
L'astronomie dans le monde

Clyde Tombaugh (1906—1997)

Carl Sagan (1934—1996)

C'est avec tristesse que nous apprenons le décès de deux grands personnages de l'astronomie contemporaine.

Avant Pluton, seulement deux planètes majeures étaient venues s'ajouter à celles connues de tout temps par l'humanité. C'est à Clyde Tombaugh qu'échut l'honneur de doubler la taille du système solaire en février 1930 après un travail assidu. Il rejoignait ainsi Herschel et Galle qui avaient découvert Uranus et Neptune. L'observation systématique du zodiaque par Tombaugh permit aussi de conclure à l'absence d'une dixième planète majeure, tout au moins à une distance raisonnable du Soleil.

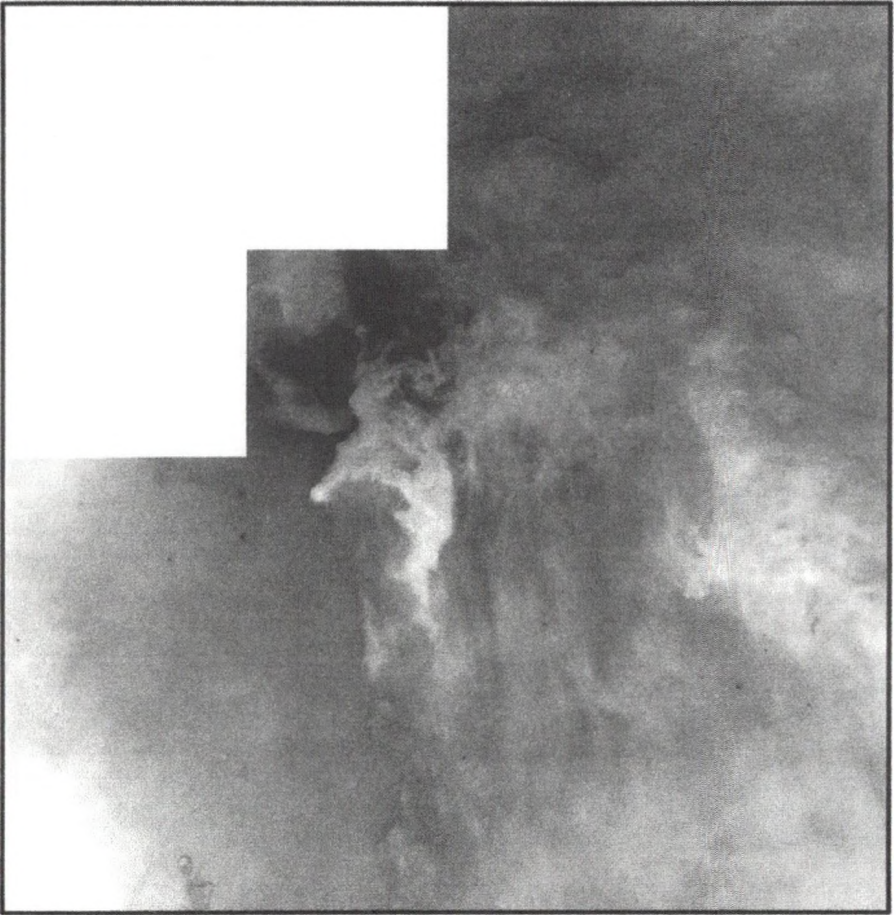
Tout aussi célèbre, Carl Sagan combinait à l'excellence professionnelle un don extraordinaire de vulgarisation. Qui ne se souvient du livre et de la série télévisée Cosmos. (Cosmos est probablement le livre de science qui a été le plus diffusé au monde). Spécialiste en planétologie, où il est l'auteur d'importantes découvertes, expert dans de nombreuses missions de la NASA, Sagan s'est également distingué en calculant et en expliquant l'hiver nucléaire, faisant ainsi reculer cette terrible menace.



La nébuleuse de la Lagune

Basé sur le Press Release STScI-PR96-38

C'est un aspect inattendu de la célèbre nébuleuse de la Lagune (M8, dans le Sagittaire) que nous révèle le Hubble Space Telescope. Comparée à l'image classique ci-dessus, celle obtenue par le HST, et présentée à la page suivante, constitue un fort agrandissement d'une petite région centrale.



Lagoon Nebula • M8

HST • WFPC2

PRC96-38a • ST ScI OPO • January 22, 1997

A. Caulet (European Southern Observatory) and NASA

Le centre de la nébuleuse de la Lagune vu par Hubble (négatif)

En l'absence des effets désastreux de la turbulence atmosphérique, la haute définition de l'optique du télescope spatial permet d'atteindre des détails totalement noyés dans les observations faites depuis le sol.

Le cœur de la nébuleuse abrite deux structures en forme d'entonnoirs, ou de tornades, reliées par leur petite extrémité (à gauche et en haut du centre).

