

JEAN-PIERRE LUMINET

Le destin de l'univers

Trous noirs
et énergie sombre

Le temps des sciences **fayard**

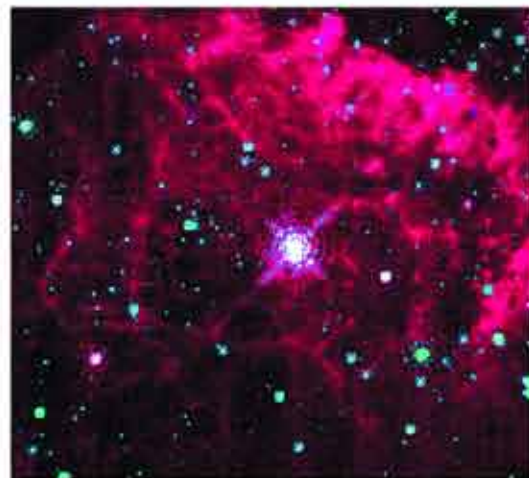
La masse des étoiles

*Il peut y avoir tellement d'étoiles
Que dans ce fouillis solennel
À peine si tu distingues
Çà et là quelques étoiles:
Celles qui sont condamnées.*
Eugène Guillevic

Les étoiles massives sont rares. Sur 200 milliards d'étoiles que contient notre galaxie, seules 10 000 ont une masse supérieure à 40 masses solaires (1 étoile sur 200 millions). La raison en est double: il s'en forme peu et elles vivent peu longtemps. Les plus grandes masses stellaires correctement mesurées dans les systèmes binaires ne dépassent pas 50 M_{\odot} . Le diagramme d'Hertzsprung-Russell (voir Appendice xx) suggère que des étoiles de la séquence principale supérieures à 120 M_{\odot} se forment, mais qu'elles perdent de la masse jusqu'à 60 M_{\odot} avant d'évoluer au stade de supergéante rouge. Cependant, les étoiles supermassives peuvent avoir été beaucoup plus fréquentes dans le passé, car la masse critique de formation dépend de la température et de l'abondance des éléments

lourds; les modèles suggèrent que les étoiles constituées quasi uniquement d'hydrogène et d'hélium avec très peu d'éléments lourds, comme ce fut le cas pour les premières générations, peuvent acquérir des masses initiales plus grandes que les étoiles actuelles. Avec sa masse de $2,10^{30}$ kilogrammes, le Soleil fait figure d'étoile très moyenne. Les vraies reines de la Galaxie sont les étoiles dont la masse est de 25 à 100 fois supérieure à celle du Soleil, seules responsables de la synthèse des éléments chimiques. À l'instar du peuple des fourmis, il peut naître plusieurs milliers d'étoiles semblables au Soleil pour une seule reine massive. Mais ce sont ces reines géantes qui dominent la Galaxie, la sculptent et décident de son destin. C'est à elles que nous devons notre existence, car elles ont produit le calcium qui est dans nos os et le sol de silicates qui est sous nos pieds. Sur le plan astronomique, ce sont des étoiles bleues et chaudes, dont les luminosités sont 100 000 fois plus élevées

que celle du Soleil et dont les températures de surface dépassent les 30 000 degrés. Elles émettent principalement leur énergie en lumière ultraviolette. Mais ces étoiles ne peuvent vivre longtemps. Bien que possédant plus de carburant, elles le consomment à un rythme effréné et trépassent après seulement quelques millions d'années. Auparavant, elles sont devenues des supergéantes rouges, puis des variables bleues lumineuses (VBL). Ce dernier type d'étoiles est extrême, car la phase qui les rend prodigieusement lumineuses est courte: sur les 200 milliards d'étoiles de notre galaxie, seules 6 VBL ont été recensées. Dans cette phase, l'étoile émet un vent de photons intense, si puissant qu'il est capable de créer des bulles dans le milieu interstellaire. Après, l'étoile devient une Wolf-Rayet et s'achève en supernova, enfantant une étoile à neutrons, ou en hypernova, version extrême de la supernova capable de libérer 100 fois plus d'énergie et enfantant un trou noir.



Ces modèles, qui ont récemment été considérablement perfectionnés en vue d'expliquer les sursauts gamma (voir ci-dessous), apportent un soutien puissant à l'hypothèse de trous noirs de masse stellaire. Par ailleurs, comme nous le verrons dans la quatrième partie, les astronomes pensent avoir débusqué réellement des trous noirs de quelques masses solaires comme moteurs de certaines sources de rayonnement X. Dans l'état actuel des connaissances, la vue la plus « conservatrice » consiste donc à admettre que l'effondrement gravitationnel des étoiles les plus massives conduit inéluctablement à la formation de trous noirs.

Les sursauts gamma

*Soudain, coup de vertige. Un éclair où, sans voiles,
Je sondais grelottant d'effarement, de peur,
L'énigme du Cosmos dans toute sa stupeur!*
Jules Laforgue

«Le ciel est le pays des grands événements», écrivait le naturaliste Buffon au XVIII^e siècle. Il ne pouvait soupçonner que certains de ces événements libèrent en une poignée de secondes une énergie comparable à 100 fois celle délivrée par le Soleil en 10 milliards d'années: les sursauts gamma (en anglais GRB, *gamma-ray bursts*) sont les phénomènes les plus violents de l'Univers. Il s'agit de sources transitoires dont les éruptions brutales se manifestent dans le domaine des rayons gamma.

