

## Le ciel nocturne de Novembre.

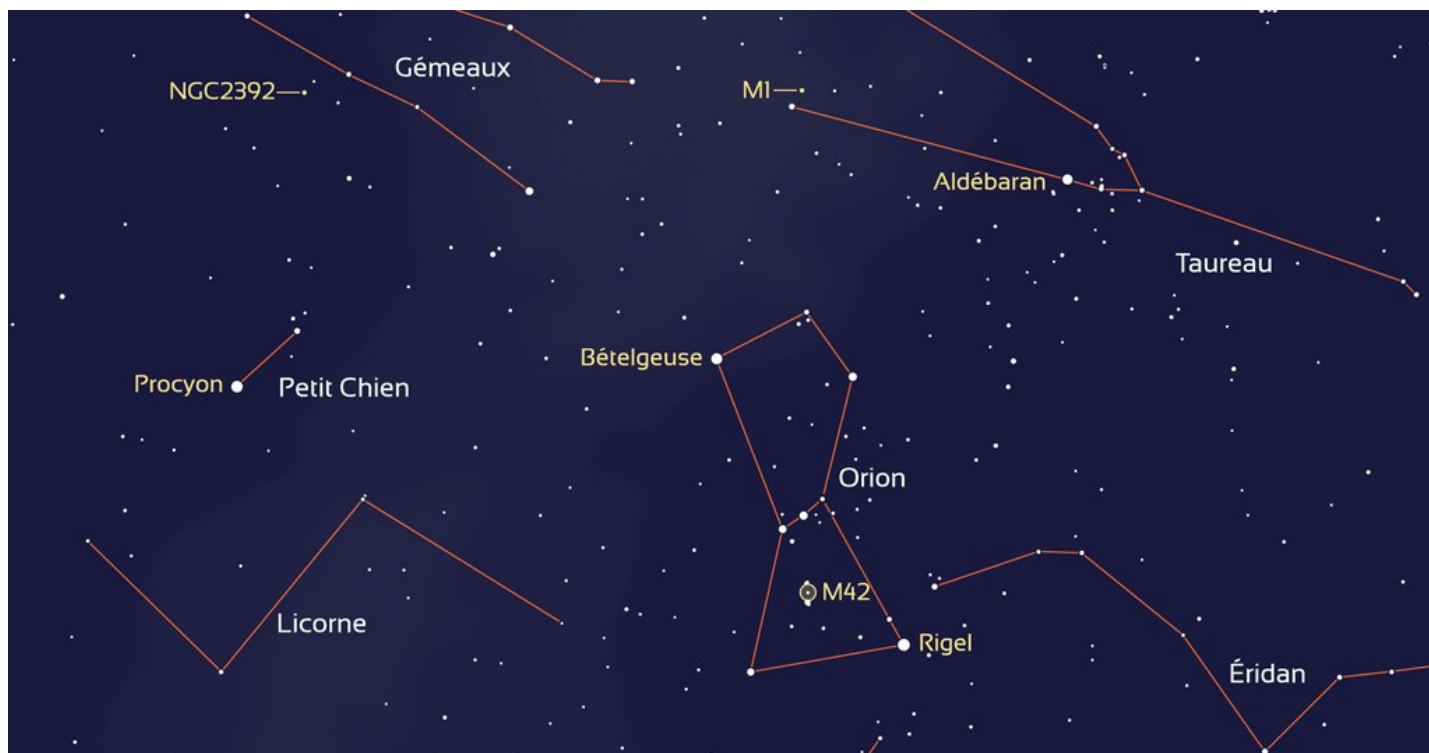
*Le familier ciel étoilé nous semble immuable ; mais le temps des étoiles n'est pas le temps des hommes !*

*Les étoiles aussi naissent, évoluent et meurent dans le Grand Cycle de la Matière.*

### Vie et Mort des Etoiles.

*Une soirée d'observation dans la région de la constellation d'Orion (au Sud-Est dans le ciel d'automne-hiver) permet de visualiser le destin des étoiles.*

*La plupart des cibles proposées sont visibles à l'œil nu ou avec des jumelles, seules les nébuleuses NGC2392 et M1 sont à rechercher à la lunette ou au télescope.*

