

1982: un'altra sorpresa

Il radiotelescopio di Arecibo fu nuovamente protagonista nel dicembre 1982, quando il gruppo guidato da Don Backer annunciò di aver scoperto la PSR 1937+21, una pulsar con un periodo di appena 1,5 ms, corrispondente a circa 600 rotazioni al secondo, pericolosamente vicino al limite di rottura di una stella di neutroni. Si trattava forse di una pulsar giovanissima?

Ma allora dov'era il resto gassoso della supernova? A mantenere alto l'interesse della comunità arrivò la notizia che, contrariamente alle aspettative, il rallentamento era piccolissimo, migliaia di volte inferiore a quello delle pulsar normali. Se continuava a valere la relazione tra campo magnetico, periodo e rallentamento, allora il campo magnetico doveva essere migliaia di volte più debole del valore standard (circa 10^{12} gauss) delle pulsar.

Per di più, la pulsar, che in base al periodo di rotazione avrebbe dovuto essere giovanissima, risultava avere 200 milioni di anni (sulla base della relazione tra periodo e rallentamento). Quindi o si accettava che la teoria elaborata per tutte le altre pulsar non si potesse applicare alla PSR 1937+21, o si trovava una spiegazione completamente diversa. Le idee non mancavano certo. L'esperienza della variegata famiglia delle binarie X, dove una stella di neutroni interagisce con una stella normale, succhiandole materia e momento angolare, faceva supporre che il periodo di una stella di neutroni potesse essere alterato in modo macroscopico dall'interazione con una compagna in un sistema binario. Peccato che la PSR 1937+21 fosse isolata. Che fine aveva fatto la stella compagna?

La risposta venne ancora da Arecibo dove, nell'agosto 1983, venne scoperta una pulsar velocissima in un sistema binario con una compagna con massa di qualche decimo di massa solare, forse una nana bianca. Era un tassello del puzzle che si andava componendo sul meccanismo per accelerare la rotazione delle stelle di neutroni in sistemi binari.

Cinque anni dopo, ancora da Arecibo, un altro studente di Taylor, Andrew Fruchter,

scandagliando il piano galattico scopriva una pulsar con periodo di 1,6 ms in un sistema binario. Il 13 marzo 1988, durante il transito sopra il telescopio di Arecibo, il segnale della pulsar scomparve. Si pensò a un malfunzionamento del sistema di acquisizione dati e qualcuno disse, scherzando, "sarà andata in eclisse". La PSR 1937+20 riapparve 45 minuti più tardi. La stessa cosa successe altre cinque volte durante nove sessioni di osservazioni dedicate a questo oggetto. La conoscenza del periodo orbitale permise di stabilire che la scomparsa avveniva sempre quando la pulsar percorreva la stessa frazione di orbita: si trattava proprio di un'eclisse! Lo studio dei sistemi binari ha nelle eclissi un ausilio validissimo perché queste forniscono informazioni sull'inclinazione del sistema sul piano del cielo (orbite che giacciono esattamente sul piano del cielo non si eclissano mai, perché una stella non passa mai davanti all'altra, oscurandola).

La conoscenza del periodo orbitale e dell'inclinazione, unita al valore della massa della pulsar primaria, permise quindi di stimare la massa della compagna in sole 0,02 masse solari! La durata dell'eclisse, pari circa a un decimo del periodo orbitale, faceva però pensare a dimensioni della stella compagna molto più grandi di quelle attese per una stella così piccola. Fatti i conti la stellina compagna doveva avere raggio pari a circa l'80% di quello del nostro Sole pur avendo solo il 2% della sua massa. Cosa poteva causare un simile "gonfiamento"? La vicina stella di neutroni, sorgente di un potente vento relativistico, forniva la fonte di energia necessaria a spiegare le dimensioni abnormi della compagna che, espansa com'era, non era più in grado di trattenere

a sé i suoi strati più esterni e, in effetti, stava perdendo materia nel mezzo interstellare. In altre parole, la pulsar, dopo essere diventata velocissima grazie al momento angolare "succhiato" alla stella compagna, ora la stava facendo evaporare, avviandosi a diventare una pulsar "riciclata" velocissima e singola. La PSR 1937+20 forniva così l'anello mancante tra pulsar veloci binarie e pulsar veloci isolate.



