

# A caccia di vedove nere nel cielo gamma

mario

astrosiesta - 27 mar 2014

- vedove nere e altri ragni
- ricerche cieche di pulsazioni gamma
- caso I: PSR J2339-0532
- caso II: PSR J1311-3429

- vedove nere e altri ragni
- ricerche cieche di pulsazioni gamma
- caso I: PSR J2339-0532
- caso II: PSR J1311-3429



**black widow**

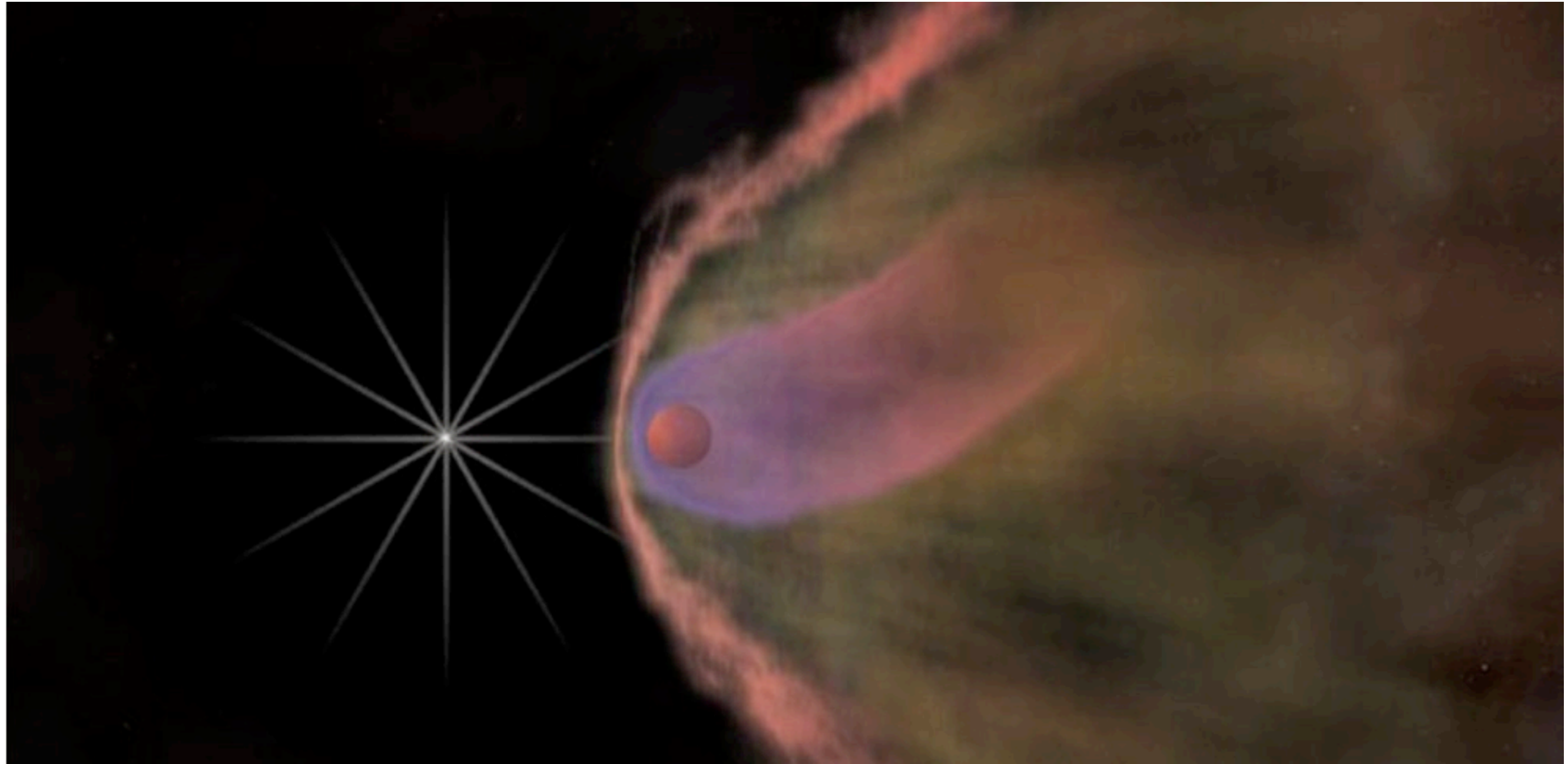


**red back**



# vedove nere

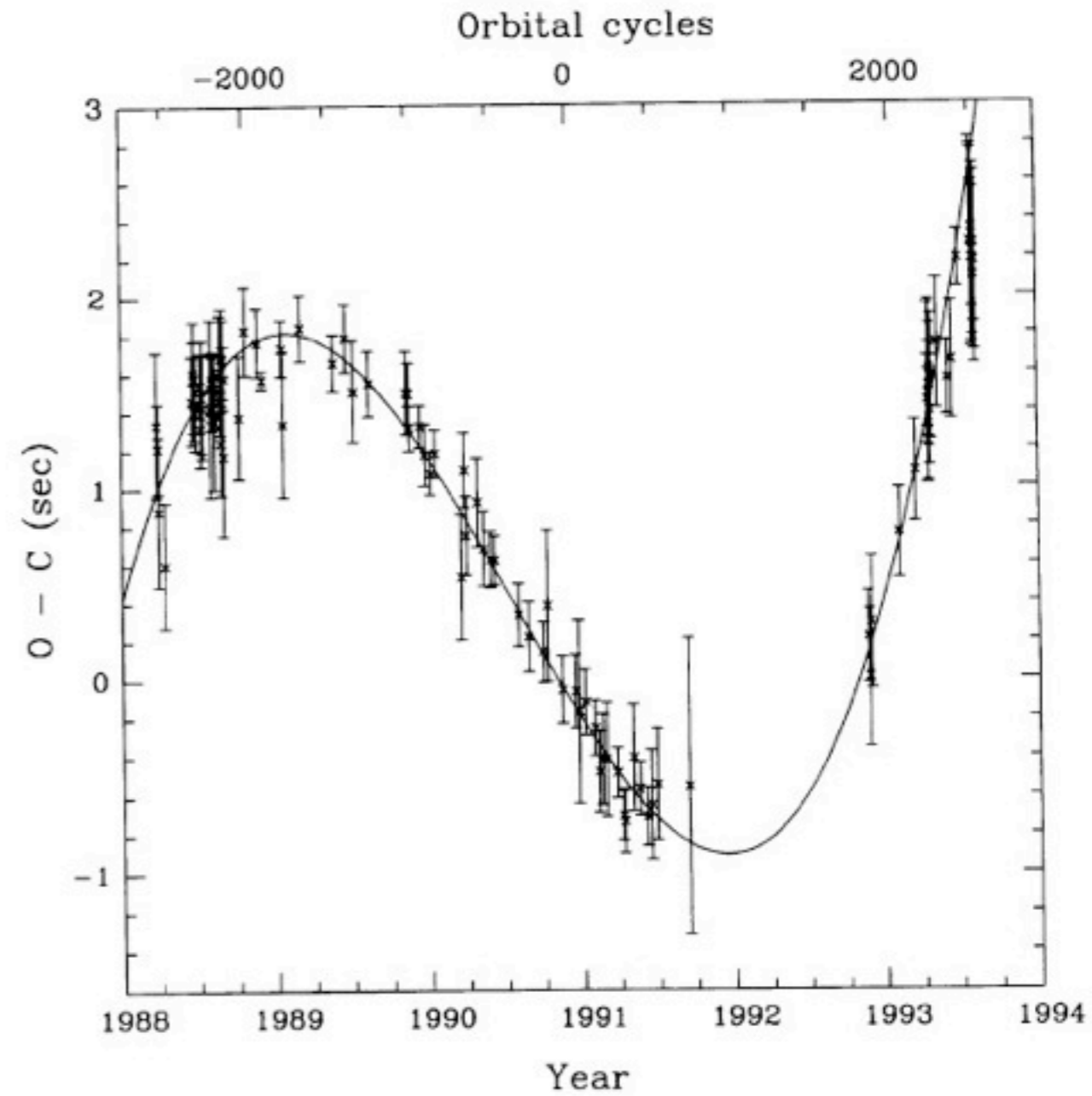
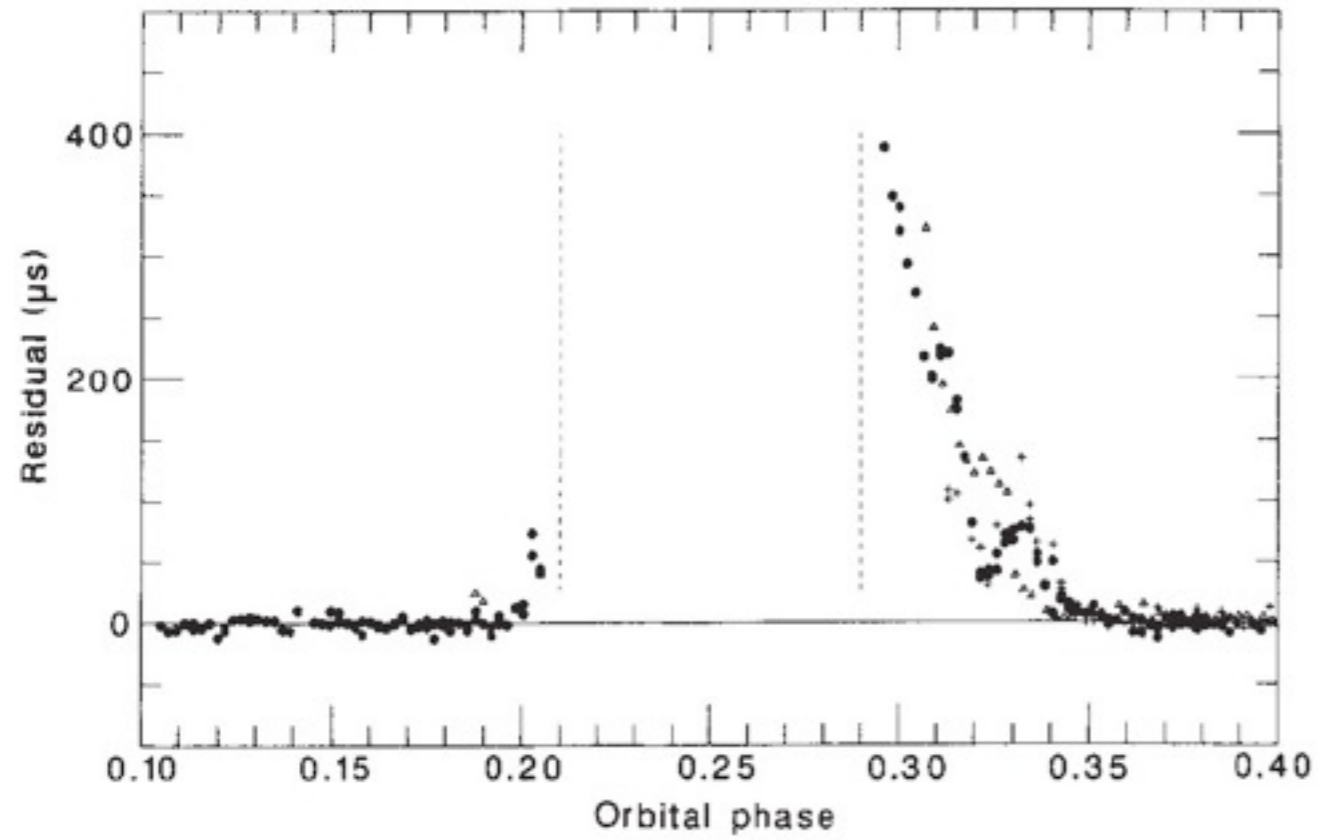
- ragni diffusi in tutto il mondo e piuttosto pericolosi
- hanno bizzarre abitudini sessuali (cannibalistiche)
- sono anche MSP in particolari sistemi binari
- orbita circolare ( $E < 10^{-5}$ ) e circa edge-on
- orbita molto compatta (PB ~ ore separazione ~ lts)
- stella compagna normale, molto piccola ( $M < 0.05 M_{\text{sun}}$ )
- le compagne delle Redback sono piu' grandi ( $M \sim 1 M_{\text{sun}}$ )
- la faccia rivolta alla pulsar ha tipo spettrale diverso
- il vento dalla MSP sta distruggendo la compagna



