

## FABRIZIA GUGLIELMETTI COMMENTA LA PRIMA IMMAGINE DI UN BUCO NERO

Nell'aprile scorso tutti abbiamo letto sui giornali o visto nelle varie reti televisive l'annuncio della prima immagine di un buco nero nel cielo. Per offrire una lettura migliore e più approfondita abbiamo pensato di rivolgerci alla nostra concittadina Fabrizia Guglielmetti, nota a Ozegna e in tutto il mondo scientifico per i suoi studi e le sue ricerche a carattere astronomico che attualmente sta conducendo presso l'ESO (Osservatorio Europeo australe), con sede in Germania. Fabrizia, come al solito, ha risposto

positivamente alla nostra richiesta dichiarandosi "onorata di poter scrivere sul giornale 'L Gavason che viene poi distribuito alle famiglie ozegnesi".

Per le persone ultrasessantenni si può affermare che la nuova scoperta viene a distanza di 50° anni (tanti quanti ne conta il nostro giornale e la nostra associazione) da quel 20 luglio 1969 quando Amstrong e Aldan (due astronauti americani dell'Apollo 11) misero, come essere umani, per la prima volta il piede sul suolo lunare. Ci ricordiamo certamente quella

nottata televisiva con Tito Stagno e altri colleghi da Roma, Ruggero Orlando da New York e Piero Angela (padre dell'altrettanto noto giornalista ed esperto televisivo Alberto). Fabrizia ha cercato, per quanto sia difficile per una persona che fa studi e ricerche scientifiche, di poter esporre le informazioni ad una platea di lettori non del settore.

Ringraziamo anche a nome dei lettori ozegnesi Fabrizia per il suo scritto.

**Roberto Flogisto**

### • Partecipazione alla scoperta del buco nero M87\*.

Due membri del Centro Regionale ALMA dell'ESO in Garching hanno contribuito con maggior peso: Neil Phillips ha contribuito nella messa dell'hardware per adattare ALMA all'uso di EHT, Andy Biggs ha partecipato allo sviluppo del concetto scientifico di EHT. Xavier Barcons, Direttore Generale dell'ESO, ha commentato: "L'ESO ha l'onore di aver contribuito in modo significativo a questo risultato attraverso la sua leadership europea e il suo ruolo chiave in due dei telescopi componenti di EHT, che si trovano in Cile - ALMA e APEX. ALMA è la struttura più sensibile dell'EHT e le

sue 66 antenne ad alta precisione sono state fondamentali nel rendere l'EHT uno strumento di successo."

### • Acronimi comuni nel testo:

ALMA= Atacama Large Millimeter/submillimeter Array  
APEX= Atacama Pathfinder Experiment

EHT=Event Horizon Telescope (Telescopio orizzonte degli eventi)

ERC=European Research Council (Consiglio europeo della ricerca)

ESO=European Southern Observatory (Osservatorio Europeo Australe)

GMVA= Global mm-VLBI Array (Rete globale mm-VLBI)

HST= Hubble Space Telescope (Telescopio Spaziale Hubble)

IRAM=Istituto di RadioAstronomia

Millimetrica

M87 = Messier 87

MIT= Massachusetts Institute of Technology

NASA = National Aeronautics and Space Administration

NSF= National Science Foundation (Fondazione nazionale delle scienze)

STScI/AURA= Space Telescope Science Institute/ Association of Universities for Research in Astronomy (Istituto delle scienze del telescopio spaziale/ Associazione delle università per la ricerca in astronomia)

VLBI=Very Long Baseline Interferometer (Interferometria a base molto ampia).



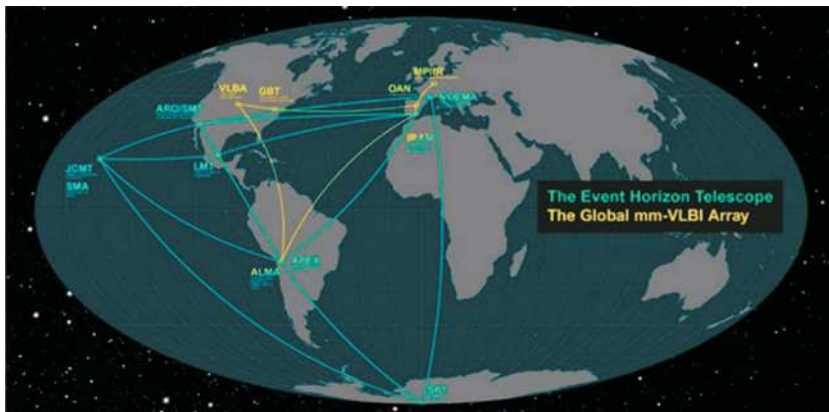
(A) La galassia M87 e il suo getto di plasma visto con il Telescopio spaziale Hubble (credito NASA and The Hubble Heritage Team (STSCI/AURA), 1998).

