

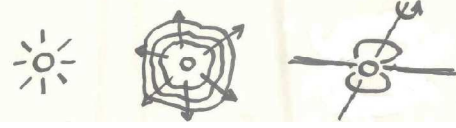
# L'observation des pulsars au grand radiotélescope de Nançay

## Un peu d'histoire...



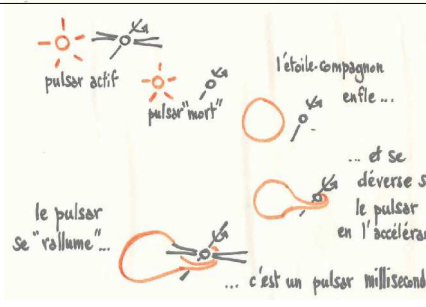
Fin 1967 à Cambridge en Angleterre, Jocelyn Bell et Antony Hewish découvrent un nouveau type d'objets radio dont ils reçoivent des bips radio réguliers : les **PULSARS** !

## Un peu de théorie...



Une grosse étoile (10 fois le Soleil) explose violemment à la fin de sa vie pour ne laisser qu'un résidu de son cœur appelé « **étoile à neutrons** ». D'un diamètre de 10 à 20km, elle a pourtant une masse un peu supérieure à celle du Soleil! Dotée d'un champ magnétique intense, elle va émettre deux faisceaux radio comme un **phare** au bord de la mer. A chaque rotation, nous observons un (ou deux) bip(s) radio.

Par exemple, le pulsar du Crabe est un pulsar jeune avec une période de rotation de 33ms. La supernova qui lui a donné naissance a été observée par les Chinois en 1054. De façon générale, un pulsar naît avec une période de 30ms environ, puis, petit à petit, sa période s'allonge par perte d'énergie... jusqu'à ne plus émettre d'ondes radio après quelques dizaines de millions d'années.



## Un peu de rythme...

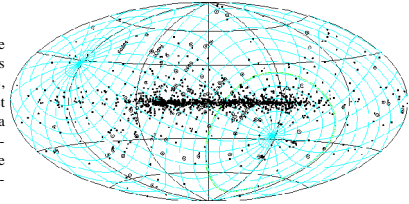
En 1982, le Pr Don Backer découvre un pulsar d'une période de 1.55ms. Il effectue **642 tours par seconde!** Cet objet ne correspond à aucune supernova ayant explosée au cours de ces derniers siècles, comme le laisserait supposer sa rotation très rapide.

C'est en fait un vieux pulsar réaccélééré par absorption d'une étoile compagne (par transfert de moment angulaire, voir schéma). Sur les 1500 pulsars connus à ce jour, environ une cinquantaine, seulement, sont des **pulsars recyclés ou millisecondes** car beaucoup de systèmes binaires sont démantelés par l'explosion de la première supernova.

## Un peu de géographie...

Les pulsars sont tous, à quelques exceptions près, situés dans notre Galaxie. Ils sont donc situés à des distances comprises entre 500 et 50000 années-lumière!

La recherche de nouveaux pulsars n'est pas aisée, elle est en effet gênée par la dispersion occasionnée par le milieu interstellaire.



## Un peu de technique...

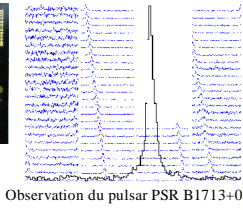
Pour observer les pulsars rapides, plusieurs instrumentations ont été spécialement construites. Elles ont toutes en commun de permettre d'empiler le signal en phase avec la rotation du pulsar et de s'affranchir de la « dispersion » produite par le milieu interstellaire. La troisième génération provient d'une collaboration avec le Pr D.C.Backer de University of California, Berkeley. Un des éléments principaux est un super-calculateur constitué de 77 bi-processeurs Athlon 1.2GHz (voir ci-contre).



Pulsaroscope (1988-...)



Récepteur NBPP (1998-...)



Observation du pulsar PSR B1713+07



### Késako : dispersion

La dispersion est produite par les électrons libres du milieu interstellaire. En fonction du nombre total d'électrons rencontrés pendant le trajet de l'onde, celle-ci est d'autant plus retardée qu'elle est basse fréquence. Un phénomène d'élargissement temporel de l'impulsion radio intervient alors si l'observation est faite en « mélangeant » beaucoup de fréquences différentes hautes et basses (voir observation du pulsar PSR B1713+07).



Super-calculateur PULSAR

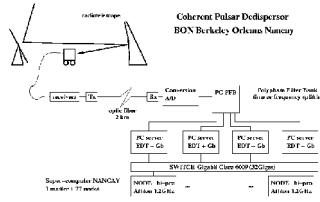
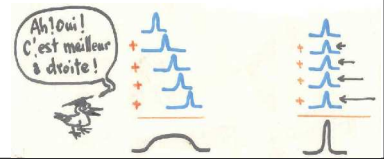


Schéma de principe du dédisperser BON

### Késako : dé-dispersion



## Beaucoup de science...

La grande stabilité de rotation des pulsars millisecondes associée à l'excellente précision dans la datation des temps d'arrivée des impulsions radio permet de nombreuses études...

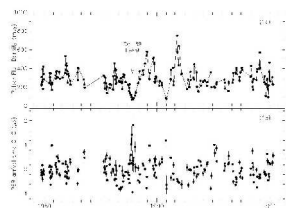
Des observations régulières et très répétitives, comme faites à Nançay, caractérisent le **milieu interstellaire** et sa **turbulence** par le biais de l'étude de la scintillation radio dont les signaux radio sont affectés. Le premier 'glitch' (ou 'hoquet' dans la rotation) observé sur un pulsar milliseconde recyclé l'a été à Nançay.

Des observations effectuées sur un pulsar situé dans un système binaire permettent de tester les **théories de la Gravitation** (dont la Relativité Générale d'Einstein) en champ gravitationnel très intense.

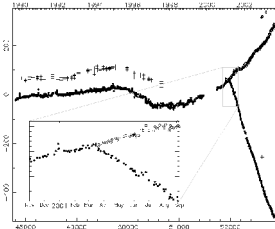
Le suivi et la recherche de corrélations dans les temps d'arrivée d'un ensemble de pulsars bien répartis sur le ciel pourraient mener à la détection d'un **fond d'ondes gravitationnelles d'origine cosmologique**. Les théoriciens prédisent, en effet, que durant les tous premiers instants après le Big-Bang, celui-ci a émis des ondes gravitationnelles dans toutes les directions et qui se propagent encore à travers l'Univers. La distance apparente entre un pulsar et la Terre oscille sous l'effet du passage d'une telle onde, le temps de propagation variable étant alors détecté sur les temps d'arrivée des impulsions radio.

### Késako : résidus de temps d'arrivée

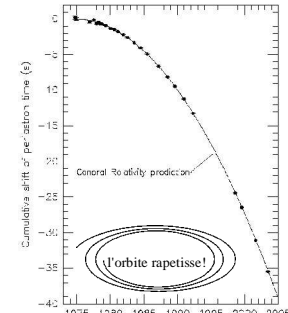
Connaissant les paramètres du pulsar, il est possible de calculer des temps d'arrivée théoriques. La différence avec les temps d'arrivée mesurés est appelée **résidu**. L'ajustement des paramètres du pulsar est effectué pour minimiser ces résidus. C'est leur analyse qui est source d'études diverses.



Passage d'un nuage de gaz ionisé devant le pulsar PSR B1937+21 en oct'89.



Première observation d'un glitch sur un pulsar milliseconde (PSR B1821-24)



Diminution en Relativité Générale de la période orbitale du pulsar PSR B1913+16.