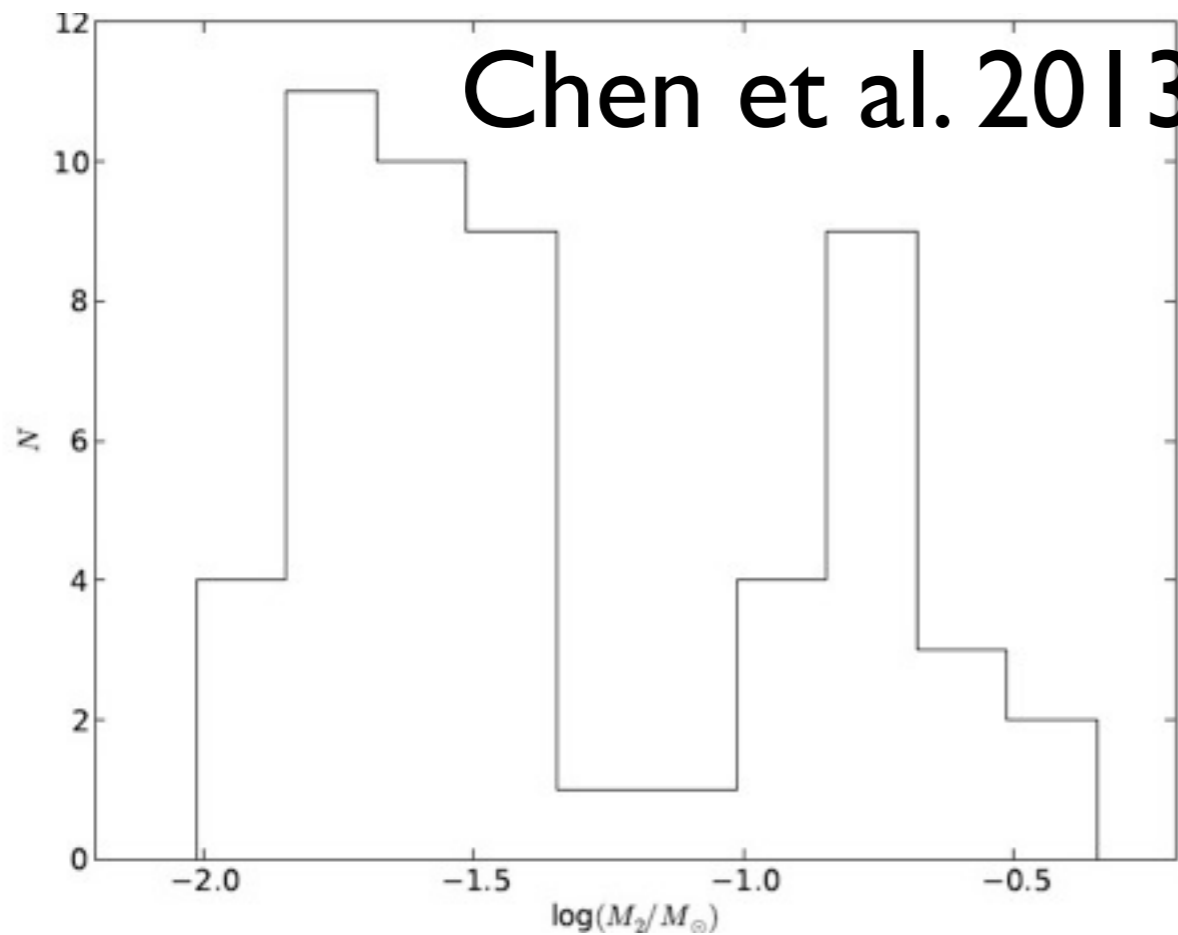
# vedove nere

- il sistema e' visibile dalla banda radio a quella gamma
- in radio: pulsazioni + eclissi + materiale intra-binario
- in ottico: la compagna cambia faccia lungo l'orbita
- in X: lo shock (mod. orbitale) e la pulsar (mod. al ms)
- in gamma: si vede la pulsar (anche lo shock? mah...)
- MWL + timing => il sistema e' sovradeterminato
- prima soprattutto in ammassi (collis. rate + bias radio)
- con Fermi bias diversi, e molte piu' fuori da ammassi
- archetipo: PSR B1957+20 (Fruchter '88)

# Fruchter et al. 1988



# Chen et al. 2013



# Arzoumanian et al. 2004



**TABLE 1.** Black Widows and Redbacks in the Galactic Field

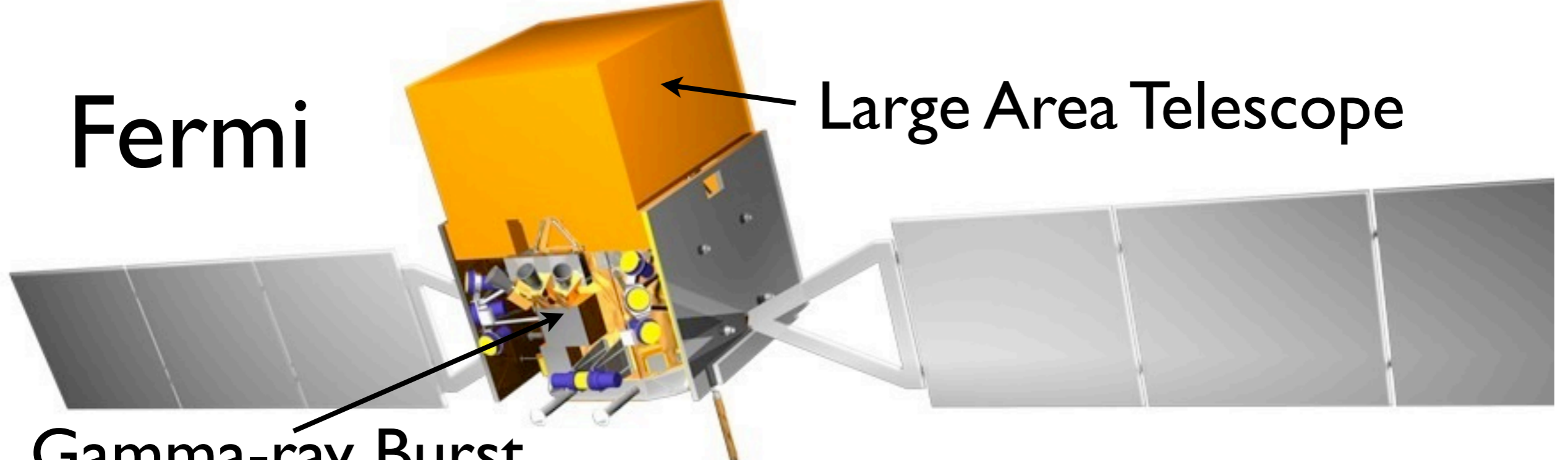
Pulsar*	$P_s$ (ms)	$\dot{E}/10^{34}\dagger$ (erg/s)	$d_{NE2001}$ (kpc)	$P_B$ (hr)	$M_c^{**}$ (solar)	ref.
Old Black Widows						
B1957+20 F	1.61	11	2.5	9.2	0.021	[14]
J0610–2100	3.86	0.23	3.5	6.9	0.025	[6]
J2051–0827	4.51	0.53	1.0	2.4	0.027	[20]
New Black Widows						
J2241–52 F	2.19	3.3	0.5	3.4	0.012	[17]
J2214+3000 F	3.12	1.9	3.6	10.0	0.014	[19]
J1745+10 F	2.65	1.3	1.3	17.5	0.014	[12]
J0023+09 F	3.05	??	0.7	3.3	0.016	[15]
J2256–1024 F	2.29	5.2	0.6	5.1	0.034	[5]
J1731–1847	2.3	??	2.5	7.5	0.04	[4]
J1810+17 F	1.66	??	2.0	3.6	0.044	[15]
New Redbacks						
J1023+0038 F	1.69	$\sim 5$	0.6	4.8	0.2	[1]
J2215+51 F	2.61	??	3.0	4.2	0.22	[15]
J1723–28	1.86	??	0.75	14.8	0.24	[9]

\* an F indicates a Fermi source

ci sono molte altre BW e RB ancora + o - “segrete”

- vedove nere e altri ragni
- ricerche cieche di pulsazioni gamma
- caso I: PSR J2339-0532
- caso II: PSR J1311-3429

