

## » INTERVISTA



**AL VIA LA MISSIONE SPAZIALE IXPE, LA PRIMA INTERAMENTE DEDICATA ALLO STUDIO DELLA RADIAZIONE X POLARIZZATA**  
*Intervista a Luca Baldini, responsabile nazionale INFN e co-Principal Investigator della missione, e Luca Latronico, responsabile di IXPE per la sezione di Torino.*

*Nella prima mattinata di giovedì 9 dicembre, quando in Italia erano le 7, lo spettacolo offerto dalla scia tracciata dai booster del lanciatore Falcon 9, che ha illuminato il cielo notturno sopra il NASA Kennedy Space Center di Cape Canaveral, Florida, ha salutato il lancio della missione X-ray Polarimetry Explorer (IXPE). Solo quaranta minuti più tardi IXPE avrebbe raggiunto la sua orbita operativa posizionata a 600 chilometri di altitudine e inclinata di appena 0,2 gradi rispetto all'equatore.*

*Un primo traguardo per cui l'Italia ha molto da festeggiare. Frutto di una partnership tra NASA e ASI, la missione, la prima interamente dedicata allo studio della polarizzazione dei raggi X emessi da sorgenti astrofisiche estreme, quali stelle di neutroni, buchi neri e resti di supernovae, potrà infatti contare su una strumentazione scientifica di nuova concezione ideata e realizzata nell'ambito di una collaborazione tra l'INFN e l'INAF. Nello specifico, l'INFN è stato responsabile dello sviluppo, della costruzione e della qualifica dei tre rivelatori che rappresentano il cuore di IXPE. I Gas Pixel Detector (GPD), questo il nome dei rivelatori, sfruttano una tecnologia messa a punto nel corso degli ultimi 15 anni che si avvale delle competenze maturate dall'INFN nel campo della fisica delle particelle. Misurando con precisione la ionizzazione prodotta dagli elettroni emessi a seguito dell'assorbimento dei fotoni da parte del gas di cui sono riempiti, i tre rivelatori di IXPE saranno in grado di fornire indicazioni accurate sulla geometria e le caratteristiche del campo magnetico della sorgente, da cui dipende la polarizzazione.*

*A coordinare il lavoro di costruzione dei tre Gas Pixel Detector di IXPE, svoltosi nei laboratori delle sezioni di Pisa e Torino dell'INFN, Luca Baldini, responsabile nazionale INFN per IXPE e co-Principal Investigator della missione, e Luca Latronico, responsabile di IXPE per la sezione di Torino.*

### **Luca Latronico, può descriverci quali sono gli strumenti principali che compongono il satellite IXPE e qual è lo scopo principale della missione?**

IXPE ha a bordo esclusivamente uno strumento, interamente dedicato alla misura della polarizzazione della radiazione X di origine astrofisica. In effetti questo strumento si compone di tre telescopi identici, ciascuno dei quali comprende un'ottica per raggi X e una Detector Unit (DU), che alloggia il rivelatore Gas Pixel Detector sensibile alla polarizzazione, l'elettronica di lettura, il sistema di controllo termico e le sorgenti calibrazione.

## » INTERVISTA

### **Che cosa si intende con polarizzazione dei raggi X e perché è importante studiare questa proprietà in ambito astrofisico?**

La polarizzazione è una proprietà delle onde elettromagnetiche, quindi della luce, che ha a che vedere con la direzione di oscillazione del campo elettrico e non ha un equivalente con altri tipi di onde (come, ad esempio, le onde sonore). A qualsiasi energia, e quindi anche a quelle dei kilo-elettronvolt tipiche della radiazione X, la luce si dice polarizzata se composta da campi elettromagnetici con orientazioni spaziali specifiche e non casuali. La misura della polarizzazione della luce ci fornisce quindi informazioni sul meccanismo con cui la sorgente emette radiazione elettromagnetica.

Nel caso dei raggi X di origine astrofisica, i cui siti di produzione sono spesso caratterizzati da campi magnetici e/o gravitazionali estremamente intensi, la misura della polarizzazione permette di ricavare informazioni indirette sulla geometria delle sorgenti che non sono accessibili per altre vie.

Inoltre, la misura della polarizzazione può fornire ulteriori informazioni sulle interazioni della radiazione X nel percorso che compie per arrivare dalla sorgente a noi, potenzialmente rivelando la presenza di particelle mai osservate direttamente, come gli assioni, particelle che si ritiene possano costituire la misteriosa materia oscura.

### **Quale contributo ha fornito l'INFN alla realizzazione di IXPE e che ruolo avrà l'Istituto all'interno della collaborazione scientifica responsabile del satellite?**

L'INFN ha concepito il Gas Pixel Detector e lo ha qualificato in tutte le sue parti per l'uso nello spazio. Specificamente per IXPE, l'INFN ha disegnato l'architettura del sistema di acquisizione dei GPD in volo, ha progettato la meccanica di alloggiamento dei rivelatori, integrato le Detector Unit nelle camere pulite di Pisa ed effettuato la campagna di qualifica per il volo. Le Detector Unit sono state consegnate all'Agenzia Spaziale Italiana per essere poi calibrate nei laboratori dell'INAF, integrate sul satellite da Ball Aerospace in Colorado e, infine, integrate sul Falcon 9 da Space-X per il lancio del 9 dicembre.

