

CAPITOLO 4

RICERCHE MIRATE

Oltre alle grandi *survey*, che hanno esaminato larghe zone di cielo nell'intenzione di rilevare il maggior numero di pulsar, si sono realizzate nel corso del tempo anche ricerche indirizzate all'osservazione mirata di particolari posizioni del cielo dove nel corso degli ultimi anni molte pulsar sono state scoperte. Osservazioni dirette verso ammassi globulari (dove si pensa siano contenute molte *millisecond pulsar*), oppure verso resti di *supernova* (SNR_s) (dove sarebbero posizionate le pulsar giovani nate dalla esplosione di stelle massive), o sorgenti *g* (vista l'emissione di radiazione a queste frequenze di pulsar come la *Crab* e *Vela*), hanno ampliato la conoscenza generale delle stelle di neutroni.

4.1 Ricerche dirette verso i resti di supernovae (SNR_s)

Pur se ormai è accettato lo scenario evolutivo secondo il quale le stelle di neutroni nascono dalla esplosione di *supernovae*, l'associazione tra pulsar e SNR_s resta tuttavia ancora molto bassa, si conoscono finora solo 13 pulsar che sono convincentemente associate con resti di *supernova* (Biggs&Lyne 1996). Spiegazioni plausibili di questa discrepanza possono essere le seguenti: 1) questi oggetti durante la loro prima fase evolutiva, essendo meno luminosi del resto di *supernova*, sono nascosti dalla radiazione emessa da questo; 2) la cattiva orientazione del cono d'emissione, 3) l'alta velocità delle stelle di neutroni, che nel corso del tempo si sono spostate dal luogo di nascita fornendo un difficile collegamento tra pulsar e SNR_s .

In generale si può dire che i criteri principali mediante i quali giudicare l'associazione pulsar- SNR_s sono dati dall'allineamento posizionale, dalla distanza e dall'età. Tutte le ricerche devono fare i conti con queste caratteristiche prima di poter assicurare con una discreta certezza un'associazione. Naturalmente forti effetti di selezione condizionano la riuscita di ogni ricerca. I problemi sostanziali derivano dal fatto che lo sforzo di minimizzare un certo effetto viene offuscato dall'aumento di un altro. Infatti consideriamo, per esempio, due osservazioni dirette ad osservare lo stesso SNR_s ma compiute a due frequenze differenti, 400 MHz e 1400 MHz; mentre la ricerca a bassa frequenza godrà del vantaggio di avere un *beam* molto grande con la conseguente riduzione del tempo di osservazione della sorgente, gli effetti della dispersione e dello *scattering* saranno molto accentuati riducendo di molto la sensibilità, l'osservazione ad alta frequenza pur se riesce ad ovviare a questo problema (come si è dimostrato nei capitoli precedenti infatti aumentando la frequenza di osservazione si diminuiscono gli effetti dei due fenomeni fisici), richiede tuttavia a causa di un *beam* molto piccolo, molto tempo di osservazione e quindi una mole di dati da analizzare molto più elevata. Inoltre pur se l'osservazione a bassa frequenza analizza quella parte di spettro della pulsar che emette più segnale, si trova ad osservare un resto di *supernovae* che a basse frequenze produce un più alto rumore di sistema. Questi esempi fanno capire come le osservazioni indirizzate verso i SNR_s siano soggette a molti compromessi.

La tabella I mostra i parametri principali che hanno contraddistinto alcune ricerche indirizzate alla osservazione di SNR_s . Tutte le ricerche durante le osservazioni hanno raggiunto limiti di sensibilità apprezzabili, ed è stato osservato un numero elevato di resti di *supernova*. Alcune ricerche hanno osservato la stessa porzione di cielo però, con risultati differenti. Per esempio la *survey* condotta da *Manchester et al. (1985)* e compiuta con il radio telescopio di *Parkes* ad una frequenza di 1400 MHz ha osservato il SNR_s W44 non rilevando nessuna pulsar, mentre le osservazioni compiute ad *Arecibo* alla stessa frequenza l'hanno rilevata (*Wolszczan et al. 1991*). La differenza di risultati è da ascrivere al fatto che la sensibilità della ricerca condotta a *Parkes*, pur mantenendosi su valori vicini al mJy per oggetti con periodo superiore ai 300 millisecondi, è sensibilmente peggiorata per periodi al di sotto di questo valore anche, e soprattutto,

perché la brillantezza del SNR_s ha prodotto un aumento significativo della temperatura del cielo, fenomeno che invece ha penalizzato di meno la ricerca condotta ad *Arecibo*. Queste due ricerche comunque insieme hanno rilevato un totale di cinque nuove pulsar. Altre ricerche sono state effettuate a *Parkes*, *Arecibo*, e anche a *Jodrell Bank* ma con nessuna nuova scoperta, pur se si sono osservati più di 70 resti di *supernova*. Comunque dalle ricerche emerge con evidenza che una rilevazione d'oggetti all'interno di sorgenti così brillanti come sono i SNR_s richiede un miglioramento della sensibilità ed una riduzione significativa della temperatura di sistema.