# Fermi



Large Area Telescope

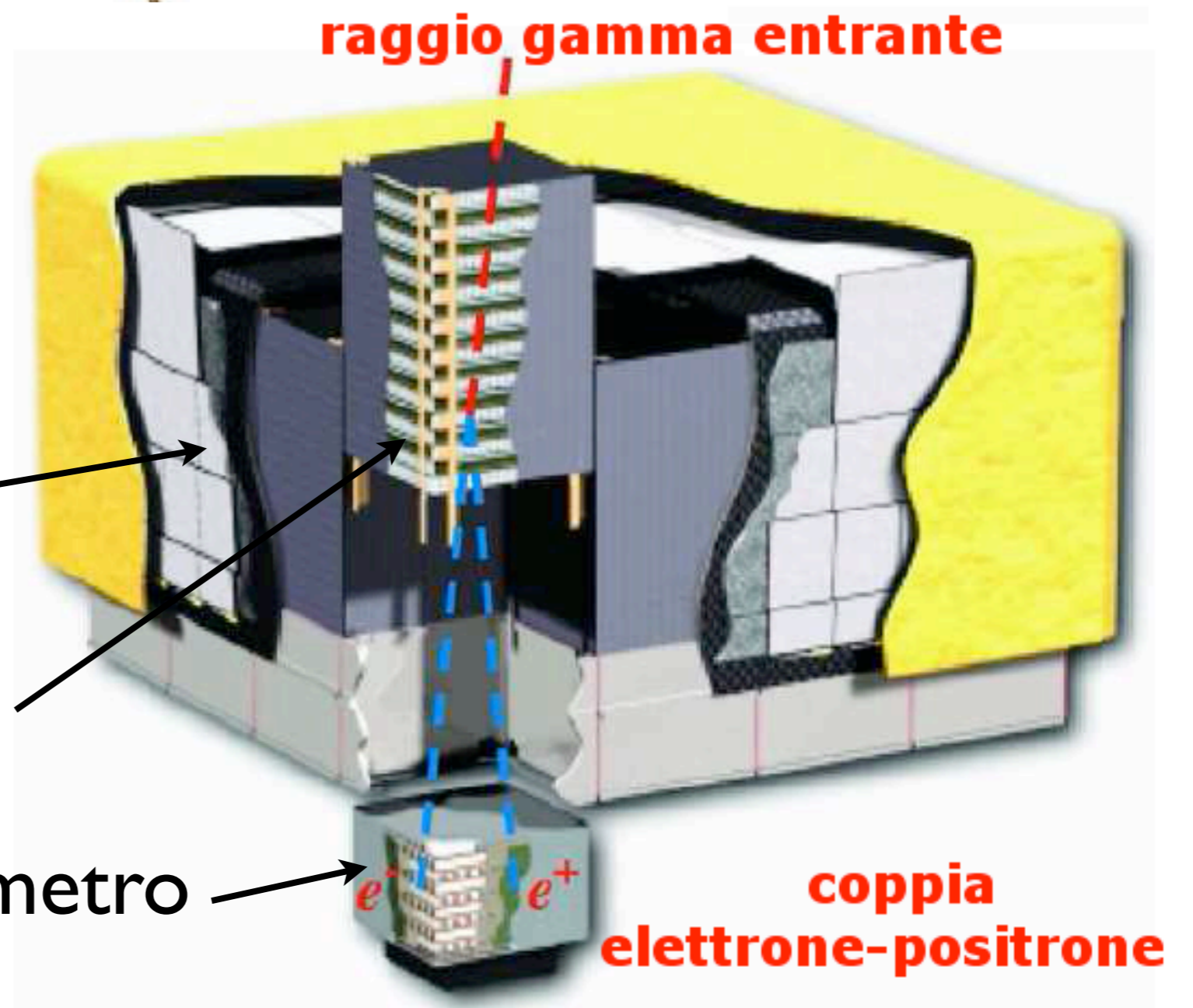
Gamma-ray Burst Monitor

# il LAT

Sistema di Anticoincidenza

Tracker

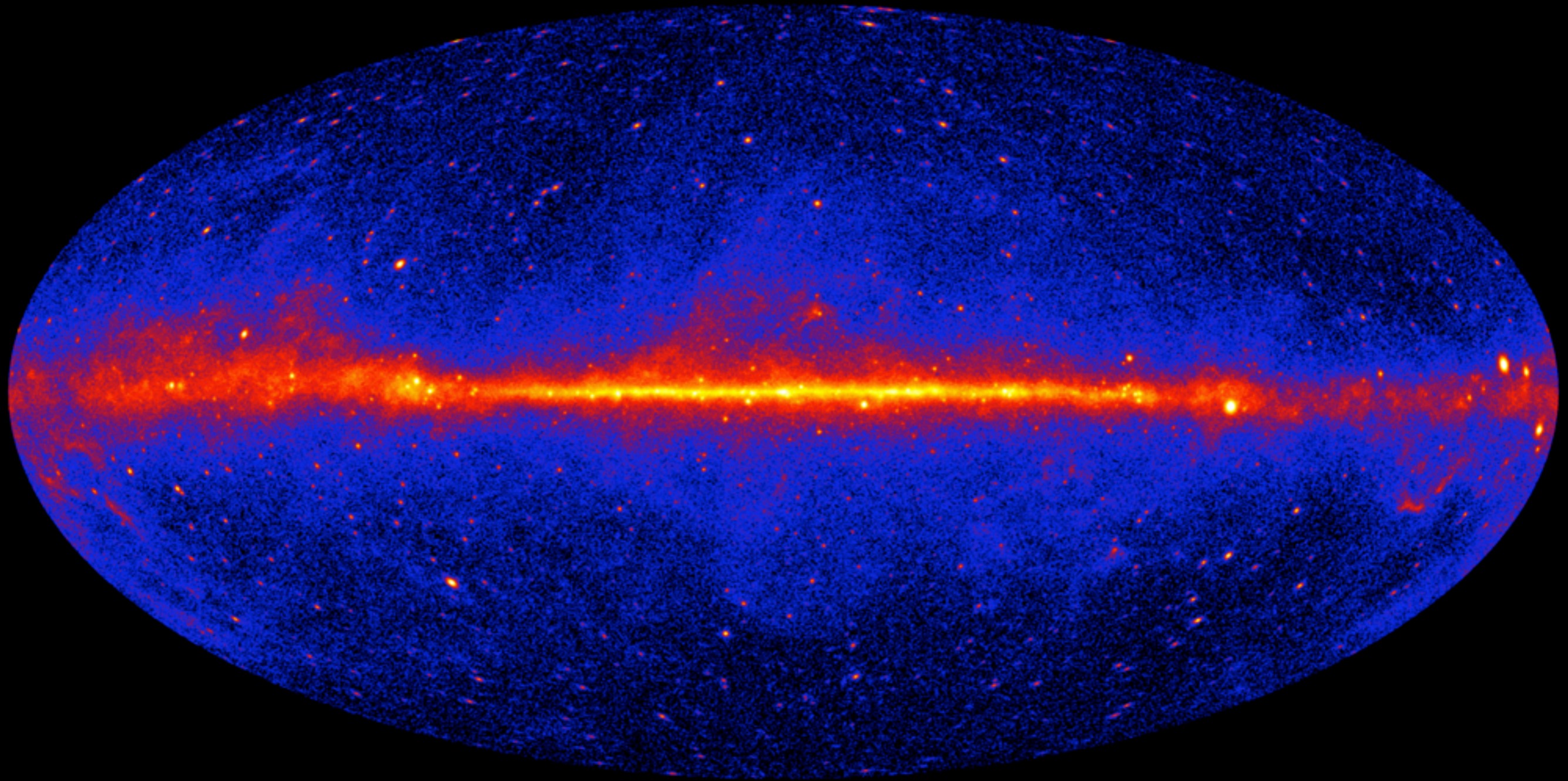
Calorimetro



raggio gamma entrante

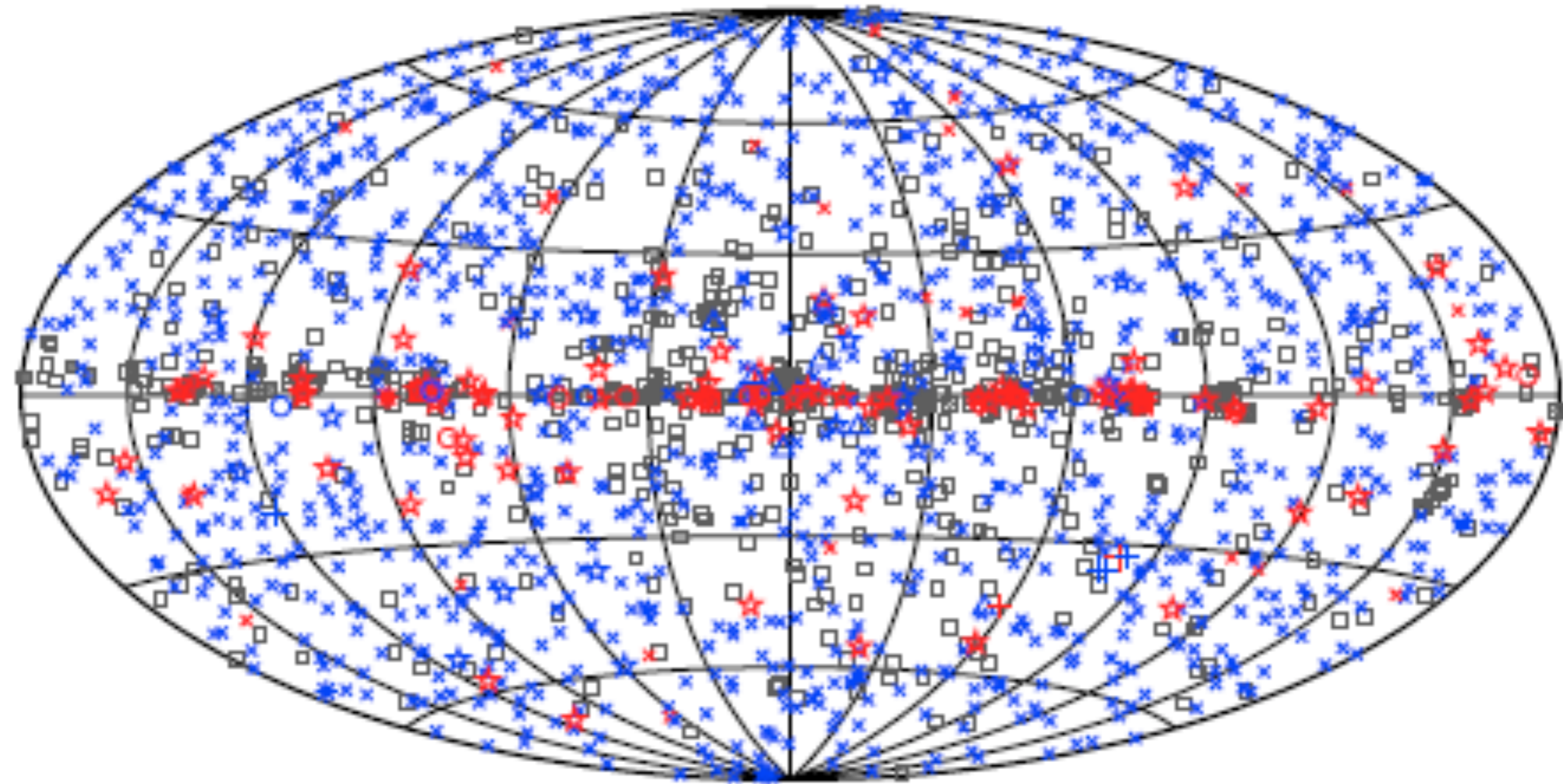
coppia elettrone-positrone

# Il cielo visto dal LAT (in 4 anni, $E > 1 \text{ GeV}$ )



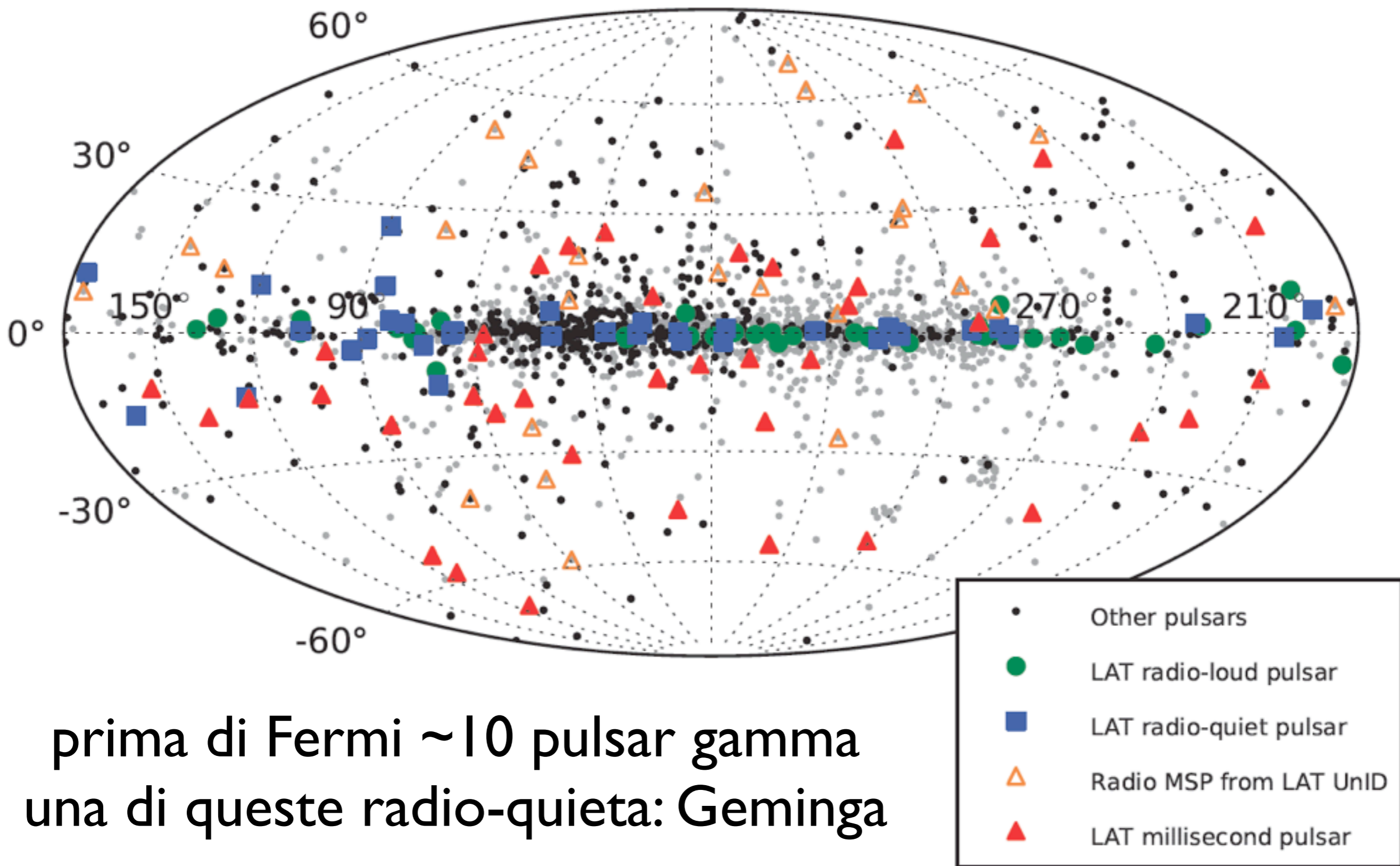
proiezione in coordinate Galattiche

# Sorgenti LAT nel secondo catalogo (2FGL)

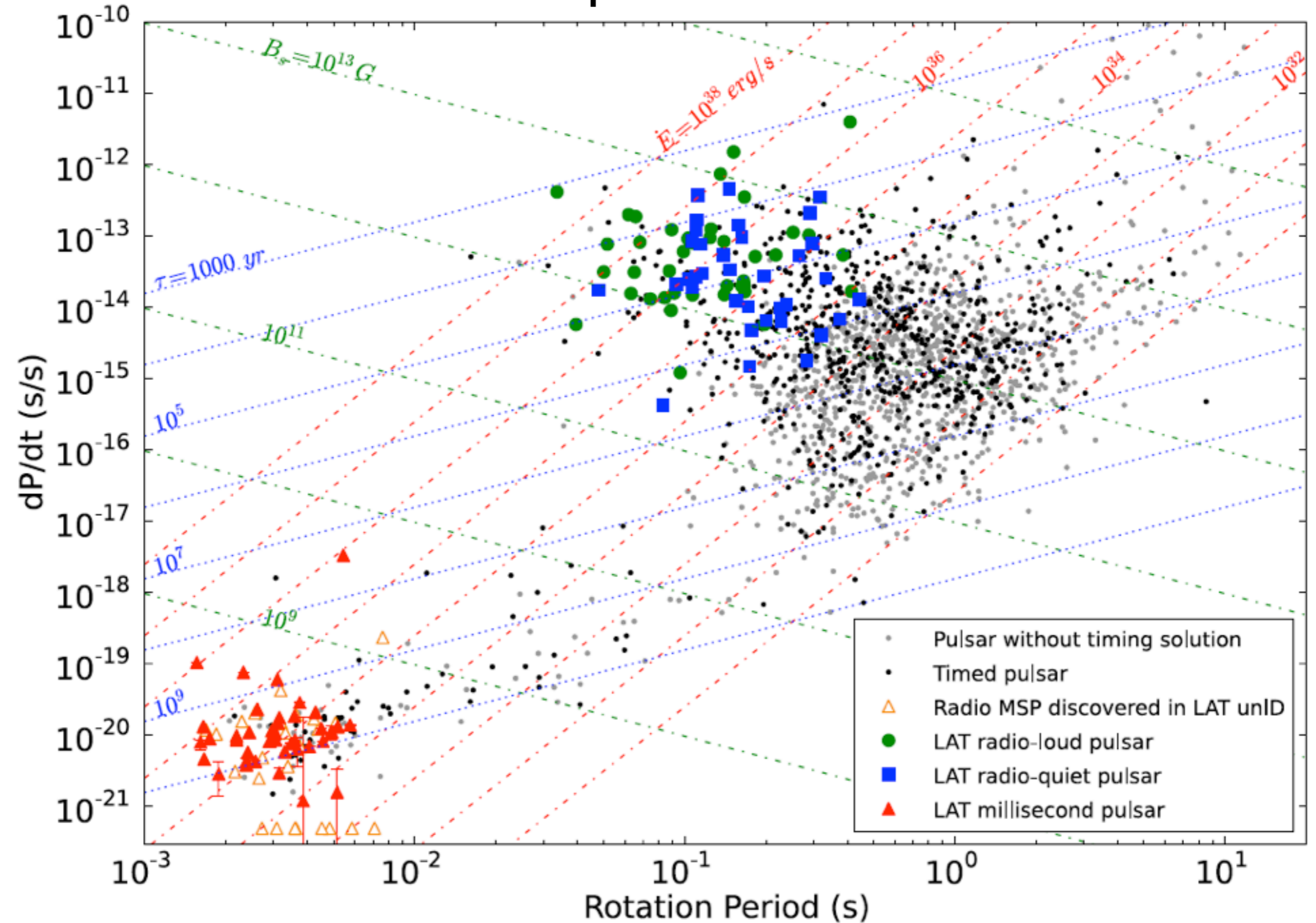


□ No association	■ Possible association with SNR or PWN	△ Globular cluster
× AGN	☆ Pulsar	⊠ HMB
✱ Starburst Gal	◇ PWN	● Nova
+ Galaxy	○ SNR	

# Le pulsar Fermi

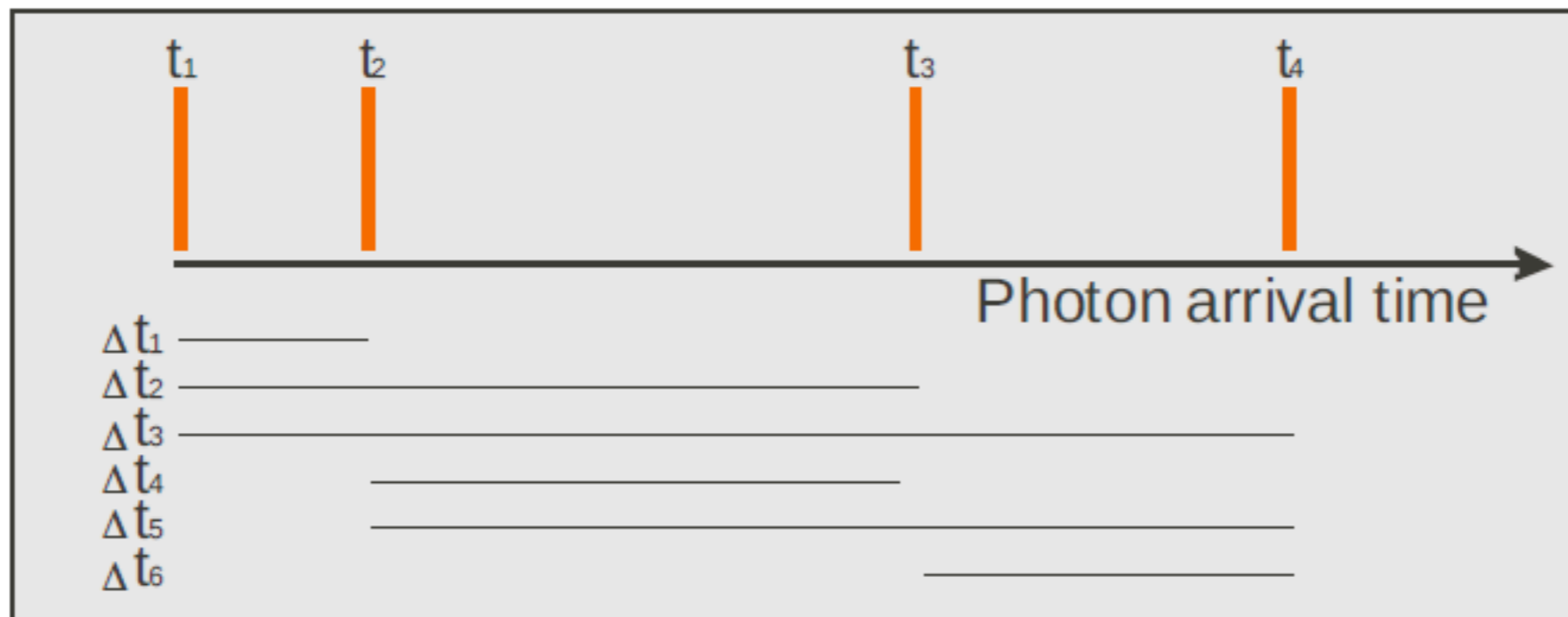


# Le pulsar Fermi



# ricerca cieca di periodicit 

- Tecnica di time-differencing (Atwood et al. 2006)
  - FFT dei ritardi tra fotoni (autocorrelazione troncata)
  - salva risorse (CPU e memoria) (FFT piu' piccole)
  - non perde troppo in sensibilit  (semicoerente)
  - riduce le esigenze di coerenza:  $dF0 \sim 1/T_{\text{win}} \ll 1/T_{\text{obs}}$