Una delle immagini più spettacolari della galassia massiccia Messier 87 (o M87) (12h 30m 49.45 +12deg 23' 28") è stata catturata dal telescopio spaziale Hubble (HST) nella banda ottica dello spettro elettromagnetico (480 - 780 nano-metri) nel 1998. M87 si trova a soli 55 milioni di anni luce da noi e fa parte del vicino ammasso di galassie della Vergine. M87 appare nelle foto (A) come una "stella" brillante ed evidente è il suo getto di plasma ben collimato e luminoso. La presenza del getto di materia rafforza la convinzione sulla presenza di un buco nero massiccio al centro della galassia M87.

Un buco nero è un oggetto completamente scuro da cui la luce non può fuggire. La massa di un buco nero è enorme ma la dimensione è estremamente compatta, tanto da influenzare l'ambiente circostante in modo radicale, deformando lo spazio-tempo e scaldando enormemente la materia circostante. La linea di confine

di un buco nero è detto **orizzonte degli eventi**. In prossimità dell'orizzonte degli eventi potremmo rilevare l'emissione della materia surriscaldata. Si presume che i getti vengano prodotti per riconnessione magnetica nella materia disposta molto più vicina al buco nero. Per poter rilevare il buco nero, il telescopio deve essere dotato di una risoluzione molto elevata ed in grado di osservare la componente termica del materiale in prossimità all'orizzonte degli eventi. Le onde radio rappresentano la parte dello spettro elettromagnetico ideale per questo tipo di osservazioni. Le onde radio sono caratterizzate da una lunghezza d'onda che va da 1 mm all'infinito (teoricamente). Siccome le dimensioni dell'onda radio sono molto lunghe, per poter osservare un oggetto celeste in dettaglio servono dei raccoglitori di onde enormi. A questo scopo si utilizzano i radio-interferometri, ossia un sistema di

numerosi radiotelescopi connessi tra loro e capaci di interferire le osservazioni coordinate provenienti da diversi luoghi della Terra. In particolare la tecnica interferometrica nota come interferometria a base molto ampia (VLBI) è stata utilizzata per ottenere la famosa immagine del buco nero al centro di M87. I dati digitalizzati del VLBI sono registrati simultaneamente per ciascuno dei telescopi. Il segnale, che ogni telescopio ottiene durante l'osservazione, è campionato mediante un orologio atomico. I dati di tutti i telescopi vengono riprodotti dal correlatore, con la funzione di sincronizzare i dati tenendo conto dei segnali memorizzati dell'orologio atomico e la stima dei tempi di arrivo del segnale celeste a ciascuno dei telescopi. Uno dei telescopi che sfruttano la rete del VLBI è il telescopio Orizzonte degli Eventi (EHT).



**(B)** Due reti di VLBI che connettono i radiotelescopi nel mondo. L'Event Horizon Telescope (EHT) ha permesso l'osservazione del buco nero in M87. Il Global mm-VLBI Array (GMVA) è un altro radiointerferometro che osserva ad una banda diversa di EHT. GMVA e EHT osservano alla lunghezza d'onda di 3 mm e 1.3 mm, rispettivamente.

EHT è supportato da una collaborazione scientifica internazionale composta da più di 200 membri. La collaborazione ha lo scopo di studiare gli oggetti più estremi nell'Universo previsti dalla teoria generale di Einstein, di osservare l'ambiente circostante ai buchi neri, di misurare in modo diretto la grandezza della regione di emissione della materia e anche della zona d'ombra dove il buco nero risiede e di testare nuovamente la nostra comprensione sulla gravità. L'EHT ha richiesto l'aggiornamento e la connessione di 8 radiotelescopi già esistenti:

1. ALMA (Deserto di Atacama, Cile)
2. APEX (Deserto di Atacama, Cile)
3. Telescopio da 30-metri dell'IRAM (Pico Veleta, Sierra Nevada, Spagna)
4. Telescopio James Clerk Maxwell Telescope (JCMT, Mauna Kea, Hawaii)
5. Gran Telescopio millimetrico Alfonso Serrano (LMT, Sierra Negra, Messico)
6. Submillimeter Array (SMA, Mauna Kea, Hawaii)
7. Telescopio submillimetrico Heinrich Hertz (SMT, Monte Graham, Arizona)
8. Telescopio del Polo Sud (SPT, Antartide).

Questi 8 telescopi hanno formato un unico grande radiotelescopio virtuale della dimensione della Terra (vedi figura **(B)**). Grazie a condizioni atmosferiche favorevoli e facendo uso della rotazione del nostro pianeta, EHT ha raggiunto una risoluzione angolare di 20 microarco-secondi (20 micro = 20/1.000.000). Questa risoluzione significa utilizzare un paio di occhiali così potenti da leggere un

giornale in New York stando seduti in un bar a Parigi!