L'étoile centrale, O Hershel 36, est la principale responsable de l'ionisation de la région centrale de la nébuleuse de la Lagune, mais il y a d'autres étoiles chaudes participant au phénomène d'ionisation. Le rayonnement intense de ces astres évapore les nuages de gaz et provoque de véritables tempêtes qui se frayent un chemin dans les nuages plus denses et froids. Comme dans notre météo terrestre, c'est peut-être le contraste de température qui est à l'origine des tornades de M8. Il est cependant encore trop tôt pour conclure et il ne suffit pas de considérer les apparences pour décider de la nature du phénomène.

En plus de ces curiosités nouvelles, le Hubble Space Telescope met en évidence jets, ondes de choc, anneaux, et globules sombres, tous témoins de l'activité d'une région typique de formation stellaire.

Des trous noirs dans la plupart des galaxies

Basé sur le Press Release STScI-PR97-01

La découverte d'un trou noir dans trois galaxies normales suggère que la plupart des galaxies, et pas uniquement les quasars ou les galaxies actives, abritent un tel objet. Cette découverte a été effectuée lors d'une étude de 27 galaxies proches par le Hubble Space Telescope et par des télescopes de l'observatoire d'Hawaïi.

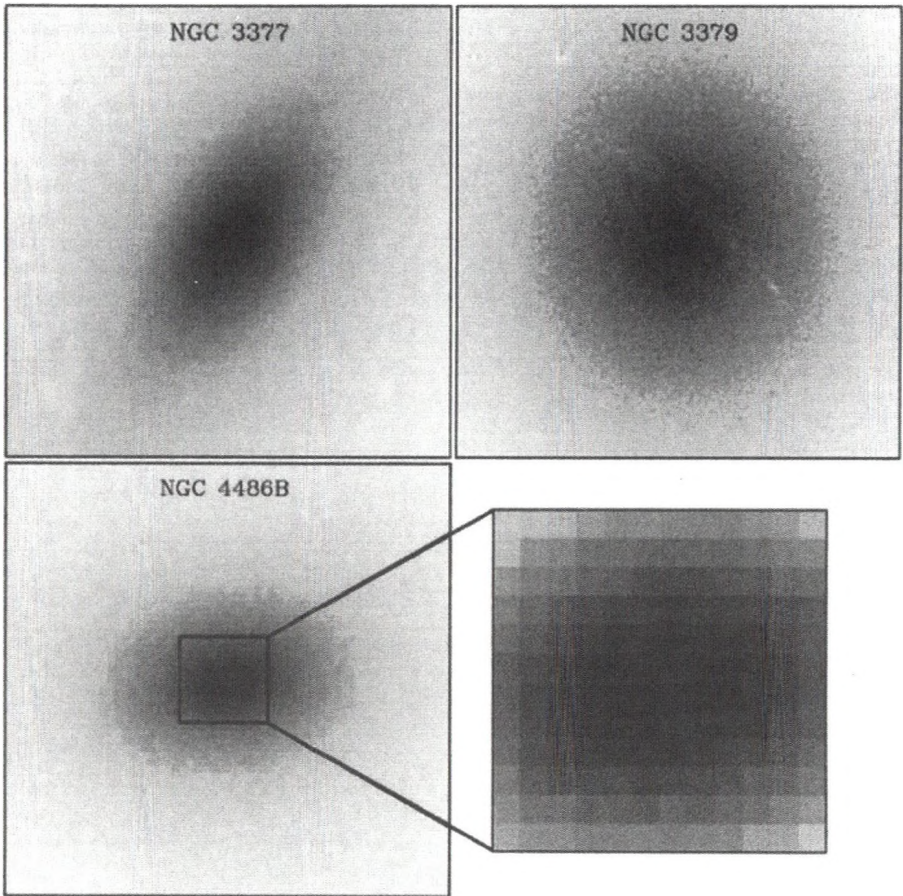
Il semble que la masse du trou noir soit proportionnelle à celle de sa galaxie hôte. Il pourrait donc y avoir une connexion entre la croissance du trou noir et le mécanisme de formation de la galaxie. D'autre part, les caractéristiques de ces trous noirs sont en bon accord avec celles des trous noirs hypothétiques que l'on pense être la source d'énergie des quasars. En fait, la plupart des galaxies paraissant normales actuellement ont dû à un moment ou l'autre de leur existence être des quasars. Les trous noirs observés dans les trois galaxies nouvellement étudiées, ainsi que dans celles analysées naguère par le HST, sont donc probablement des trous noirs fossiles.

Deux des nouveaux trous noirs ont une masse estimée entre 50 et 100 millions de fois celle du Soleil et sont situés dans M105 (=NGC3379) et NGC3377. Ces deux galaxies sont des membres d'un petit amas situé à 32 millions d'années lumière dans la direction de l'amas de la Vierge, et dénommé l'Eperon du Lion.

La troisième galaxie, NGC4486B est un petit satellite de M87 et elle contient un trou noir de 500 millions de masses solaires. M87 est l'un des phares de l'amas de la Vierge et est située à 50 millions d'années lumière. C'est une énorme galaxie active et l'on sait depuis quelque temps qu'elle contient un trou noir de deux milliards de masses solaires.