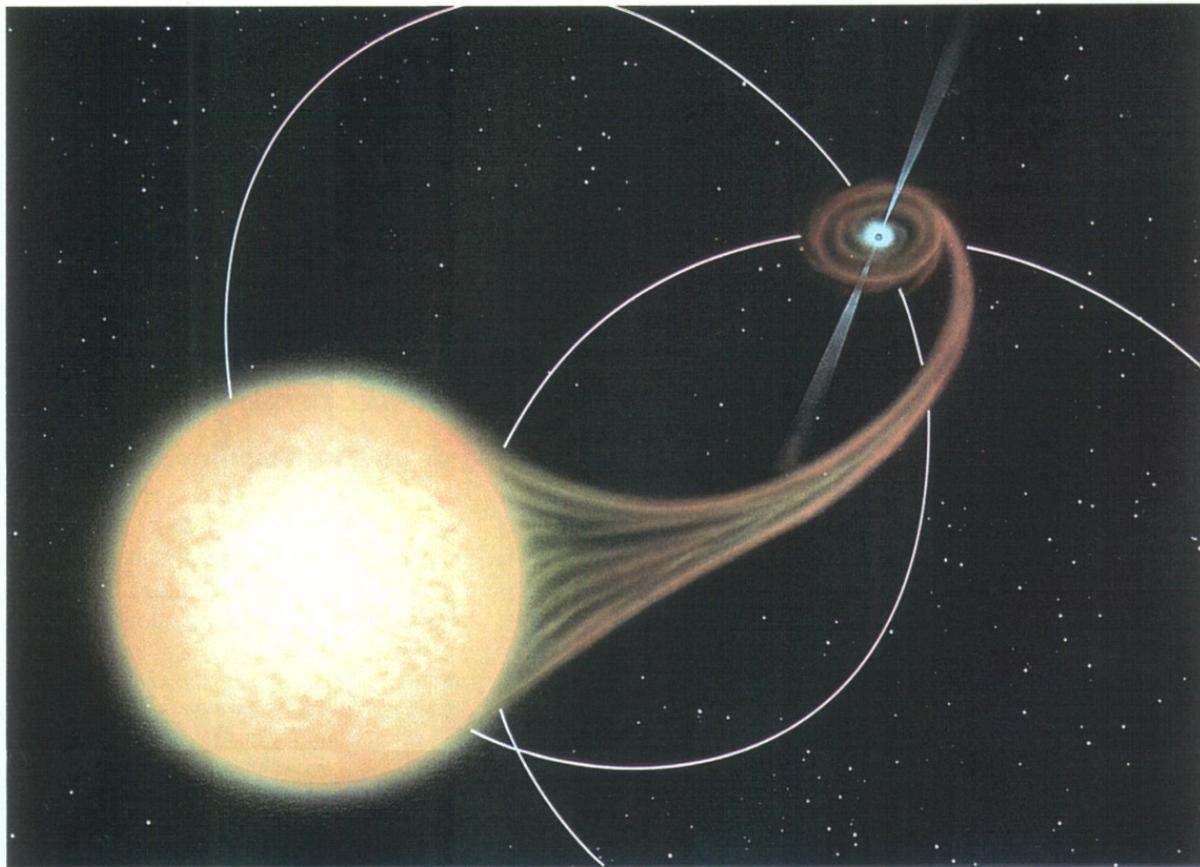
Negli ammassi globulari

Che gli ammassi globulari siano (o debbano essere) particolarmente ricchi di stelle di neutroni non è certo una novità. Da anni l'astronomia X ha dimo-

