

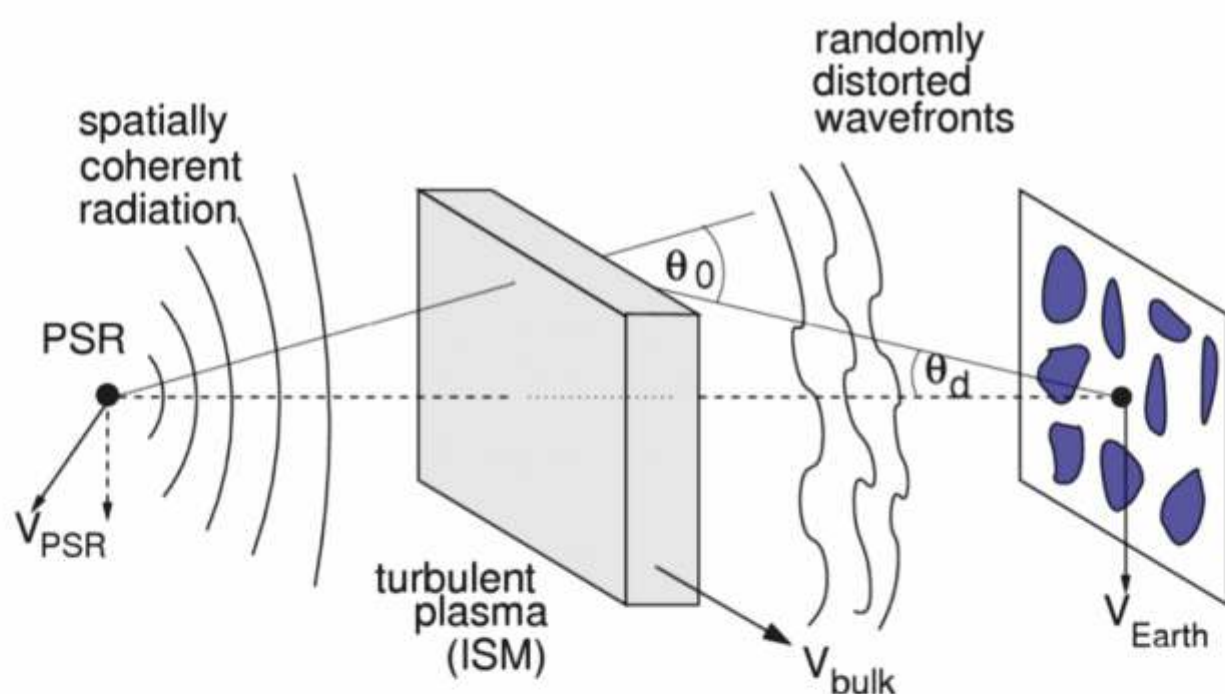
BLACK WIDOW a cura di Roberto Perenna

Le Black Widow sono sistemi stellari binari costituiti da una pulsar millisecondo e da una stella di piccola massa in un'orbita compatta con la stella di neutroni, caratterizzati dall'ablazione della compagna a causa dell'emissione di radiazione della pulsar. Queste stelle prendono il nome dai ragni omonimi, le vedove nere, le cui femmine mangiano i maschi dopo l'accoppiamento.

Utilizzando il radiotelescopio *Fast* nel 2021 un gruppo di ricerca guidato da Wang Shuangqiang dello Xinjiang Astronomical Observatory (Xao) dell'Accademia cinese delle scienze ha scoperto che l'emissione della pulsar Psr J1720-0533 durante l'avvio dell'eclissi mostra modulazioni quasi periodiche di circa 22 secondi. La spiegazione di tale fenomeno è che la materia strappata dalla superficie della stella più piccola eclissa il segnale radio quando la compagna passa davanti alla pulsar nella sua orbita e che le modulazioni sono dovute al fenomeno di **plasma lensing**, una lente al plasma, che produce effetti simili alle lenti gravitazionali.

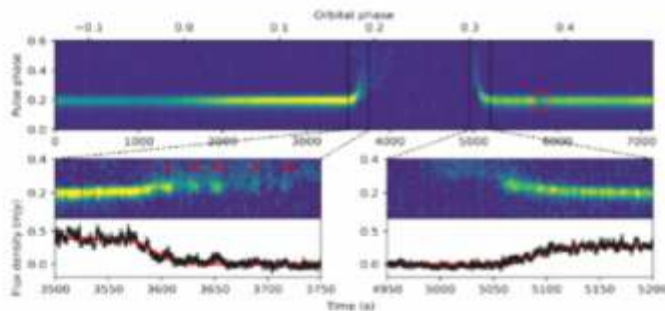
Una lente gravitazionale tradizionale è costituita da una certa distribuzione di massa che devia la luce proveniente da una sorgente lontana, ne deforma il percorso e quindi spesso impedisce agli osservatori sulla Terra di vedere direttamente la sorgente. Altre volte, invece, si possono osservare immagini moltiplicate.