Si la corrélation entre les masses des trous noirs et des galaxies se confirme, on comprend qu'il soit très difficile de détecter les trous noirs des plus petites galaxies, mais leur existence est très plausible.

Reste à expliquer ce foisonnement de trous noirs et la corrélation des masses. Si, comme le suggère des observations récentes du HST, les galaxies se forment par l'assemblage de plus petits « blocs », c'est-à-dire de petites galaxies, et si celles-ci contiennent des mini trous noirs, il est facile de comprendre que ces mini trous noirs se rassembleront en trous noirs d'autant plus gros qu'il y aura de blocs et, par conséquent, que la galaxie résultante sera plus grosse.



Galaxies Possibly Containing Black Holes

HST • WFPC2

PRC97-01 • ST ScI OPO • January 13, 1997 • K. Gebhardt (U. MI), T. Lauer (NOAO) and NASA

Trois nouvelles galaxies contenant un trou noir massif (négalif)

On peut aussi expliquer cette corrélation par l'évolution d'un petit trou noir originel au sein de chaque galaxie. Si ce trou noir consomme une fraction plus ou moins régulière, disons un pour cent, de la matière éjectée par les étoiles de la galaxie, il est normal qu'il représente une fraction assez constante de la masse de la galaxie.

La méthode de détection des trous noirs est d'une élégante simplicité, ne faisant appel qu'à la bonne définition des images du Hubble Space Telescope. On mesure la vitesse des étoiles très près du centre des galaxies, et l'on regarde si elles orbitent trop vite. Une trop

grande vitesse implique une masse centrale énorme, plus importante que celle combinée de toutes les étoiles du noyau. La seule explication connue actuellement est alors le trou noir, seul astre pouvant réunir une masse gigantesque en un faible volume, tout en n'émettant que peu de rayonnement.

La mission de la navette spatiale Discovery en ce mois de février devrait encore améliorer la technique de détection des trous noirs massifs. Les astronautes doivent en effet installer un spectrographe aux meilleures performances (STIS).

Liste des trous noirs massifs connus

Galax.	Voie L.	M 31	M 32	NGC 3115	NGC 4258	NGC 4261	M 87	M 104	NGC 3377	NGC 3379	NGC 4486B
<i>Constel</i>		And	And	Sex	CVn	Vir	Vir	Vir	Leo	Leo	Vir
<i>Type</i>	Sbc	Sb	E2	SO	Sbc	E2	E0	Sa	E5	E1	E0
<i>Dist.</i>	2800	2.3 M	2.3 M	27 M	24 M	90 M	50 M	30 M	32 M	32 M	50 M
<i>Lumin.</i>	1.9	5.2	0.25	14.2	1.3	33	56	47	5.2	13	0.82
<i>Masse</i>	2 M	30 M	3 M	2 M	40 M	400 M	2 G	1 G	100 M	50 M	500 M

NB. La distance est donnée en années lumière et la luminosité en unités de la luminosité solaire (pour les galaxies spirales, il s'agit de la luminosité du bulbe central); la masse est exprimée en masses solaires. Les symboles M et G représentent respectivement des facteurs d'un million (Méga) et d'un milliard (Giga).

Étoiles intergalactiques

Jusqu'à présent toutes les étoiles connues appartenaient à une galaxie. Le Hubble Space Telescope a maintenant montré qu'un grand nombre d'étoiles, éjectées par leur galaxie, parsèment les amas de galaxies au point d'en constituer jusqu'à dix pour cent de la masse totale. Les étoiles découvertes par le HST appartiennent à l'amas de la Vierge. Ce sont des supergéantes rouges, que l'importante luminosité permet de déceler aussi loin.

L'existence d'étoiles errant au sein des amas de galaxies avait été prédite sur la base de modèles théoriques des interactions intergalactiques. Le premier indice de leur existence fut la détection depuis le sol d'une leur diffuse baignant l'amas de la Vierge. Mais l'origine de cette leur pouvait être de petites galaxies

invisibles aussi bien que des étoiles isolées. Un second indice fut la découverte de nébuleuses planétaires intergalactiques. Ces nébuleuses proviennent directement d'étoiles, et il ne restait plus qu'à observer celles-ci. C'est maintenant chose faite pour les plus brillantes d'entre elles. Il est certain que ce n'est là que la pointe de l'iceberg et que des astres de toutes luminosités existent aussi.

