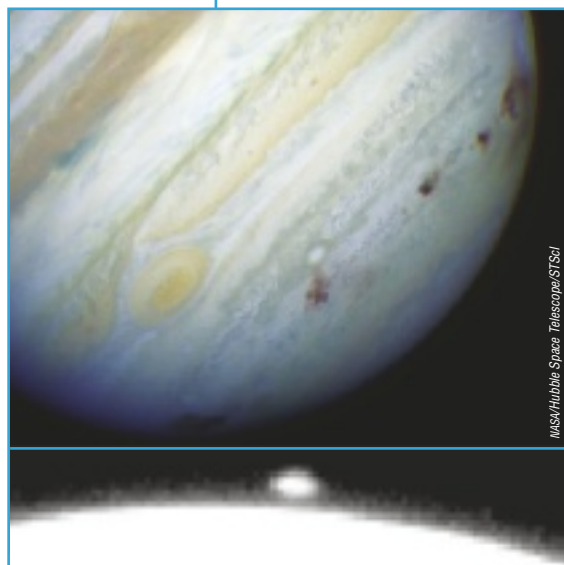


1 Le grand crash de la comète



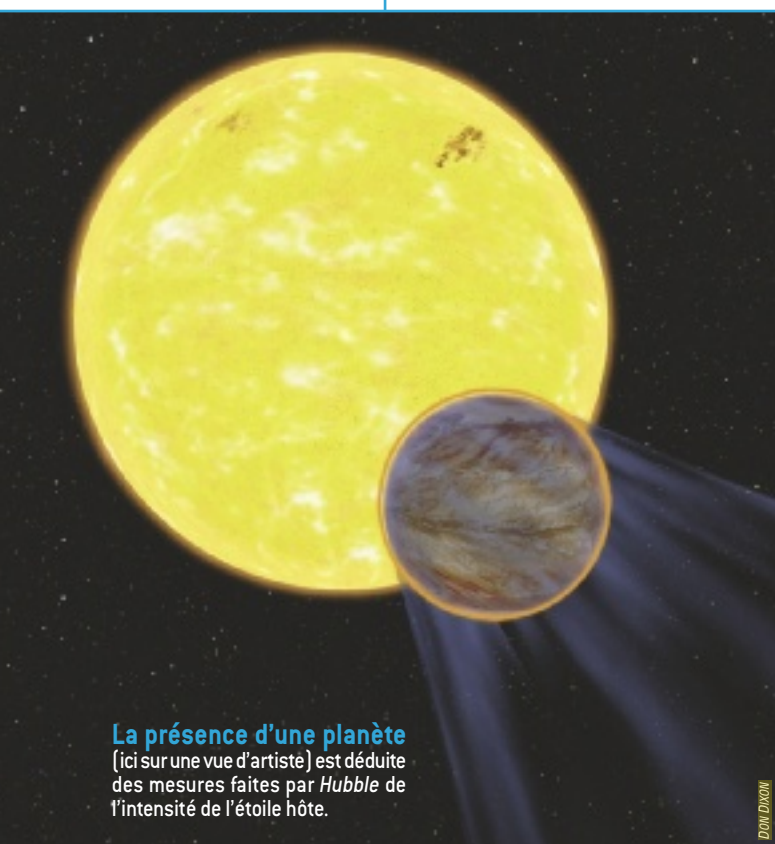
NASA/Hubble Space Telescope/STScI

Huit sites d'impact (certains se chevauchent ou sont à peine visibles) ont été repérés sur cette image de l'hémisphère Sud de Jupiter prise le 22 juillet 1994. En bas, un panache ressemblant à un champignon nucléaire, au-dessus de l'horizon de la planète, six minutes après l'impact du 16 juillet.

D'un point de vue cosmique, l'impact de la comète Shoemaker-Levy 9 sur Jupiter fut anecdotique : la surface couverte de cratères des planètes rocheuses témoigne déjà du fait que le Système solaire est un champ de tir. En revanche, d'un point de vue plus humain, la collision a représenté une expérience exceptionnelle : une comète ne s'écraserait sur une planète qu'une fois tous les 1000 ans en moyenne.