Il gruppo INFN ha inoltre elaborato il software di simulazione e ricostruzione dei rivelatori e fornito alla collaborazione gli strumenti per simulare le osservazioni che verranno effettuate con IXPE. L'INFN coordina infine il gruppo internazionale che elabora le tecniche di analisi dei dati di IXPE e partecipa alle attività di analisi per le diverse classi di sorgenti che osserveremo.

### **Luca Baldini, come è nata l'idea delle Detector Unit fornite dall'INFN? In che modo questi rivelatori si differenziano da strumenti analoghi utilizzati in passato e quanto tempo ha richiesto il loro sviluppo?**

L'innovazione che ci permette di misurare con alta efficienza la polarizzazione risiede nei Gas Pixel Detector, che sono nati integrando in questo singolo dispositivo, a un livello senza precedenti, le tecniche standard dei rivelatori a gas a micro-pattern con la moderna microelettronica per l'acquisizione e il trattamento dei segnali. Sviluppati a partire da un'idea di Ronaldo Bellazzini, la realizzazione dei GPD e dei sistemi di acquisizione dati dedicati, concepiti e realizzati dallo stesso gruppo di ricerca di Pisa formatosi intorno a Bellazzini, ha occupato circa 15 anni. Le Detector Unit di IXPE, che l'INFN ha disegnato e realizzato,

## » INTERVISTA

integrano i GPD, l'elettronica e i servizi in unità compatte che rispecchiano i requisiti di dimensioni, massa e potenza imposti dalla missione.

### **Quali sono le caratteristiche dei Gas Pixel Detector e che tipo di tecnologia sfruttano?**

All'interno dei GPD è presente un gas: quando un fotone interagisce con quest'ultimo si converte in un elettrone e i GPD rivelano la polarizzazione ricostruendo il percorso che il singolo elettrone compie nel gas. Impiegano un amplificatore di carica, il Gas Electron Multiplier, per generare una quantità di carica rivelabile, di qualche migliaio di elettroni, e un circuito integrato organizzato in una matrice di piccolissimi pixel di 50  $\mu\text{m}$  (micron) di passo che rivela la traccia dell'elettrone raccogliendo la nuvola di carica amplificata lungo il suo percorso.

Diversamente da precedenti tecniche di misura della polarizzazione, che agivano selezionando particolari direzioni nel piano, alla ricerca del giusto angolo di polarizzazione della radiazione incidente, i GPD misurano le direzioni di tutti i fotoni incidenti, riducendo drasticamente il tempo necessario a effettuare la misura.

### **Che tipo di prestazioni garantiranno le Detector Unit di IXPE e quali informazioni consentiranno di ottenere sulle sorgenti astrofisiche oggetto dell'indagine di IXPE?**

Le DU di IXPE sono state progettate per poter misurare la polarizzazione di decine di sorgenti astrofisiche diverse, con elevata sensibilità, in uno schema di missione di pochi anni. Poiché le tecniche precedentemente utilizzate erano fortemente inefficienti, tanto da permettere una misura di polarizzazione solo per le due sorgenti maggiormente brillanti nel cielo, per la prima volta IXPE potrà effettuare un vero e proprio censimento di molte sorgenti diverse che si pensa emettano radiazione polarizzata, fornendo quindi informazioni cruciali per elaborare i modelli di emissioni di questi acceleratori cosmici.

### **In che modo l'esperienza maturata dall'INFN nell'ambito della missione Fermi ha contribuito allo sviluppo dei rivelatori di IXPE?**

Per l'osservatorio di raggi gamma Fermi, l'INFN ha realizzato il più grande tracciante a micro-strip di silicio utilizzato nello spazio, maturando enormi competenze nella progettazione, integrazione e qualifica di complessi apparati di rivelatori di particelle per lo spazio. La comunità INFN ha poi sfruttato la conoscenza profonda di questo apparato per estendere le sue capacità osservative ad altri ambiti, come gli elettroni di origine galattica, e indagare su fenomeni particolarmente complessi quali la natura della materia oscura. Il valore di questi contributi e la capacità di metterli a fattore comune nella collaborazione internazionale ha fatto sì che molti ricercatori INFN ricoprissero importanti ruoli di coordinamento delle attività di analisi scientifiche.

La stessa competenza, dedizione, caparbia e spirito di collaborazione è stata trasferita nel contributo che l'INFN ha portato alla missione IXPE, garantendo, ad oggi, la fornitura di telescopi in grado di aprire una nuova finestra osservativa sulla polarizzazione, e ponendo le basi per una eccitante avventura scientifica con i dati che IXPE raccoglierà nei prossimi anni. ■