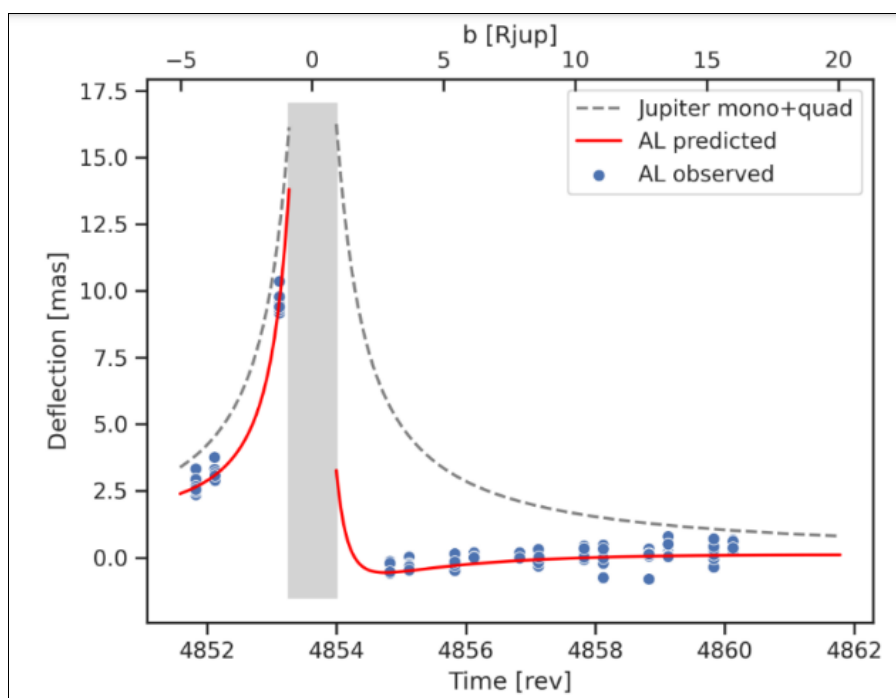


## LA DEFLESSIONE RELATIVISTICA DELLA LUCE VICINO A GIOVE

*Un nuovo studio a guida INAF presenta una misura del segnale di deflessione relativistica più forte attorno a un pianeta del Sistema solare mai ottenuta a qualsiasi lunghezza d'onda, effettuata tramite un'analisi delle osservazioni del satellite Gaia di una stella in prossimità di Giove, a soli 7 secondi d'arco. Tutti i dettagli su Astronomy & Astrophysics. Da MEDIA INAF del 24 giugno 2022 riprendiamo un articolo redazionale.*



Effetto di deflessione relativistica della stella target a varie distanze angolari dal centro di Giove. I cerchi blu rappresentano la stima ottenuta per ciascun set di dati osservativi corrispondenti a scansioni successive del campo di vista attorno a Giove da parte del satellite Gaia. L'area ombreggiata in grigio mostra la zona di esclusione del disco di Giove. La linea tratteggiata grigia rappresenta la deflessione totale dovuta agli effetti di monopolo e quadrupolo di Giove previsti dalla Relatività Generale, mentre la linea continua rossa mostra la deflessione corrispondente, dovuta sia a Giove che al Sole, proiettata nella direzione in cui Gaia effettua la misura. I segni di spunta in alto mostrano la distanza dal pianeta in unità del raggio di Giove. Crediti: Abbas et al.

Il primo esperimento di deflessione della luce nel Sistema solare fu condotto da Eddington nel 1919 e verificò la teoria della relatività generale di Einstein utilizzando le osservazioni di una stella vicina al Sole [v. *Nova* n. 1539 del 29 maggio 2019, *ndr*]. A distanza di 103 anni da quell'esperimento, il satellite Gaia, grazie alle sue osservazioni astrometriche di altissima precisione, ha rivisitato la deflessione relativistica della luce nell'ottico, questa volta attorno a Giove.

Gli autori di uno studio a guida Inaf che verrà presto pubblicato su *Astronomy & Astrophysics* hanno analizzato osservazioni di Gaia di una stella in prossimità (soli 7 secondi d'arco) del limbo di Giove, misurando un segnale di deflessione di quasi **10 millisecondi d'arco** (mas). Questa è la misura del segnale di deflessione **più forte** attorno a un pianeta del Sistema solare mai ottenuta a qualsiasi lunghezza d'onda.