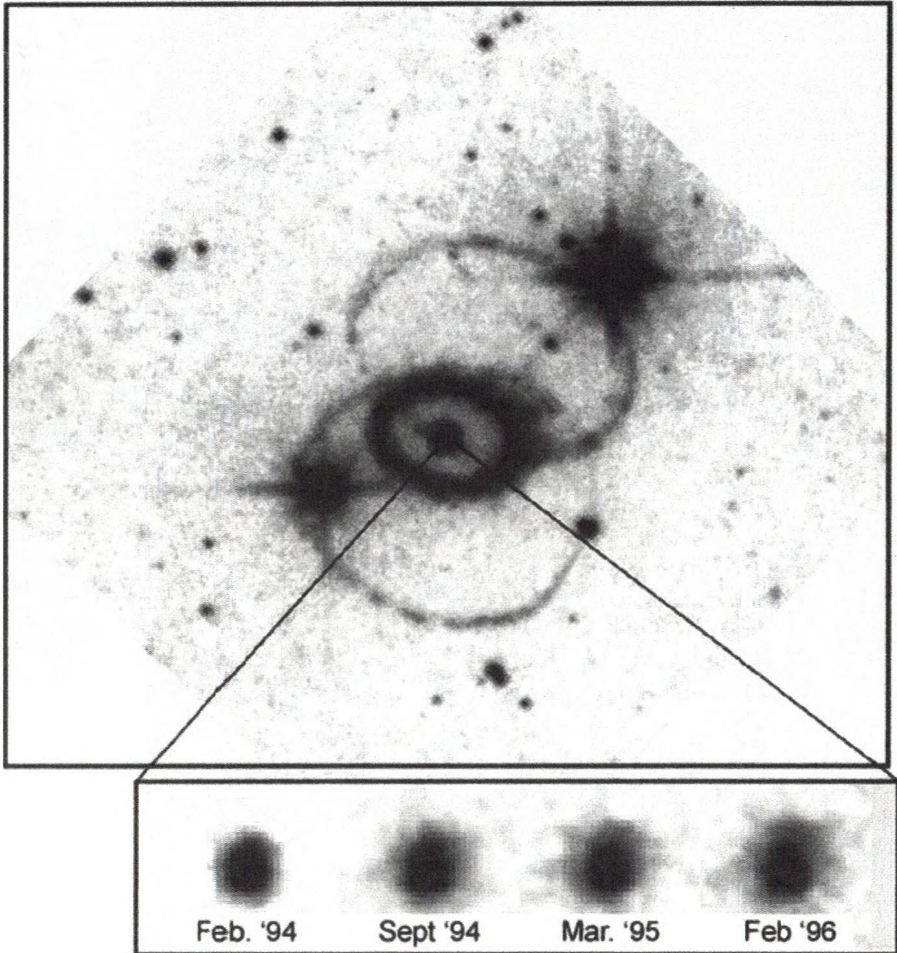
Des mesures ultérieures devraient permettre de décider si les étoiles ont vraiment été éjectées de galaxies, si elles sont des débris de galaxies totalement disloquées par quelque phénomène violent, ou si elles ont pu se former dans l'espace intergalactique.

SN 1987A, dix ans après

Basé sur le Press release STScI-PR97-03

Il y a dix ans qu'explorait dans le Grand Nuage de Magellan la première supernova

visible à l'œil nu depuis quatre siècles. La grande distance du Nuage de Magellan a fait qu'il a fallu tout ce temps pour que l'on puisse enfin distinguer l'expansion des débris avec le Hubble Space Telescope.



Supernova 1987A

HST · WFPC2

PRC97-03 · ST ScI OPO · January 14, 1997

J. Pun (NASA/GSFC), R. Kirshner (CfA) and NASA

Le système d'anneaux de la supernova du Grand Nuage et l'expansion de l'objet central (négatif)

On peut voir une structure en diabolos d'une étendue d'un dixième d'années lumière. Les deux lobes sont en expansion et s'écartent à la vitesse de dix millions de kilomètres à l'heure. Cette expansion est bien apparente sur l'image de la page précédente. L'objet est entouré d'un système d'anneaux, visible depuis longtemps déjà et dont l'agencement fait penser à un sablier. Il sera intéressant d'établir une correspondance entre ces diverses structures.

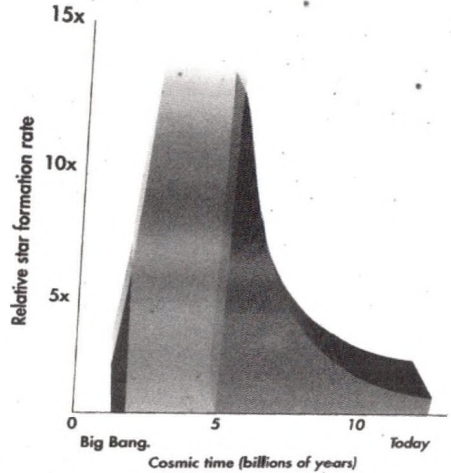
L'expansion des débris de la supernova a lieu perpendiculairement au plan de l'anneau intérieur. Cette symétrie est probablement due à une propriété de l'étoile progénitrice telle que la rotation ou un mouvement orbital dans un système double.

* * *

Premières étoiles

Quand les étoiles se sont-elles formées? On sait que les galaxies renferment souvent un certain nombre de zones de formation stellaire, des pépinières d'étoiles qui renouvellent les populations à partir du gaz éjecté par les générations antérieures. Des exemples de ce genre abondent dans notre Galaxie. Tel est le cas des régions des nébuleuses de la Lagune et d'Orion dont nous parlons dans ces mêmes colonnes.

