

# FORSE SVELATA L'ORIGINE di "Big Bird"

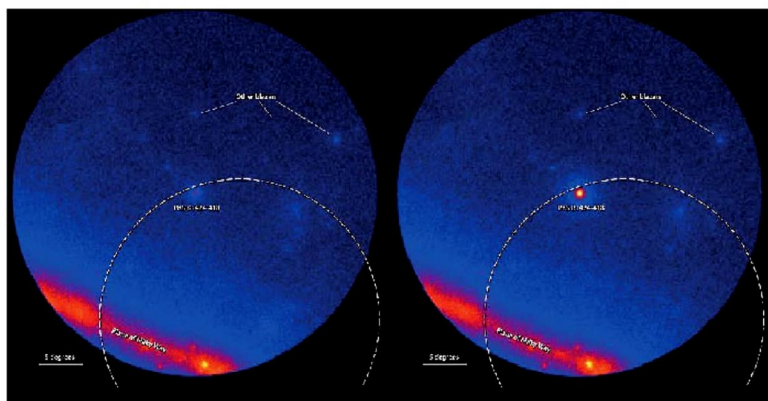
Il neutrino più energetico catturato da *IceCube* potrebbe provenire da una galassia attiva nel dominio gamma. Il satellite "Fermi" fondamentale per l'identificazione. Rimane una incertezza del 5 per cento

Pochi mesi fa "Le Stelle" ha raccontato come i nuovi rivelatori, in particolare *IceCube*, abbiano permesso di aprire una nuova finestra sull'universo attraverso i neutrini (v. "Le Stelle" n. 150, pp. 30-31). Ma per assurgere al rango di astronomia lo studio dei neutrini aveva bisogno di un ingrediente fondamentale: capire quali fossero le sorgenti di queste numerosissime ma elusivissime particelle. Mentre leggete questa frase siete attraversati da miliardi di neutrini e non ve ne accorgete per l'ottimo motivo che queste particelle interagiscono pochissimo con il resto della materia. Per questo motivo i rivelatori devono essere di proporzioni gigantesche. Purtroppo le dimensioni, unite alle tecniche di rivelazione, non permettono di misurare con precisione la direzione di arrivo

di queste particelle. La ricostruzione degli eventi non può mai stimare la direzione di arrivo a meglio di 10°, in generale anche qualcuno di più. Questo è il vero problema perché, in linea di principio, i neutrini conservano la memoria della loro direzione di provenienza. Infatti, a differenza dei raggi cosmici, che sono particelle cariche e vengono deviate dai campi magnetici, i neutrini non hanno carica e si propagano in linea retta. La direzione di arrivo potrebbe dunque puntare dritta a smascherare la sorgente. Invece, a causa dei limiti strumentali, per cercare le sorgenti dei neutrini occorre scandagliare regioni di incertezza che hanno raggi di 10-15 gradi nel cielo. Per evitare di essere confusi da neutrini di origine atmosferica, prodotti dalle interazioni dei raggi cosmici con gli atomi

dell'atmosfera, si preferisce restringere il campo a neutrini di altissima energia, sicuramente celesti. Così da un gran totale di 37 neutrini rivelati da *IceCube*, la scelta si restringe a tre eventi con energia >1PeV, sono IC14 e IC20, denominati rispettivamente *Bert* e *Bernie*, e il più energetico, IC35 noto come *Big Bird*, in onore dei personaggi di *Sesame Street*.

È una bella sfida: difficile, ma non impossibile. Le onde gravitazionali, che hanno localizzazioni ancora più incerte, sono un osso molto più duro. Nel caso dei neutrini c'è un indizio fondamentale: la ricerca si basa sul presupposto che i meccanismi fisici che producono i neutrini devono produrre anche altri tipi di radiazione. In altre parole, le sorgenti di neutrini di altissima energia devono essere in grado di produrre altri tipi di emissione che deve essere possibile rivelare con altri telescopi. Particolarmente interessanti sono i dati gamma di alta energia, dal momento che i processi che coinvolgono i protoni accelerati nei getti delle galassie attive devono produrre sia fotoni gamma che neutrini. Poiché la ricostruzione di ogni evento *IceCube* prende del tempo e viene comunicata con giorni, mesi o anni di ritardo, occorre poter contare su una copertura automatica e continua del cielo nella quale andare a cercare qualcosa di promettente con mesi o anni di ritardo. Ecco l'interesse nell'utilizzo dei rivelatori gamma, come *Agile* e *Fermi*, che scandagliano continuamente il cielo. Poi ci sono i telescopi X come *Swift*, pronti ad in-



Mappe della stessa regione di cielo realizzate da Fermi. Quella a sinistra risale al 2011, quella a destra al 2013. È evidente l'emissione di PKS B1424-418, posta al confine della regione celeste da cui è potuto arrivare *Big Bird*.

tervenire quando qualche sorgente dà segni di irrequietezza. Per contro, per poter contare sui dati radio, necessari per monitorare il comportamento di tutte le galassie attive promettenti in una vasta regione di cielo, bisogna organizzare continue sessioni di osservazioni.

