



## Êta Carinae

Il y a près de deux siècles l'étoile australe êta Carinae montra des variations étonnantes. Dans l'Astronomie Populaire (1880) Flammarion décrit l'évolution étonnante de cette étoile, alors dans la constellation du Navire et « située au milieu d'une singulière nébuleuse ».

« En 1837, cette étoile était de première grandeur, et jusqu'en 1854 elle surpassa en éclat les plus belles étoiles du ciel, ne laissant la palme qu'à Sirius, qu'elle égalait presque en 1843, surpassant Véga, Arcturus, Rigel, alpha du Centaure et Canopus.

« Or, en 1856, elle commença à décroître et descendit au-dessous de toutes les étoiles de première grandeur, venant se ranger parmi celles de la seconde. Continuant de descendre, elle atteignit en 1859 les étoiles de troisième grandeur, en 1862

***La nébuleuse bilobée autour d'êta Carinae photographiée avec le télescope spatial Hubble. Cette nébuleuse contient dix fois la masse du Soleil – matière émise lors de la grande éruption du 19<sup>e</sup> siècle. (N. Smith/U. Arizona; NASA)***

celles de quatrième, en 1864 celles de cinquième, en 1867 celles de sixième, et en 1870 elle disparut à l'œil nu. Depuis 1871 elle descendit lentement les degrés qui séparent la sixième grandeur de la septième, et en ce moment (1879) elle est pleinement de septième ordre. Ainsi, depuis l'année 1856, sous nos yeux, pour ainsi dire, ce lointain soleil, dont la parallaxe est insensible, dont la distance est formidable, dont le volume est prodigieux, ce colossal foyer d'un système inconnu est tombé en 23 ans de sept grandeurs d'éclat, et répand actuellement autour de lui cent fois moins de lumière qu'il n'en rayonnait il y a 23 ans, moins encore, peut-être cent cinquante fois moins. Quels jugements fonder sur de pareilles

variations à l'égard des conditions d'habitabilité d'un système planétaire soumis aux irrégularités d'un pareil soleil? S'il y a là quelque terre habitée analogue à la nôtre, voilà une période glaciaire amenée à sa surface par l'extinction graduelle de son soleil.

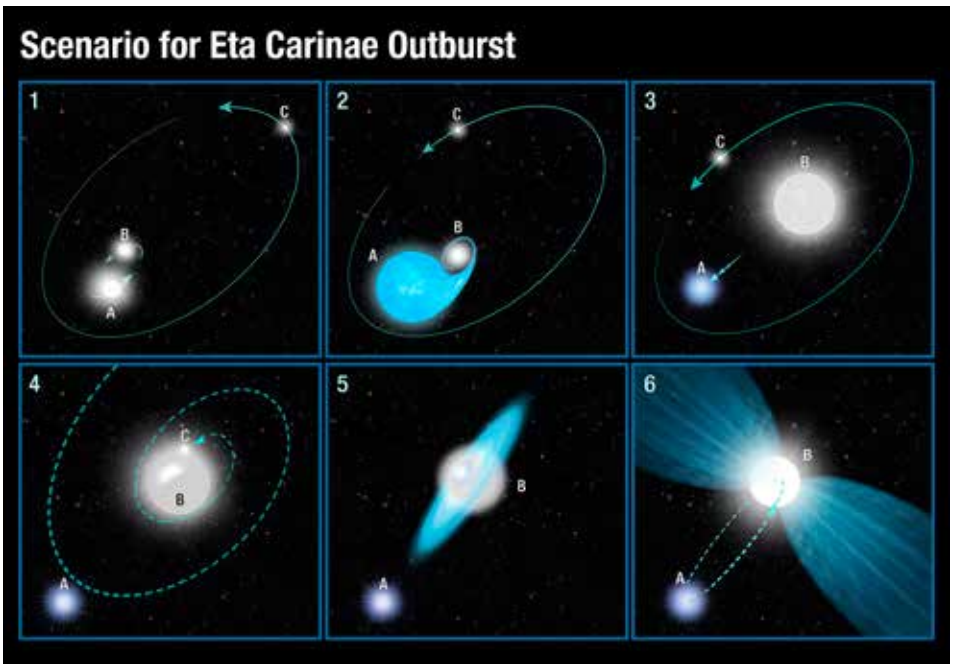
« Se réveillera-t-il, ce soleil du Navire? Va-t-il continuer de décroître jusqu'à une extinction complète, ou bien va-t-il un jour se ranimer et projeter de nouveau autour de sa sphère grandissante les rayonnements de la lumière et de la chaleur qui semblaient s'être éloignés de lui pour jamais? Nous pouvons, nous devons l'espérer, et cette espérance est en partie justifiée par ses faits et gestes depuis deux cents ans qu'on l'observe. Halley l'a vu de 4<sup>e</sup> grandeur en 1677, Lacaille de 2<sup>e</sup> en 1751, Burchell de 4<sup>e</sup> en 1811, Brisbane de 2<sup>e</sup> en 1822, Burchell de 1<sup>re</sup> en 1827, Johnson de 2<sup>e</sup> en 1830, Herschel de 1<sup>re</sup> en 1837. C'est donc là un soleil qui varie rapidement et dans de fortes proportions, et nous devons nous attendre à ce qu'il remonte prochainement tous les degrés de lumière qu'il a descendus. »