Mais ce rythme a-t-il été constant au cours de la vie de l'univers? Une réponse à cette question fondamentale a été apportée par l'examen des images du Hubble Deep Field. Ce champ du ciel a fait l'objet d'une accumulation de poses durant dix jours en décembre 1995 permettant de pénétrer très profondément dans les confins de l'univers et de remonter ainsi à une époque proche du Big Bang.



Taux de formation des étoiles en fonction de l'âge de l'univers

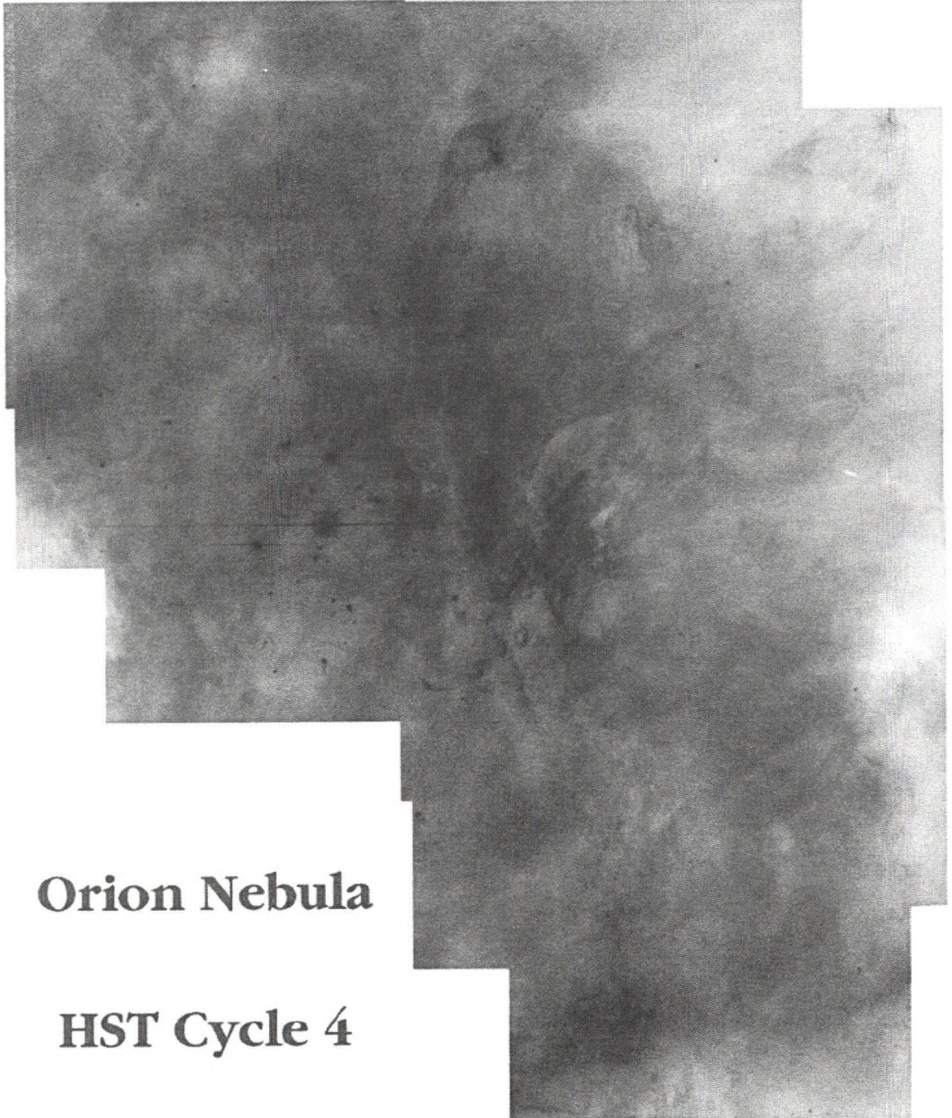
Cette réponse est simple et catégorique. Il y a eu formation intensive d'étoiles dans les premiers temps de l'univers, avec un point culminant lorsque le cosmos avait le dixième de son âge actuel. En conséquence on peut affirmer qu'actuellement la plupart des étoiles qui peupleront jamais l'espace ont déjà été formées. Celles qui ne sont pas encore mortes s'éteindront progressivement l'une après l'autre, avec un renouvellement qui est loin de compenser les pertes. La plupart des étoiles meurent en effet sans laisser de débris gazeux régénérant le milieu interstellaire. Elles deviennent des astres froids, inertes.

* * *

Proplydes ou pas dans Orion?