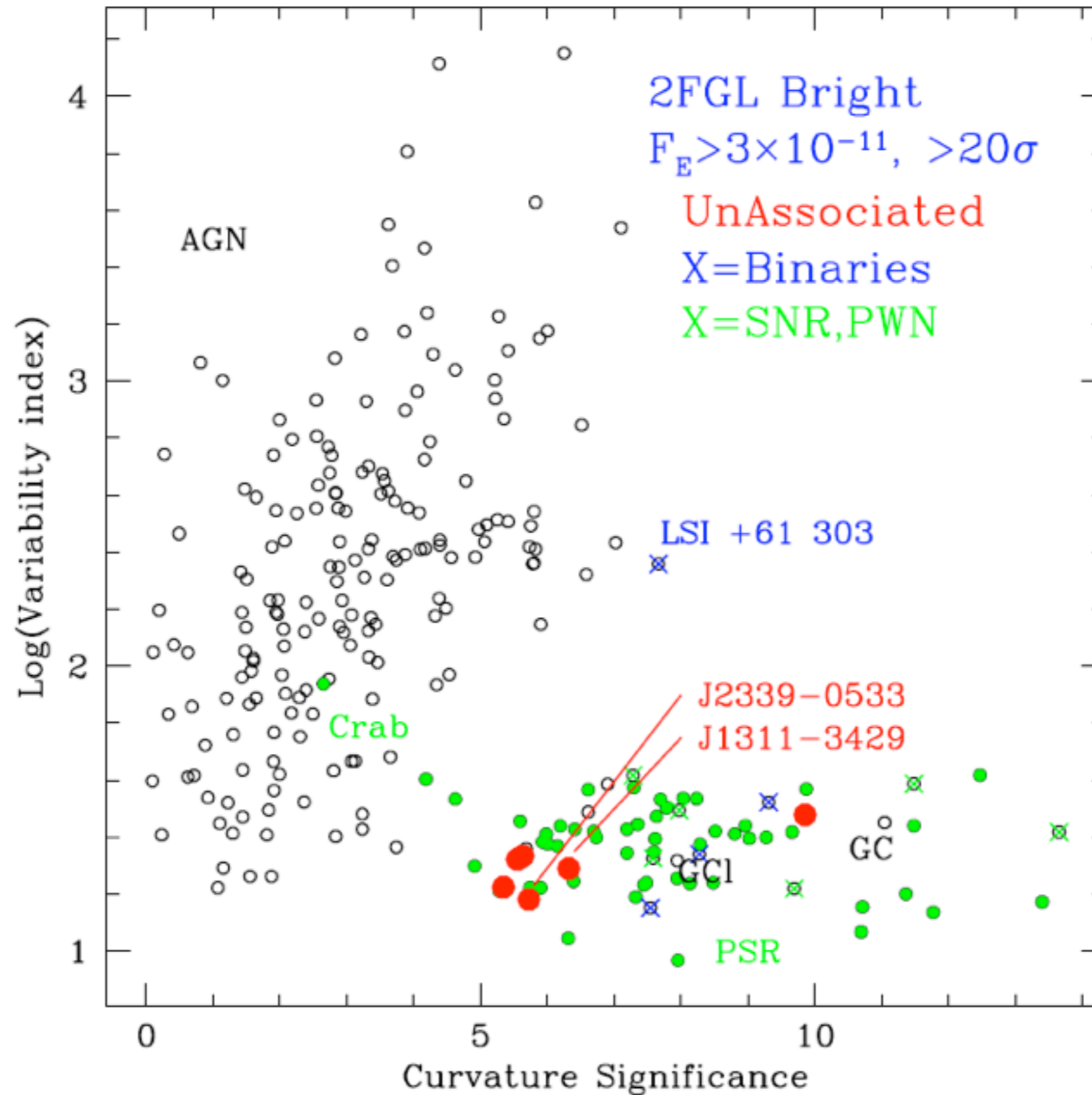


Credit: M. Ziegler

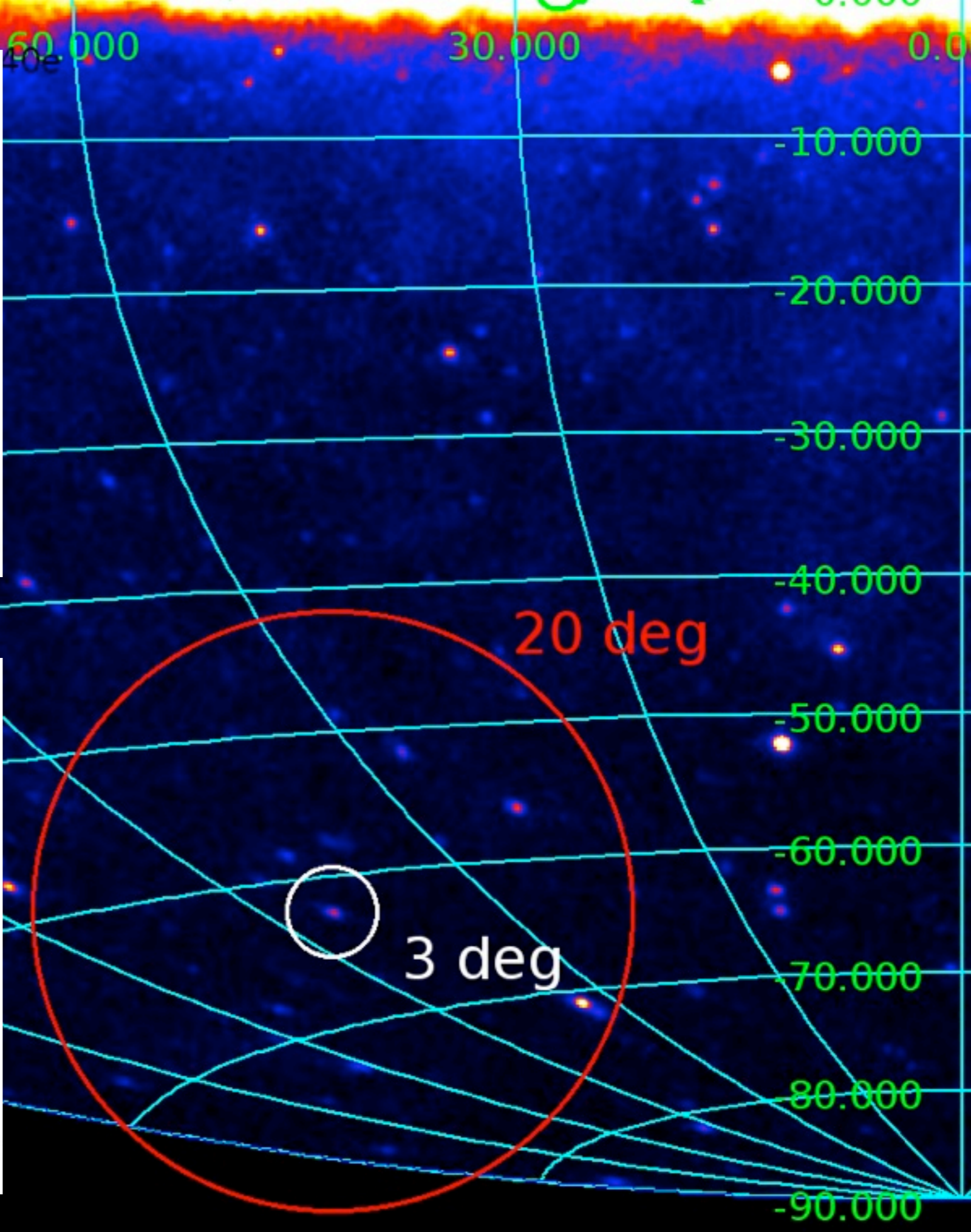
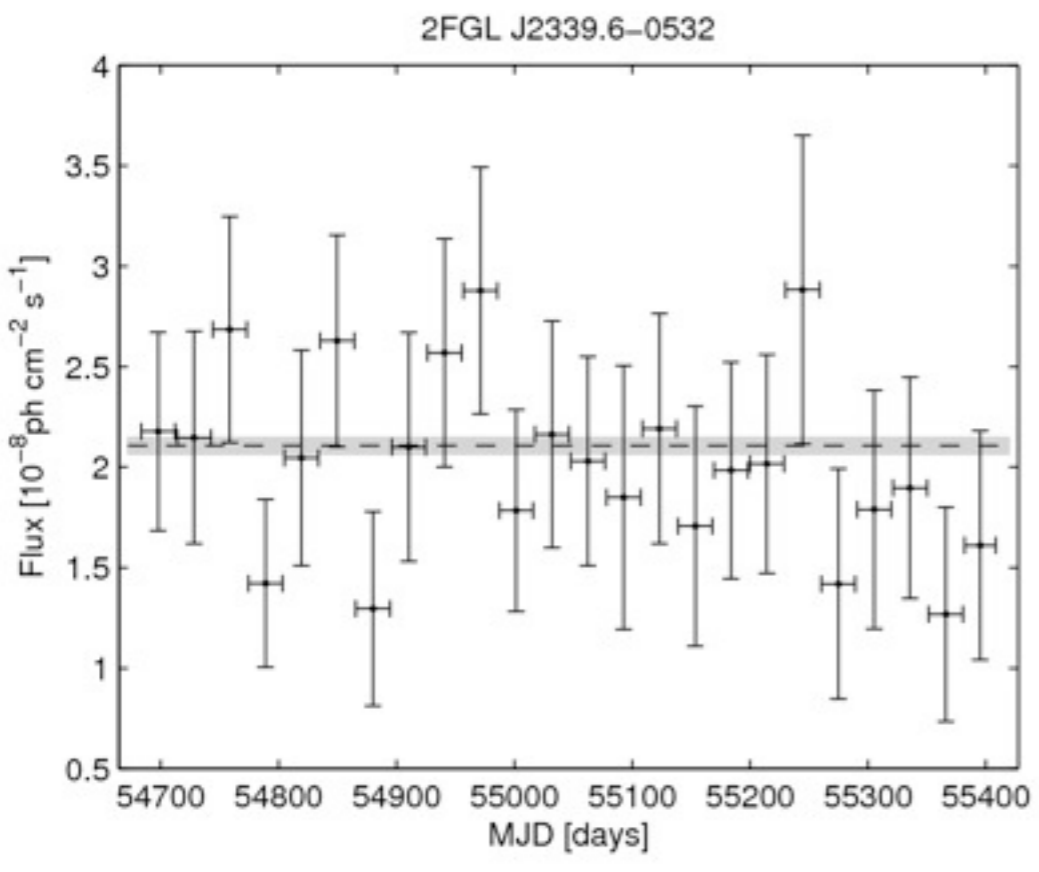
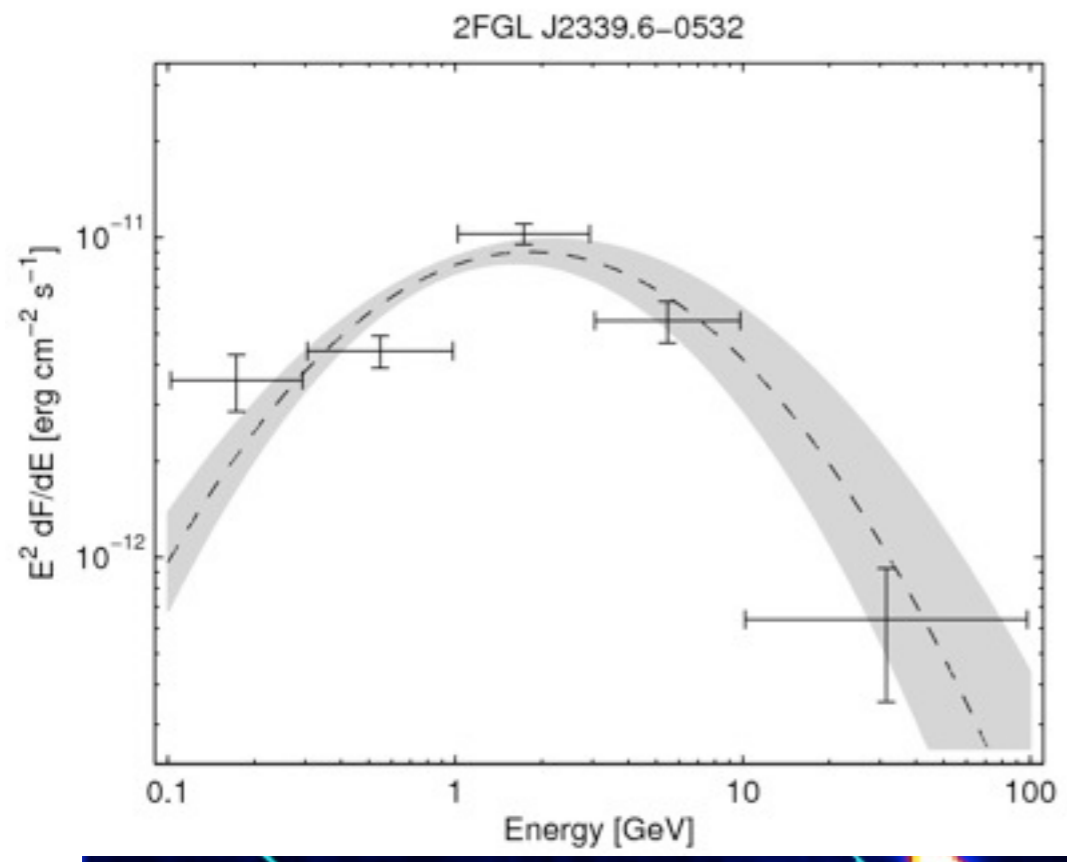


