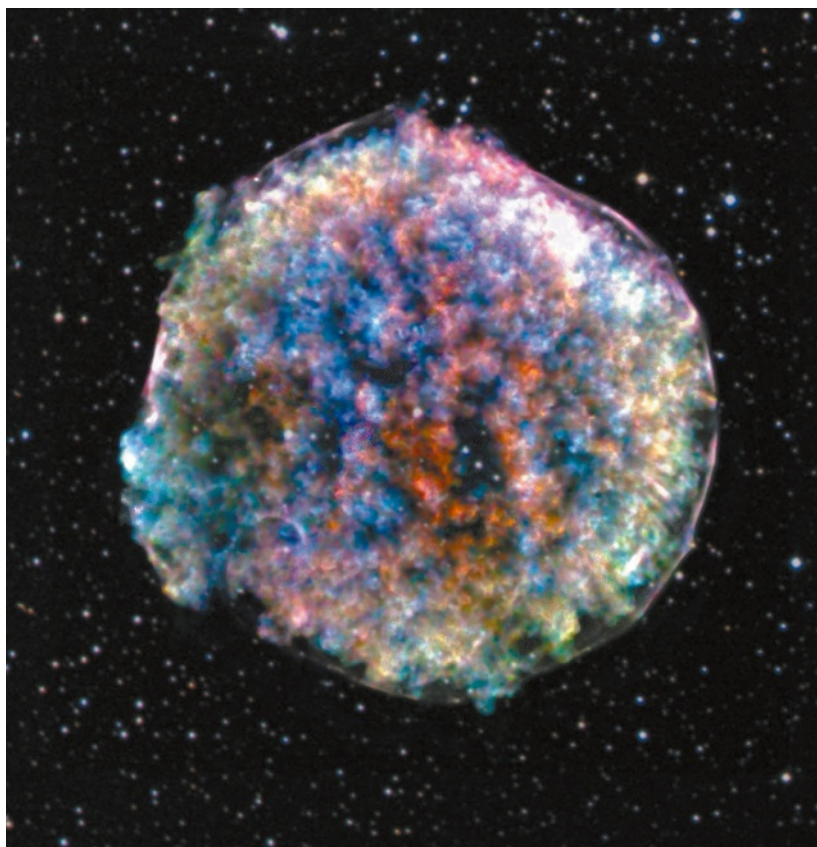




né il y a plus de 4 milliards d'années et brûle encore son hydrogène. Les étoiles plus massives présentent une pression gravitationnelle plus forte et une température plus élevée. Elles consomment rapidement leur carburant nucléaire et ont une vie très courte, de l'ordre de 10 millions d'années. Ces fourneaux stellaires ont cependant une chaîne de fusion nucléaire riche et synthétisent des éléments « lourds » (oxygène, carbone, néon, fer, etc.).

La masse d'une étoile détermine aussi comment elle mourra. Les étoiles de moins de huit masses solaires environ connaissent une fin relativement paisible. Une fois la réserve de combustible nucléaire épuisée, s'y amorce la fusion d'éléments plus lourds. Ces réactions étant plus énergétiques, l'étoile enflé et expulse dans l'espace ses couches externes, formant une magnifique nébuleuse planétaire. Puis, faute d'une température suffisante pour que les processus de fusion se poursuivent, le noyau de l'étoile se contracte et devient alors une naine blanche: un objet chaud et dense d'environ une demi-masse solaire pour une taille à peine supérieure à celle de la Terre.

Les étoiles massives, en revanche, connaissent une fin violente en raison des températures et des pressions énormes régnant dans leur cœur. Quand elles atteignent le stade de production du fer, la chaîne de combustion nucléaire se brise. Le fer est si stable qu'il ne

En 1572, l'astronome Tycho Brahe a observé à l'œil nu la supernova SN1572. Les restes de l'étoile (le « rémanent ») sont encore visibles aujourd'hui, mais pas à l'œil nu. En 2019, les astronomes ont étudié la distribution tridimensionnelle et hétérogène du gaz et de poussière expulsés lors de cette explosion. L'image en fausses couleurs a été prise par le télescope spatial *Chandra*. On y voit le silicium qui se déplace vers la Terre (en bleu) ou s'en éloigne (en rouge). Les autres couleurs correspondent à d'autres éléments.

fusionne pas pour former des éléments plus lourds. Conséquence: la pression qui s'opposait à la gravité disparaît, et le cœur de l'étoile s'effondre sur lui-même. Sous l'effet de la pression extrême, les atomes sont alors si proches les uns des autres qu'une nouvelle force entre en scène: l'« interaction forte ». Une forme de pression inédite rétablit un équilibre. Le cœur devient alors une étoile à neutrons, c'est-à-dire un état très dense où la matière est essentiellement constituée de neutrons.

Si l'étoile est assez massive (à partir de 20 masses solaires environ), la gravité l'emporte même sur l'interaction forte et l'étoile à neutrons s'effondre encore davantage jusqu'à former un trou noir. Dans un cas comme dans l'autre, quand le cœur périclite, une partie de l'énergie libérée provoque une violente éjection des couches externes de l'étoile dans l'espace. Cette explosion spectaculaire, une supernova, est si lumineuse que, pendant quelques jours, elle brille plus que l'ensemble de toutes les autres étoiles de sa galaxie.

Depuis des millénaires, les humains ont remarqué à l'œil nu ce phénomène de supernova. Notamment, en 1572, l'astronome danois Tycho Brahe a ainsi constaté la formation d'une « nouvelle étoile » dans la constellation de Cassiopée. Elle était aussi brillante que Vénus, un éclat qu'elle a conservé pendant plusieurs mois avant de s'estomper. Le vestige de l'explosion est encore visible aujourd'hui (voir l'image ci-contre).

## AU-DELÀ DE LA VOIE LACTÉE

Pour qu'une supernova soit visible à l'œil nu, elle doit se produire dans la Voie lactée, comme la supernova de Tycho, ou dans l'une de ses galaxies satellites. Cet événement est rare. Il ne me sera peut-être pas donné de voir un jour une telle explosion sans l'aide d'un télescope, mais l'espoir est permis. Au cours du <sup>xx</sup>e siècle, les astronomes ont commencé à utiliser des télescopes pour chercher des supernovæ au-delà de la Voie lactée. La méthode est simple: en faisant des observations régulières de certaines galaxies, nous traquons des objets qui s'allument puis s'éteignent, des « événements astronomiques transitoires ». Avec la robotisation des télescopes et le développement de caméras très performantes, nous sommes capables de repérer des milliers de supernovæ chaque année.

Dans les années 1960, grâce au développement de télescopes spatiaux, les astronomes ont découvert des événements astronomiques transitoires particuliers, les sursauts de rayons gamma (ou GRB, pour *gamma-ray burst*), de brèves bouffées de rayons gamma. C'est seulement dans les années 1990 que les chercheurs ont compris que ces sursauts gamma sont associés à la mort violente de certaines étoiles massives qui s'effondrent en étoiles à neutrons ou