Un an avant les déboires de Shoemaker-Levy 9, les images de *Hubble* avaient montré que la comète s'était scindée en une vingtaine de fragments, un « collier de perles ». Le premier fragment a percuté l'atmosphère de Jupiter le 16 juillet 1994, et le reste au cours de la semaine suivante. Les images ont montré des panaches ressemblant à des champignons nucléaires et s'élevant au-dessus de l'horizon de Jupiter, avant de retomber en moins de dix minutes après l'impact. Les « cicatrices » dues à ces impacts ont persisté durant des mois. La rareté des images suffirait à les rendre précieuses, mais ces clichés ont en plus soulevé la question de la composition de l'atmosphère de Jupiter. Sur un des sites de percussion, des ondes se sont propagées vers l'extérieur à une vitesse de 450 mètres par seconde. Il s'agirait d'ondes de gravité, et on pourrait comparer le système à celui d'un morceau de bois qu'on tente de maintenir sous l'eau et qui jaillit hors de l'eau avant d'y retomber. Si tel est le cas, les propriétés des ondes semblent indiquer que le rapport de l'oxygène sur l'hydrogène dans la couche de l'atmosphère jovienne où l'onde s'est propagée serait dix fois plus élevé que dans le Soleil. Or si Jupiter s'est formé par la fragmentation gravitationnelle du disque primordial de gaz et de poussière, comme le postulent certaines théories, il devrait avoir la même composition que le disque, et une composition similaire à celle du Soleil. La question reste ouverte.

2 Les planètes extrasolaires



La présence d'une planète (ici sur une vue d'artiste) est déduite des mesures faites par *Hubble* de l'intensité de l'étoile hôte.

Don Dixon

En 2001, la Société américaine d'astronomie a demandé aux planétologues de dire ce qui, selon eux, avait été la découverte principale des dix dernières années. Ils ont choisi la détection de planètes extérieures au Système solaire. Aujourd'hui les chercheurs en ont détecté environ 180. La plupart ont été trouvées grâce à des télescopes au sol qui suivaient les faibles oscillations que l'attraction gravitationnelle d'une planète exerce sur son étoile hôte. Cependant, ces observations ne donnent que la taille et l'ellipticité de l'orbite de la planète ainsi qu'une limite inférieure de sa masse.

Hubble a pris le relais en se focalisant sur le sous-ensemble des planètes dont le plan orbital est aligné avec notre ligne de visée, de telle sorte qu'en passant périodiquement devant leur étoile, elles en réduisent l'éclat, un événement que l'on nomme transit. *Hubble* a observé le premier transit planétaire, celui du compagnon de l'étoile HD 209458 ; on a ainsi obtenu l'information la plus détaillée dont on dispose pour une planète située en dehors du Système solaire. Elle est 30 pour cent plus légère que Jupiter, bien que son diamètre soit 30 pour cent supérieur, mais la cause de cet embonpoint reste encore inconnue. Les données de *Hubble* sont si précises qu'elles auraient révélé de grands anneaux ou des satellites massifs autour de la planète... s'ils avaient existé. Mais ce n'est pas le cas. Encore plus impressionnant, *Hubble* a fait les premières mesures de la composition d'un système stellaire voisin. L'atmosphère contient du sodium, du carbone et de l'oxygène, et l'hydrogène s'en échappe en créant une sorte de queue cométaire. Ces observations serviront aux astronomes qui recherchent des signes chimiques de vie dans l'Univers.

3 Agonies stellaires

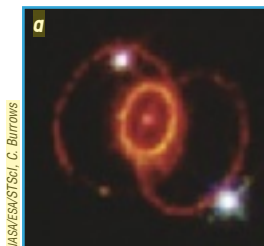
La théorie prédit qu'une étoile dont la masse est comprise entre 8 et 25 fois celle du Soleil terminera sa vie dans une explosion de supernova. Quand l'étoile a épuisé son combustible utilisable, elle perd le combat qu'elle a mené toute sa vie durant : éviter de s'effondrer sous son propre poids. Son cœur s'effondre pour former une étoile à neutrons (un vestige extrêmement dense et inerte) et les couches de gaz externes sont éjectées à une vitesse égale à cinq pour cent de celle de la lumière.