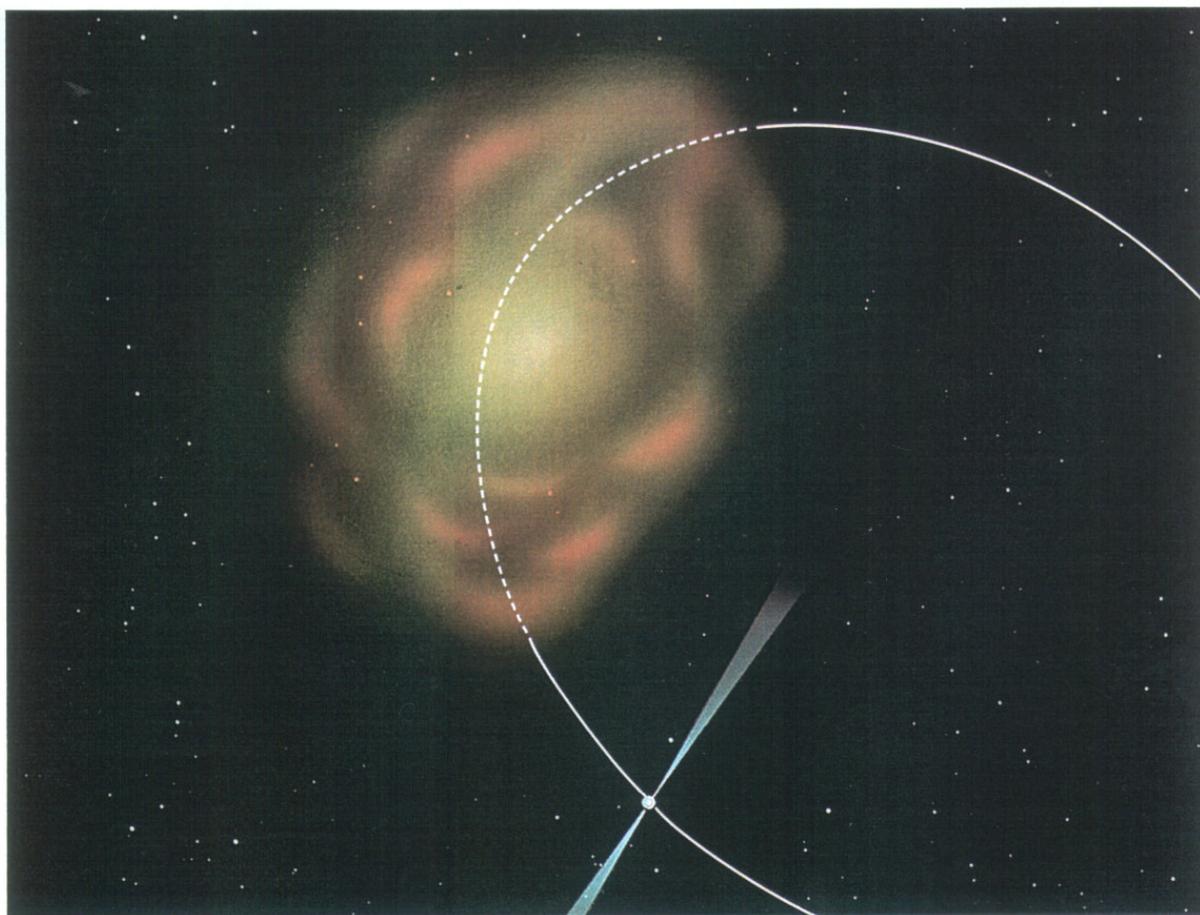
strato che negli ammassi globulari la densità di sorgenti X imputate a stelle di neutroni in sistemi binari, che accrescono materia a spese della stella compagna, è ben più alta che nel resto della Galassia.