- 3 effetti mascherano la periodicità:
  - spin-down intrinseco della pulsar (e tim. noise)
  - moto orbitale della pulsar (se in un sist. binario)
  - moto orbitale del LAT e della terra
- i parametri orbitali danno un sacco di problemi (sistemi molto eccentrici sono tuttora ingestibili)
- un errore nella correzione produce una perdita di potenza nella FFT:  $\Delta_{\text{pow}} / \text{pow} \propto -(\Delta_{\text{par}} \times \text{Freq})^2$
- diventa cruciale il design ottimale di una griglia di parametri orbitali, altrimenti si spreca risorse
- e' indispensabile raccogliere il massimo di informazione in altre bande (archivi e campagne)

# Come scegliere i target per la ricerca? (David)



- vedove nere e altri ragni
- ricerche cieche di pulsazioni gamma
- caso I: PSR J2339-0532
- caso II: PSR J1311-3429

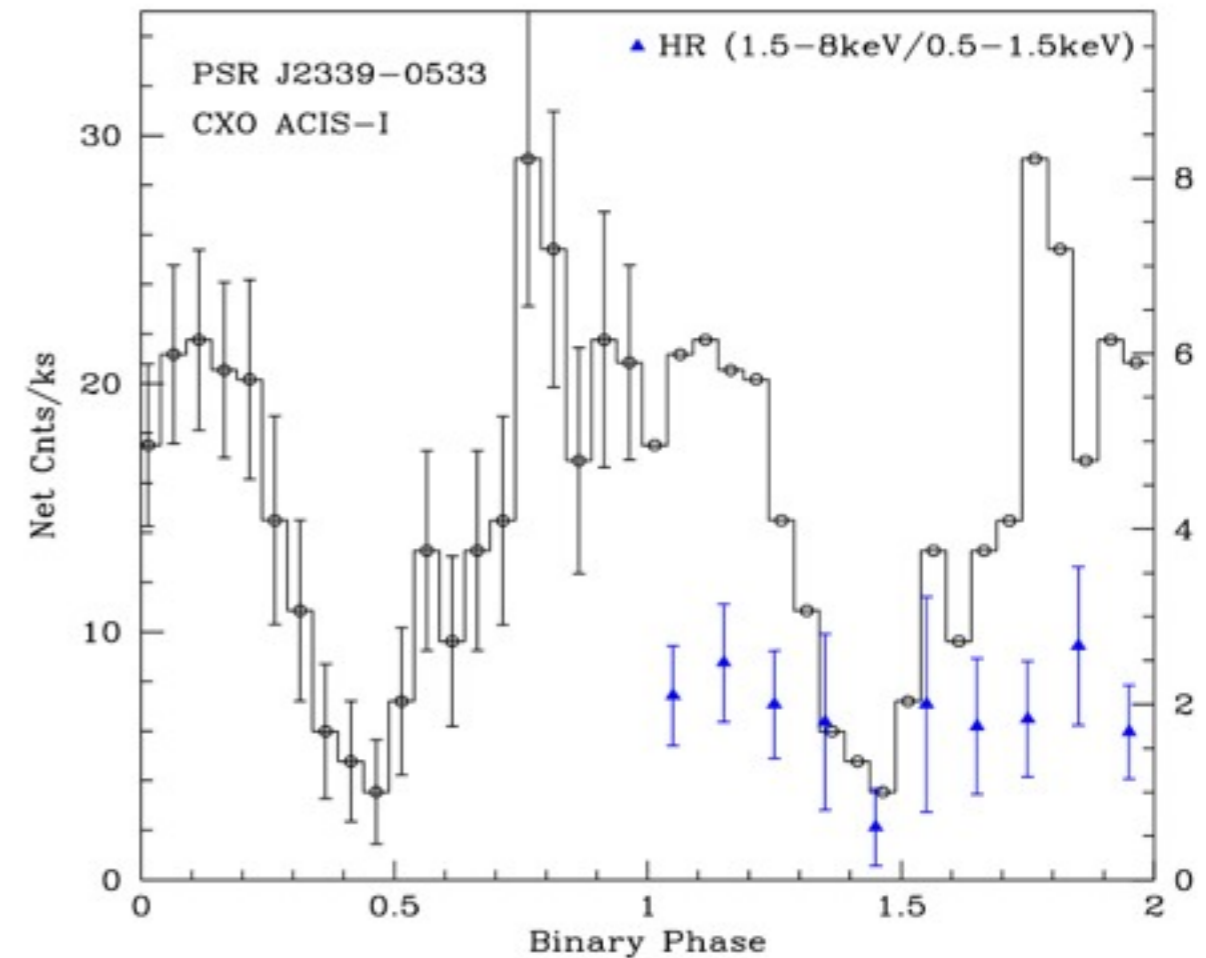
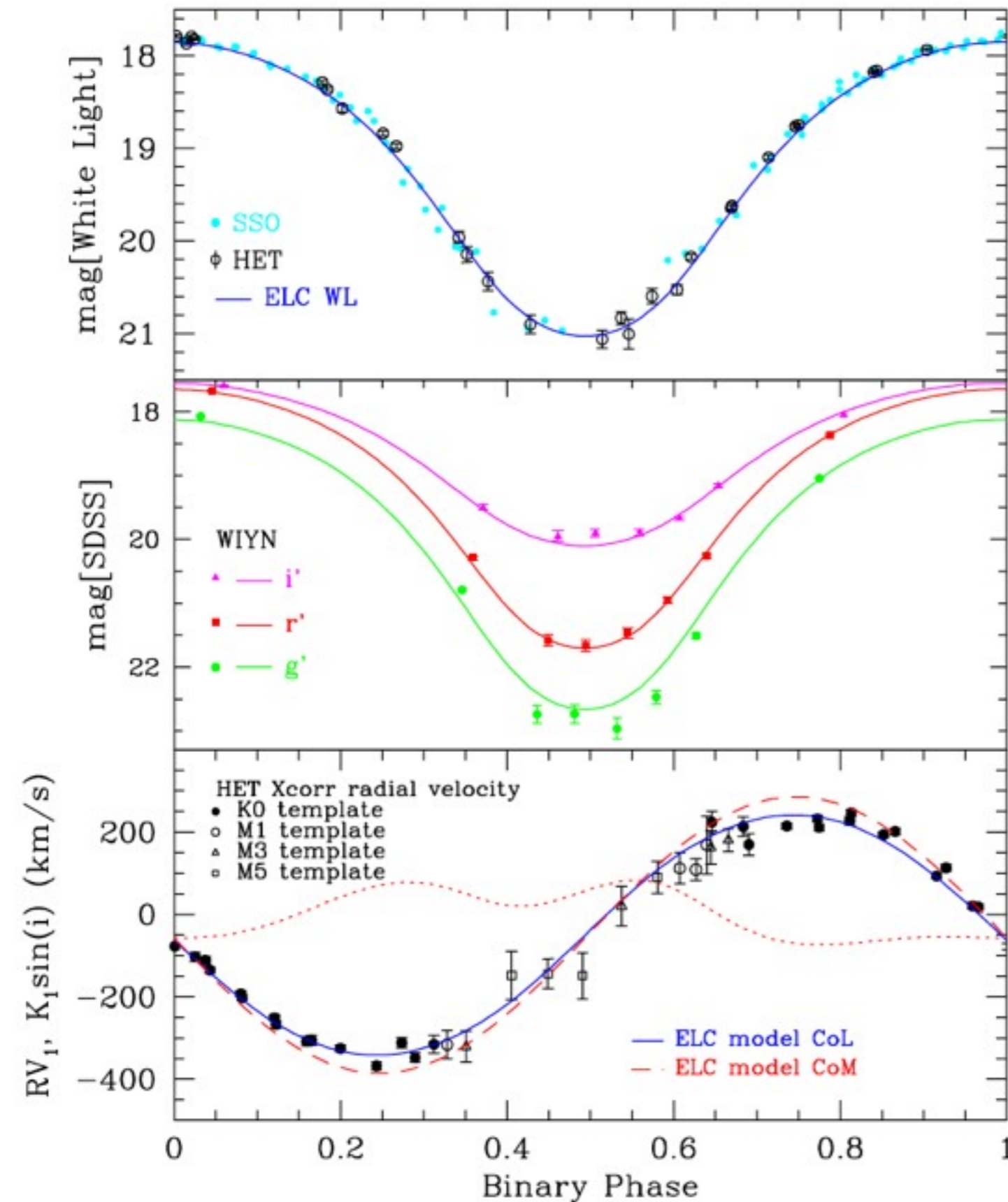


# 2FGL J2339.6-0532

Romani & Shaw 2011

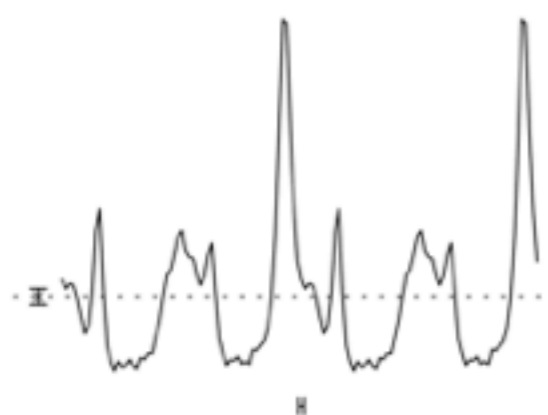
Table 1  
J2339-5033 System Parameters

Parameter	ELC Fit Value
R.A. (J2000)	23:39:38.75
Decl. (J2000)	-05:33:05.3
$P_b$ (days)	$0.19309790 \pm 1 \times 10^{-7}$
$T_0$ (MJD-TDB)	$55500.4833 \pm 0.0002$
$M_1$ ( $M_\odot$ )	$0.075 \pm 0.007$
$M_2$ ( $M_\odot$ )	$1.40 \pm 0.04$
$i$ (deg)	$57.4 \pm 0.5$
$f_1$	$0.90 \pm 0.01$
$T_1$ (K)	$2800 \pm 50$
$\log[L_X]$ ( $\text{erg s}^{-1}$ )	$33.5 \pm 0.1$