Ecco gli ingredienti della notizia di oggi.

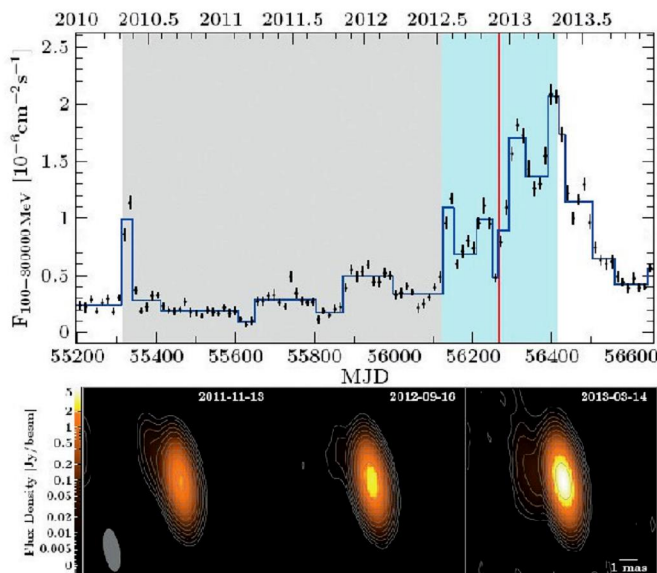
Da un lato IC35, meglio noto come *Big Bird*, il neutrino più energetico rivelato fino ad ora da *IceCube* il 4 dicembre 2012, dall'altro il paziente lavoro di ricerca di una sorgente che abbia mostrato segni di attività in concomitanza temporale con l'arrivo del neutrino in esame.

Lesame dei dati raccolti dall'osservatorio orbitante "Fermi" ha messo in rilievo che nella zona di cielo compresa nel cono di errore della direzione di arrivo di *Big Bird* c'è PKS B1424-418, una galassia attiva che era particolarmente irrequieta nel periodo a cavallo della rivelazione del neutrino. Dopo essere rimasta tranquilla per anni, la galassia si era illuminata a metà del 2012 diventando una delle sorgenti gamma più brillanti del cielo.

La carta del cielo di "Fermi" (che confronta la visione del 2011, a sinistra, con quella del 2013, a destra) non la-



Immagine di fantasia del satellite della NASA Fermi.



Immagini radio ottenute dal sistema TANAMI, in rosso l'arrivo del neutrino *Big Bird*.

scia dubbi: all'interno della regione dalla quale poteva avere avuto origine *Big Bird*, nessuna galassia aveva raggiunto il livello di emissione fatto registrare da PKS B1424-418.

Il livello di attività molto elevato raggiunto dalla galassia è stato confermato dalle immagini radio ottenute dal sistema VLBI TANAMI. Anche nella banda radio la galassia è molto più brillante che nelle osservazioni precedenti a riprova che doveva essere in corso una vivace accelerazione di particelle. Il grafico mostra in rosso il momento dell'arrivo di *Big Bird* ed è immediato constatare che il neutrino superenergetico coincide con l'aumento del flusso gamma e radio.

La coincidenza temporale è di per sé interessante ma, prima di poter parlare di identificazione, occorre calcolare la probabilità che l'aumento di flusso gamma e *Big Bird* siano arrivati insieme per puro caso. Il cielo è grande, le sorgenti variabili sono tante, una sovrapposizione casuale è sempre in agguato. Si confronta il numero di neutrini rivelati da *IceCube* in tre anni di attività con il numero di outburst della durata di qualche mese fatti registrare dalle galassie attive moni-

torate da "Fermi". In altre parole, da un lato ci sono i tre neutrini di *IceCube*, dall'altro 8 episodi di variabilità gamma (registrati in 6 anni da Fermi) durante i quali sono stati raggiunti livelli di flusso gamma paragonabili a quelli raggiunti da PKS B1424-418. Combinando questi due numeri con le dimensioni dell'area di cielo interessata dalla zona di incertezza della direzione di arrivo dei neutrini si arriva ad una probabilità di coincidenza casuale del 5%. Un valore abbastanza piccolo da meritare interesse ma non abbastanza piccolo da fare gridare ad una grande scoperta, anche perché non bisogna dimenticare che la stessa ricerca non aveva portato ad alcun risultato per gli altri due neutrini.

Adesso la macchina è rodada. Fermi continua la sua osservazione sistematica del cielo e "TANAMI" tiene sotto osservazione tutte le galassie attive promettenti del cielo dell'emisfero Sud. Non resta che aspettare i prossimi neutrini. Forse qualcuno è già arrivato ma i dati non sono ancora stati resi pubblici. In questi casi paga la pazienza e la continua attenzione. Le occasioni promettenti vanno colte al volo.

Patrizia Caraveo