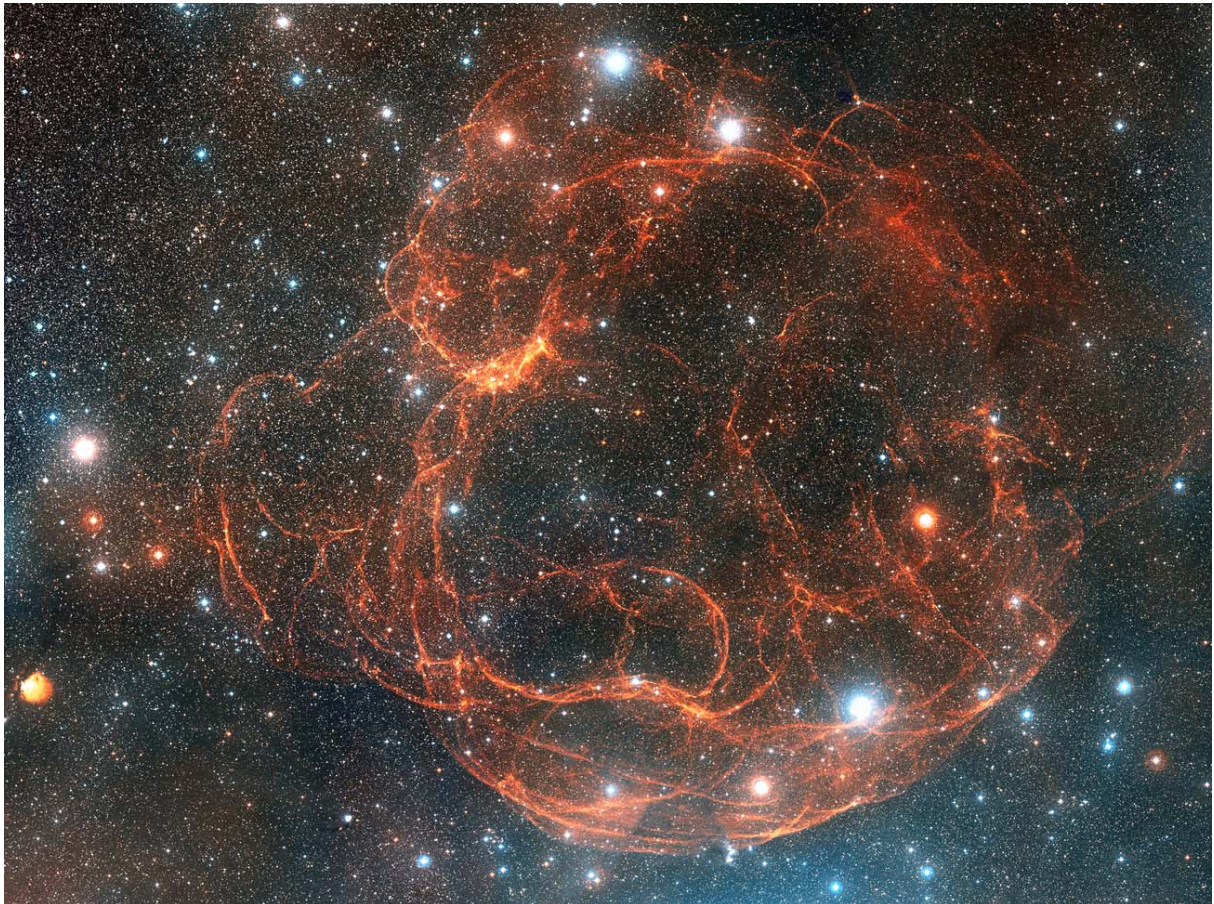


# Vie et mœurs des étoiles

Jeudi 7 août



Fascinantes et indispensables usines à atomes, les étoiles livrent peu leurs secrets aux astrophysiciens. Après avoir longtemps imaginé que leur colossale énergie était le fruit de la combustion de charbon ou de pétrole, nous savons aujourd'hui que leur fonctionnement est plus proche de la bombe à hydrogène que de la centrale thermique. Pourtant, devant ces apparences hostiles, nous avons appris que les étoiles engendraient la complexification de la matière et permettaient dans un stade ultime l'apparition d'êtres évolués.

Désormais, nous connaissons dans les grandes lignes le destin des étoiles, même si beaucoup reste encore à découvrir.