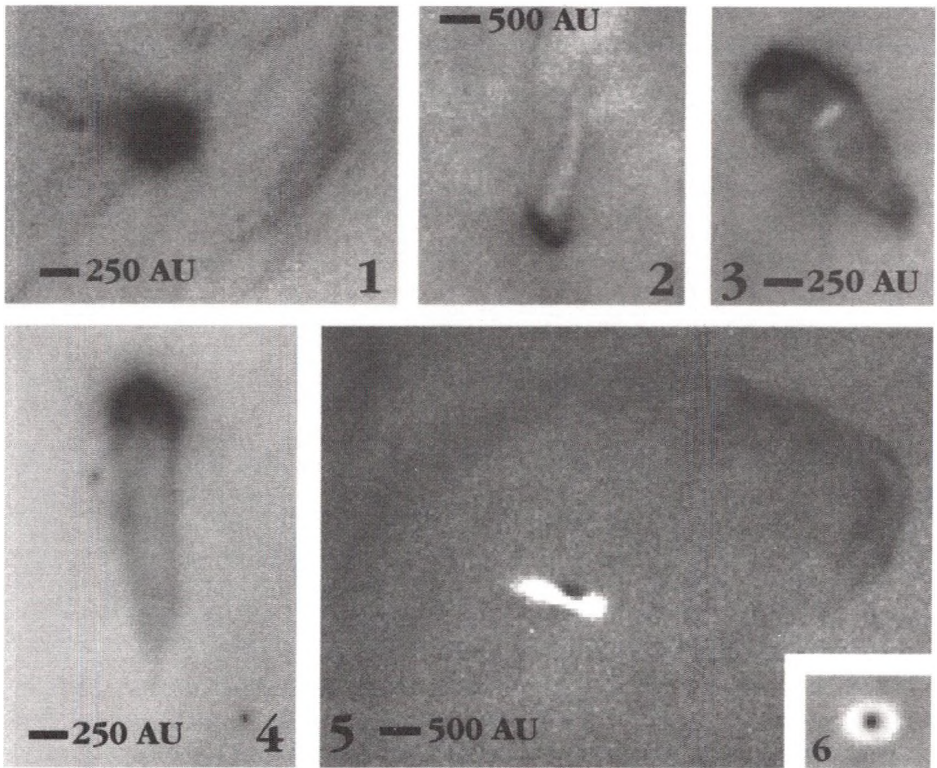
Les calculs théoriques ainsi que les observations du Trapèze d'Orion faites par le Hubble Space Telescope indiquent que les disques découverts autour des étoiles jeunes, et bapti-

sés peut-être hâtivement proplydes (protoplanetary disks), ne devraient pas subsister assez longtemps pour permettre la formation de planètes.



Orion Nebula

HST Cycle 4



Quelques « ex-proplydes ». On voit la trace de l'évaporation qui affecte les objets 2 et 4. Les objets 5 et 6 sont silhouettés sur le fond brillant d'Orion. Les autres apparaissent en émission. (Toutes ces images sont des négatifs).

Les zones de formation stellaire présentent apparemment un environnement peu favorable à la naissance de planètes, et c'est ce qui explique la destruction des disques circumstellaires découverts dans le trapèze d'Orion, le petit amas d'étoiles situé au cœur même de la nébuleuse d'Orion.

Les astronomes qui sont arrivés à ces conclusions ont mis au point une méthode d'analyse des disques circumstellaires, pour en déterminer la masse et pour en évaluer la durée de vie.

Initialement, les disques qui se forment dans les zones de formation stellaire sont analogues

à celui qui est à l'origine du système solaire. Mais, rapidement, ils s'évaporent sous l'action du puissant rayonnement des étoiles massives qui les environnent. La surface du disque est chauffée à des températures de l'ordre d'un millier de degrés et elle bout littéralement. Le gaz qui s'en échappe est ionisé et porté à des températures encore plus élevées. Il est bien visible par ses raies d'émission caractéristiques.

L'érosion est complète en un million d'années alors que la condensation de planètes du type de Saturne et Jupiter, avec des orbites comparables, demanderait jusqu'à dix fois plus

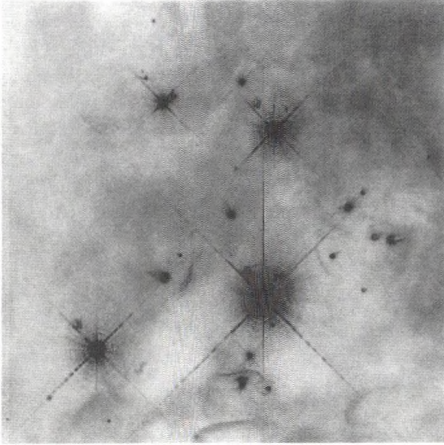
de temps. Par contre on ne peut encore exclure la possibilité de formation de planètes plus proches de l'étoile. Il est possible, en effet, que la partie centrale du disque survive plus longtemps aux assauts du rayonnement ambiant.