On sait maintenant que l'étoile a libéré dans cet événement pratiquement autant

d'énergie qu'une supernova et pourtant elle est toujours là. Les astronomes auraient bien aimé disposer d'une machine à remonter le temps et observer en direct la séquence décrite par Flammarion avec leurs instruments actuels. La nature leur offre cependant un substitut, l'écho lumineux. Une partie de la lumière de l'étoile réfléchi sur des nuages de poussière interstellaire a mis pour nous parvenir 170 ans de plus que la lumière directe et on peut l'analyser en détail.

*Scénario possible de l'éruption d'Éta Carinae au 19<sup>e</sup> siècle.*

**1. Éta Carinae était un système triple (1). L'étoile la plus massive A gonfle à la fin de sa vie et cède beaucoup de matière à B qui devient très massive (2). A est réduite à son noyau brûlant d'hélium et B s'écarte de A (3). C est envoyée vers le centre (4), et interagit avec B en créant un disque de gaz (5). C finit par fusionner avec B dans un événement explosif (6).**  
(NASA, ESA, A. Feild/STScI)

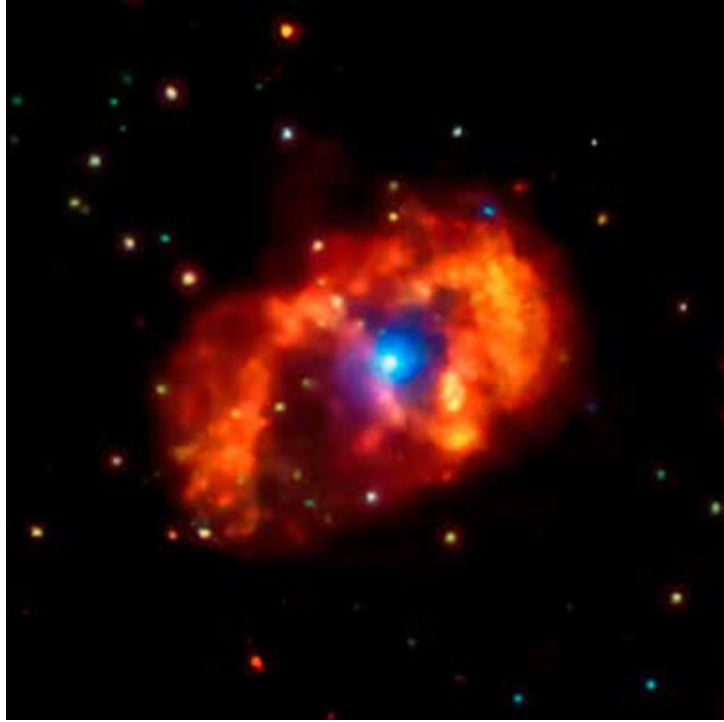


*Image X d'êta Carinae prise par le télescope spatial Chandra. Les rayons X de basse énergie sont en rouge, ceux de moyenne énergie en vert et ceux de haute énergie en bleu.*

*La source centrale bleue est due à la collision des vents stellaires.*

*L'émission diffuse de basse énergie est due aux collisions avec la matière éjectée avant la grande éruption.*

