

**[as]** riflessi

# Un nuovo sguardo sulla Terra

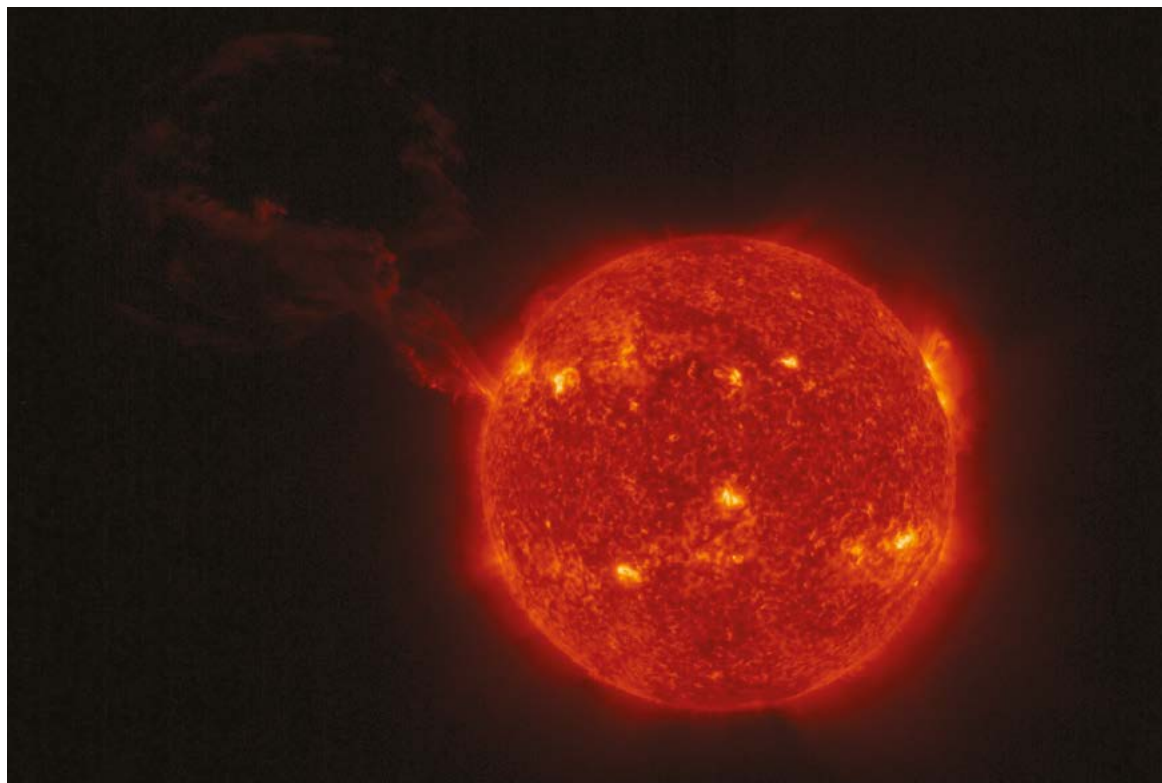
di Stefania Maria Beolé e Roberto Iuppa

Università di Torino e Università di Trento

Guardare la Terra dallo spazio, osservarla con occhi diversi per conoscerla meglio. Non bastano sistemi ottici per osservare l'interazione tra Terra, spazio e atmosfera, occorre utilizzare strumenti tecnologicamente avanzati, che permettono di analizzare fenomeni complessi. Come quelli che riguardano il Sole e la sua influenza sugli ambienti planetario e interplanetario, dove anche la minima perturbazione risulta difficile da comprendere e sono necessarie campagne osservative lunghe e articolate. I dati vengono raccolti da una rete di mini- e nano-satelliti, equipaggiati con sistemi di misura sofisticati e innovativi, lanciati dalle agenzie spaziali di tutto il mondo. In questo scenario l'INFN si distingue per la sua capacità di sviluppare strumenti avanzati per la ricerca nella fisica fondamentale e per la facilità con cui riesce a trasferire le sue competenze tecnologiche alle applicazioni spaziali.

Su queste premesse si fonda la partecipazione ormai quasi decennale di ricercatrici e ricercatori dell'INFN al programma spaziale Limadou. Il nome è la traslitterazione cinese di "Matteo Ricci", il gesuita italiano che nel XVI secolo ha rappresentato un ponte tra la cultura europea e quella cinese. Il cuore dell'iniziativa è la missione scientifica italo-cinese CSES (China Seismo Electromagnetic Satellite), che si ripropone di costruire e lanciare in orbita eliosincrona quasi-polare un *cluster* di satelliti per la misura delle perturbazioni del campo elettromagnetico, del plasma e del flusso di particelle cariche nella ionosfera e nella magnetosfera vicina. Il primo satellite (CSES-01) è stato lanciato nel 2018, mentre il lancio del secondo (CSES-02) è previsto per fine 2023.