### Formation et caractéristiques

Les étoiles naissent dans des gigantesques nuages de gaz et de poussières : les **nébuleuses**. Pendant des millions d'années, ces nébuleuses vont s'effondrer sous l'effet de leur propre gravité. Le gaz et la poussière n'y étant pas distribués de manière parfaitement uniforme, vont apparaître çà et là des "grumeaux" de matière, essentiellement composés d'hydrogène et de poussière interstellaires.

A ces endroits, la densité croît très vite et la température monte en conséquence. (Il faut savoir qu'en vertu de la loi des gaz, plus la densité est grande, plus la température est haute).

Le processus de formation stellaire dure environ 20 millions d'années. Lorsqu'au cœur de ce "grumeau stellaire" la température atteint une dizaine de millions de degrés, l'étoile "s'allume" et débute alors la fusion de l'hydrogène en hélium.



**Nébuluse de l'Aigle M16    Cocons stellaires au sein de M42    Amas ouvert des Pléiades**

Au sein d'une nébuleuse, les étoiles ne naissent pas individuellement, mais par groupes, constitués de quelques dizaines à quelques centaines d'étoiles, appelés **amas ouverts**.

Une étoile est donc une énorme boule de gaz. Au cours de sa vie normale, l'hydrogène qui est en son cœur va fusionner en hélium.

- Toute la matière existante est composée de noyaux et d'électrons qui tournent autour.
- Un noyau est composé de neutrons et de protons. C'est le nombre de protons dans le noyau qui détermine une matière donnée. Par exemple, un atome dont le noyau possède un proton s'appelle l'hydrogène, alors que le noyau du fer possède 26 protons.
- Une réaction qui met en jeu le noyau des atomes est une réaction nucléaire (du latin *nucleus* = noyau). Il existe deux types de réactions nucléaires : la **fission** qui consiste à casser un gros atome en plusieurs petits et la **fusion** qui au contraire consiste à fabriquer un gros atome avec d'autres plus petits. La fusion nucléaire est une réaction beaucoup plus énergétique que la fission et d'ailleurs l'homme ne sait pas la maîtriser autrement que de manière explosive (bombes H thermonucléaires).

A leur naissance, les étoiles ne possèdent pas toute la même taille et la même couleur. Ces deux critères sont déterminant pour les caractéristiques et la durée de vie de ces dernières.

La couleur d'une étoile nous renseigne sur sa température de surface. Les étoiles bleues sont des géantes possédant une température de surface très élevée, de l'ordre de 30000°C. Du fait

de leur taille, leur durée de vie est assez courte : quelques dizaines de millions d'années. Mais ce sont des étoiles extrêmement rares représentant moins de 1 % de la population stellaire.

Ensuite, par ordre décroissant de température, viennent les étoiles blanches, jaunes, oranges et rouges (environ 3500 °C).

Ces deux dernières catégories représentent près de 90 % de la population stellaire. Les étoiles rouges sont de petites étoiles (diamètre environ 1/10 de notre Soleil), dont la durée de vie se compte en dizaines de milliards d'années.

En effet, la durée de vie d'une étoile est liée à sa masse à sa naissance. Plus elle est importante, plus elle fusionne de grosses quantité de gaz ; sa durée de vie sera donc brève.

### La mort des étoiles

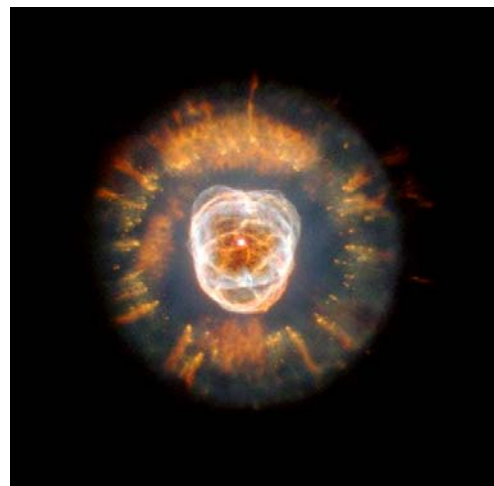
En fait, une étoile va synthétiser de nombreux éléments les uns après les autres. Mais plus les atomes sont complexes, plus la température du cœur, nécessaire à leur fusion est grande. Le Soleil, par exemple, est trop petit pour pouvoir un jour atteindre des très hautes températures et il ne pourra donc pas synthétiser d'éléments plus lourds que le carbone.