# Scoperta radio

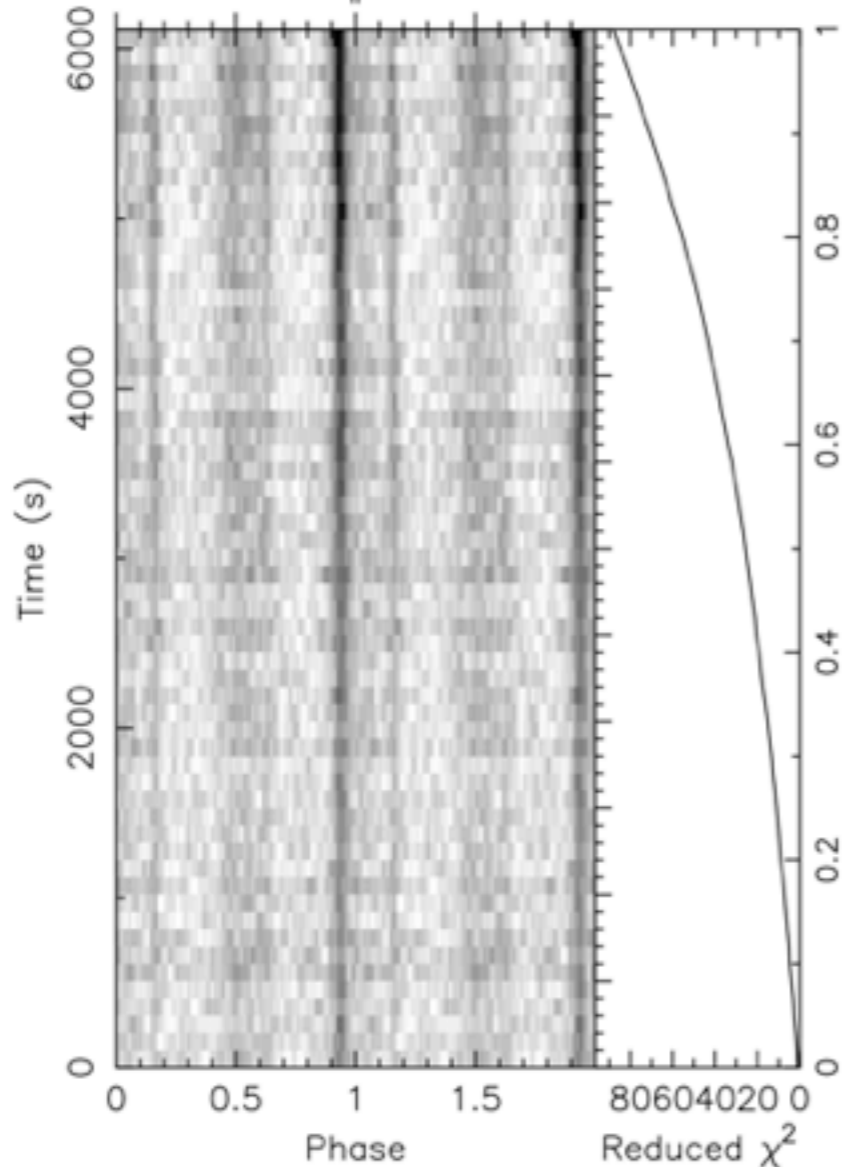
2 Pulses of Best Profile



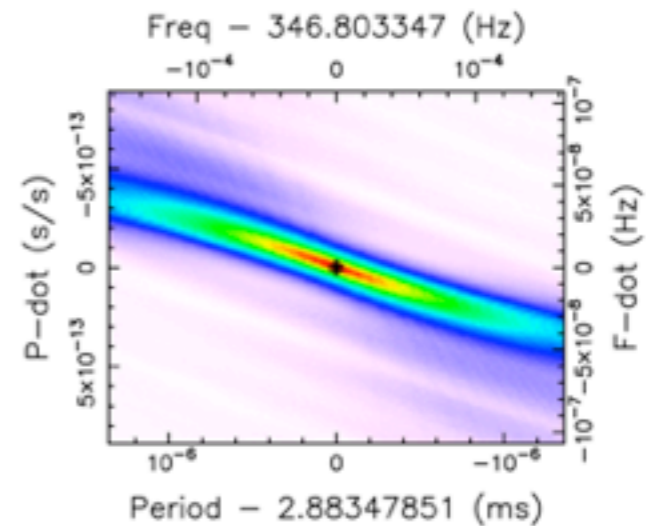
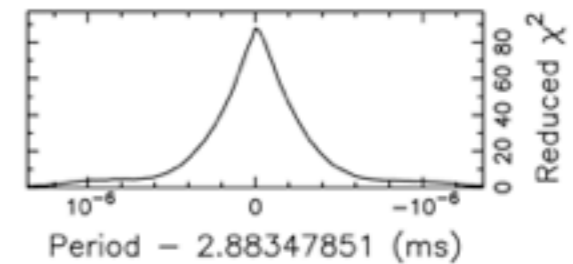
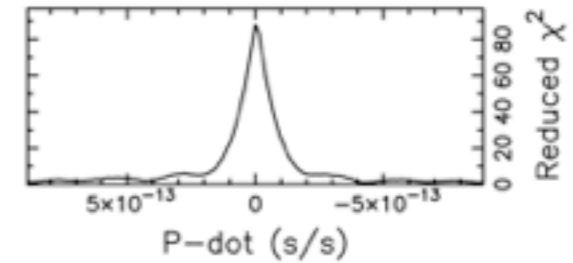
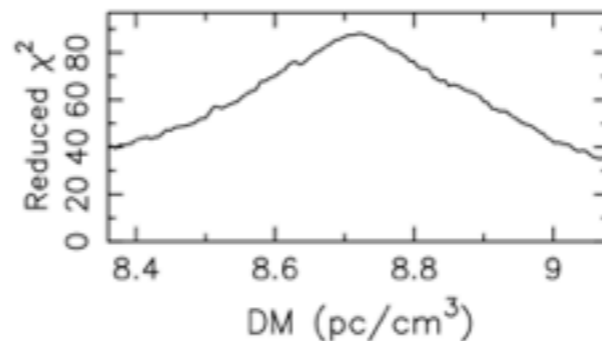
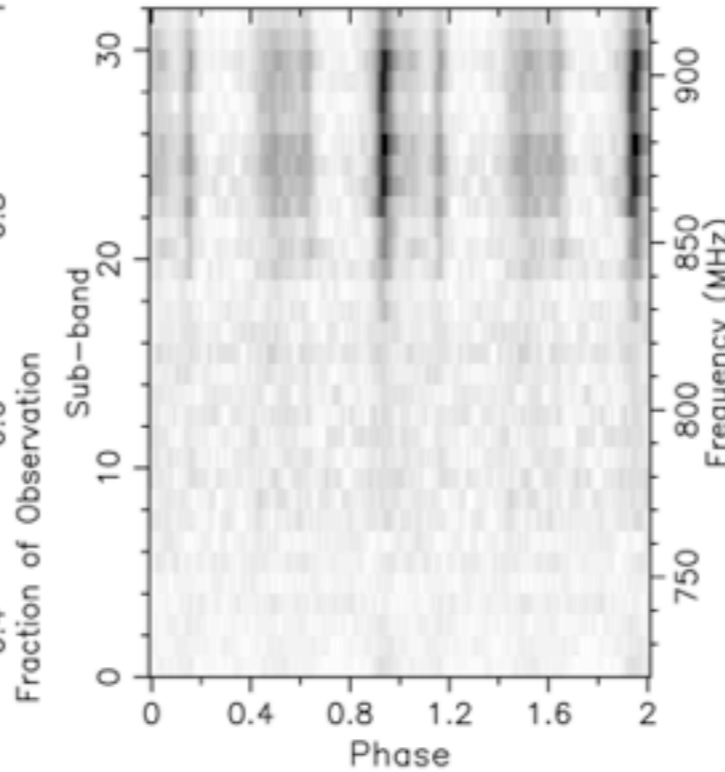
Candidate: PSR\_2339-0533  
 Telescope: GBT  
 Epoch<sub>topo</sub> = 55792.19046296296  
 Epoch<sub>bary</sub> = N/A  
 T<sub>sample</sub> = 6.144e-05  
 Data Folded = 99532800  
 Data Avg = 4.814e+04  
 Data StdDev = 334.9  
 Profile Bins = 64  
 Profile Avg = 7.486e+10  
 Profile StdDev = 4.176e+05

Search Information

RA<sub>J2000</sub> = 23:39:38.7120      DEC<sub>J2000</sub> = -05:33:05.7600  
 Folding Parameters  
 Reduced  $\chi^2$  = 88.085      P(Noise)  $\sim$  0  
 Dispersion Measure (DM; pc/cm<sup>3</sup>) = 8.720  
 P<sub>topo</sub> (ms) = 2.8834785136(76)      P<sub>bary</sub> (ms) = N/A  
 P'<sub>topo</sub> (s/s) = 0.0(9.6)x10<sup>-15</sup>      P'<sub>bary</sub> (s/s) = N/A  
 P''<sub>topo</sub> (s/s<sup>2</sup>) = 0.0(1.0)x10<sup>-17</sup>      P''<sub>bary</sub> (s/s<sup>2</sup>) = N/A  
 Binary Parameters  
 P<sub>orb</sub> (s) = N/A      e = N/A  
 a<sub>1</sub>sin(i)/c (s) = N/A       $\omega$  (rad) = N/A  
 T<sub>peri</sub> = N/A



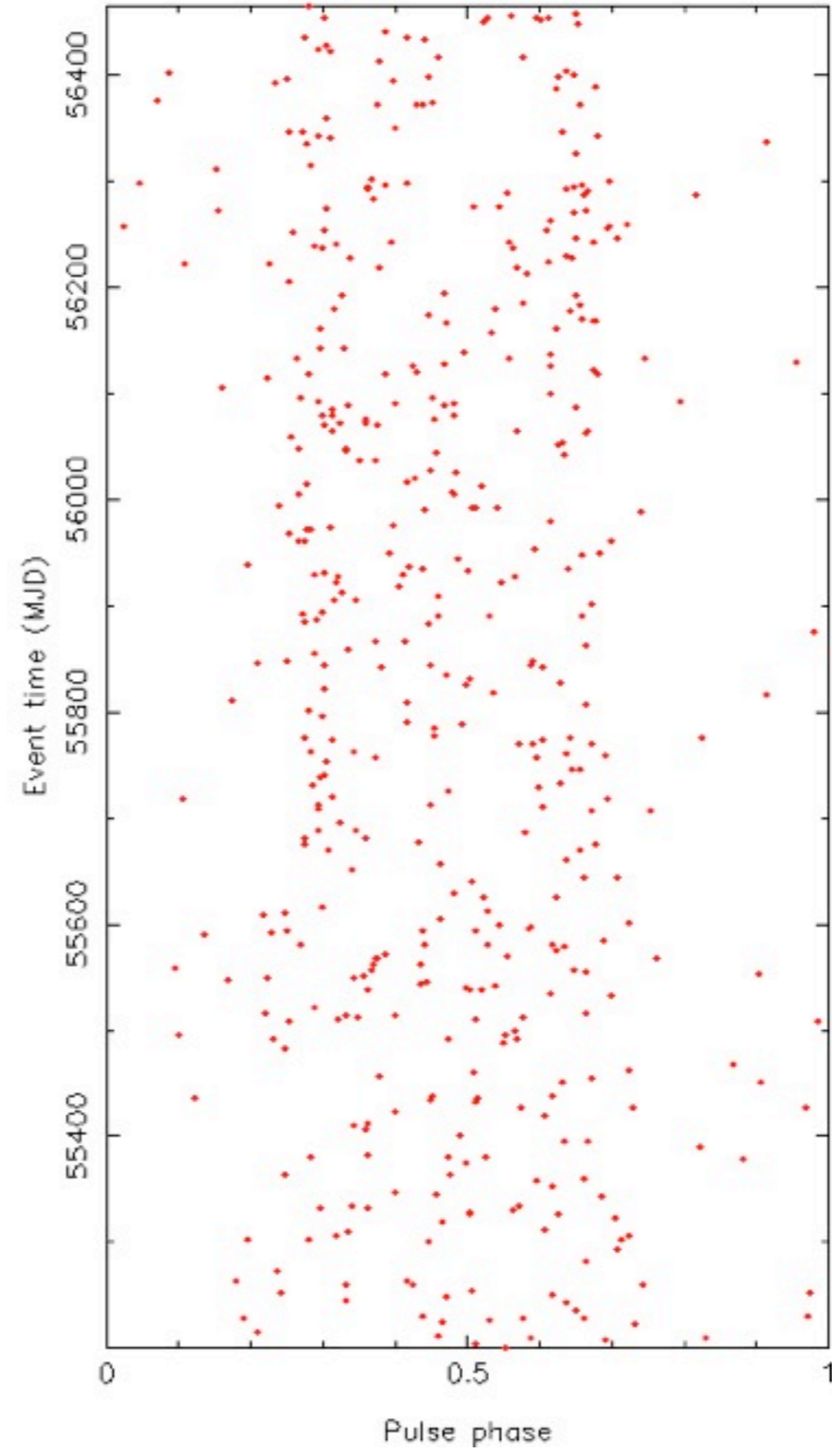
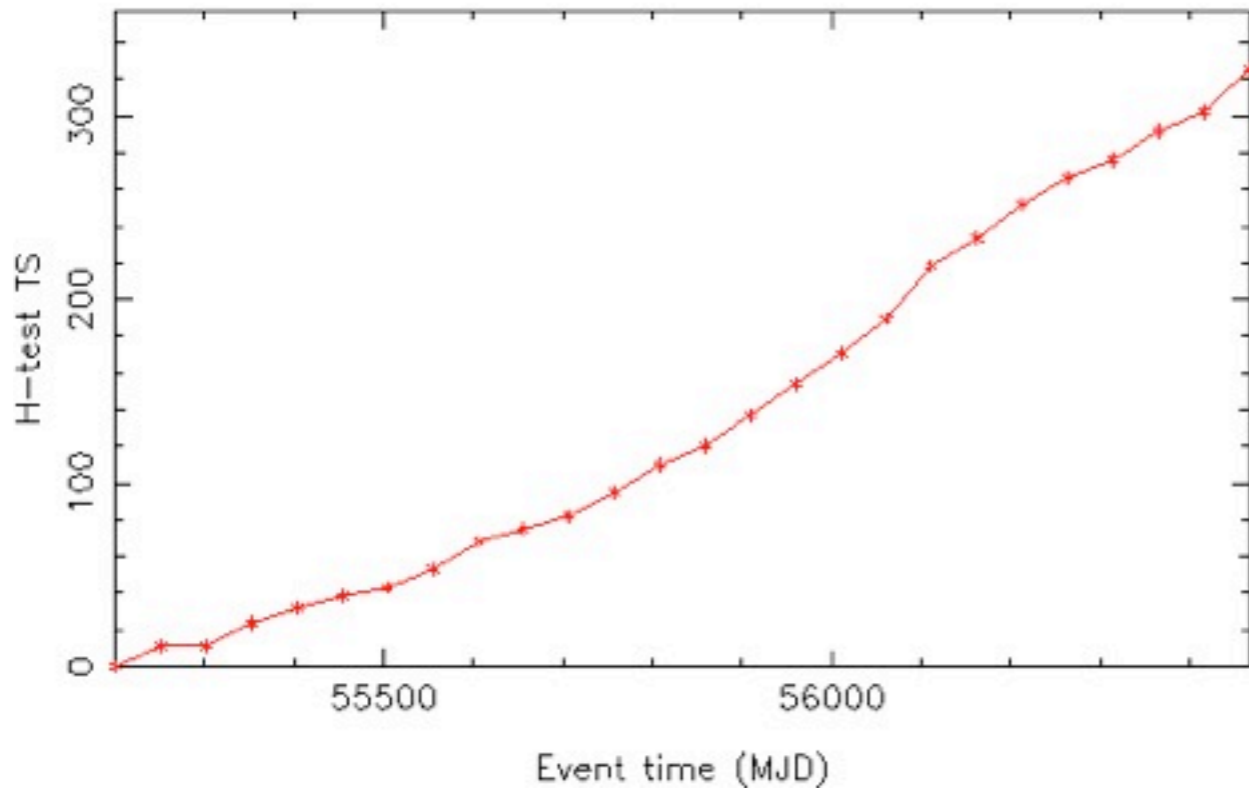
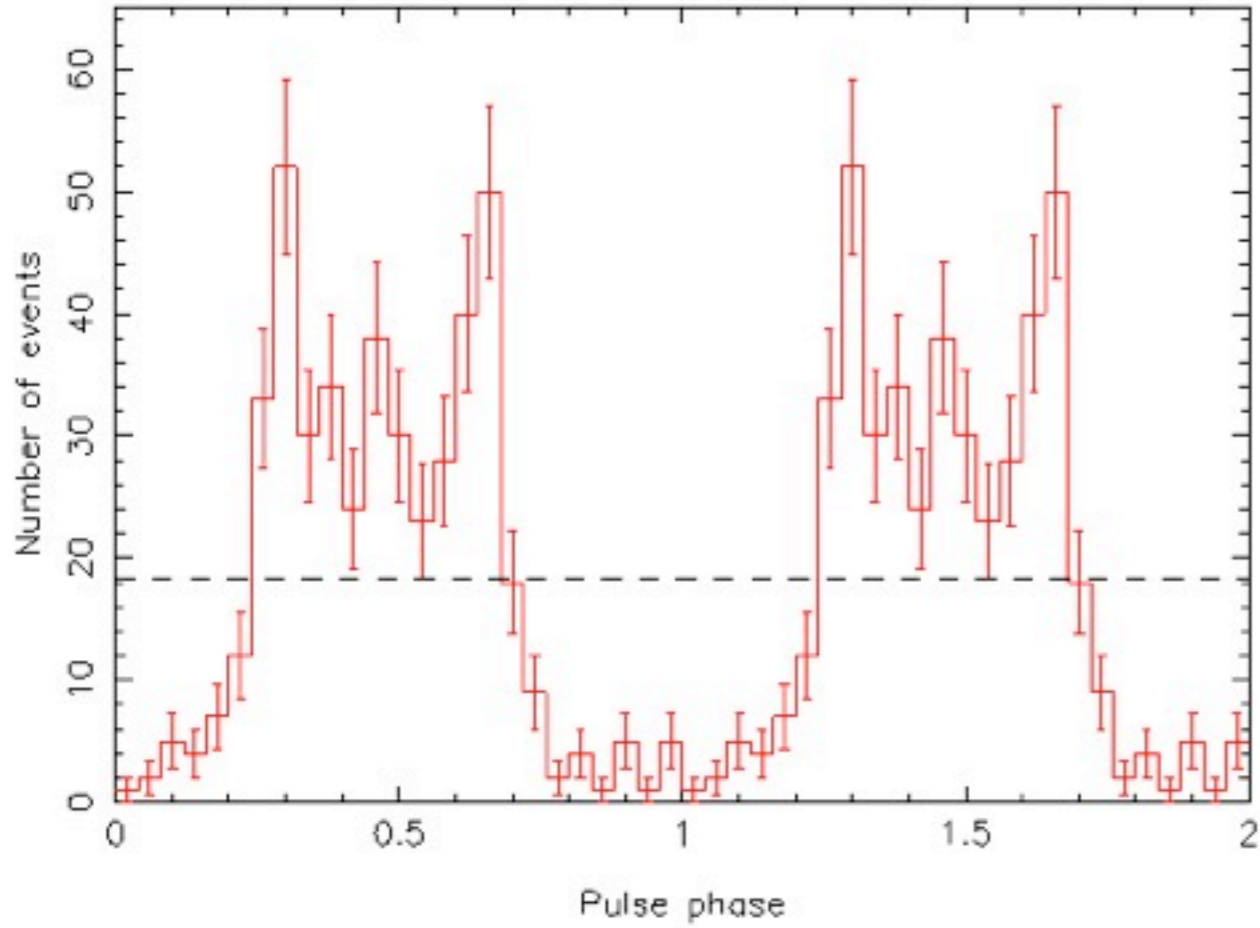
guppi\_55792\_J2339-0533\_0002\_0001.fits



