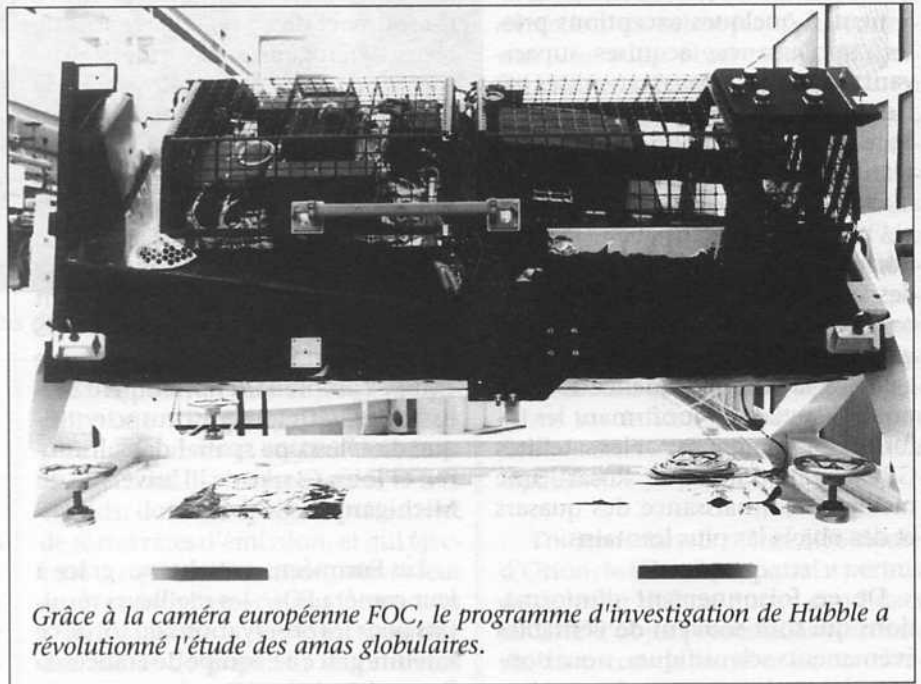


Hubble : un myope qui voit loin !

Après un peu plus de trois ans de fonctionnement en orbite, et en dépit de son défaut de courbure du miroir primaire, le télescope spatial Hubble présente un bilan scientifique plus que conséquent.



Grâce à la caméra européenne FOC, le programme d'investigation de Hubble a révolutionné l'étude des amas globulaires.

Il convient de noter que l'aberration sphérique qui affecte ce miroir entraîne des conséquences différentes selon les instruments additifs et les disciplines d'études impliquées par le télescope spatial. Ainsi, jusqu'à présent, et si l'on juge les résultats au nombre de publications, il semble que la caméra américaine WFPC (caméra mixte planétaire grand champ) soit un peu moins affectée que la caméra européenne FOC (Faint Object Camera ou caméra à objets faibles). Toutefois, après la mission de décembre prochain, il est possible que les résultats de la caméra européenne FOC soient plus performants que ceux de la WFPC et devienne ainsi le pourvoyeur numéro 1 d'objets étonnants et inattendus pour l'ensemble de la mission. Il ne faut pas oublier, en effet, que si sa résolution angulaire n'est que partiellement affectée par les erreurs commises au sol chez le constructeur Perkin-Elmer, par contre la sensibilité du miroir primaire, estimée seulement à 17%

Dominique Plantard

des spécifications initiales, entraîne des conséquences sur les capacités de cette caméra à détecter des objets à luminosité très faible, ou très lointains.

Les objectifs d'observation du télescope spatial ont quasiment été définis dès 1946, par le pionnier Lyman Spitzer, même si l'idée d'un « grand télescope spatial » naquit pour la première fois dans l'esprit d'Hermann Oberth. Lyman Spitzer avait identifié quatre objectifs principaux pour un tel instrument :

- étude de l'étendue et du volume de l'Univers visible par rapport à un grand télescope terrestre (dans le cas de Hubble, ce volume est multiplié d'un facteur d'environ 7) ;
- étude de la structure des galaxies ;
- étude de la structure des amas

- globulaires ;
- étude de la nature des autres planètes.