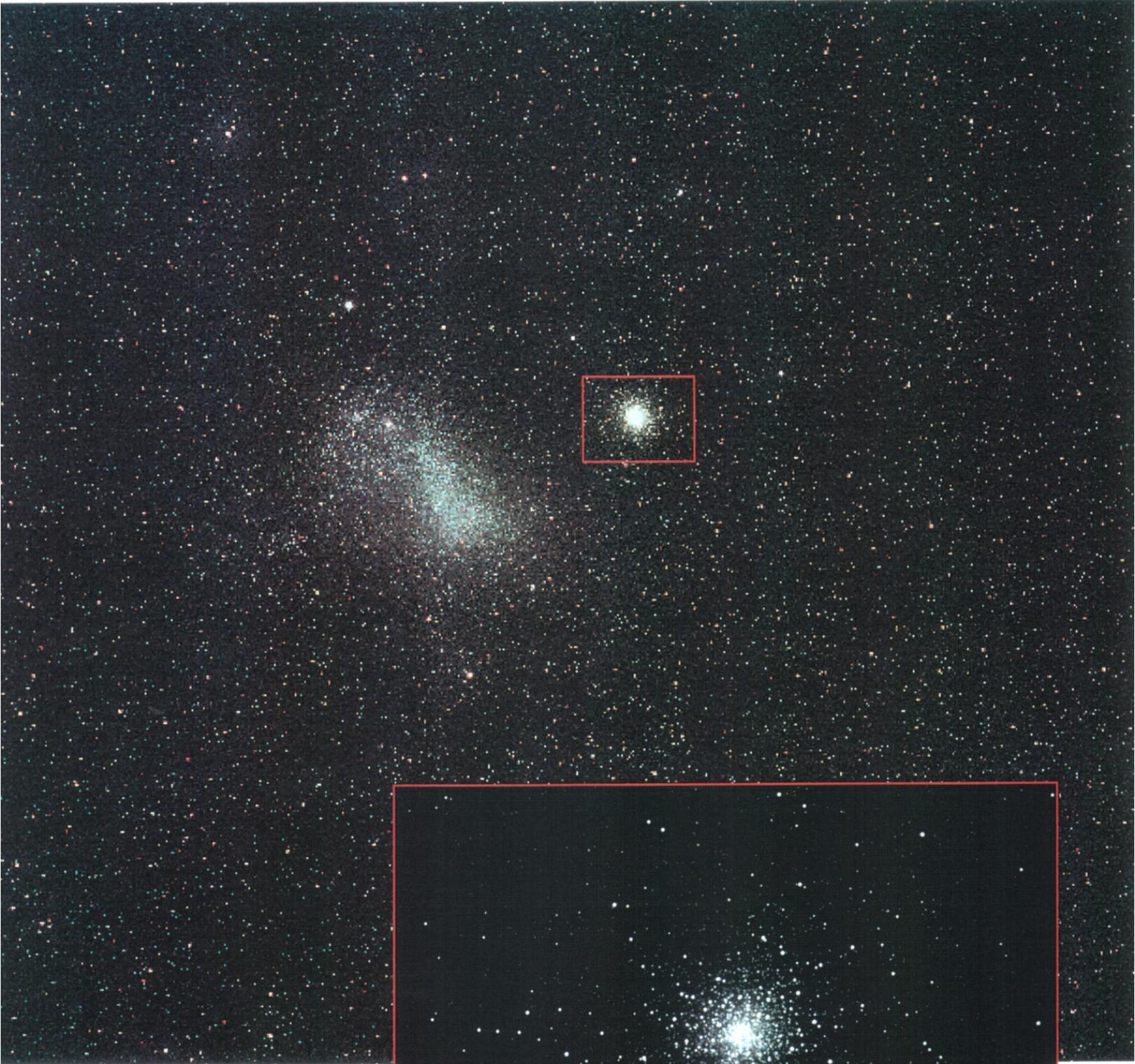
Nonostante ciò i cacciatori di pulsar non avevano mai dimostrato una particolare attenzione per gli ammassi globulari, vuoi perché si tratta mediamente di oggetti piuttosto distanti, vuoi perché le stelle di neutroni che essi contengono sono sicuramente troppo vecchie per essere di qualche interesse quali potenziali pulsar.