Des « comètes » dans la Roue de Charrette

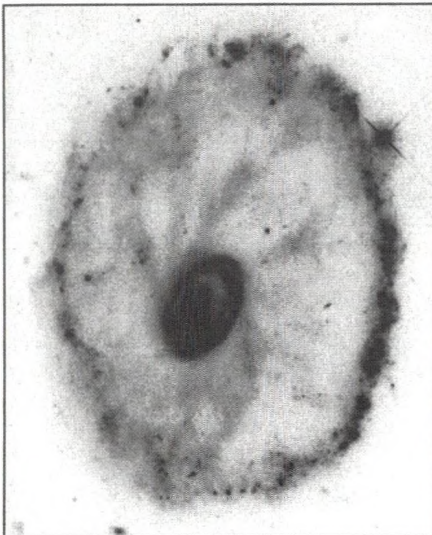
Basé sur le press release STScI PR96-36

La galaxie de la Roue de Charrette montre une structure très étrange, en rayons de roue, entre deux anneaux constituant, l'un le moyeu, l'autre la jante de la roue. Tout aussi étrange est la découverte d'objets de forme cométaire dans le moyeu. Celui-ci se distingue par l'absence de régions de formation stellaire et par une forte teneur en poussières.

Les têtes de ces pseudo-comètes sont probablement de très vastes nuages d'hydrogène moléculaire. Quant aux queues, elles seraient le sillage constitué de gaz chaud et fluorescent mêlé d'étoiles jeunes, et laissé par le déplacement rapide de la tête au sein d'un milieu ambiant plus calme.



Gros plan sur la Trapèze



Cartwheel Galaxy Detail

PRC96-36a · ST ScI OPO · November 26, 1996
C. Struck and P. Appleton (Iowa State University),
K. Borne (Hughes STX), R. Lucas (ST ScI) and NASA



HST · WFPC2

Ces images de la Roue de Charrette ne montrent qu'imparfaitement les « comètes ».



J. Galin (ST ScI) and NASA

Illustration

Vue d'artiste exagérant quelque peu les « comètes ».

On pense que la forme spéciale de la Roue de Charrette est due à l'impact d'une plus petite galaxie en plein dans le cœur d'une grande spirale, il y a environ 200 millions d'années. Depuis cette collision, les nuages de gaz sont soumis à des mouvements plus ou moins désordonnés qui peuvent expliquer les étranges comètes.

* * *

Quasars et galaxies

Basé sur le Press release STScI-PR96-35

Depuis leur découverte en 1963, les quasars ont toujours conservé une grande partie de leur mystère. Comment des astres de la taille du système solaire peuvent-ils produire assez d'énergie pour être vus jusqu'au fond de

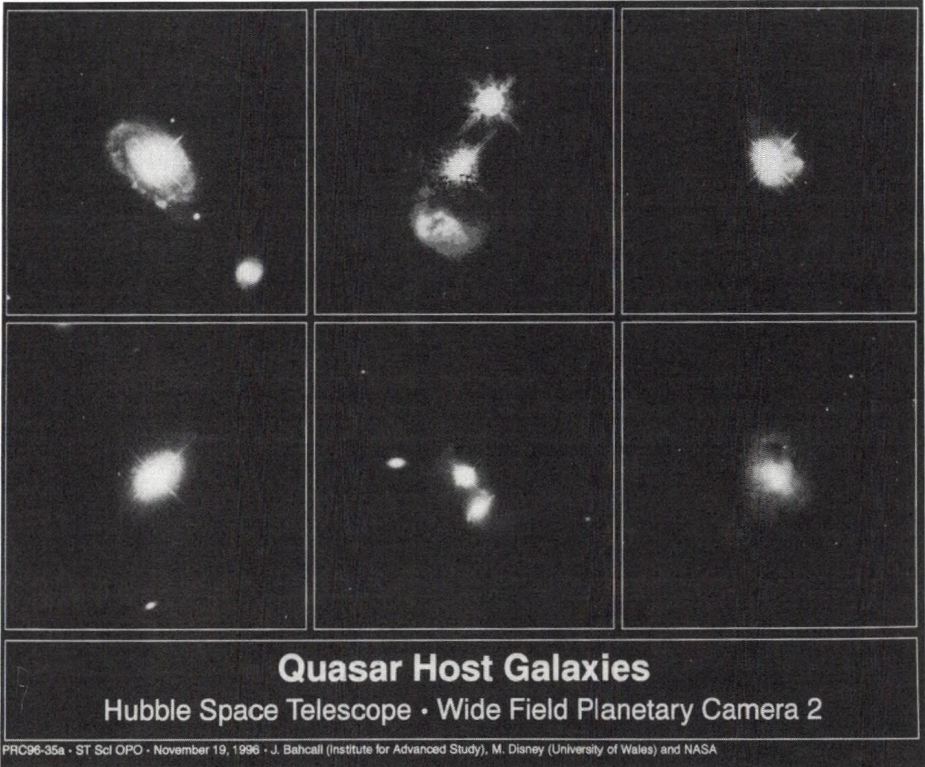
l'univers? L'idée la plus répandue est qu'il s'agit de trous noirs situés dans le noyau de galaxies, tout comme ceux dont nous parlons dans les pages précédentes. Pour qu'il y ait la libération fabuleuse d'énergie caractéristique d'un quasar il faut que le trou noir soit alimenté, c'est-à-dire qu'il ingurgite la matière environnante. Dans une galaxie bien rangée, tout tourne tranquillement autour du centre. Les étoiles et les nuages de gaz et de poussières n'ont aucune raison d'aller voir le trou noir de près.