Toutefois, cette théorie a été très difficile à valider, car aucune supernova n'a explosé dans notre galaxie depuis 1680. À défaut, les astronomes ont suivi l'explosion, le 23 février 1987, d'une supernova dans le Grand Nuage de Magellan, une des galaxies satellites de la Voie lactée. *Hubble* n'était pas encore fonctionnel, mais trois ans plus tard, il a commencé à suivre la progression de l'événement. Il a rapidement détecté un système de trois anneaux autour de l'étoile qui avait explosé. L'anneau central semble représenter le rétrécissement d'un nuage de gaz en forme de sablier, et les anneaux plus larges représentent les bords de deux lobes en forme de goutte, apparus quelques dizaines de milliers d'années avant l'explosion. En 1994, *Hubble* a commencé à observer des taches devenir plus brillantes le long de l'anneau central, comme cela est prédit par la théorie : c'est le moment où la matière éjectée de la supernova a heurté l'anneau. Depuis, *Hubble* livre des informations sur la fin de la vie de cette étoile.

Contrairement à leurs homologues plus massives, les étoiles de type solaire mourraient plus gracieusement, en éjectant leurs couches gazeuses externes dans un processus non explosif qui durerait une dizaine de milliers d'années. Quand le cœur central brûlant de l'étoile est mis à nu, son rayonnement ionise le gaz éjecté, le faisant briller dans le vert (émis par l'oxygène ionisé) et le rouge (l'hydrogène ionisé). Le résultat est ce que l'on appelle, un peu à tort, une nébuleuse planétaire. On en connaît environ 2000 aujourd'hui. *Hubble* a révélé des formes extrêmement complexes avec une précision inégalée.

Certaines des nébuleuses présentent un jeu d'anneaux concentriques, qui indiquerait un processus d'éjection périodique. La période entre deux épisodes d'éjection (environ 500 ans) est trop longue pour être expliquée par des pulsations dynamiques (durant lesquelles l'étoile se contracte et se dilate, tirillée entre la gravité et la pression du gaz) et trop courte pour correspondre à des pulsations thermiques (où l'étoile est hors équilibre). La nature précise des anneaux observés reste à élucider.

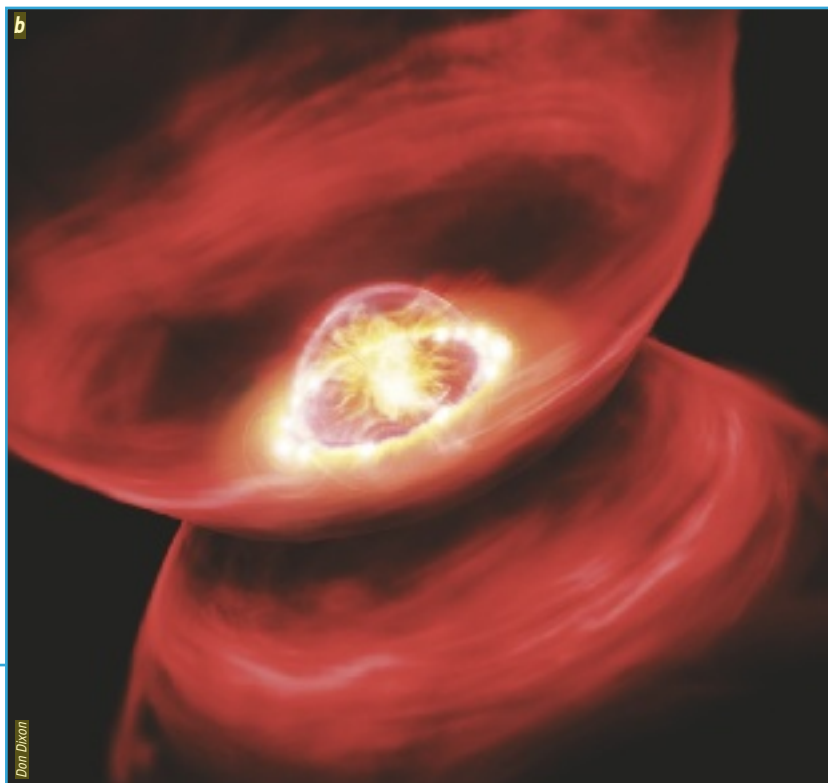
Quand l'onde de choc de la supernova 1987 A a percuté un anneau de gaz préexistant, des taches brillantes sont apparues (*a*, observation de Hubble, *b* vue d'artiste).