Limadou ha tra i suoi obiettivi principali la misura di transienti veloci nella ionosfera, in cerca di possibili correlazioni tra eventi



**a.** Una potente emissione solare, osservata dallo strumento Extreme Ultraviolet Imager a bordo del satellite Solar Orbiter. Si nota a sinistra il potentissimo getto di plasma solare, che si estende per 3,5 milioni di chilometri. Fenomeni come questo producono tempeste geomagnetiche sulla Terra, in grado di alterare il funzionamento dei sistemi di comunicazione satellitare e a Terra.

sismici di grande magnitudo e perturbazioni nel sistema di campi elettromagnetici, plasmi e particelle misurabili a 500 km di altezza, la quota a cui orbitano i satelliti. La letteratura scientifica riporta osservazioni di segnali elettromagnetici a varie frequenze (ELF, ULF e HF), così come perturbazioni locali del plasma e fluttuazioni nei flussi delle particelle cariche, in correlazione con forti terremoti e tsunami. Negli ultimi anni sono stati proposti nuovi modelli interpretativi che cercano di stabilire una relazione causa-effetto tra i processi sismici e tali perturbazioni, e indicazioni statisticamente significative sono attese proprio dai satelliti CSES, che costituiscono le infrastrutture satellitari più sofisticate di sempre per lo studio dei meccanismi di accoppiamento tra litosfera, atmosfera e ionosfera.

Il programma di fisica di Limadou non si limita alla ionosfera, ma contempla anche raggi cosmici di bassa energia, particelle intrappolate nelle fasce di Van Allen e studio dello *space weather*, argomenti che da anni costituiscono una parte importante delle attività sperimentali INFN dedicate allo studio della radiazione carica dallo spazio.

La collaborazione italiana ha lavorato su due dei nove strumenti a bordo del satellite, denominati EFD (Electric Field Detector) e HEPD (High Energy Particle Detector). EFD, sviluppato da INAF-INFN, è dedicato alla misura del campo elettrico dal continuo a 3,5 MHz, e a basse frequenze è sensibile a fluttuazioni di qualche microvolt/m (si pensi che quando fa bel tempo e usciamo per una bella passeggiata all'aperto ci muoviamo in un campo elettrico cento milioni di volte più intenso).

HEPD, sviluppato da INFN, è ottimizzato per la misura di elettroni, protoni e nuclei leggeri nell'intervallo di energie

MeV-GeV: per ciascuna particella misurata, HEPD è in grado di determinare la specie, l'energia e la direzione di arrivo. HEPD-02, la nuova versione dello strumento che verrà ospitata a bordo del secondo satellite della missione CSES, consiste di una successione di rivelatori diversi, ciascuno con una propria funzione. Tra questi spiccano i sensori a pixel monolitici per il tracciamento delle particelle, il cui impiego non è solo una novità per il programma Limadou, ma una prima assoluta nelle applicazioni spaziali. Sono stati scelti per la loro velocità e perché garantiscono una migliore precisione della misura della traiettoria delle particelle, evitando ambiguità nella ricostruzione delle tracce. È un ottimo esempio di tecnologia sviluppata per un'applicazione (l'esperimento ALICE a LHC del CERN) che viene poi ottimizzata e riutilizzata in un ambito diverso. Lo studio di fattibilità è durato circa due anni, e ha compreso lo sviluppo di una struttura di supporto meccanico resistente alle vibrazioni previste durante il lancio, circuiti elettrici flessibili per dati e alimentazione con componenti e struttura compatibili con le richieste delle agenzie spaziali, ma soprattutto modifiche *ad hoc* della modalità di funzionamento dei sensori, dovute alla necessità di ridurre il consumo di potenza per non superare i limiti imposti dalla capacità del satellite CSES.

Gli strumenti da lanciare a bordo di CSES-02 sono stati costruiti con notevoli difficoltà durante gli anni della pandemia e sono ora sul punto di essere spediti in Cina per le ultime attività di preparazione in vista del lancio nell'autunno 2023. Sarà allora possibile osservare con maggiore sensibilità la ionosfera terrestre, sfruttando la copertura garantita dai due satelliti. Il viaggio di Limadou continua: nuovi occhi per nuove scoperte.



**b.**  
Un'aurora australe vista dalla Stazione Spaziale Internazionale (ISS).