Dans les années 90, étant donné les progrès technologiques effectués par l'astrophysique et les résultats obtenus, ces questions se posent différemment et d'une façon plus complexe ou plus large au niveau des concepts. Cependant, l'approche suivie par Spitzer reste en gros toujours valable et seul l'ordre des priorités des observations à court terme a été modifié à cause des problèmes techniques dont nous avons parlé dans l'article précédent. Les « grands » programmes et les programmes « non prioritaires » ont été les plus touchés par ces adaptations, contrairement aux programmes d'étude planétaire et cométaire du système solaire. Comme le souligne Piero Benvenuti, un des responsables du programme Hubble à l'ESA : « *Hubble a 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 ».

A part la cosmologie, dont le programme Hubble ne redémarrera pas avant la fin de l'hiver 1994, chaque discipline impliquée par l'ambitieux programme américain a reçu inégalement son lot d'images et d'informations. Sans bouleverser fondamentalement, à quelques exceptions près, les connaissances acquises auparavant, les informations transmises par Hubble ont permis d'avancer dans beaucoup de disciplines comme la planétologie, la mise en évidence de la formation d'étoiles au sein de nuages moléculaires dans et *en dehors* de notre Galaxie, l'étude des « résidus » des supernovae, celle des amas globulaires galactiques et *extra-galactiques*, la résolution de la structure des galaxies, la mise en évidence de trous noirs galactiques (confirmant les informations obtenues par les satellites GRO, Granat/Sigma et Rosat), une meilleure connaissance des quasars et des objets les plus lointains.

De ce foisonnement d'informations qui sont souvent de véritables événements scientifiques, nous donnons ici quelques exemples particulièrement significatifs.

La planétologie

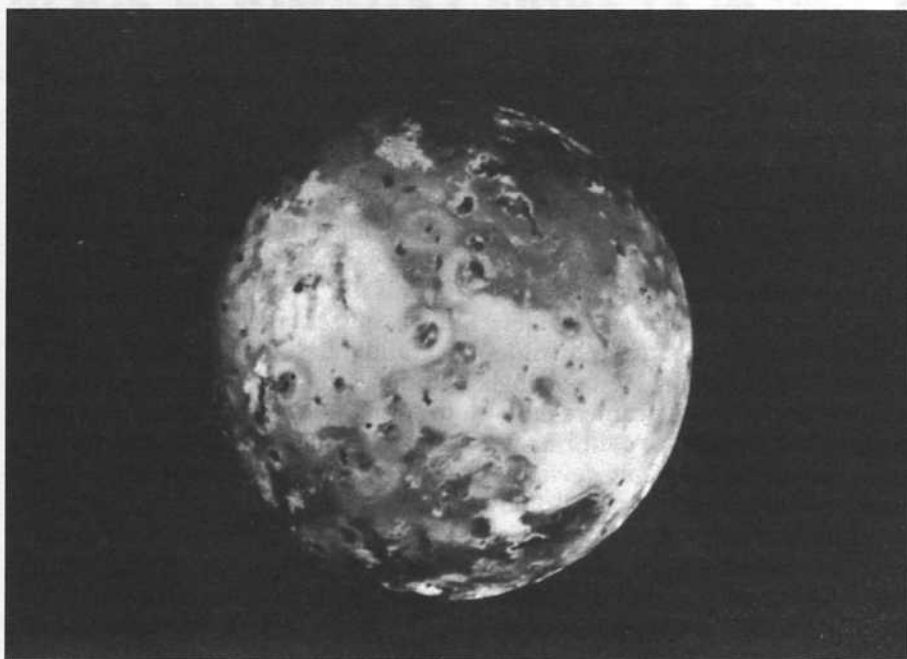
Comme le dit Piero Benvenuti : « Le télescope spatial peut suivre la progression des phénomènes variables dans le temps et instaurer une surveillance quasi-météorologique du système solaire ». Cette surveillance s'est notamment étendue aux grandes tempêtes de sable martiennes (dont la vitesse dépasse parfois les 200 km/h), et à l'évolution de la Grande tache rouge de l'atmosphère de Jupiter. La caméra FOC a pu donner des clichés inégalés des aurores de Jupiter, créées par l'interaction du puissant champ magnétique de la planète avec sa haute atmosphère. En 1990, la caméra WFPC donnait des images d'une violente tempête dans l'atmosphère de Saturne.