Una lente al plasma si basa sullo stesso meccanismo, ma alcuni aspetti sono leggermente diversi. Innanzitutto, il responsabile del lensing sarebbe il plasma, ovvero la materia calda strappata dalla pulsar vedova nera alla stella più piccola e ora presente nel mezzo interstellare. Inoltre, questo plasma provocherebbe una dispersione delle onde radio provenienti dalla sorgente. La dispersione è un ritardo del tempo di arrivo dei singoli impulsi della pulsar a diverse frequenze, qualcosa che non si osserva con le normali lenti gravitazionali. Tenendo conto di questo fattore e misurando altri parametri è possibile settare il radiotelescopio per osservare direttamente la sorgente.



schema semplificato del fenomeno del plasma lensing, dalla radiazione radio proveniente dalla pulsar PSR (a sinistra) fino a ciò che è possibile rivelare con un radiotelescopio da Terra (a destra)

«In una black widow pulsar, una pulsar la cui emissione radio sta causando l'ablazione della superficie della stella che le orbita attorno, la materia strappata dalla superficie della stellina eclissa il segnale radio quando la compagna passa davanti alla pulsar nella sua orbita», spiega a **Media Inaf Marta Burgay** dell'Inaf di Cagliari. «La cosa interessante in questo specifico oggetto è che, studiando con attenzione le fasi di ingresso nell'eclisse, quando il segnale radio della pulsar comincia ad affievolirsi ma non è ancora del tutto assorbito dalla materia della compagna, si vedono dei curiosi effetti sugli impulsi radio causati dall'interazione con la materia eclissante stessa. Blob di materia strappata alla stella compagna amplificano il segnale radio in certi momenti, consentendo, da una parte, di studiare l'emissione radio in una fase orbitale in cui normalmente non si vedrebbe a causa dell'eclissi, dall'altra di studiare le proprietà del mezzo che causa il fenomeno di amplificazione e di eclissi. Questo fenomeno, con caratteristiche un po' diverse, si era già visto in altre tre black widow pulsar. Qui il fenomeno è reso visibile, da una parte, grazie al fatto che le osservazioni sono fatte con *Fast*, il più grande radiotelescopio a disco singolo al mondo (e di conseguenza il più sensibile), dall'altra grazie alla fortunata ulteriore amplificazione del segnale della pulsar causata da effetti di interazione con il mezzo interstellare».



Il pannello superiore mostra l'intensità totale dell'emissione di impulsi rispetto allo spin della pulsar e alle fasi orbitali di Psr J1720-0533. L'amplificazione della pulsar in ingresso e in uscita è mostrata rispettivamente nei pannelli centrale sinistro e centrale destro. I pannelli inferiori mostrano le variazioni di densità del flusso di impulsi vicino all'eclissi. Crediti: Xao

Analizzando il fenomeno, i ricercatori hanno concluso che la massima amplificazione del segnale è pari a un fattore 1.6, corrispondente a una dimensione della lente di decine di chilometri. La scoperta del fenomeno del plasma lensing nella Psr J1720-0533 dimostra un legame tra la misura di dispersione e la lente. Inoltre, i

ricercatori hanno esaminato i profili di polarizzazione in corrispondenza dell'eclissi di Psr J1720-0533 e hanno scoperto che la polarizzazione lineare scompare prima che la misurazione della dispersione mostri cambiamenti significativi. Questo fornisce

una forte evidenza della presenza di un campo magnetico significativo nella stella compagna.

«Questi sistemi di pulsar eclissanti rappresentano una fase cruciale nell'evoluzione delle stelle di neutroni. Le pulsar black widow (vedove nere) potrebbero infatti continuare a divorare la loro stella compagna fino a farla evaporare completamente e rappresenterebbero quindi un canale di creazione per pulsar al millisecondo isolate, il cui meccanismo di formazione è ancora molto dibattuto. Questi peculiari studi di lensing rappresentano un nuovo interessante mezzo per comprendere la natura della materia strappata dalla stella compagna, oltre ad essere un potente mezzo per comprendere la struttura fine dell'emissione radio», continua Burgay.

I ricercatori hanno stimato che il tasso di perdita di massa della compagna sia di 10^{-12} masse solari all'anno e hanno ipotizzato che sarà completamente distrutta in 10 miliardi di anni.

«Poter studiare questi peculiari fenomeni di lensing su oggetti relativamente vicini (per lo meno all'interno della nostra Galassia) potrebbe fornirci utili informazioni anche sui misteriosi Fast Radio Burst, rapidissimi lampi di onde radio provenienti da distanze cosmiche, che, in alcuni casi, hanno mostrato una fenomenologia simile», conclude Burgay.

In allegato è riportata la scoperta appena pubblicata su *Nature* del sistema Ztf J1406+1222 a circa tremila anni luce dalla Terra: una pulsar black widow con una compagna nana bruna in orbita sincrona a 500mila km in soli 62 minuti, mostrandole sempre la stessa faccia. Il sistema comprende anche una terza compagna, una stella lontana che orbita attorno alle due ogni 10mila anni a una distanza orbitale di circa 90 miliardi di chilometri. Si tratterebbe di una stella particolare, una cool subdwarf, o subnana fredda, un tipo di stella rara e antica.