

## Les Naines blanches

### Exemple de Sirius

- ▶ Étoile la plus brillante du ciel
- ▶ Système d'étoile binaire
- ▶ À 8,6 a.l.
- ▶ Âgé de 250 millions années

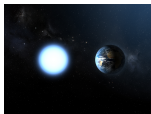


Figure 38 – Sirius B VS Terre, [https://www.esa.int/ESA\\_Multimedia/Search?SearchText=sirius&result\\_type=images](https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Search?SearchText=sirius&result_type=images)

### Sirius A

- ▶ Étoile blanche
- ▶ Type A
- ▶  $2,12M_{\odot}$
- ▶  $1,711R_{\odot}$
- ▶  $26,1L_{\odot}$
- ▶ 9 900 K

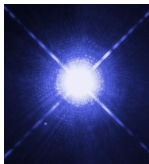


Figure 39 – Sirius A et B, [https://www.esa.int/ESA\\_Multimedia/Search?SearchText=sirius&result\\_type=images](https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Search?SearchText=sirius&result_type=images)

### Sirius B

- ▶ Naine blanche
- ▶  $1,5M_{\odot}$
- ▶ Av. explosion  $6 - 7M_{\odot}$
- ▶  $0,008R_{\odot}$
- ▶  $0,00024L_{\odot}$
- ▶ 24 800 K

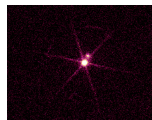


Figure 40 – Sirius A et B, au rayon X, télescope Spatial Chandra <https://chandra.harvard.edu/photo/2000/0065/>

# Les Naines Blanches

## Les Supernovae de Type Ia

### Nova

- ▶ Une naine blanche canibalise son compagnon
- ▶ Dépasse la masse de Chandrasekhar
- ▶ Explosion thermonucléaire
- ▶ ↗↗ Luminosité durant quelques jours
- ▶ Processus qui peut se répéter
  - ▶ RS Ophiuchi : en 1898, 1933, 1958, 1967, 1985, 2006 et 2021
- ▶ Chandelle standard
  - ▶ Luminosité connue
  - ▶ Méthode de calcul de distance

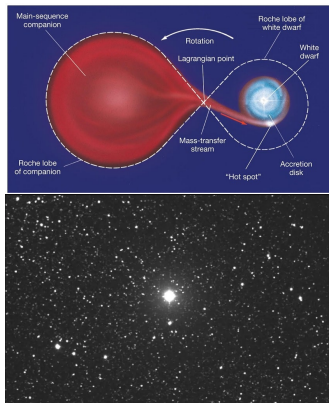


Figure 41 – RS Ophiuchi,  
[https://trustmyscience.com/  
nova-etoile-rare-brillante-possible-observer-](https://trustmyscience.com/nova-etoile-rare-brillante-possible-observer-)

# La Nucléosynthèse Explosive Massive

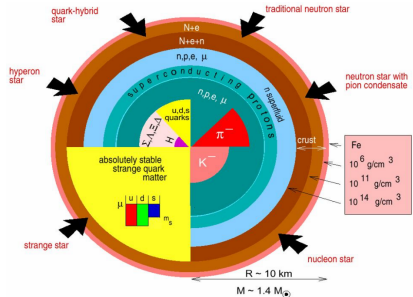
## Les Étoiles à Neutrons

### ► Caractéristiques

- Densité très élevée
  - Densité > Densité des noyaux :  
 $\sim 10^{15} \text{ g cm}^{-3}$   
 $\Rightarrow$  déconfinement des quarks
- Température de surface très élevée
  - $10^9 \text{ K}$
  - ne crée pas de chaleur
  - donc refroidit

### ► Origine

- Étoile supermassive  
 $8M_{\odot} < \text{Étoile parente} < 25M_{\odot}$
- Supernovae type II (perte couche  $\frac{1}{2}\text{H}$ )



# La Nucléosynthèse Explosive Très Massive

## Les Pulsars

### Découverte

1967 Découvert par Anthony Hewish et Jocelyn Bell

1968 Découverte des pulsars du crabe (33 ms) et de Vela (89 ms)  
associés à des restes de supernovae

1974 Prix Nobel, mais Anthony Hewish seulement

- ▶ Une étoile à neutrons tournant très rapidement sur elle-même
  - ▶ période typique de l'ordre de la seconde
  - ▶ voire beaucoup moins pour les pulsars milliseconde
- ▶ Émettant un fort rayonnement électromagnétique dans la direction de son axe magnétique
- ▶ Produit un signal périodique
  - ▶ ~ de la milliseconde à quelques dizaines de secondes

# La Nucléosynthèse Explosive Très Massive

## Les Trous Noirs

- ▶ Si compact qu'il emprisonne toute forme de matière ou de rayonnement
- ▶ L'**horizon des évènements**, la zone sphérique qui délimite la région plus rien ne peuvent s'échapper
- ▶ La **singularité**, au centre, le champs gravitationnelle est infini
- ▶ Physique au delà de toutes nos connaissances

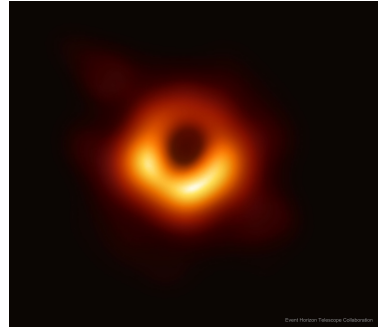


Figure 42 – Trou noir au centre de la galaxie M87, Image Credit : Event Horizon Telescope Collaboration