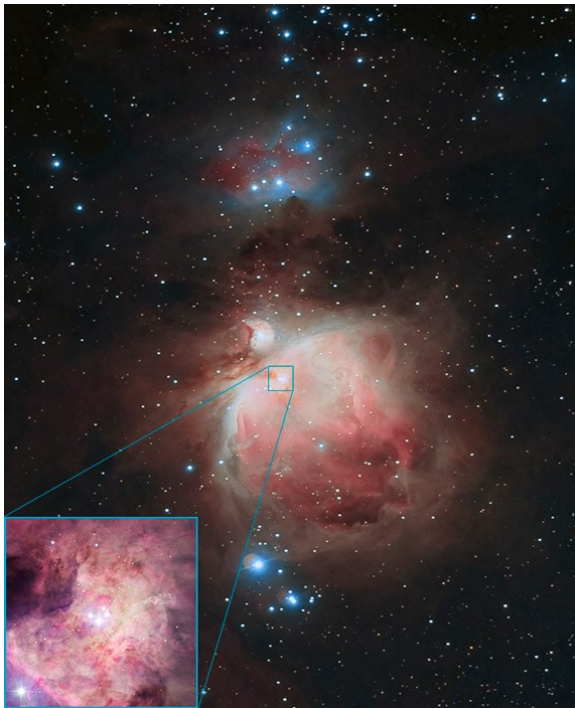


#### Une conception au creux des nuages interstellaires.

Une étoile naît au cœur d'un nuage de gaz (essentiellement de l'hydrogène, l'élément le plus léger) et de poussières interstellaires. Sous l'effet de la gravité, la matière se concentre progressivement, jusqu'à ce qu'une réaction de fusion nucléaire (\*) s'enclenche au cœur de l'étoile.

Au cœur de l'étoile, l'hydrogène se transforme d'abord en hélium, puis en éléments plus lourds. L'énergie nucléaire ainsi produite équilibre la gravité, et empêche l'étoile de s'effondrer sur elle-même. L'énergie dégagée est rayonnée sous forme de lumière. Et l'étoile brillera tant que son « carburant » le lui permettra.

(\*) Lors de la fusion nucléaire, les noyaux de 2 atomes (ou éléments) fusionnent pour créer un noyau d'un atome plus « lourd ». C'est le phénomène inverse de la fission nucléaire, lors de laquelle le noyau d'un élément lourd se casse pour générer 2 noyaux d'éléments plus légers.



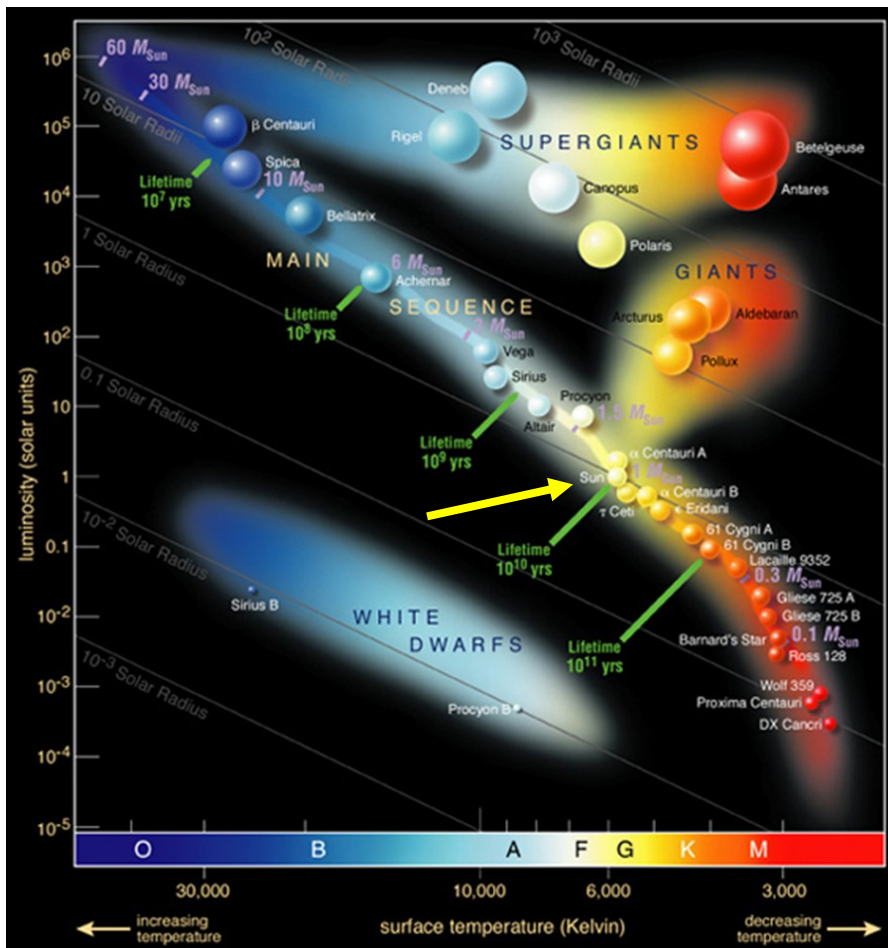
La nébuleuse d'Orion (M42) (voir *Ciel Nocturne de Janvier*), est un bel exemple de ces nuages de gaz et de poussières. En plein cœur s'y niche une pouponnière d'étoiles appelée **le Trapèze**, qui regroupe de très jeunes étoiles âgées d'environ 30 000 ans.