credit: P Ray

poulr 21-Oct-2012 20:08

# Sistema risolto cercando nei dati LAT



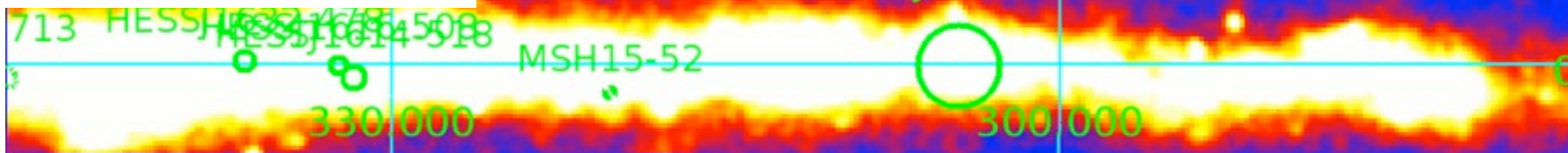
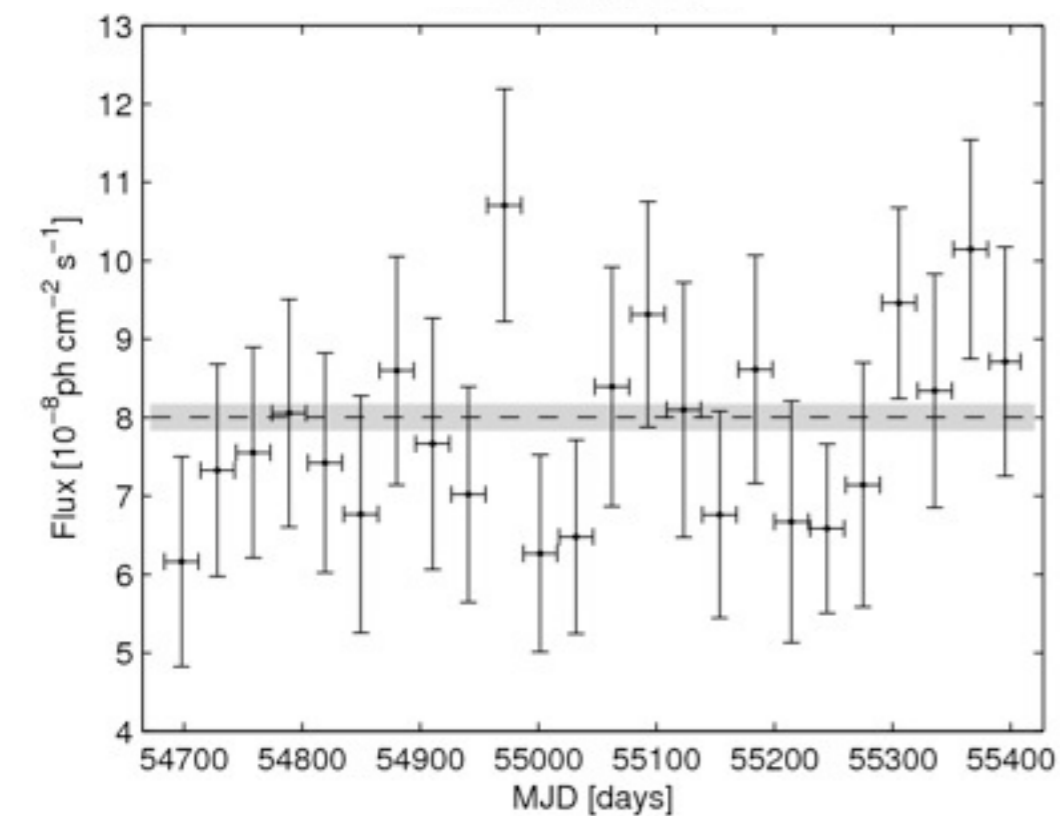
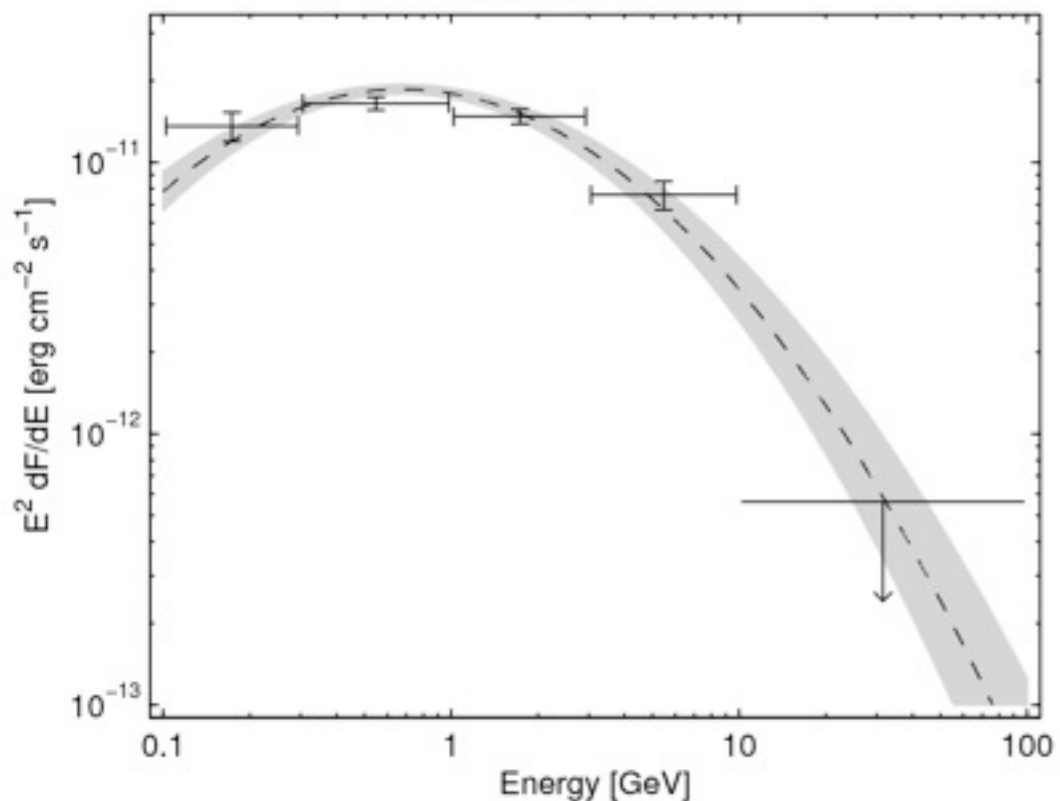
# Storia di una scoperta

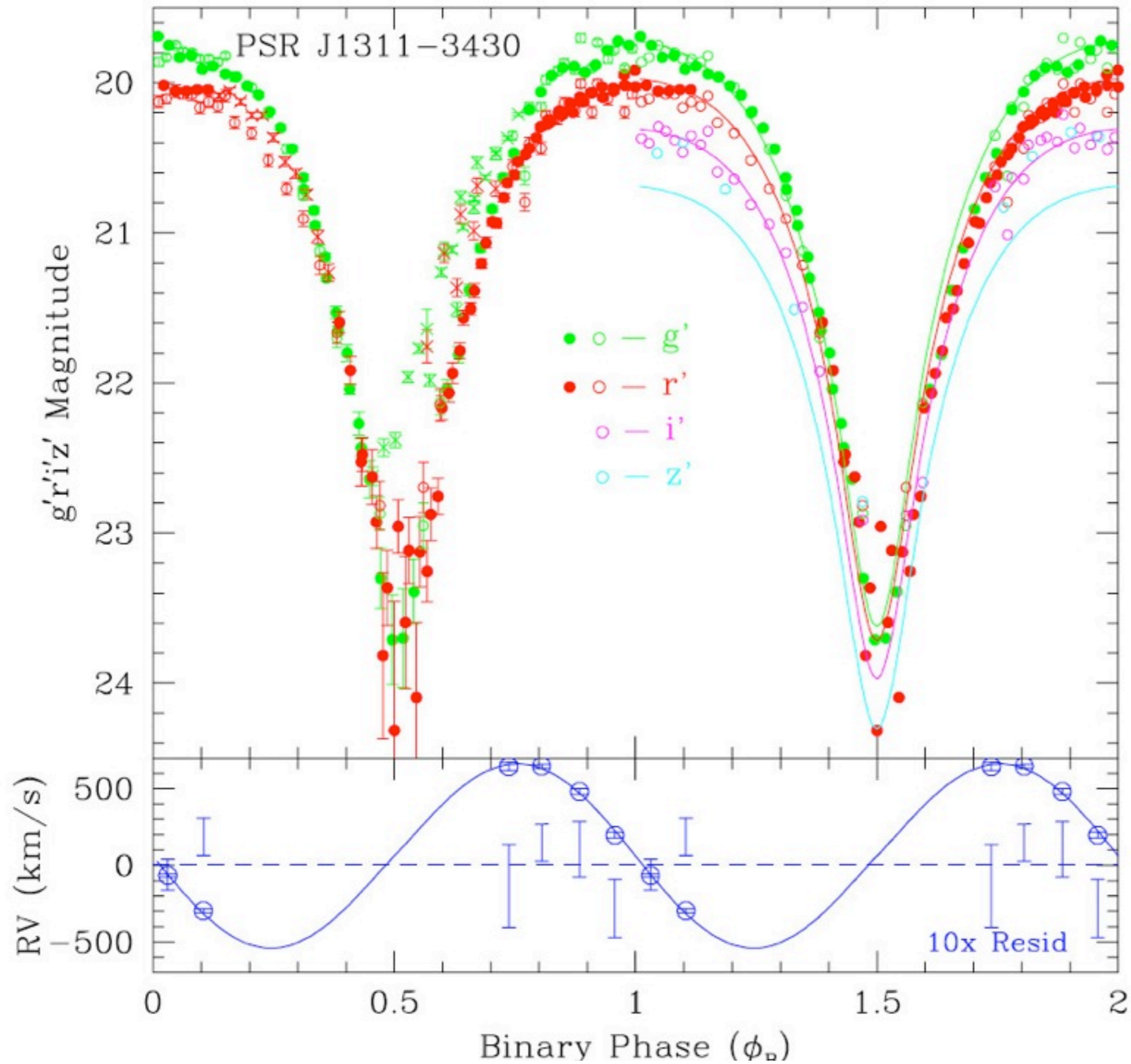
- prima si seleziona la sorgente Fermi
- da archivi ottici si individua la controparte
- parte una campagna osservativa pluriennale che risolve il sistema al millisecondo
- nel frattempo parte una campagna di ricerca da parte di potenti radiotelescopi
- si investono decine di anni-macchina per trovare la pulsazione nei dati gamma
- eventualmente si trova la pulsazione e si spera che il sistema sia particolare



- vedove nere e altri ragni
- ricerche cieche di pulsazioni gamma
- caso I: PSR J2339-0532
- caso II: PSR J1311-3429