L'articolo indaga, **per la prima volta nell'ottico**, la deflessione relativistica della luce da parte di un pianeta nel Sistema solare, in questo caso Giove, basandosi su tecniche di astrometria differenziale. «Un oggetto sferico produce un effetto di deflessione della luce di una stella osservata vicino ad esso, detto di **monopolo**. Se l'oggetto è oblato, si produce un effetto aggiuntivo, detto di deflessione di **quadrupolo**», commenta **Umami Abbas**, ricercatrice dell'Inaf di Torino e prima autrice del paper.

Questo effetto dipende dalla separazione angolare tra il corpo deflettore e la sorgente. «Nel campo attorno a Giove danno contributi principalmente il Sole e naturalmente Giove, dove l'effetto di deflessione dominante è quello dovuto al pianeta, dovuto principalmente al monopolo di Giove, che raggiunge i 16,2 mas al suo limbo, e che diminuisce come l'inverso della distanza tra la sorgente ed il centro del pianeta; l'effetto di deflessione dovuto al quadrupolo di Giove è invece di appena 240 micro-secondi d'arco ( $\mu$ as) al limbo e diminuisce con l'inverso del cubo della distanza» spiega **Beatrice Bucciarelli**, ricercatrice presso l'Inaf di Torino e seconda autrice dell'articolo.

La prima rilevazione della deflessione relativistica da parte di un corpo diverso dal Sole, cioè Giove, è stata osservata nell'evento di quasi-occultazione del 21 marzo 1988 con misurazioni interferometriche (Vlbi) di una sorgente radio a distanza angolare di 200 secondi d'arco da Giove (Treuhaft & Lowe 1991). A questa distanza angolare, la deflessione misurata, come previsto dalla relatività generale è stata di soli 300  $\mu$ as, circa 30 volte inferiore alla deflessione prevista, e misurata, da Gaia. Sono stati fatti altri tentativi nell'ottico con Hubble Space Telescope ma i risultati non sono mai stati pubblicati.

La recente Data Release 3 di Gaia del 13 giugno scorso ha prodotto il catalogo astrometrico, fotometrico e spettroscopico più completo mai realizzato di circa 1,3 miliardi di oggetti nella nostra galassia. Il principio di misurazione globale di Gaia copre essenzialmente l'intera sfera celeste e la *Soluzione Astrometrica Globale Iterativa* è ciò che ha consentito la realizzazione di un catalogo astrometrico di precisione senza precedenti attraverso un attento trattamento dell'assetto e delle calibrazioni del piano focale astrometrico del satellite.

«Se invece utilizziamo i principi dell'astrometria differenziale, è possibile modellizzare osservazioni astrometriche in piccoli campi, aprendo una nuova possibilità sullo studio di vari effetti astrofisici, come eventi relativistici di deflessione della luce nell'arco di pochi giorni, eventi di microlente nell'arco di mesi e orbite di esopianeti su scale temporali di anni», aggiunge Abbas.

**Mariateresa Crosta**, ricercatrice dell'Inaf di Torino e coautrice dell'articolo, aveva già dimostrato nel 2006 che il movimento di un pianeta gigante come Giove lungo la sua orbita provoca scenari favorevoli in cui Giove, visto da Gaia, si trova nelle immediate vicinanze di stelle relativamente luminose (cioè entro dieci secondi d'arco dal suo limbo). Per catturare tali opportunità è stato progettato l'**esperimento relativistico di Gaia sul quadrupolo** (Gareq) che studia la deflessione della luce stellare "radente" dovuta al momento monopolare e quadrupolare di Giove. Tali situazioni generalmente si verificano quando Gaia scansiona le zone di cielo dove l'Eclittica incontra il piano galattico e dipendono dai parametri iniziali della legge di scansione che stabilisce come Gaia osserva il cielo. La successiva campagna di ottimizzazione condotta dal gruppo di lavoro dedicato all'interno del *Data Processing Analysis Consortium* (Dpac) di Gaia con un'ulteriore messa a punto dei parametri della legge di scansione ha trovato nella finestra temporale del 22-26 febbraio 2017 la configurazione ottimale voluta di tre stelle con magnitudine G più

brillante della 15.75 mag vicino a Giove. Le osservazioni ad alta cadenza ottenute da Gaia in quei giorni hanno avuto molto successo, con la stella più vicina osservata a pochissimi secondi d'arco da Giove, nonostante l'intensa luce diffusa dal disco di Giove estremamente luminoso influenzasse fortemente le osservazioni.

Nell'articolo gli autori si sono concentrati sulla stella luminosa più vicina con  $G = 12,78$  mag osservata su 25 transiti, quasi consecutivi, in un intervallo di circa 3 giorni intorno all'osservazione del massimo avvicinamento, avvenuto alle 03h 54m 56.450sec del mattino del 23 febbraio 2017, ora italiana.