Nées de l'effondrement sur eux-mêmes des gaz environnants, ces étoiles parmi les plus jeunes connues, chauffent le gaz restant, le rendant lumineux.

La zone de la nébuleuse se repère à l'œil nu sous un ciel noir : les jumelles permettent de distinguer sa forme d'oiseau.

*M42, la nébuleuse d'Orion est une pouponnière d'étoiles facile à voir. En son cœur, la zone du Trapèze (vignette)*

## La classification des étoiles.



Toutes les étoiles se forment ainsi, à la suite de l'effondrement d'un nuage de gaz.

Leur destin diverge ensuite, essentiellement selon leur masse.

La masse des étoiles est évaluée en masse du Soleil ( $M_{\text{Sun}}$ ), soit  $2 \times 10^{30}$  kg.

**Hertzsprung et Russel** ont regroupé les étoiles en fonction de leur luminosité et de leur température de surface.

Ce diagramme identifie les différents stades d'évolution des étoiles sous forme de branches.

La flèche pointe le Soleil.

Au cours de sa vie, une étoile passe la majeure partie de sa vie sur la “**séquence principale**” (« *Main sequence* », la diagonale du diagramme), avant de se transformer en **géante**, **supergéante** ou **naine blanche** (*White dwarf*).

La séquence principale montre que plus une étoile est massive, plus sa température de surface est élevée, plus elle brille et ... plus sa vie est courte.

## La vie tranquille des étoiles peu massives.

Une fois que la réaction nucléaire en leur cœur est déclenchée, **les étoiles dont la masse est inférieure à 8 masses solaires** restent longtemps dans un état stable : elles consomment relativement lentement leur hydrogène, ce qui leur permet de vivre longtemps.

Notre **Soleil** en est l'exemple parfait (*voir plus loin*), mais ... malheureusement vous ne pourrez pas le voir la nuit !

Proche d'Orion, **Procyon**, principale étoile de la constellation du **Petit Chien** est visible facilement à l'œil nu. Elle est assez similaire au Soleil (1,5 masse solaire, de couleur blanc-jaune, température en surface 6 300 °C) mais son évolution est plus avancée. Procyon vient d'achever de consommer son hydrogène et - alors qu'elle commence à fusionner son hélium pour créer du carbone et de l'oxygène - elle est en train de se dilater pour devenir progressivement une géante rouge, dernière étape de la vie des étoiles peu massives.



**Aldébaran** (1,2 masse solaire), **géante rouge** dans la constellation du **Taureau**, a déjà consommé une grande partie de son hélium. Elle s'est dilatée au point d'atteindre un diamètre de 45 fois celui du Soleil. Cette dilatation entraîne le refroidissement de sa surface (3600 °C environ), ce qui explique sa belle couleur orangée mieux reconnaissable aux jumelles. Elle restera à ce stade durant 100 à 200 millions d'années.