La scoperta di pulsar vecchie ma velocissime poiché "ringiovanite" all'interno di un sistema binario, ha cambiato radicalmente i termini del problema. Queste pulsar dovrebbero essere presenti negli ammassi più che altrove, con l'ulteriore vantaggio che un ammasso globulare è un'entità ben definita molto più facile da investigare che



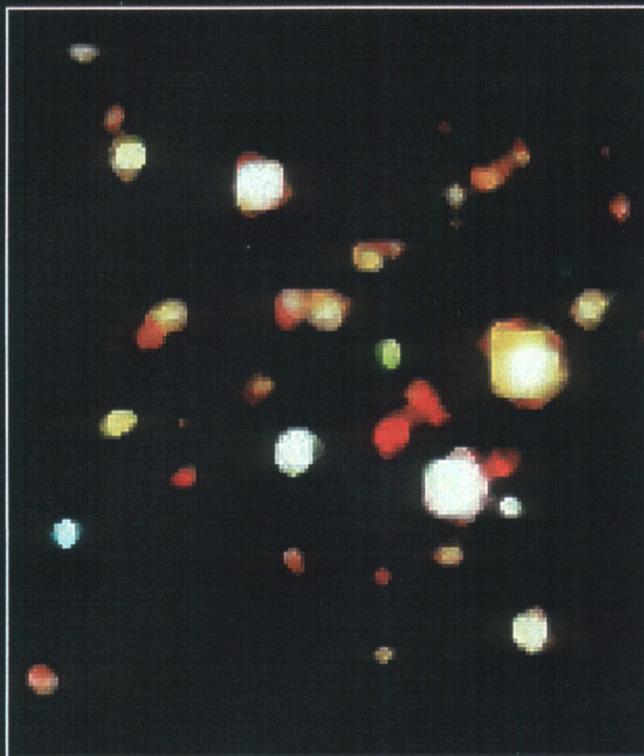
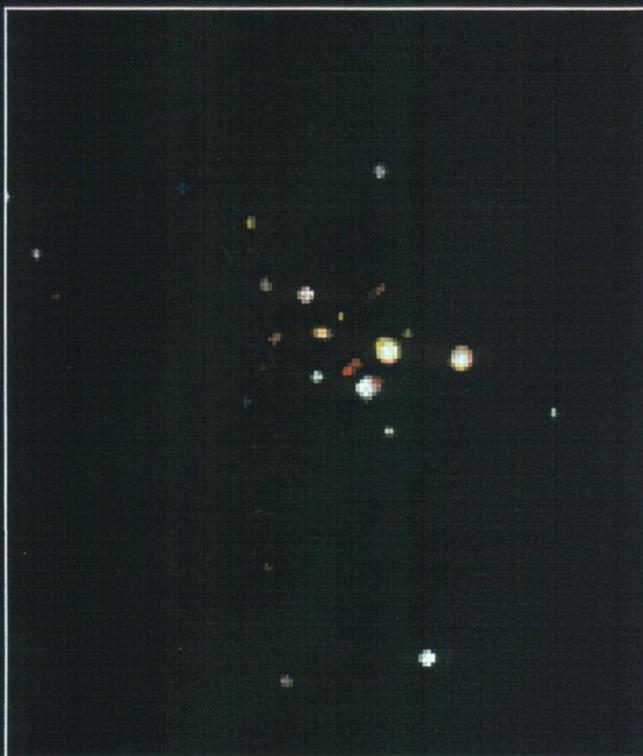
Rappresentazione schematica della possibile evoluzione di un sistema doppio formato da una pulsar e una stella normale. In una prima fase la pulsar risucchia materia dalla compagna e aumenta la propria velocità di rotazione; intanto la compagna si espande e disperde materia nello spazio, spinta via dal potente vento relativistico proveniente dalla pulsar. In questa fase la pulsar può sparire dietro la compagna espansa dando luogo a vere e proprie eclissi (disegno sotto).