TABELLA 1

	n	S_{\min}	N_{SNR_s}	Nuove pulsar	Referenze
<i>Parkes</i> ₁₉₈₅	1400 MHz	1 mJy	53	4	<i>MNRAS</i> ,1985,212,975
<i>Arecibo</i> ₁₉₉₁	1400 MHz	0.3 mJy	10	1	<i>ApJ</i> ,1991,372,L99
<i>Parkes</i> ₁₉₉₆	436 MHz	1.2 mJy	40	nessuna	<i>AJ</i> ,1996,111,2028
	660 MHz	1.2 mJy			
	1520 MHz	1.2 mJy			
<i>Jodrell Bank</i>	610 MHz	2 mJy	29	nessuna	<i>MNRAS</i> ,1996,282,691
<i>Arecibo</i> ₁₉₉₆	1400 MHz	0.2 mJy	18	nessuna	<i>ApJ</i> ,1996,458,257

4.2 Ricerche dirette verso gli ammassi globulari

Gli ammassi globulari sono sistemi compatti di stelle legate gravitazionalmente l'una all'altra che ruotano intorno al centro galattico e formano quella popolazione di oggetti detta d'*alone*. Sono costituiti da un numero di stelle variabile da qualche decina di migliaia a un milione di stelle, per lo più di piccola massa, raccolte in una regione di spazio di diametro non superiore ai 30 anni-luce; le parti centrali (i cosiddetti '*cores*') raggiungono una densità d'oggetti molto elevata, in media due stelle per anno-luce cubico (lo spazio vicino al nostro Sole ha una densità d'oggetti pari ad una stella ogni 300 anni-luce cubici), e quindi sono un ambiente favorevole per la formazione di sistemi binari date le forti interazioni di tipo gravitazionale a cui sono soggetti gli

oggetti che compongono questi ammassi. Dall'analisi del diagramma $H-R$ di questi ammassi si constata che le stelle che compongono questi sistemi sono oggetti molto vecchi che si trovano nella fase finale della loro evoluzione; per questo motivo costituiscono il luogo ideale per cercare stelle di neutroni. Ma anche la presenza al loro interno di sistemi binari di piccola massa emettenti radiazione X ($LMXB_s$), che come abbiamo visto si pensa siano i progenitori delle *millisecond pulsar*, ha spinto le ricerche e gli sforzi dei ricercatori in queste direzioni.

Oltre allo *scattering* e alla dispersione, ha afflitto marcatamente le ricerche anche il fenomeno connesso con la natura binaria di molti sistemi contenenti pulsar. Infatti durante la rivoluzione intorno al centro di massa il cambiamento di velocità, che è registrato da un osservatore come effetto *Doppler*, si manifesta come una variazione del periodo dell'impulso con conseguente perdita di sensibilità; questo fenomeno è più marcato nei sistemi binari con corto periodo orbitale e per pulsar con breve periodo di rotazione. Se si paragona il numero di *millisecond pulsar* rilevate dalle grandi *survey* e dirette verso il piano galattico con quello rilevato dalle ricerche indirizzate verso gli ammassi globulari si nota una differenza sostanziale di oggetti scoperti; il motivo principale per cui le *survey* non hanno raggiunto lo stesso risultato è soprattutto da imputare alla differenza nel tempo di integrazione dei due differenti tipi di ricerca. Infatti le *survey*, essendo ricerche che riguardano osservazioni di grandi aree di cielo, sono limitate nel tempo di osservazione in modo da avere la possibilità di osservare ogni particolare direzione; per contro le ricerche indirizzate verso gli ammassi globulari sono avvantaggiate dal fatto che questi sistemi hanno una posizione precisa nel cielo e quindi il tempo di integrazione può essere molto maggiore, con la conseguenza di un maggiore volume di dati che accresce le possibilità di scoprire nuove *millisecond pulsar*.

La Tabella II mostra le caratteristiche principali di alcune tra le maggiori ricerche indirizzate verso gli ammassi globulari. Come si può notare sono stati osservati un numero elevato di ammassi globulari dove sono state rilevate diverse *millisecond pulsar*; i limiti di sensibilità sono andati spesso al di sotto del mJy, mentre le frequenze di osservazione sono variate tra i classici 400 MHz e i 1500 MHz.

TABELLA II

	<i>n</i>	S_{\min}	Numero di GC	Nuove pulsar	Referenze
<i>Jodrell Bank</i>	610 MHz	2 mJy	1	1	<i>Nature</i> , 1988, 332, 45
<i>Jodrell Bank</i>	1420 MHz	0.3 mJy	1	1	<i>Nature</i> , 1987, 328, 399
<i>Jodrell Bank</i>	610 MHz	2 mJy	85	4	<i>MNRAS</i> , 1996, 282, 691
<i>Arecibo</i>	430 MHz	0.5 mJy	5	14	<i>Nature</i> , 1991, 349, 47
<i>Green Bank</i>	1400 MHz	2 mJy	>1	<i>nessuna</i>	<i>ApJ</i> , 1990, 356, 174
<i>VLA</i>	1400 MHz	>0.4 mJy	5	3	<i>ApJ</i> , 1990, 363, L5
<i>Parkes</i>	1520 MHz	>0.3 mJy	70	3	<i>MNRAS</i> , 1993, 260, L7
<i>Parkes</i>	430 MHz	0.3 mJy	70	10	<i>Nature</i> , 1991, 352, 219