Lorsque la combustion de l'hélium est achevée, les choses se précipitent : le cœur grossit, l'étoile devient instable et finit par expulser ses couches externes.

Il se forme alors une **nébuleuse planétaire**, coquille gazeuse en expansion ayant souvent une forme ronde, d'où son nom.

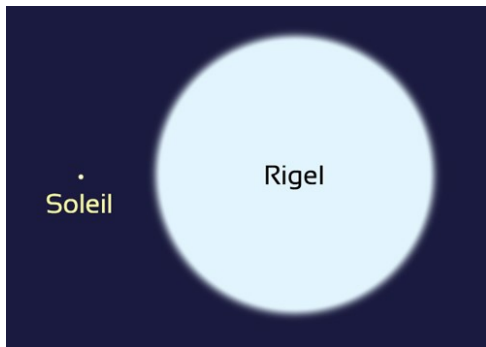
**NGC2392, la nébuleuse du Clown**, dans la constellation des **Gémeaux** en est l'exemple parfait : l'étoile qui en est à l'origine a éjecté ses couches externes il y a environ 10 000 ans.

En son centre, une **naine blanche**, vestige très dense et très chaud de l'étoile qui va se refroidir en quelques centaines de millions d'années.



*La nébuleuse planétaire du Clown (NGC2392) est le vestige d'une étoile semblable au Soleil. Au milieu des couches externes de l'étoile qui se diluent dans l'espace, la naine blanche refroidit progressivement.*

## La fin spectaculaire des étoiles massives.



Pour les étoiles de plus de 8 masses solaires, la période stable de combustion de l'hydrogène dure seulement entre 50 et 100 millions d'années .

**Rigel** (17 masses solaires), visible à l'œil nu dans la constellation d'**Orion**, en est un bon exemple.

Cette étoile géante , très chaude (10 000 °C en surface), est blanc-bleue.

C'est l'un des astres les plus brillants connus : **Rigel** brille

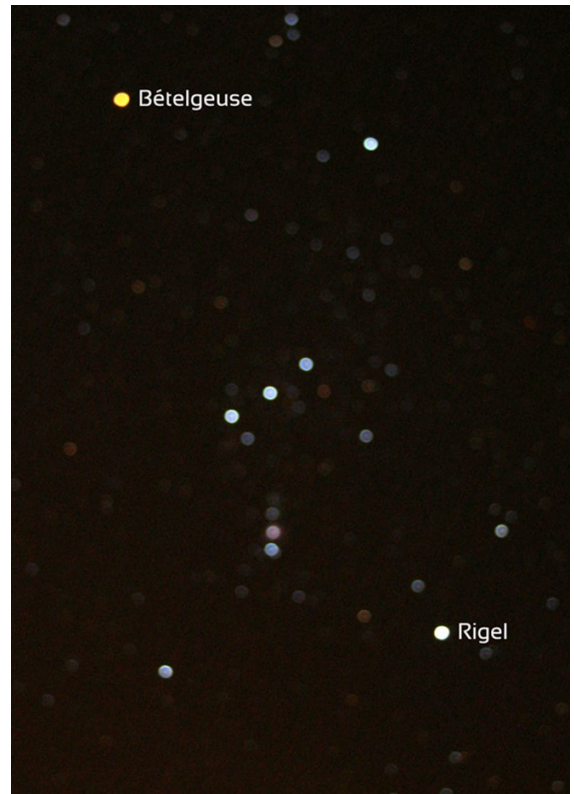
40 000 fois plus que le Soleil !

Dans quelques dizaines de millions d'années Elle commencera à brûler son hélium et se dilatera pour devenir une **supergéante rouge**, comme **Bételgeuse** . Cette dernière mesure environ 1 000 fois le diamètre du Soleil, alors qu'elle ne fait que 15 fois sa masse.

Placée au milieu de notre Système solaire, sa surface approcherait l'orbite de Jupiter !

Des étapes de fusion supplémentaires se produisent dans son cœur plus dense et plus chaud : fusion de l'hélium en carbone et en oxygène, puis en d'autres éléments lourds.