Par contre, une collision avec une autre galaxie, ou quelque autre interaction pourra injecter de grosses quantités de matière dans la zone dangereuse. Le trou noir n'en fait qu'une bouchée mais cette absorption ne se fait pas sans heurt; elle s'accompagne d'un important dégagement d'énergie aux abords du trou noir. Ce serait là l'explication toute simple du phénomène quasar.

Dans la dénomination même de « quasar » on trouve « quasi stellaire ». L'aspect de ces astres est en effet ponctuel, comme celui d'une étoile. Si les quasars sont situés dans des galaxies, pourquoi ne voit-on pas celles-ci? Pourquoi leur image est-elle stellaire? C'est là un élément important pour décider de la validité de la théorie des trous noirs.

Malgré des résultats plutôt négatifs à partir d'observations au sol, la plupart des astronomes restaient convaincus que c'était pour des raisons de définition et de contraste que les images ne révélaient pas les galaxies. Il était donc naturel d'appeler le Hubble Space Telescope à la rescousse.

Les observations du Space Telescope (pages suivantes) ont effectivement révélé les galaxies hôtes des quasars et, souvent, il s'agit bien de galaxies en collision, ce qui donne immédiatement la raison de l'activité du trou noir. Mais parfois les galaxies semblent parfaitement normales et tranquilles, laissant ainsi de nouvelles questions en suspens sur l'origine du phénomène.



Un atlas de galaxies hébergeant des quasars. Vus depuis le sol, ces quasars apparaissent ponctuels, comme de simples étoiles. Le Hubble Space Telescope démontre qu'ils sont situés au sein de galaxies, souvent en interaction, mais parfois tout à fait normales en apparence.

En haut, à gauche : PG0052+251, dans une spirale normale à 1,4 milliard d'années lumière.

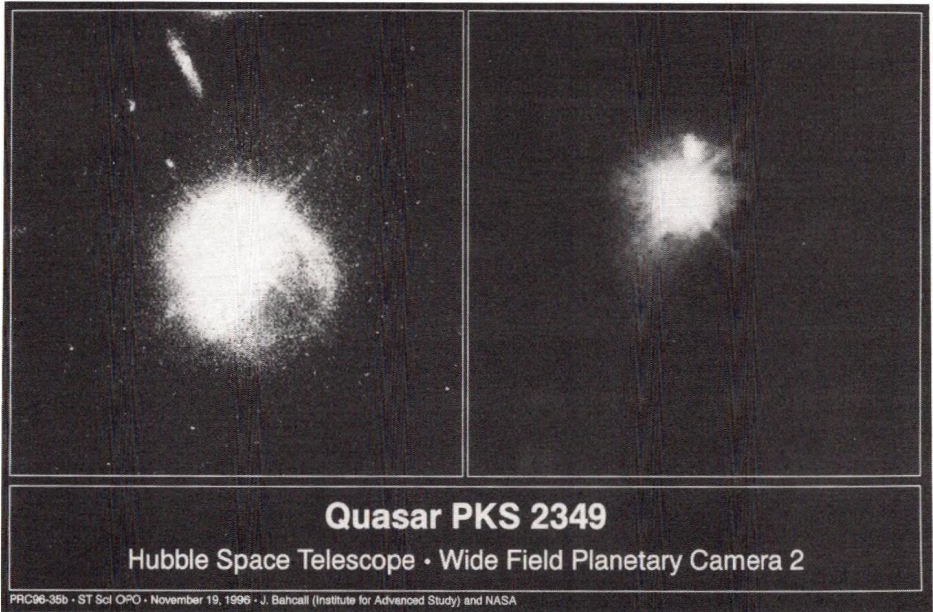
En haut, à gauche : PHL 909, dans une galaxie elliptique normale, à 1,5 milliard d'al.

En haut, au centre : IRAS04505-2958. Galaxies en collision à 3 milliards d'al. (L'objet du haut est une étoile en avant-plan).

En bas, au centre : PG1012+008. Deux galaxies en interaction à 1,6 milliard d'al.

En haut à droite : O316-346 à 2,2 milliards d'al. La galaxie hôte a visiblement été perturbée récemment par un objet qui s'est maintenant éloigné.

En bas à droite : IRAS13218+0552 à 2 milliards d'al. Deux galaxies en train de se fondre en une seule, après avoir effectué quelques révolutions.



Le quasar PKS 2349 situé à 1,5 milliard d'al, et représenté avec deux niveaux de contraste différents. A gauche on voit d'immenses bras dus à l'interaction gravitationnelle entre deux galaxies. A droite on voit le noyau de la seconde galaxie au-dessus du quasar abrité par la première.