A ce moment, après avoir gonflé en géante rouge, le cœur de notre étoile se sera condensée en un astre très dense et très chaud : une naine blanche. (c'est un astre de la taille de la Terre et de la masse du Soleil.) Les couches externes seront expulsées autour de la naine blanche, pour donner ce que l'on appelle une nébuleuse planétaire ou annulaire. Mais rassurez-vous, le Soleil contient assez d'hydrogène pour tenir encore cinq milliards d'années...

C'est le sort que subissent toutes les étoiles ayant une masse inférieure ou égale à notre Soleil.

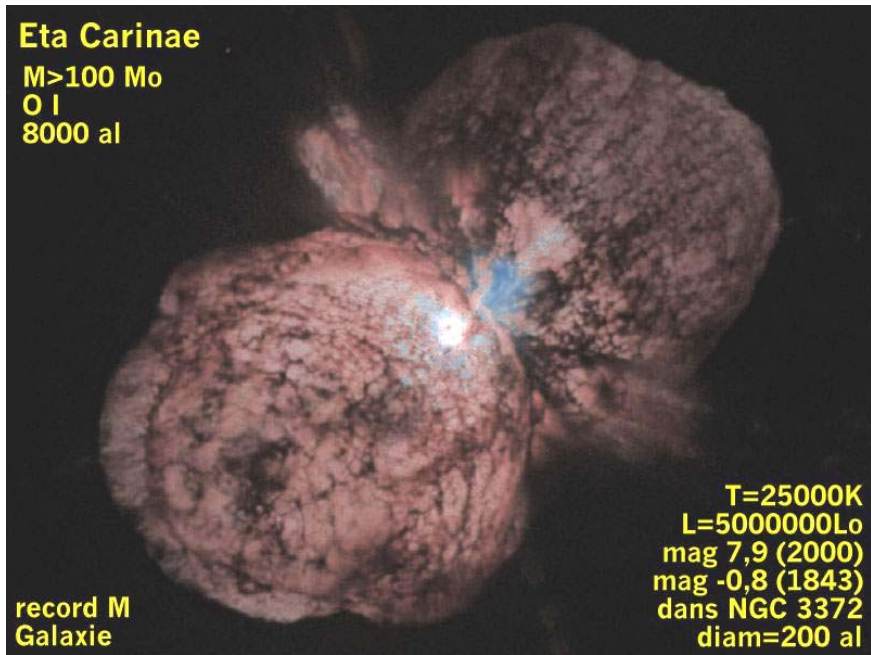


**Nébuleuse annulaire de Lyre M57**



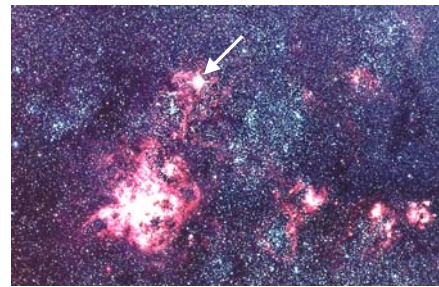
**Nébuleuse planétaire de l'esquimo**

Les très grosses étoiles, en revanche, vont vivre une fin beaucoup plus tourmentée. Lorsqu'elles dépassent un dizaine de masses solaires, la température en leur cœur peut suffisamment s'élever pour aller jusqu'à la synthèse du fer, qui est l'élément le plus stable de tous et qui ne peut fusionner.



Dès lors, il n'y a plus de réaction nucléaire et plus rien n'empêche la gravité de prendre le dessus. L'étoile s'effondre alors sur elle-même, les couches externes rebondissent sur son cœur dans une gigantesque explosion appelée *supernova*.

Cette explosion provoque la fabrication de tous les éléments existant, jusqu'à l'uranium, qui vont être éparpillés dans l'espace environnant. Les éléments qui nous composent sont donc synthétisés dans ces étoiles et c'est à ce titre que comme dit un homme célèbre, *nous sommes des enfants des étoiles*.