**Bételgeuse** est de couleur orangée-rouge (température en surface 3500 °C) et se voit facilement à l'œil nu, en haut à gauche de la constellation d'Orion.



*Cette image volontairement floue de la constellation d'Orion met en évidence la couleur des étoiles et en particulier le blanc-bleu de Rigel et l'orangé-rouge de Bételgeuse.*

D'ici quelques milliers d'années, elle connaîtra la fin spectaculaire des étoiles massives : l'explosion de l'étoile en **supernova**.

Cette explosion se produit au moment où l'étoile termine l'étape de fusion qui produit du fer. Or la fusion du fer ne produit pas d'énergie : le moteur nucléaire s'arrête !

L'équilibre interne de l'étoile se rompt subitement et elle s'effondre sur elle-même.

Ses couches externes heurtent violemment le cœur et sont expulsées des vitesses faramineuses , de l'ordre de la vitesse de la lumière !

De cette fin cataclysmique, il reste alors les débris de l'étoile qui se répandent dans l'espace : le **rémanent de supernova**, ainsi qu'une **étoile à neutrons** tournant très rapidement sur elle-même, qui est tout ce qu'il reste du cœur.



Dans la constellation du Taureau se trouve l'un de ces vestiges stellaires : **M1, la nébuleuse du Crabe**.

L'explosion de la supernova - qui en est à l'origine - a été observée en 1054 : plusieurs récits anciens rapportent l'éclat de l'étoile mourante, visible en plein jour durant plusieurs semaines !

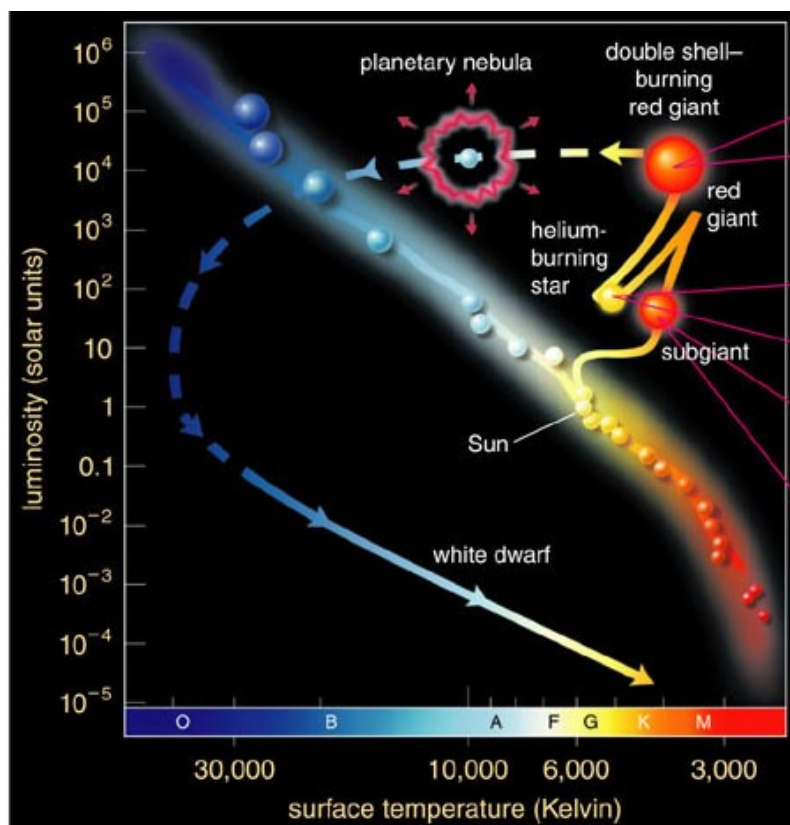
Enfin, dans le cas où l'étoile à neutrons résultant de la supernova fait plus de 3,2 masses solaires, une dernière étape est franchie : trop dense, elle s'effondre sur elle-même et engendre un **trou noir** ! (cf. *Ciel Nocturne d'Octobre*).

