'éclat d'un satellite proche de la planète et bien placé au moment de l'impact pourrait atteindre plusieurs magnitudes et être parfaitement visible, peut-être même à l'œil nu. Remarquons ici que la planète ne sera visible qu'en soirée et que la plupart des impacts repris dans la Table ci-dessus auront lieu à des moments peu favorables.

La plus grande incertitude règne en ce qui concerne l'importance du phénomène. Selon les uns l'énergie sera libérée près de la surface, donnant un flash important. Selon d'autres, elle le sera en profondeur, et l'on ne verra pas grand chose !

En étant optimiste, on s'attend à voir des ondes se propager autour du point d'impact, un peu comme les ronds que les enfants font dans l'eau en y jetant des cailloux. Belle occasion pour les astronomes de se rajeunir. Ces ondes permettront de mieux connaître la structure de l'atmosphère jovienne car leur comportement en dépendra fortement.

On s'attend aussi à ce que l'échauffement du point d'impact reste visible en ondes infrarouges et millimétriques. Les observations dans ces domaines sont parmi les plus prometteuses.

Enfin, d'aucuns suggèrent que le passage des comètes au travers du champ magnétique et des ceintures de plasma de Jupiter induirait de fortes perturbations qui seraient décelables en ondes radio.

C'est en tout cas le branle-bas de combat chez les astronomes ; tous les observatoires consacreront une semaine de juillet à l'observation de ce curieux phénomène.

[†] La « mégatonne » équivaut à l'énergie dégagée par l'explosion d'un million de tonnes de TNT.

Il existe aussi d'autres espoirs non négligeables d'observations intéressantes, ce sont celles que pourront mener les sondes spatiales Voyager et Galileo.

Ces deux vaisseaux spatiaux semblent décidément marqués par le destin. Galileo joue de malchance. Son antenne n'est toujours pas déployée et, de plus, son angle de vue de Jupiter sera mauvais. Les impacts auront lieu juste en-dessous de son horizon ! Naturellement, s'il y a éjection de matière à haute altitude, Galileo pourra voir le sommet de ses « protubérances ». Il stockera le tout sur bande magnétique et nous enverra ensuite les résultats au compte-goutte.

Par contre le vieux Voyager 2 n'en finit pas de nous surprendre. Comme par hasard, il est bien placé — bien que loin, très loin de Jupiter. Si l'on peut réactiver son système d'imagerie, et faire des poses « traînées » sur Jupiter, les flashes de la planète devraient être bien visibles et mesurables. Les ingénieurs de la NASA (sont-ce toujours les mêmes ?) qui s'occupaient de Voyager nous ont habitué à de telles prouesses que l'on en arriverait à ne pas comprendre un échec de cette expérience. Enfin, last but not least, si le Hubble Space Telescope est fidèle à ses promesses, son optique toute neuve devrait lui donner la meilleure des vues sur les perturbations de l'atmosphère, avec une résolution de 230 kilomètres. Comme les télescopes terrestres, naturellement, il devra attendre que la rotation de Jupiter amène le site d'impact en bonne position.

* * *

Les MACHOS

On n'a pas appris grand chose de neuf sur ce sujet dont nous parlions dans *Le Ciel* de novembre 1993 (page 256). Trois groupes sont occupés à rechercher ces objets que seule leur masse peut révéler. Le groupe européen EROS (Expérience de Recherche d'Objets Sombres) travaille sur le Grand Nuage de Magellan depuis 1990, en utilisant une caméra munie de 16 petits CCD, ainsi qu'un Schmidt de grande taille, les deux instruments étant à l'Observatoire Européen Austral, au Chili.

Un autre groupe, américano-australien (MA-

CHO Project), utilise depuis 1992 un CCD de grandes dimensions au foyer d'un télescope de 1m30, au Monty Stromlo en Australie. La cible est également le Grand Nuage de Magellan, mais une superficie beaucoup plus grande en est couverte que par le groupe EROS.