*(NASA/CXC/GSFC/K. Hamaguchi, et al.)*

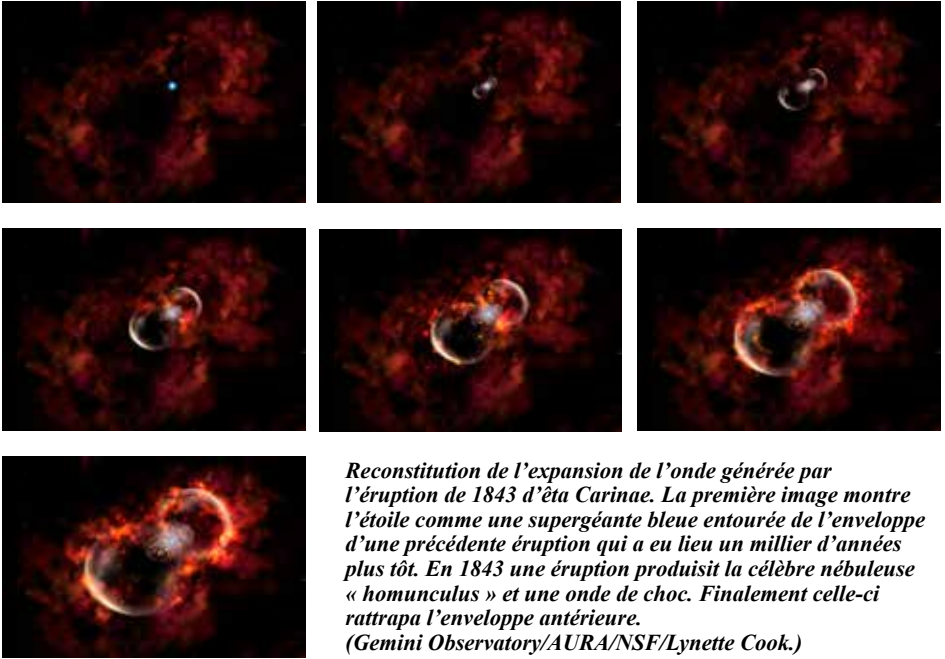


La spectroscopie révèle que l'éruption a dispersé des gaz à une vitesse 20 fois plus élevée que ce que l'on imaginait pour des vents soufflés par une étoile massive en fin de vie, et plus en accord avec les éjecta d'une supernova. En se basant sur ces données, les chercheurs suggèrent que le phénomène a été provoqué par l'interaction violente dans un système triple – interaction qui a conduit à la destruction de l'une des étoiles. En dévorant l'une de ses deux compagnes, *êta Carinae* a projeté plus de dix masses solaires dans l'espace, créant les deux gigantesques lobes que l'on voit maintenant.

Les échos lumineux ont été détectés dans des images obtenues à partir de 2003 avec des télescopes relativement modestes de l'observatoire de Cerro Tololo. L'utilisation de plus grands instruments a permis de prendre des spectres et de mesurer les vitesses d'expansion. Celles-ci s'élèvent à plus de 30 millions

de kilomètres par heure – de quoi faire le trajet Terre-Lune en quelques dizaines de secondes.

Pour expliquer cela, le plus simple est d'invoquer une onde de choc partant de l'étoile et accélérant la matière à de grandes vitesses. Cela se produit dans les supernovæ lorsqu'une étoile massive s'effondre en un trou noir ou une étoile à neutrons. Ce n'est pas le cas ici, l'étoile est toujours présente. Il faut qu'on lui ait communiqué une quantité d'énergie juste suffisante pour faire exploser les couches extérieures mais pas assez pour la détruire complètement. La fusion avec une autre étoile peut remplir parfaitement ce rôle et expliquer toutes les observations d'*êta Carinae*. Le système actuel est double. Il fallait donc qu'il fût triple avant cet événement. Ce scénario comprend une paire compacte d'étoiles massives et une troisième compagne plus éloignée. À la fin de sa vie, la plus massive des étoiles du couple grossit et cède la majorité de sa matière à sa



*Reconstitution de l'expansion de l'onde générée par l'éruption de 1843 d'êta Carinae. La première image montre l'étoile comme une supergéante bleue entourée de l'enveloppe d'une précédente éruption qui a eu lieu un millier d'années plus tôt. En 1843 une éruption produisit la célèbre nébuleuse « homunculus » et une onde de choc. Finalement celle-ci rattrapa l'enveloppe antérieure.  
(Gemini Observatory/AURA/NSF/Lynette Cook.)*

compagne. Celle-ci pèse alors une centaine de soleils tandis que l'autre ne fait plus qu'une trentaine de soleils. Elle a perdu son enveloppe d'hydrogène et montre son cœur d'hélium très chaud.

Le transfert de masse a altéré l'équilibre gravitationnel du système et les deux étoiles s'écartent. L'étoile d'hélium finit par interagir avec la compagne éloignée et envoyer celle-ci vers le centre où elle fusionne progressivement avec l'étoile massive. Cette fusion entraîne d'abord des éjecta denses et relativement lents, puis un phénomène explosif et des éjections cent fois plus rapides qui rattrapent les premières dans une collision. C'est cette collision qui chauffe la matière et explique la surbrillance observée au 19<sup>e</sup> siècle.

Il subsiste maintenant une étoile géante autour de laquelle gravite l'étoile cœur-d'hélium sur une orbite très elliptique – la séparation entre les étoiles varie d'un facteur 20 entre

le périastre et l'apoastre. On peut observer une variation des rayons X émis par les ondes de choc avec la période de révolution de 5 ans et demi.

Les étoiles très massives ont une vie très brève et sont peu nombreuses. Les chances de pouvoir observer des phases critiques de leur évolution sont très faibles. Le cas d'êta Car est donc une aubaine pour les astronomes.

Êta Carinae est classée comme LBV (Luminous Blue Variable). C'est l'une des étoiles intrinsèquement les plus brillantes de la Galaxie, cinq millions de fois le Soleil. Ces étoiles perdent beaucoup de masse avant d'exploser en supernovæ, mais êta Car bat les records. Elle devrait exploser d'ici un demi-million d'années mais au vu des éruptions subies par certaines supernovæ dans les dizaines d'années précédant leur explosion, on suspecte que êta Car pourrait bien le faire beaucoup plus tôt.