Magari siete rimasti stupiti su come sia possibile osservare uno stesso oggetto in diverse parti del mondo allo stesso tempo, per via della differenza di fusi orari. Nella lunghezza d'onda del radio le osservazioni vengono eseguite 24 ore su 24, indipendentemente dalla luce solare.

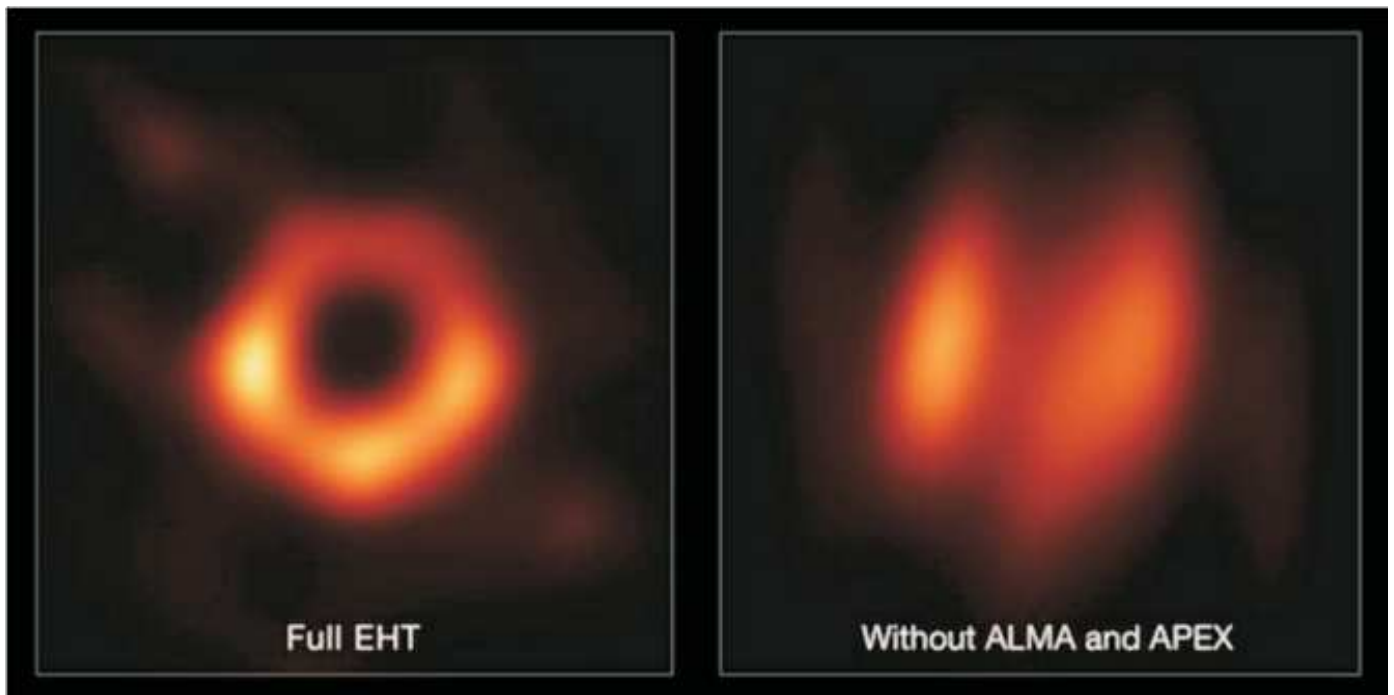
Alcuni membri del gruppo scientifico di EHT vennero inviati ad osservare M87 nell'aprile del 2017 per quattro giorni. I dati grezzi dall'osservazione raggiunsero un volume dell'ordine del petabyte (=1 milione di GB). Questo volume è enorme per solamente 4 giorni di osservazioni. Se prendiamo in considerazione che oggi come spazio di archiviazione su un dispositivo iPhone si ha mediamente 512 GB, allora necessitiamo più di 2000 iPhone per collezionare i dati raccolti da EHT per il buco nero in M87. Questi petabyte di dati sono stati combinati con dei supercomputer localizzati all'Istituto Max-Planck per l'astronomia radio in Bonn (Germania) e all'osservatorio Haystack MIT in Massachusetts (USA). La mole di dati e la novità del progetto hanno influito sulla difficoltà nell'elaborare in tempi brevi i dati raccolti. Inoltre, i dati osservati in Antartica sono stati spediti ai centri di analisi dati dopo la fine dell'inverno australe. I più di 200 membri di EHT, divisi in gruppi di lavoro, hanno sviluppato diversi algoritmi usando metodi computazionali innovativi per l'analisi dei dati e per la verifica teorica.