Mais, le résultat le plus impressionnant vient de l'étude des effets des interactions entre la forte gravité de Jupiter et le volcanisme spécifique de son satellite Io. Un travail exceptionnel a été réalisé par plusieurs équipes américaines et européennes et a confirmé que Io — comme le laissaient penser les survols de Voyager 1 de 1979, et Ulysse de 1992 — possède une atmosphère ténue où l'on trouve du soufre et de l'oxygène répartis de façon hétérogène, sous forme de plasma affecté par la magnétosphère de Jupiter. Ces gaz, majoritairement ionisés, sont dus essentiellement au volcanisme impressionnant de Io, induit par la gravité de Jupiter, assez forte pour créer des fractures dans l'écorce de son satellite. Dans le cadre du programme Hubble, ces gaz ont été observés avec l'instrument FOS (Faint Object Spectrograph), par une équipe comprenant notamment Melissa Mc Grath (de l'Institut scientifique du télescope spatial de Baltimore), et John Clarke de l'Université du Michigan.

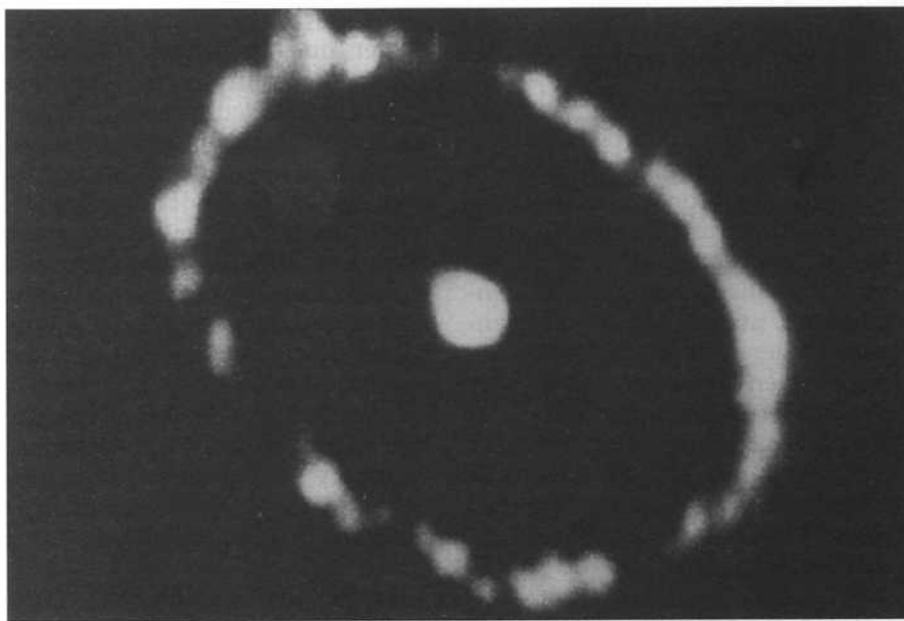
Les Européens ont obtenu, grâce à leur caméra FOC, les meilleurs résultats pour les observations du sol de ce satellite grâce à l'équipe de Francesco Paresi (astrophysicien faisant partie de la quinzaine de scientifiques déta-

chés par l'ESA auprès de l'Institut scientifique du télescope spatial), et Paola Sartoretti de l'Université de Padoue. Ces travaux ont montré que Io possède une surface majoritairement recouverte de givre de dioxyde de soufre, ce qui a pour conséquence que l'observation de Io, à la fois en lumière visible et en lumière ultraviolet, se révèle apparemment contradictoire. Alors que certaines régions apparaissent extrêmement brillantes en lumière visible, elles apparaissent au contraire très sombres en UV, plage de longueurs d'onde facilement absorbée par le dioxyde de soufre.

Curieusement la comparaison des images prises en 1979 par Voyager 1 et de celles prises en visible par la FOC montre que, malgré une certaine forme de géologie active permanente, il n'y a rien eu de fondamentalement changé sur une période de 12 à 13 ans, excepté pour deux petites régions accidentées. L'hypothèse émise par les scientifiques de l'ESA est qu'il existerait sur Io un « mécanisme de compensation inconnu » tendant à disperser les débris issus de son volcanisme si particulier, ce qui explique que l'ESA et la Nasa aient décidé pour les années à venir de mettre Io sous surveillance.



Le satellite de Jupiter, Io, dont les activités volcaniques ont pu être étudiées grâce à la caméra WFPC.