MASAFESA/STSC/C. BUTTONS



MASAFESA/HEID/STSC/AURA



Don Dixon

4 Naissances cosmiques

Depuis longtemps, les astronomes savent que des jets de gaz étroits sont caractéristiques de la naissance d'étoiles. Une étoile naissante peut émettre une paire de jets collimatés longs de plusieurs années-lumière. On ignore le mécanisme de ces émissions. Selon l'hypothèse la plus solide, un champ magnétique à grande échelle confère sa structure au disque de gaz et de poussière entourant l'étoile jeune. La matière ionisée circulant le long des lignes de champ magnétique serait projetée vers l'extérieur comme des perles sur des fils en rotation. Les observations de *Hubble* ont étayé ce modèle théorique en apportant la première preuve directe que ces jets sont effectivement issus du centre du disque.

Selon une autre hypothèse, invalidée par *Hubble*, les disques circumstellaires auraient été profondément enchâssés dans leurs nuages parents et auraient donc été impossibles à voir. En fait, *Hubble* a révélé des dizaines de disques protoplanétaires. En particulier, par un jeu de contraste, il a permis d'étudier en détail ceux dont la silhouette se profile devant les nébuleuses. Il apparaît que la moitié au moins de ces jeunes étoiles ont de tels disques, ce qui démontre que les matières premières de la formation planétaire sont omniprésentes dans la galaxie.



NASA, J. Bally, H. Throop, C. O'Dell

Ressemblant à des amibes déformées, des disques de poussière entourent les étoiles embryonnaires de la nébuleuse d'Orion. Chaque image représente 2,4 unités astronomiques au carré.

5 Archéologie galactique

Les astronomes pensent que les grandes galaxies, telles la Voie lactée et Andromède, ont grossi en absorbant d'autres galaxies plus petites. Les traces de ce passé confus devraient être inscrites dans l'arrangement, l'âge, la composition et la vitesse de leurs étoiles. *Hubble* a contribué à déchiffrer cette histoire, par exemple grâce à ses observations du « halo » stellaire d'Andromède, le nuage sphérique ténu d'étoiles et d'amas stellaires qui entoure le disque galactique principal. Les astronomes ont ainsi trouvé que les étoiles du halo ont des âges variés : les plus anciennes ont entre 11 et 13,5 milliards d'années ; les plus jeunes entre 6 et 8 milliards d'années. Ces dernières sont des enfants dans une maison de retraite ! Elles seraient venues d'une galaxie plus jeune (par exemple d'une galaxie satellite qui aurait été assimilée) ou d'une région plus jeune d'Andromède elle-même (à savoir le disque, qui aurait été perturbé par le passage d'une autre galaxie ou la collision avec une galaxie). Le halo de la Voie lactée ne contient pas beaucoup d'étoiles aussi « jeunes ». Ainsi, bien qu'Andromède et la Voie lactée aient des formes comparables, les images de *Hubble* suggèrent que les deux galaxies ont un passé très différent.

Des étoiles étonnamment jeunes sont visibles sur cette photographie de la banlieue d'Andromède (voir le cartouche). Elles résulteraient d'une collision entre galaxies. Plusieurs galaxies apparaissent à l'arrière-plan sur cette image.