Dopo un attento trattamento dei dati e un'analisi sofisticata che sfrutta la presenza di stelle di riferimento nelle vicinanze, hanno misurato un effetto di deflessione totale di circa 10 mas, **in ottimo accordo con la magnitudine dell'effetto di deflessione prevista dalla relatività generale**.

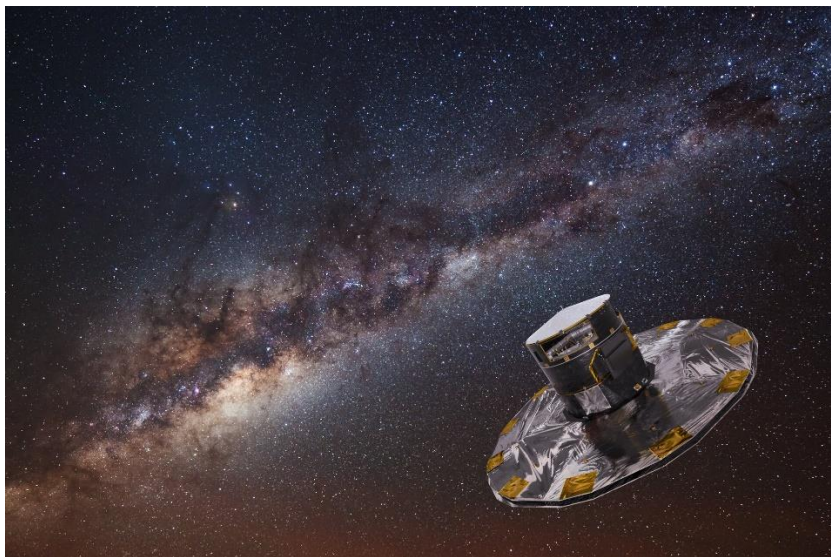
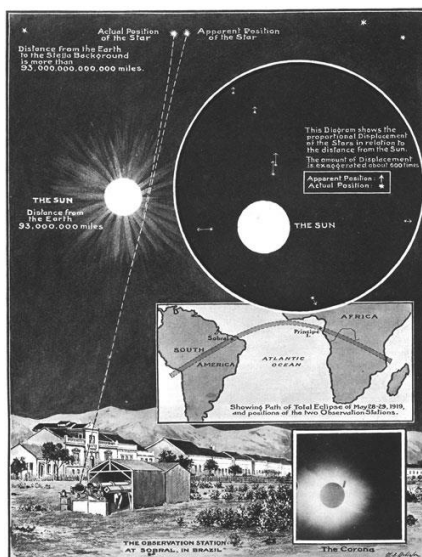
Questi risultati incoraggiano fortemente ulteriori indagini per cercare di districare la deflessione del quadrupolo dal segnale totale utilizzando le osservazioni astrometriche di Gaia nei futuri cicli di processamento. «Si tratta di eventi speciali studiati nel contesto di Gareq, dove l'obiettivo finale sarà quello di tentare di misurare un segnale di soli  $\sim 100 \mu\text{as}$  al massimo avvicinamento al limbo di Giove, ovvero il contributo dovuto, appunto, al solo momento di quadrupolo del pianeta, quasi 100 volte più piccolo dell'effetto di deflessione dovuto al suo monopolio» conclude **Mario Lattanzi**, ricercatore dell'Inaf di Torino e coautore del paper.

<https://www.media.inaf.it/2022/06/24/la-deflessione-relativistica-della-luce-vicino-a-giove/>

U. Abbas, B. Bucciarelli, M.G. Lattanzi, M. Crosta, R. Morbidelli, D. Busonero, L. Bramante, R. Messineo, "Differential Astrometry with Gaia: Investigating relativistic light deflection close to Jupiter",

Astronomy & Astrophysics

<https://arxiv.org/pdf/2206.09886.pdf>



A sinistra, l'eclisse totale di Sole del 29 maggio 1919 (da *The Illustrated London News* del 22 novembre 1919). Il Dr. A.C. Crommelin scrisse: "l'eclisse era particolarmente favorevole per la ricerca prefissata: ci sono non meno di dodici stelle abbastanza luminose vicine al bordo del Sole. [...] Linee rette nello spazio di Einstein non possono esistere: esse sono parti di curve gigantesche" (v. *Nova* 1539 del 29 maggio 2019).

A destra, immagine artistica del satellite GAIA. Crediti: ESA/ATG medialab; background: ESO/S. Brunier