## Et notre Soleil ?

Notre **Soleil** est une étoile **naine jaune**, composée de 74 % d'hydrogène, de 24 % d'hélium et d'une fraction d'éléments plus lourds. Sa température de surface est de 5 500 °C. Agé d'environ 4,5 milliards d'années, il devrait briller encore à peu près 6 milliards d'années.

Le Soleil aura alors converti tout son hydrogène en hélium. Il se transformera en **géante rouge**, pour une période d'environ 1 milliard d'années.

Il deviendra ensuite une **sous-géante**. Son diamètre stabilisera à 10 fois sa taille actuelle. Cette période durera environ 100 millions d'années.



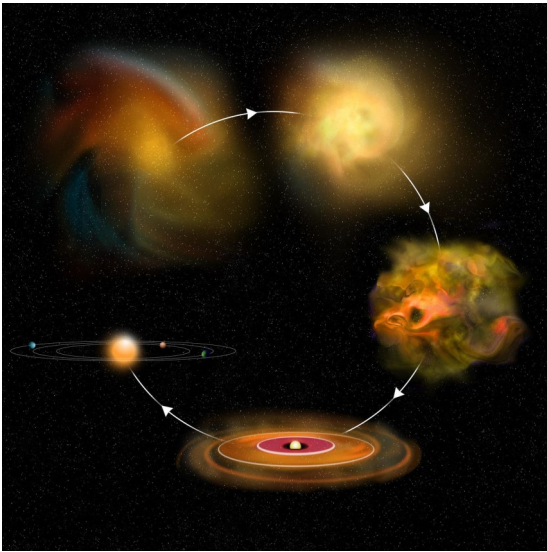
Enfin, lorsque l'hélium du cœur sera entièrement transformé en carbone et oxygène, le Soleil redeviendra une **géante rouge**, pour environ 20 millions d'années.

Il passera alors au stade de **nébuleuse planétaire** accompagnée d'une **naine blanche**, d'une taille comparable à celle de la Terre.

La température en surface de la naine blanche atteindra 50 000°C.

La naine blanche mettra plusieurs milliards d'années à se refroidir. Elle terminera sa vie en **naine noire**, un cadavre céleste si froid qu'il n'émet plus aucune lumière.

## Le Grand Cycle de la Matière



Les étoiles sont au cœur du **Grand Cycle de la Matière** : elles naissent du gaz, forgent des éléments de plus en plus lourds dans leur feu nucléaire, puis retournent à l'état de gaz et de poussières interstellaires.

Cependant, sur Terre, la fusion nucléaire n'existe pas à l'état naturel (la radioactivité naturelle provient de la fission nucléaire).

Et pourtant, nous sommes entourés partout d'éléments lourds !

Cela signifie que tous ces éléments, y compris le carbone et l'oxygène qui composent notre corps, ont été générés auparavant par les étoiles .

**Hubert Reeves** , le célèbre astrophysicien, le constate justement : « **Nous sommes tous des poussières d'étoiles** . »

## Les Rendez-vous célestes de Novembre.

Tout au long du mois, **Jupiter** et **Saturne** continuent leur poursuite dans le ciel nocturne.

De la mi-octobre à la fin décembre, **Vénus** passe d'un beau quartier de taille modeste à un croissant de plus en plus fin et de plus en plus grand.

4 Novembre : Nouvelle lune

5 Novembre: Lune au périgée (distance= 358843 km)

8 Novembre: Rapprochement entre la Lune et Venus.

11 Novembre: Rapprochement entre la Lune et Jupiter.

12 Novembre: Pluie d'étoiles filantes : Taurides (5 météores/heure au zénith; durée : 51 jours)

14 Novembre: Rapprochement entre la Lune et Neptune.

17 Novembre: Pluie d'étoiles filantes : Léonides (15 météores/heure au zénith; durée : 24 jours)

19 Novembre : PLEINE LUNE (éclipse partielle de Lune en partie visible à Paris)

21 Novembre : Pluie d'étoiles filantes : Alpha Monocérotides (durée = 10,0 jours)

21 Novembre: Lune à l'apogée (distance géoc. = 406279 km)

27 Novembre: DERNIER QUARTIER DE LA LUNE.



## Carte du ciel à Toulouse le 15 Novembre 2021 22h30

Avec et sans les constellations et météorites.