



Guida a come fotografare un buco nero

di Achille De Tommaso

I buchi neri sono estremamente timidi e non si mostrano facilmente alle macchine fotografiche. Infatti, poiché l'estrema gravità del buco nero impedisce alla luce di sfuggire, i cuori oscuri di questi grossi e misteriosi oggetti cosmici rimangono completamente invisibili.

Vi spiego come aggirare i problemi.

Fortunatamente, c'è un modo per "vedere" un buco nero senza doversi avvicinare troppo all'abisso. I telescopi possono guardare la sagoma dell' "orizzonte degli eventi" di un buco nero (che sarebbe il perimetro all'interno del quale nulla può sfuggire e nulla può essere visto). Questo è ciò che l'Event Horizon Telescope, o EHT, fece nell'aprile 2017, raccogliendo dati che ora, dopo un anno di elaborazione, hanno dato la *prima immagine di un buco nero supermassiccio: quello all'interno della galassia M87*.

Non c'è niente di meglio che avere un'immagine: sebbene gli scienziati abbiano raccolto molte prove indirette per i buchi neri nell'ultimo mezzo secolo, vale la regola: "vedere per credere".

Creare quel primo ritratto di un buco nero è stato difficile, però. I buchi neri occupano una minuscola scheggia di cielo e, dalla Terra, appaiono molto deboli. Il progetto di imaging del buco nero di M87 richiedeva osservatori in tutto il mondo che lavorassero in tandem; con la risultante, una volta in grado di accumulare e sommare i vari dati, di una visione più nitida di quella che ogni singolo osservatorio potrebbe ottenere da solo.



Per ottenere la prima immagine di un buco nero è stato necessario collegare radio-osservatori che coprono quasi l'intero globo in una rete chiamata Event Horizon Telescope.

Con un peso di circa 6,5 miliardi di volte la massa del nostro sole, il buco nero fotografato all'interno della M87 non è uno scricciolo. Ma visto da 55 milioni di anni luce di distanza sulla Terra è solo di circa 42 “microarcsecondi”. Solo un telescopio con una risoluzione senza precedenti poteva individuare qualcosa di così piccolo. (Per confronto, il telescopio spaziale Hubble, uno dei più grandi al mondo, è in grado di distinguere solo oggetti di massimo 50.000 microarcsecondi.).

La risoluzione di un telescopio, però, molto dipende dal suo diametro: più grande è il piatto, più chiara è la sua vista; in parole povere, quindi: ottenere un'immagine nitida di un buco nero supermassiccio come quello in questione richiederebbe un'antenna radio, a disco, di dimensioni planetarie.

Invece, una tecnica chiamata interferometria di base, piuttosto complessa, è in grado di combinare le onde radio viste contemporaneamente da molti telescopi; in modo che i telescopi collegati funzionino efficacemente insieme, come un piatto gigante, per dare una immagine unica. Il diametro di quel piatto virtuale è uguale alla lunghezza della distanza più lunga, o linea di base, tra due telescopi nella rete. Per l'EHT, questa è la distanza dal Polo Sud alla Spagna. Mica male, no ?

Ricordo che, l'EHT pur non essendo stato sempre il fenomeno di oggi, già si era comportato bene in passato. Nel 2009, una rete di soli quattro osservatori - in Arizona, California e Hawaii – aveva già ottenuto una prima discreta fotografia alla base di uno dei getti al plasma che fuoriesce dal centro del buco nero di M87. Ma questa piccola coorte di telescopi non aveva ancora il potere di ingrandimento per rivelare il buco nero stesso.

Nel tempo, l'EHT ha reclutato nuovi osservatori e nel 2017, c'erano otto stazioni di osservazione in Nord America, Hawaii, Europa, Sud America e Polo Sud. Tra i nuovi arrivati c'era l'Atacama Large Millimeter / submillimeter Array, o ALMA, situato su un altopiano nel nord del Cile. Con una superficie combinata più grande di un campo di football americano, ALMA raccoglie molte più onde radio rispetto ad altri osservatori.

Questi otto osservatori si sono, pertanto uniti nel 2017, per lavorare insieme come un telescopio globale, chiamato la rete Event Horizon Telescope: paparazzi a caccia di buchi neri la loro missione. Ma poiché M87 appare nel cielo del nord, non tutti gli otto osservatori potevano vederlo. Ecco dove si trovano gli osservatori e quante antenne a disco hanno contribuito allo sforzo:



OBSERVATORY
**Atacama Large Millimeter/
submillimeter Array**

LOCATION
**Chajnantor Plateau,
Chile**

NUMBER OF DISHES
66

H. CALDERÓN / ALMA, ESO, NRAO, NAOJ



OBSERVATORY
**Atacama Pathfinder
EXperiment**

LOCATION
**Chajnantor Plateau,
Chile**

NUMBER OF DISHES
1

B. TAFRESHI / ESO (APEX)



OBSERVATORY
**IRAM 30-meter
telescope**

LOCATION
Pico Veleta, Spain

NUMBER OF DISHES
1



OBSERVATORY
**Large Millimeter
Telescope**

LOCATION
Puebla, Mexico

NUMBER OF DISHES
1

JAMES LOWENTHAL / SMITH COLLEGE, UMASS AMHERST (LMT)



OBSERVATORY
Submillimeter Telescope

LOCATION
Mt. Graham, Ariz.

