NAINES BLANCHES ET PULSARS

NAINES BLANCHES

DECOUVERTE

Tout commença il y a un siècle et demi environ lorsqu'on constata que Sirius (alpha du Grand Chien) ne suivait pas une trajectoire rectiligne dans le ciel, mais oscillait, et que ces oscillations se répétaient tous les 50 ans.

En 1844, Friedrich Bessel expliquait que cela était dû à un compagnon invisible. Peu après, on mit en évidence un phénomène analogue en observant Procyon (alpha du Petit Chien).

En 1862, on réussit à apercevoir le compagnon de Sirius, une petite étoile de magnitude apparente de 8. Elle pu être repérée car l'orbite des deux étoiles est très excentrée.
Connaissant l'orbite, on a déterminé la masse de Sirius A et de Sirius B (2,3 et 0,9 masses solaires).

Lorsque, 50 ans plus tard, on découvrit que les étoiles blanches et bleues étaient toutes des étoiles très lumineuses, alors que les étoiles rouges sont toutes soit des étoiles géantes lumineuses, soit des naines faibles, on supposa que Sirius B était une étoile rouge.

Du fait que la luminosité de Sirius A est tellement supérieure à celle de Sirius B, il était impossible d'en estimer la couleur, et même d'en faire un spectre.

En 1915, Walter Adams réussit à faire le spectre de Sirius B au télescope du Mont Wilson (1,5 mètres de diamètre), et en conclut qu'il s'agissait d'une étoile blanche d'une température d'au moins 10 000 K. Comme l'étoile était de faible magnitude et blanche, celle-ci devait être de petite dimension, d'où son nom : une NAINE BLANCHE.

Les calculs montraient que son diamètre ne pouvait excéder le double de celui de la Terre et par conséquent, sa densité moyenne était égale à 200 000 fois la densité de l'eau sur Terre, soit 200 kg par centimètre cube.

On sait aujourd'hui :

Température de surface :	30 000 K
Diamètre :	Environ le diamètre de la Terre
Densité :	1,5 millions de grammes par centimètre cube

DES ETOILES AUX NAINES BLANCHES

Formation des étoiles (résumé rapide)

A partir d'un nuage d'hydrogène, celui-ci se contracte par effet de gravitation, la pression augmente, ainsi que sa température. Lorsque la température est suffisante, il y a fusion de l'hydrogène (H) en hélium (He). Lorsqu'il n'y a plus d'hydrogène au cœur de l'étoile, elle se dilate (pour donner une géante rouge) alors que son cœur se contracte à nouveau, et augmente ainsi sa température et sa pression. Alors, la fusion de l'hélium en carbone peut commencer.

Mais si la masse initiale de l'étoile n'est pas suffisante (inférieure à la masse solaire), le cœur se contracte, mais n'arrive pas à obtenir une température suffisante pour que l'hélium se transforme en carbone alors, l'étoile continue à se contracter. Tôt ou tard, il arrive la même chose aux étoiles qui ont une masse jusqu'à 1,4 fois la masse solaire, mais :

He → C (carbone)

C → O et Ne (oxygène et néon)

Il s'en suit une contraction rapide du cœur de l'étoile jusqu'à 10% (et même 1%) du rayon solaire, une augmentation rapide de la vitesse de rotation, et une augmentation rapide de la température de surface (quelques dizaines de milliers de degrés). L'étoile reste peu lumineuse, car de petite dimension.

Mais ce n'est pas fini. La contraction continue : il y a dégénérescence de la matière, c'est-à-dire que les électrons (porteurs d'une charge négative), se séparent des noyaux des atomes constitués par des protons (porteurs d'une charge négative) et de neutrons (neutres).
Enfin, la contraction s'arrête là, car la pression des électrons libres est suffisante pour équilibrer les forces de gravité (masse de l'étoile).

Nous sommes enfin en présence d'une Naine blanche.

Le diamètre de la naine blanche est d'autant plus petit que la masse initiale de l'étoile était grande.

Compte tenu qu'il n'y a plus de fusion d'atome, il y a un refroidissement très (très) lent de la naine blanche.

Pour passer de 30 000 K à 7 000 K, il faut 3 milliards d'années,
Pour passer de 7 000 K à 4 000 K, il faut 5 milliards d'années.

Vitesse de libération : 6 500 km/s (vitesse de libération sur Terre : 11,2 km/s)

Constitution interne

Le cœur de la naine blanche est constitué d'un réseau cristallin dur de noyaux d'atomes (surtout si la naine blanche est riche en carbone et/ou en fer).

Autour, de la matière dégénérée, et enfin, en surface, des atomes "normaux", qui sont responsables des raies du spectre.

PULSARS

PREVISION ET DECOUVERTE DES PULSARS

Prévue en 1939 par le physicien Jacob OPPENHEIMER jusqu'au jour où Joselyn BELL, étudiante à Cambridge, découvrit le premier pulsar, par hasard, en "écoutant" le ciel à la longueur d'onde de 3,68 mètres, sans savoir que c'était un pulsar. Elle tomba donc en 1967 sur un signal bref et répété toutes les 1,3 secondes (constellation du petit renard, CP1919 : Cambridge Pulsar, à 19h19 d'ascension droite).

Dès la fin 1968, en analysant les observations plus poussées, on mit en évidence plusieurs pointes d'intensité inférieures à quelques millièmes de secondes, ce qui indiquait que le diamètre devait être inférieur à quelques centaines de kilomètres. Ce n'était donc pas une naine blanche. Il s'agissait d'un pulsar.

A peine trois mois avant la découverte de ce pulsar, l'astrophysicien Franco Pacini avait montré que les étoiles à neutrons peuvent émettre un rayonnement très intense à basse fréquence (domaine hertzien). Il se fondait sur le principe que ces objets devaient être le siège d'intenses champs magnétiques, et de rotation très rapide, sans pour autant avoir le caractère pulsatoire de ce type d'étoile.

DES ETOILES AUX ETOILES A NEUTRONS

Au départ, même principe que pour les naines blanches. Si une étoile a épuisé toute son énergie nucléaire, elle expulse ses couches sous-jacentes, et seul le cœur se contracte. Si sa masse est supérieure à 1,4 masse solaire (et inférieure à 3 masses solaires), elle va se transformer en naine blanche, puis, rapidement va continuer de se contracter. Les électrons ne peuvent maintenir le poids des couches sous-jacentes : il y a fusion des électrons avec les protons. La matière n'est plus constituée que de neutrons.
Dans ces conditions, le diamètre de l'étoile est égal à environ 10 - 15 km, et sa densité moyenne est de 1 millions de milliards de grammes par centimètre cube (soit 1 milliards de tonnes par centimètre cube).

Vitesse de libération : 150 000 km/s

CONSTITUTION INTERNE

Au centre, toute la matière est constituée de neutrons hyperdenses. Au dessus, une croûte de neutrons formant un immense réseau cristallin dur. En surface, sur une épaisseur d'un mètre maximum, il y a des atomes dégénérés.

Les électrons libres en surface suivent les lignes de champs magnétique et, vraisemblablement, seraient responsables du ralentissement de la vitesse de rotation des pulsars.
Lorsque la vitesse de rotation devient trop faible, afin de maintenir son équilibre, le pulsar se contracte à nouveau, "cassant" la croûte de neutrons, et augmentant ainsi sa vitesse de rotation.