**Supernova observée en 1987 dans le Grand Nuage de Magellan (l'étoile la plus brillante sur la seconde photo indiquée par la flèche)**

Le cadavre qui en résulte est plus dense qu'une naine blanche, c'est une *étoile à neutrons*, ou un *pulsar*. Si l'étoile originelle est vraiment très massive, elle peut générer un *trou noir*, astre si dense que la vitesse de libération à sa surface est plus grande que la vitesse de la lumière. (La vitesse de libération est la vitesse qu'il faut atteindre pour échapper à l'attraction gravitationnelle d'un astre. Dans un trou noir, même un photon n'est pas assez rapide, cet objet ne peut donc pas briller, d'où son nom.) Enfin, pour se faire une idée de la densité du trou noir, il faut savoir que le soleil en serait un s'il mesurait 3 cm de diamètre pour la même masse.

### **La mort du soleil et les conditions de vie sur Terre dans 5 milliards d'années**

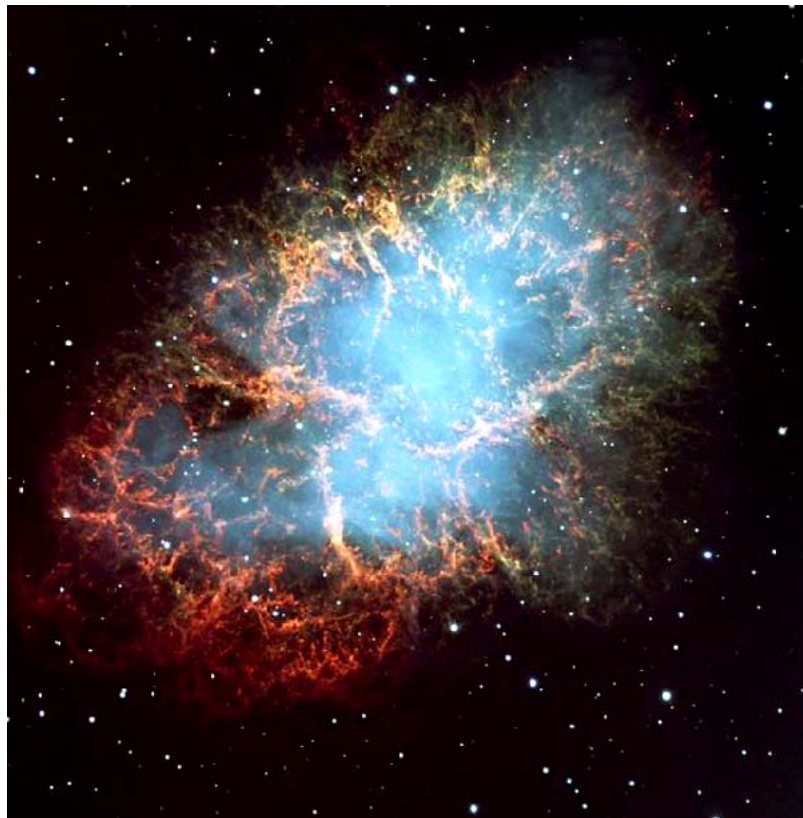
Durant la phase géante, l'enveloppe du Soleil se rapprochant inexorablement de la Terre, lorsqu'il sera 5% plus chaud qu'aujourd'hui, la végétation terrestre commencera à dépérir. Il sera grand temps pour l'homme de migrer sur Mars ou Europe, le satellite de Jupiter aujourd'hui couvert de glace mais qui se sera alors métamorphosé en planète liquide. L'homme pourrait temporairement y vivre dans des colonies flottant à la surface de l'eau ou ancrées au fond des océans bien que cette vie recluse, loin de la lumière et de la chaleur du Soleil ne soit pas une solution à long terme. Mais nos petits-enfants auront bien le temps de réfléchir à la question.