La troisième équipe (OGLE, Optical Gravitational Lensing Experiment) est américano-polonaise, et travaille depuis 1992. Elle s'attaque à une cible plus proche, le centre de notre Galaxie, depuis l'Observatoire de Las Campanas au Chili, avec un télescope de 1m. Un nouvel équipement sera installé cette année. Le centre galactique a ceci de particulier que la ligne visée peut rencontrer énormément d'étoiles du disque de la Galaxie. Ces étoiles doivent parfois jouer le rôle de micro-lentilles gravitationnelles, tout comme les MACHOS recherchés. Cela servirait de test pour la bonne marche de l'expérience.

Qu'en est-il des résultats ? Les trois groupes ont trouvé en tout quatre événements répondant aux critères « macho », c'est-à-dire que quatre étoiles ont montré une variation que l'on peut attribuer à l'effet de micro-lentille gravitationnelle d'un objet plus proche et invisible.

Ces critères sont :

- La luminosité de l'étoile doit augmenter puis diminuer de façon symétrique ;
- l'amplitude doit être assez importante, au moins de l'ordre d'une magnitude ;
- le profil des variations est identique dans toutes les longueurs d'onde ;
- la durée du phénomène est comprise dans une fourchette allant de quelques jours à quelques mois (elle est plus courte pour le centre galactique que pour le Nuage de Magellan) ; grosso modo, un MACHO d'une masse solaire provoque un phénomène de deux mois, alors qu'un MACHO cent fois plus léger ne se manifeste que pendant une semaine ;
- l'accroissement temporaire de luminosité ne se répète pas.

Ces critères font toute la différence avec les étoiles variables connues, qui montrent presque toujours un effet de couleur, et dont les variations se reproduisent, même si ce n'est pas de façon nécessairement régu-

lière. Des événements non répétitifs ou rares comme supernovae et novae ont des caractéristiques bien particulières qui les rendent bien reconnaissables.

Curieusement, après tant de mois de travail, c'est en moins de deux semaines que les trois groupes ont annoncé leurs découvertes. Dans tous les cas il s'agirait d'objets dont la masse se situe entre un dixième et un tiers de la celle du Soleil, ce qui pourrait en faire des étoiles tout à fait normales, simplement trop lointaines pour être bien visibles. Le nombre est trop faible pour pouvoir en déduire des statistiques valables.

Tout ce que l'on peut en conclure actuellement c'est que le phénomène de micro-lentille gravitationnelle a bien lieu, mais cela qui pouvait en douter ? Quant à la la réalité et à la nature de la matière cachée, il faudra encore observer pendant de très nombreuses nuits avant de tirer des conclusions définitives.

* * *

Hubble est réparé

Les astronomes ont retenu leur souffle pendant la périlleuse mission de la navette qui, si elle avait échoué, risquait d'avoir de néfastes répercussions sur l'avenir de la recherche

spatiale et de l'astronomie. Heureusement tout semble s'être déroulé selon le scénario le plus optimiste, et l'on a toute raison de penser que l'optique défectueuse est maintenant corrigée, de même que les nombreux autres systèmes défectueux.

En raison de la lourdeur de la conception de l'engin, il faudra encore plusieurs semaines avant d'en vérifier le bon fonctionnement et de recommencer les observations scientifiques. Espérons que celles-ci récompenseront les efforts des techniciens, et que les astronomes pourront enfin bénéficier totalement des performances nominales de ce télescope initialement prévu pour les années 70.

Alors que les astronomes voient dans ce succès un grand événement scientifique, la NASA est surtout satisfaite de voir son blason redoré, et d'avoir démontré qu'il est possible de travailler sérieusement dans l'espace. Ce dernier point est essentiel pour la mise en route du méga-projet de NASA, la Space Station — projet colossal qui n'en finit pas d'être remis en question (son utilité reste toujours contestée) et qui, dans sa dernière mouture, ferait massivement appel à la collaboration des Russes, reconnaissant ainsi l'avance importante que ces derniers ont acquise en ce domaine.

* * *