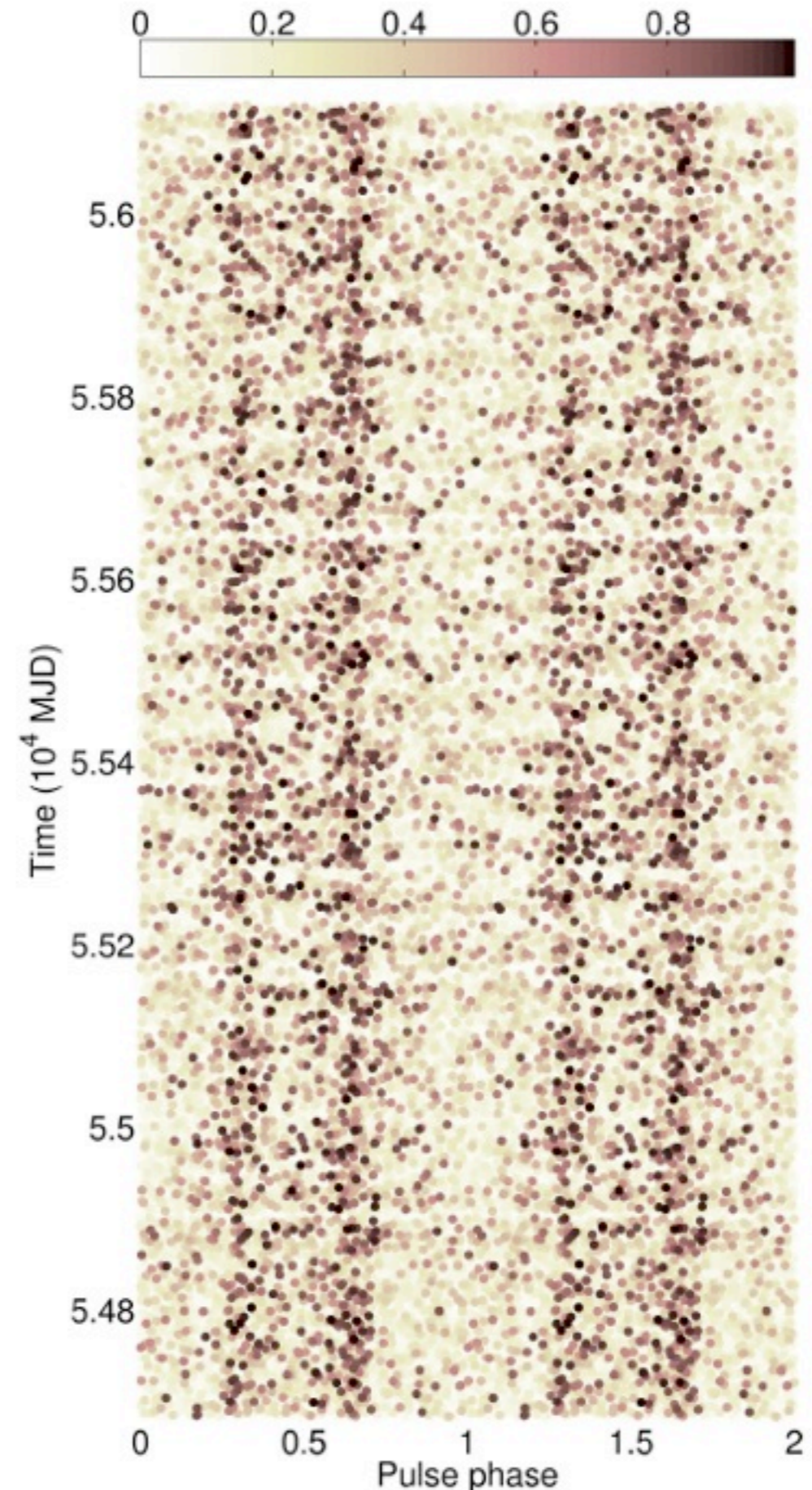
2FGL J1311.7-3429





Romani et al  
2013

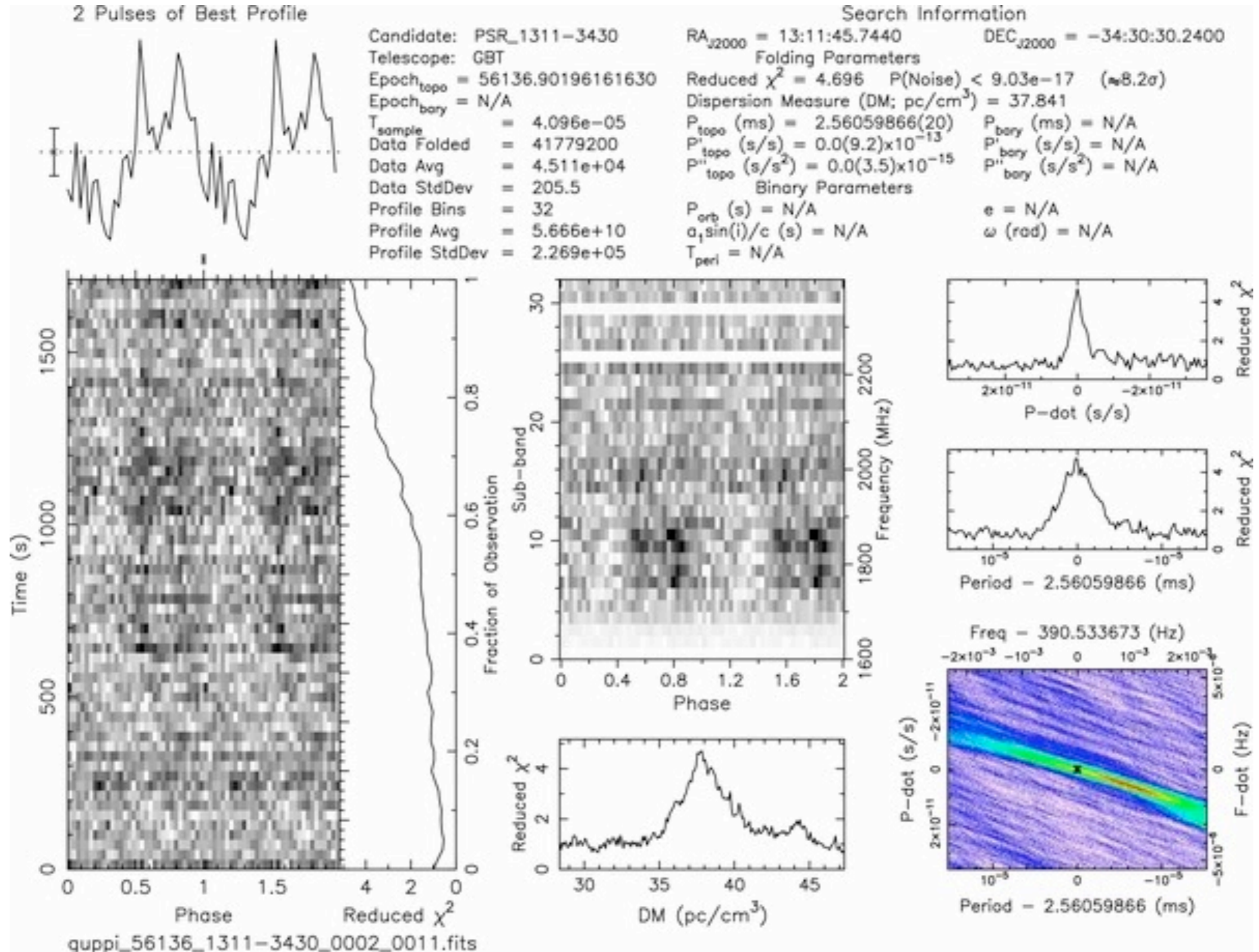
- la pulsazione viene qui trovata prima in gamma (non da noi, purtroppo) e successivamente in radio
- il sistema e' estremo: orbita di  $\sim 93$  minuti
- la massa della stella di neutroni e' grandissima
- questo pone seri vincoli sull'equazione di stato all'interno della stella
- da semplici pulsazioni si fa della fisica fondamentale



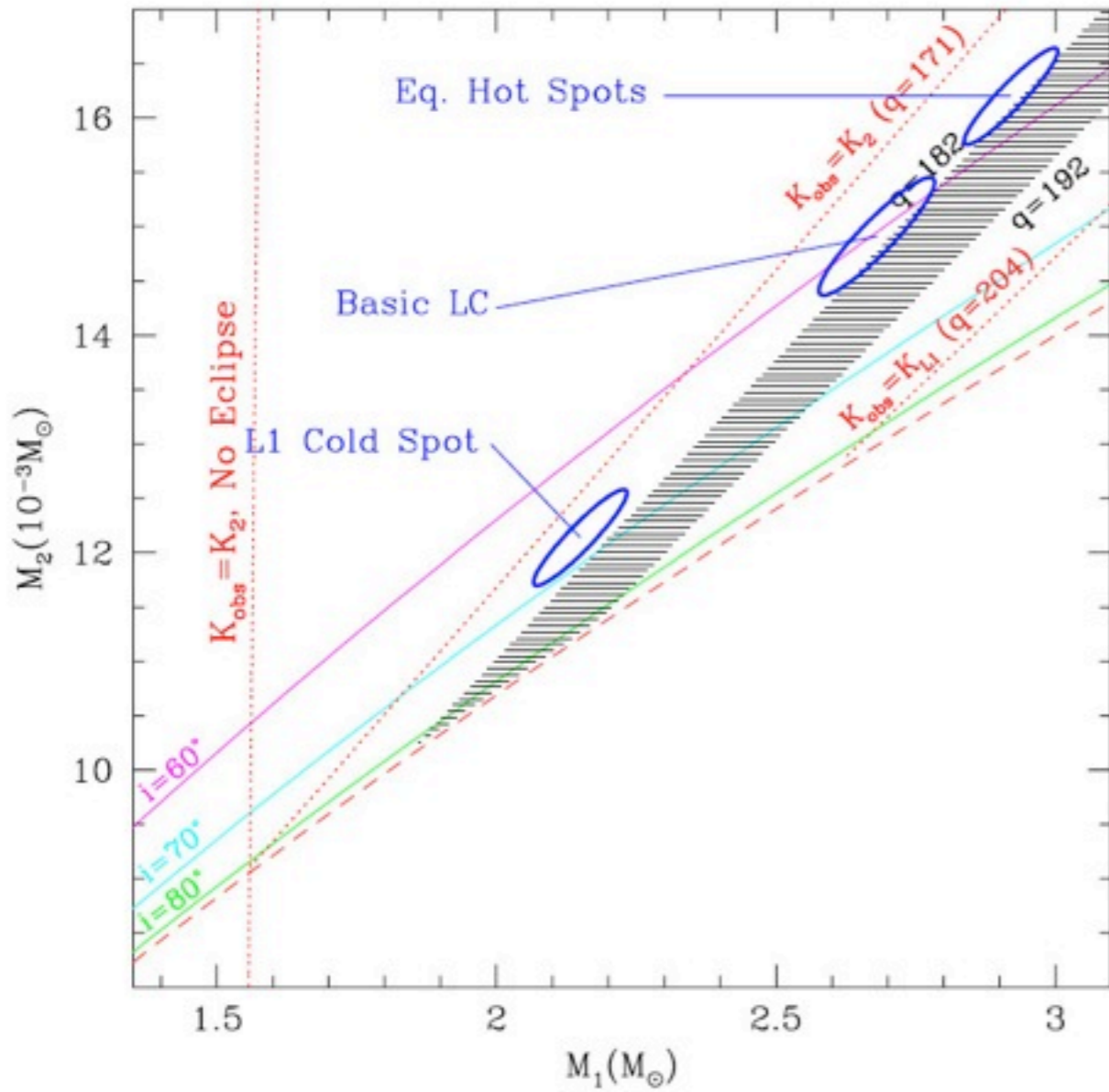
credit: H Pletsch

# unica detection radio (GBT)

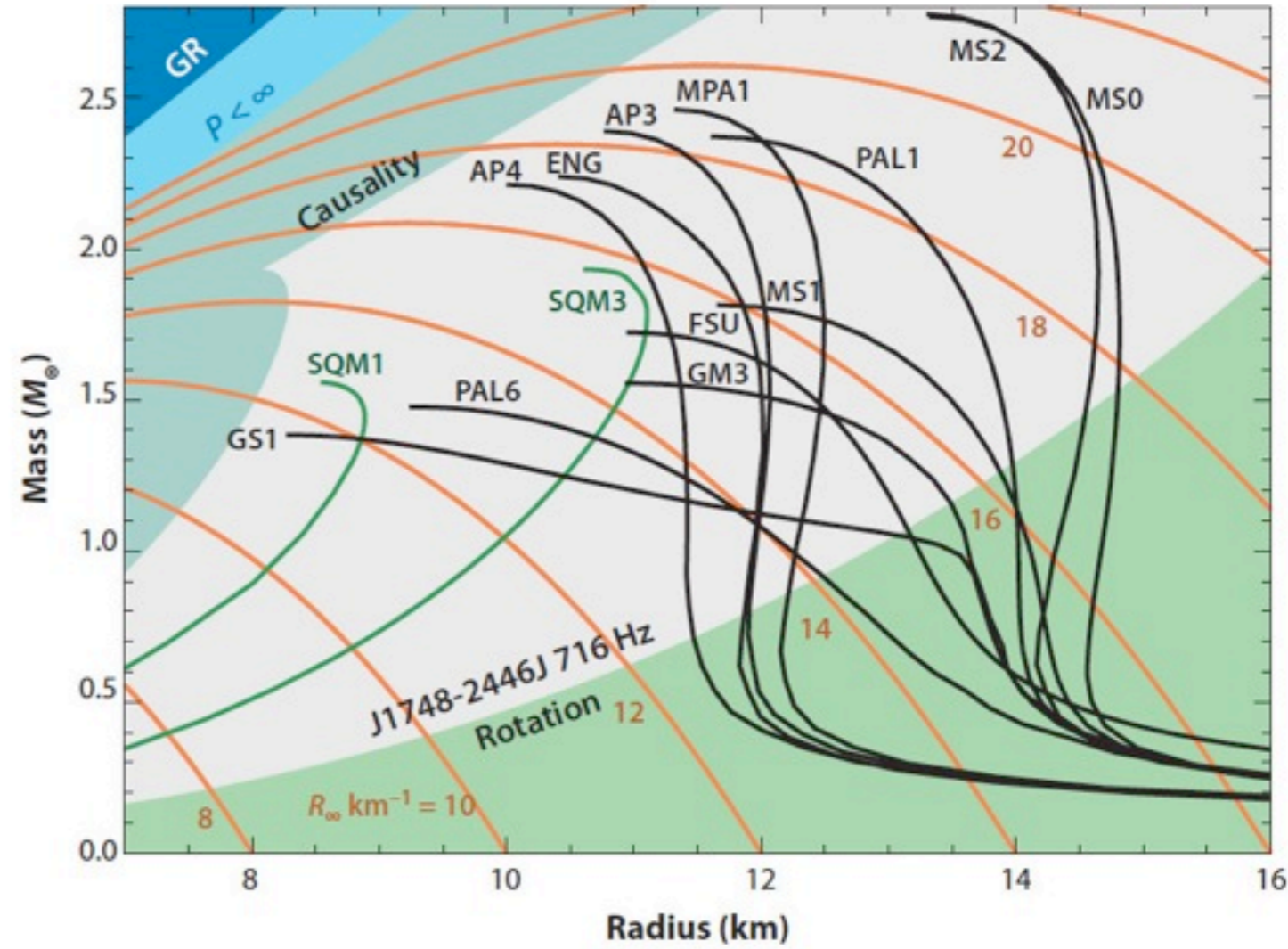
Ray et al. 2013



# Romani et al. 2013



# Lattimer 2012



**grazie per l'attenzione!**