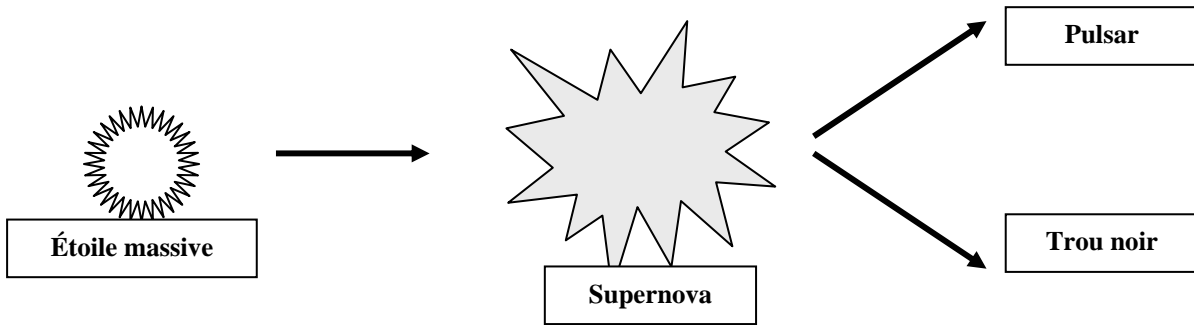
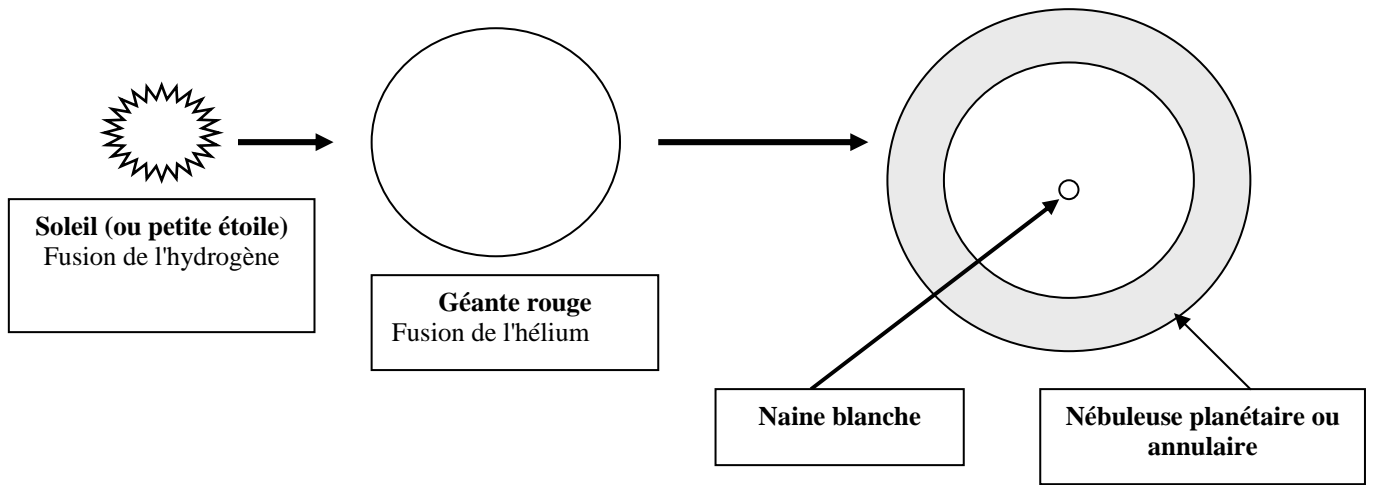
Lorsque le Soleil sera 10% plus chaud, les animaux ne pourront plus supporter la chaleur et disparaîtront à leur tour. Lorsque le Soleil sera 15% plus chaud, les fleuves et l'eau des océans vont s'évaporer, libérant d'énormes quantités de vapeur dans l'atmosphère. La couverture nuageuse retenant la chaleur, la Terre deviendra invivable, la température au sol dépassant largement les 400°C.

A ce stade, certains scénarii prédisent que l'enveloppe du Soleil s'étendra jusqu'à l'orbite de Vénus, faisant monter la température sur Terre à 1200°C. Le Soleil sera devenu 2000 fois plus chaud et sa taille pourrait atteindre 180 à 200 fois sa taille actuelle ! A cette époque le Soleil brillera dix mille fois plus fort qu'aujourd'hui à la magnitude -36 et sous-tendra un angle de 69° à la surface de la Terre !

Enfin, la Terre sera engloutie dans l'atmosphère solaire et telle une roche en fusion, elle finira dans son noyau dans un long mouvement spiralé. D'autres scénarii, plus optimistes mais minoritaires pensent qu'à ce stade le Soleil aura perdu quelque 28% de sa masse, ce qui fait que Vénus ne connaîtra vraisemblablement pas les affres de l'enfer. La Terre, 38% plus éloignée du Soleil qu'aujourd'hui sera mécaniquement sauvagée.

**La nébuleuse de Crabe (M1), rémanent de la supernova observée en 1054 par les Chinois. Les astronomes ont découvert un pulsar au cœur de M1.**





**Les deux scénarii de la mort d'une étoile suivant sa masse**