Anneau de poussières et de gaz, résidus de l'explosion de la supernova 1987-A

L'étude des supernovæ

Les supernovæ sont des processus cataclysmiques éruptifs correspondant à la phase finale de la vie d'une étoile relativement massive. Pour l'instant, le télescope spatial a surtout permis d'utiliser la caméra FOC pour observer la « Dentelle du Cygne » (résidu d'une explosion qui s'est produite il y a environ 15.000 ans), et permettre aux astrophysiciens européens Macchetto, Panagia et Jakobsen d'essayer de comprendre ce qui s'est exactement passé il y a environ 175.000 ans avec l'explosion de la fameuse supernova 1987-A. Celle-ci nous est apparue précisément en 1987 et son étoile génitrice est située à 169.000 années-lumière dans le Grand Nuage de Magellan, une petite galaxie satellite de la nôtre et visible seulement dans l'hémisphère Sud.

La caméra FOC a montré que 1987-A était entourée d'une « coquille » de matériel stellaire qui semble avoir été éjecté bien avant l'explosion détectée il y a six ans. Cette coquille, dont l'existence avait été déjà pressentie grâce aux travaux du satellite IUE, présente quelques analogies avec la source Cassiopée-A (détectée en imagerie X mais pas en visible), et tend à faire penser que l'étoile génitrice de

1987-A pourrait être ce que l'on appelle une « étoile de Wolf-Rayet » (WR). Découvertes en 1867, ces étoiles WR sont des astres massifs et très chauds, dont les spectres présentent de fortes raies d'émission, et qui éjectent en quantités « anormales » leur matière dans l'espace sous forme d'un « vent stellaire » pouvant atteindre des ordres de grandeur de plusieurs centaines de millions de fois supérieurs à celui de la majorité des étoiles se situant sur la séquence principale du diagramme de Hertzsprung-Russell.

La formation d'étoiles

On sait depuis longtemps que les étoiles naissent par contraction gravitationnelle au sein de nuages moléculaires complexes contenant également des poussières de silicates et de graphite. Mais ce type d'études, à partir de l'espace, a été jusqu'à présent effectué par des satellites travaillant en infrarouge.

Tirant parti des possibilités offertes par la caméra WFPC en mode « chambre planétaire à haute résolution », l'équipe de l'américain Schwartz a réussi à visualiser et photographier le processus violent qui caractérise l'allumage d'une proto-étoile au sein d'un tel nuage dénom-

mé « Objet de Herbig-Haro » numéro 2 ou « HH2 » situé dans la célèbre et riche en nuages « Nébuleuse d'Orion ». Cet objet se caractérise par l'émission de violents jets d'hydrogène ionisé « symétriques, étroits et rectilignes » révélateurs des phénomènes se déroulant à l'intérieur de ce véritable cocon géniteur.

Il est intéressant de signaler que la détection de cet objet vient confirmer une autre observation, déjà effectuée avec le télescope spatial en janvier 1991, et qui avait fait l'objet, dans *Astrophysical Journal*, d'une communication de Jeff Hester du Caltech/IPAC : « (...) « l'existence de ces jets « rectilignes » tend à relancer l'idée selon laquelle il faut envisager la probabilité de la formation de champs électriques et magnétiques au sein du disque d'accrétion se formant autour de la jeune étoile. Ces champs magnétiques agiraient sur le violent vent stellaire en formant deux jets de gaz symétriques en expansion. »

Toujours dans la même Nébuleuse d'Orion, le télescope spatial a permis de détecter quinze autres candidats au titre d'objet protostellaire entourés du cocon de matière en contraction gravitationnelle et ayant permis leur formation !

Plus étonnant encore, le télescope Hubble a permis de résoudre un mystère, tout en mettant en évidence un phénomène identique à celui de l'exemple précédent dans le Grand Nuage de Magellan. Il existe en effet, dans cette petite galaxie, un curieux « objet » dénommé « 30 Doradus » que certains astrophysiciens (Cassinelli, Savage et Mathis) pensaient, il y a encore moins de 10 ans, être tout simplement une « étoile géante anormalement grande ». D'autres observations ultérieures suggéraient plutôt une « association d'étoiles très proches les unes des autres ». Il aura fallu attendre 1992 pour que le télescope Hubble démontre définitivement que « 30 Doradus » n'était en fait qu'une association de jeunes étoiles en formation dégageant un fort excès d'infrarouge et impossibles à résoudre optiquement et individuellement à partir d'un grand télescope terrestre.