47 Tucanae è uno dei più densi tra gli ammassi globulari che circondano la nostra Galassia, ben visibile nel cielo meridionale, vicino alla Piccola Nube di Magellano, come si vede nella foto a grande campo. Nella regione centrale dell'ammasso, visibile nell'ingrandimento, sono state scoperte diverse pulsar, sia singole che in sistemi binari.

Due immagini del satellite Chandra, che mostrano il nucleo di 47 Tucanae in raggi X: in rosso sono rappresentate le sorgenti che emettono principalmente negli X meno energetici, in verde quelle che emettono nella banda X intermedia e in blu quelle che emettono raggi X di alta energia; i punti bianchi sono sorgenti che emettono in tutte le bande X osservate dal satellite. Tutte le sorgenti visibili sono pulsar o sistemi doppi con una nana bianca o una stella di neutroni; le sorgenti rosse, in particolare, sono probabilmente tutte pulsar riciclate.



una regione qualsiasi della Galassia.

Da qui l'accanimento con cui i radioastronomi si sono ultimamente concentrati sugli ammassi globulari che vengono scandagliati alla ricerca di pulsar superveloci. Questo ha implicato anche un pesante uso di supercomputer per l'analisi dell'enorme quantità di dati che devono essere registrati. Per poter sperare di scoprire pulsar velocissime, con periodi di rotazione dell'ordine del milisecondo, bisogna infatti analizzare una enorme quantità di dati. La preda è sicuramente ghiotta poiché in pochi mesi gli ammassi globulari hanno dato risultati paragonabili a quelli ottenuti in diversi anni cercando a caso nel piano galattico.

Gli ammassi M28, M4, M15 e 47 Tuc hanno dato frutti di tutte le possibili varietà: pulsar ultrarapide, singole e in sistemi binari, pulsar che sono state catturate in sistemi doppi e tripli, pulsar che sembrano accelerare, invece che rallentare come tutte le altre, perché il loro periodo risente del campo gravitazionale dell'ammasso.

Gli orologi più precisi del cielo



La scoperta delle pulsar superveloci ha dimostrato che l'astronomia può ancora rivaleggiare nella misura del tempo con i migliori orologi atomici. La misura dello scorrere del tempo è stata appannaggio e privilegio dell'astronomia fino al 1967, quando la Conferenza Internazionale dei Pesi e Misure ha modificato la definizione di secondo, liberandola da qualunque connotazione astronomica. In un futuro non molto lontano, gli orologi atomici potrebbero però essere costretti a cedere il passo alla PSR 1937+21, la prima, e la più veloce, delle pulsar superveloci, che in anni di osservazioni ha dimostrato di essere più stabile degli orologi che vengono usati per misurare i suoi tempi di arrivo. Come abbiamo visto, la PSR 1937+20, pur velocissima, non è affatto giovane: ha perciò un campo magnetico relativamente debole e

quindi il suo rallentamento è minimo. Il periodo della pulsar è noto con 14 cifre decimali, con un'incertezza di 30 miliardesimi di miliardesimi di secondo. Se oggi smettesimo di osservare la PSR 1937+20 e ricominciassimo tra vent'anni, potremmo sapere con assoluta certezza quante rotazioni la stella ha compiuto in questo lasso di tempo e potremmo prevedere in quale momento della fase si situerebbe l'inizio della nostra osservazione.

Ma quello che conta per un orologio standard è la stabilità. Gli orologi standard di tutto il mondo sono tenuti sotto controllo incrociato perché la stabilità di uno si misura sull'entità degli scarti rispetto agli altri. Mentre all'allungarsi dell'intervallo di tempo considerato la stabilità degli orologi atomici peggiora (o, per lo meno, non migliora), per la pulsar accade il contrario e per periodi superiori a 6 mesi i valori di stabilità dei due tipi di orologi si equivalgono, con margini di errore nettamente più piccoli nel caso della pulsar.