Rappelons que les rayons gamma sont des photons très énergétiques, produits par exemple sur Terre lors de réactions nucléaires. L'astronomie gamma, la dernière née des astronomies consacrées au spectre électroma-

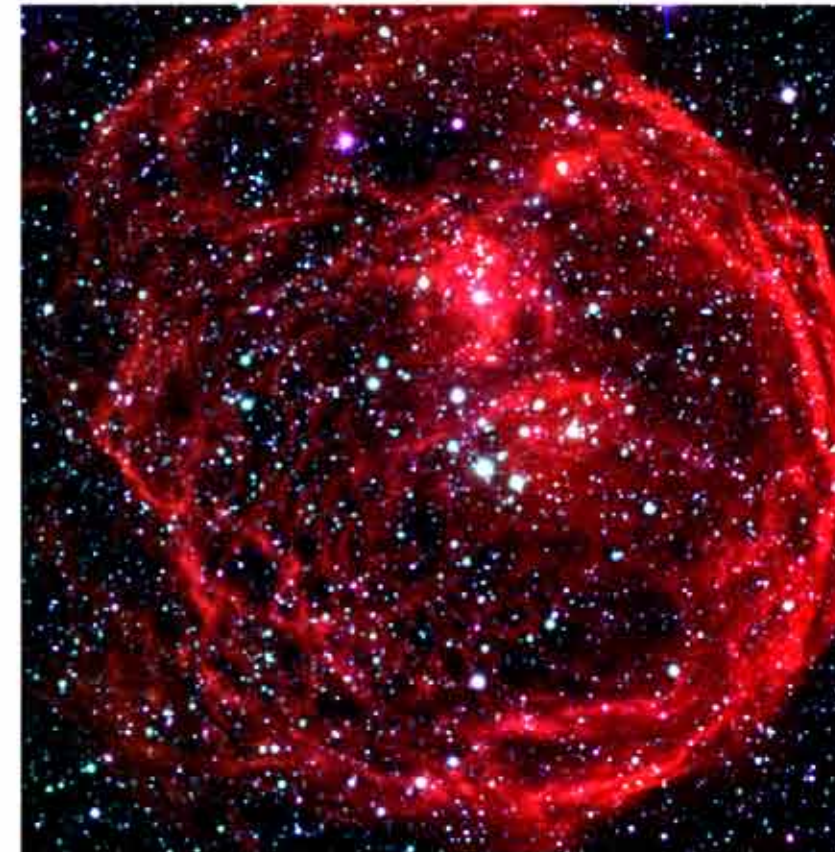


Fig. 9.1 (photo Pistol Star)
L'étoile la plus massive du ciel aujourd'hui connue, dénommée Pistol Star, est capturée ici dans le domaine infrarouge par le télescope spatial Hubble près du centre galactique, à 25 000 années-lumière de la Terre. Ce colosse libère 10 millions de fois plus d'énergie que le Soleil mais reste invisible à l'œil en raison des poussières interstellaires, très abondantes dans cette région, qui absorbent la plupart de la lumière émise. Elle a pu naître il y a 1 ou 2 millions d'années seulement et être 150 fois plus massive que le Soleil, ce qui constitue un record: on pense en effet que, au-dessus de cette limite, les étoiles très massives sont si instables qu'elles ne pourraient survivre longtemps après leur formation. Pistol éjecte épisodiquement d'énormes bouffées de gaz équivalent chacune à plusieurs masses solaires, et qui ont créé la nébuleuse qui l'entoure. Elle est condamnée à court terme: elle explosera en supernova de type II ou en hypernova dans 1 à 3 millions d'années.

Fig. 9.2 (photo Wolf-Rayet)

Le bestiaire de l'astrophysique regorge de créatures étranges plongées sous l'emprise d'une gravité omnipotente : blafardes naines blanches, étoiles à neutrons hyperdenses, supernovae apocalyptiques, hypernovae ou sursauts gamma. Mais les plus mystérieuses et les plus excitantes d'entre elles sont sans conteste les trous noirs eux-mêmes, d'une compacité extrême, invisibles, et pourtant accidents ordinaires de l'espace-temps.

A la recherche du destin de l'Univers, Jean-Pierre Luminet retrace pour nous les grandes étapes de la découverte de l'Univers et nous invite à voyager au cœur de cette énergie sombre, dont il s'est fait le spécialiste en France. Ce faisant, il nous dévoile les propriétés extravagantes des trous noirs : maelströms emportant dans leur ronde matière, espace et temps, machines à produire de l'énergie, ordinateurs suprêmes, portes de passage vers d'autres univers.

Par sa nature pédagogique, l'ouvrage fournit à son lecteur un formidable outil de compréhension de l'Univers, étant entendu que celle-ci n'est possible ici que par la grâce des talentueuses mises en scènes, réalisées par l'auteur lui-même, des apocalypses célestes : combustion initiale de la planète Terre, extinction programmée du Soleil, explosion des étoiles, coagulation de la matière en trous noirs, désagrégation de notre Galaxie et, enfin, refroidissement final de l'Univers tout entier, déchiré par la mystérieuse énergie sombre récemment découverte.

Un futur classique, à n'en pas douter.

Jean-Pierre Luminet est directeur de recherche au CNRS, astrophysicien à l'Observatoire de Paris-Meudon et spécialiste de réputation mondiale pour ses travaux sur la cosmologie et la gravitation relativiste. Il a publié une quinzaine de livres, parmi lesquels *L'Univers chiffonné* (Fayard, 2001).

Caractéristiques techniques de l'ouvrage

- Format : 180 x 245
 - 450 pages
- Relié cousu, couverture cartonnée et toilée avec jaquette illustrée
 - Papier couché demi-mat 115 g
- 200 illustrations couleurs et noir & blanc
 - 100 schémas
 - Tableaux chronologiques
 - Bibliographie
 - Index
- Prix : 49 €

PARUTION EN OCTOBRE 2006