In radioastronomia, un'immagine non può essere ottenuta direttamente dal telescopio, ma viene ricostruita dopo una fase di calibrazione. Diversi metodi di analisi dei dati sia per la calibrazione sia per l'immagine sono stati sviluppati da quattro gruppi in modo indipendente. I risultati dell'analisi al confronto hanno confermato una struttura a forma di anello con una regione centrale scura (l'ombra del buco nero).

Per poter quantificare la significatività della scoperta, le immagini ottenute sono state confrontate con delle simulazioni. Le simulazioni hanno riprodotto l'osservazione sintetica dell'oggetto celeste, sviluppando un software capace di descrivere i modelli teorici previsti. I modelli teorici hanno incluso la teoria della relatività generale di Einstein, comprendendo la fisica dello spazio curvo, la materia super-riscaldata e i campi magnetici intensi.

I risultati dei modelli teorici hanno confermato sorprendentemente bene l'osservazione, sia l'interpretazione delle osservazioni sia la stima della massa del buco nero.

Il 10 aprile 2019, i rappresentanti del progetto EHT annunciarono la prima osservazione del buco nero risiedente nel cuore della galassia M87 con una sequenza di 6 pubblicazioni nell'*Astrophysical Journal Letters* (Lettere del giornale astrofisico) e con un comunicato stampa in collegamento anche presso l'ESO in Garching, poiché ALMA e APEX hanno contribuito in modo significativo al risultato.



**(C)** La prima immagine diretta di un buco nero (a sinistra). Il telescopio Orizzonte degli Eventi (EHT) fu puntato verso il centro della galassia M87. L'immagine mostra un anello brillante formato dalla luce che viene curvata dalla gravità intensa causata dalla prossimità del buco nero, che ha una massa 6.5 miliardi di volte quella del Sole. Il buco nero è stato nominato M87\* (si legge M87 star) L'immagine a destra mostra M87\* come sarebbe visto senza l'ausilio dei telescopi ALMA e APEX. I telescopi ALMA e APEX sono entrambi supportati dall'ESO. Credito: Event Horizon Telescope Collaboration.

L'immagine **(C)** mostra il risultato dell'osservazione di EHT verso il centro di M87 dopo l'analisi dei dati. Si tratta di una mappa dell'emissione di onde radio emesse dal plasma che orbita attorno al buco nero prima di precipitare dentro l'orizzonte degli eventi.

L'immagine mostra per la prima volta in assoluto l'ombra di un buco nero. L'ombra è causata dall'incurvatura gravitazionale della luce catturata dall'orizzonte degli eventi e ci permette di misurare la massa enorme del buco nero in M87, equivalente a 6.5 miliardi di volte quella del nostro Sole. Si è potuto anche calcolare il diametro dell'orizzonte degli eventi che raggiunge poco meno di 40 miliardi di km (circa 9 volte la distanza tra il Sole e Nettuno) ed il buco nero è circa 2.5 volte più piccolo dell'ombra che getta. Dall'analisi dell'immagine, si osserva che il plasma ruota in senso orario. Il disco non è esattamente rivolto verso

di noi, ma è leggermente inclinato. La parte più luminosa del disco è quella che si avvicina mentre la rimanente si allontana. Purtroppo la risoluzione dell'immagine non ci può ancora fornire informazioni sulla formazione del getto di plasma. EHT ha contribuito ad un risultato unico, aprendo le porte allo studio sperimentale dei buchi neri. Stiamo vivendo l'inizio di una nuova era: rispetto agli studi precedenti sui buchi neri, l'immagine di M87\* e il suo ambiente circostante mostrano un laboratorio diretto dove testare la teoria della relatività generale. Molto probabilmente il team di EHT esulterà al prossimo premio Nobel per la fisica. Il risultato ottenuto è un esempio di lavoro di squadra, che ha richiesto una collaborazione tra ricercatori di tutto il mondo. Il progetto EHT è finanziato dalla fondazione nazionale delle scienze in USA (NSF), il Consiglio Europeo per la ricerca (ERC) e alcune agenzie di supporto nell'Asia

orientale.

In futuro, EHT migliorerà la sensibilità osservativa anche con l'aggiunta al progetto dei seguenti telescopi: osservatorio IRAM NOEMA (Francia), telescopio Greenland (Groenlandia), telescopio Kitt Peak (California, USA). In supporto di EHT, si progettano un nuovo radiotelescopio collocato in Africa ed un radiotelescopio spaziale capace di collegarsi ai telescopi da terra. Ci aspettiamo quindi che l'immagine in **(C)** non sia quella definitiva. Si spera di ottenere un'immagine più dettagliata con il potenziale di comprendere la formazione dei getti di plasma. Presto EHT ci stupirà anche con l'osservazione condotta sul buco nero situato al centro della nostra galassia.

**Fabrizia Guglielmetti**