NUMBER OF DISHES
1

DAVID HARVEY / UNIV. DI ARIZ. (SMT)



OBSERVATORY
**James Clerk Maxwell
Telescope**

LOCATION
Mauna Kea, Hawaii

NUMBER OF DISHES
1

DAVID NUNUK / SCIENCE SOURCE (JCMT)



OBSERVATORY
Submillimeter Array

LOCATION
Mauna Kea, Hawaii

NUMBER OF DISHES
8

SHELBI R. SCHIMPF (SMA)



OBSERVATORY
South Pole Telescope

LOCATION
South Pole, Antarctica

NUMBER OF DISHES
1

DANIEL LUONG-VAN / NSF (SPT)

Le campagne di osservazione EHT si svolgono al meglio tra fine marzo e inizio aprile, quando il clima di ogni osservatorio promette di essere il più “cooperativo”. Il più grande nemico dei ricercatori è infatti la pioggia e la neve, che può confondere le onde radio a lunghezza d'onda millimetrica cui sono sintonizzati i telescopi dell'EHT.

Ma pianificare un buon clima in diversi continenti può essere un problema.

Quando i cieli sono abbastanza chiari per l'osservazione, i ricercatori dirigono i telescopi verso il buco nero e iniziano a raccogliere le onde radio. Presi da soli, i dati di ogni stazione osservatrice sembrano assurdità. Ma presi assieme, usando la complessa tecnica di interferometria di base, questi dati sono stati in grado di rivelare l'aspetto di un buco nero.

Ecco (più o meno) come funziona. Immaginate un paio di antenne radio puntate su un singolo bersaglio, in questo caso

la sagoma a forma di anello di un buco nero. Le onde radio che emanano da ciascun frammento di quell'anello devono percorrere percorsi leggermente diversi per raggiungere ogni telescopio. Queste onde radio possono interferire l'una con l'altra, talvolta rafforzandosi a vicenda e talvolta annullandosi a vicenda. Il modello di interferenza osservato da ciascun telescopio dipende da come le onde radio di diverse parti dell'anello interagiscono quando raggiungono la posizione di quel telescopio. E permettono di ricostruire una sagoma.

Per obiettivi semplici, come le singole stelle, i modelli di onde radio raccolti anche solo da un singolo paio di telescopi forniscono informazioni sufficienti per consentire ai ricercatori di lavorare all'indietro e capire quale distribuzione di luce deve aver prodotto quei dati. Ma per una fonte con una struttura complessa, come un buco nero, ci sono troppe soluzioni possibili per ciò che l'immagine potrebbe essere. I ricercatori hanno bisogno di più dati per capire come le onde radio di un buco nero interagiscono tra loro, richiedendo più indizi su come si presenta il buco nero.

La matrice da esaminare ha tante linee di base di lunghezze e orientamenti diversi possibili. Le coppie di telescopi più distanti possono, ad esempio, vedere dettagli più fini, perché c'è una differenza maggiore tra i percorsi che le onde radio portano dal buco nero a ciascun telescopio. L'EHT include coppie di telescopi con entrambi gli orientamenti nord-sud e est-ovest, che cambiano rispetto al buco nero mentre la Terra ruota.

Per intrecciare le osservazioni di ciascun osservatorio, i ricercatori devono registrare i tempi per i loro dati con altissima precisione. Per questo, usano orologi atomici maser all'idrogeno, che perdono circa un secondo ogni 100 milioni di anni.

Questi dati vengono quindi trasferiti al MIT Haystack Observatory e al Max Planck Institute per Radio Astronomy a Bonn, in Germania, per l'elaborazione in un tipo speciale di supercomputer chiamato "Correlatore". Ma ogni stazione di un telescopio accumula centinaia di terabyte di informazioni durante una singola campagna di osservazione: troppo da mandare su Internet (anche se hanno connessioni a 64 Gbit/sec). Quindi i ricercatori usano una sorprendente e moderna soluzione: inviano dischi per posta ordinaria (aerea però).

Sebbene la maggior parte dei dati EHT abbia raggiunto Haystack e Max Planck entro poche settimane dalla campagna di osservazione del 2017, non ci sono stati voli dal Polo Sud fino a novembre; e quindi fino a dicembre non c'erano i dati del Polo Sud.

Ma la mancanza di alcuni dati può non essere un problema. Se il buco nero di M87 fosse una canzone (dicono gli scienziati), immaginarla usando solo i dati EHT combinati, sarebbe, talvolta, come ascoltare un pezzo suonato su un pianoforte con alcuni tasti rotti. Più sono i tasti funzionanti, più è facile ottenere la giusta melodia. Però, anche se hai alcuni tasti rotti, se stai suonando correttamente tutti gli altri, puoi capire il motivo, in parte anche perché sappiamo come deve suonare quella musica. Il motivo per cui possiamo ricostruire le immagini, anche se non abbiamo il 100 per cento delle informazioni, è perché i ricercatori sanno come sono o dovrebbero essere le immagini. Il software di imaging ha fatto il resto.

Qualcuno allora potrebbe gridare all'imbroglio: "sono allora immagini fatte con Photoshop?"

Beh, i ricercatori ci assicurano che non è così. Ci sono delle regole matematiche su quanta casualità ogni immagine può contenere, quanto brillante dovrebbe essere e quanto è probabile che i pixel vicini sembrino simili. Queste linee guida di base possono informare il modo in cui il software decide quali potenziali immagini o interpretazioni dei dati hanno più senso.

Prima della campagna di osservazione del 2017, i ricercatori EHT avevano organizzato una serie di prove di "role play", di imaging, per assicurarsi che i loro algoritmi informatici non fossero distorti in modo da creare forzatamente immagini che corrispondessero alle aspettative di come dovrebbero apparire i buchi neri. Una ricercatore con identità segreta, aveva il compito di fornire un'immagine falsa, generata da dati falsi di ciò che i telescopi vedrebbero. Altri ricercatori dovevano individuare l'errore e ricostruire l'immagine reale. La pratica ha aiutato i ricercatori a perfezionare le tecniche di elaborazione dei dati usati per rendere l'immagine di M87. Quella reale.