

I DUE CICLI (SOLARI) DI SOHO

La scoperta delle onde sismiche sul Sole, 3000 comete e 20.000 emissioni coronali sono l'incredibile bottino di oltre 22 anni di osservazione continua del Sole da parte del satellite, frutto di una intensa collaborazione tra ESA e NASA

Patrizia Caraveo



E' dirigente di ricerca all'Istituto Nazionale di Astrofisica (INAF) e lavora all'Istituto di Astrofisica Spaziale e Fisica Cosmica di Milano.

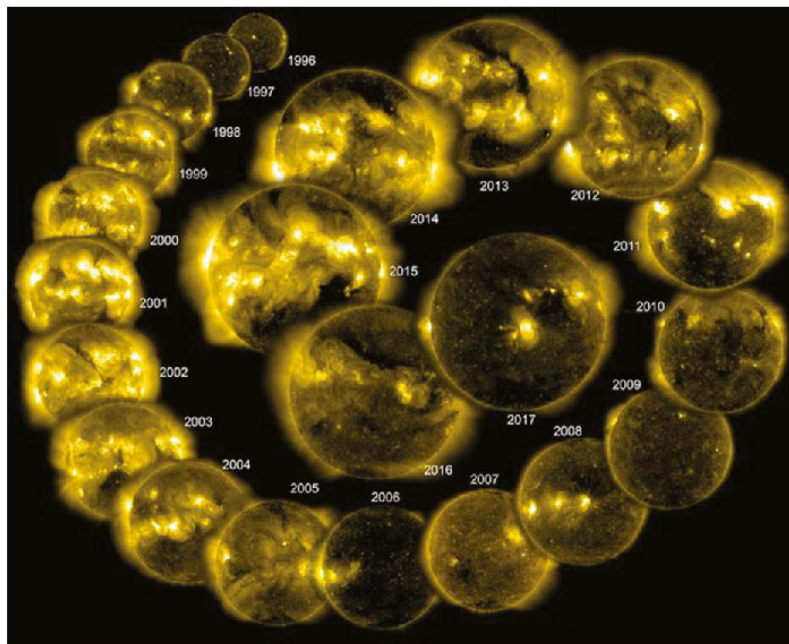
Soho, il *Solar and Heliospheric Observatory*, è stato lanciato il 2 Dicembre 1995 ed è un vero campione di longevità spaziale, anche se la sua missione ha rischiato di finire prematuramente. È una missione davvero internazionale: la carrozza è europea, ed europei sono i responsabili della maggior parte dei 12 strumenti di bordo ma il lancio è stato affidato alla NASA che è anche responsabile delle operazioni, cioè dei contatti tra Soho e la Terra. Questo è un punto

delicato poiché Soho si trova tra la Terra ed il Sole nel punto lagrangiano L1, cioè dove l'attrazione gravitazionale di Terra e Sole si controbilanciano. Il satellite è virtualmente legato alla congiungente Sole-Terra a circa 1,5 milioni di km di distanza dalle stazioni che lo devono ascoltare e guidare. Quell'orbita è stata scelta perché permette di osservare senza interruzioni il Sole, obiettivo primario della missione. Tuttavia, la lontananza della sonda richiede l'uso delle antenne del *Deep Space Network* della NASA.

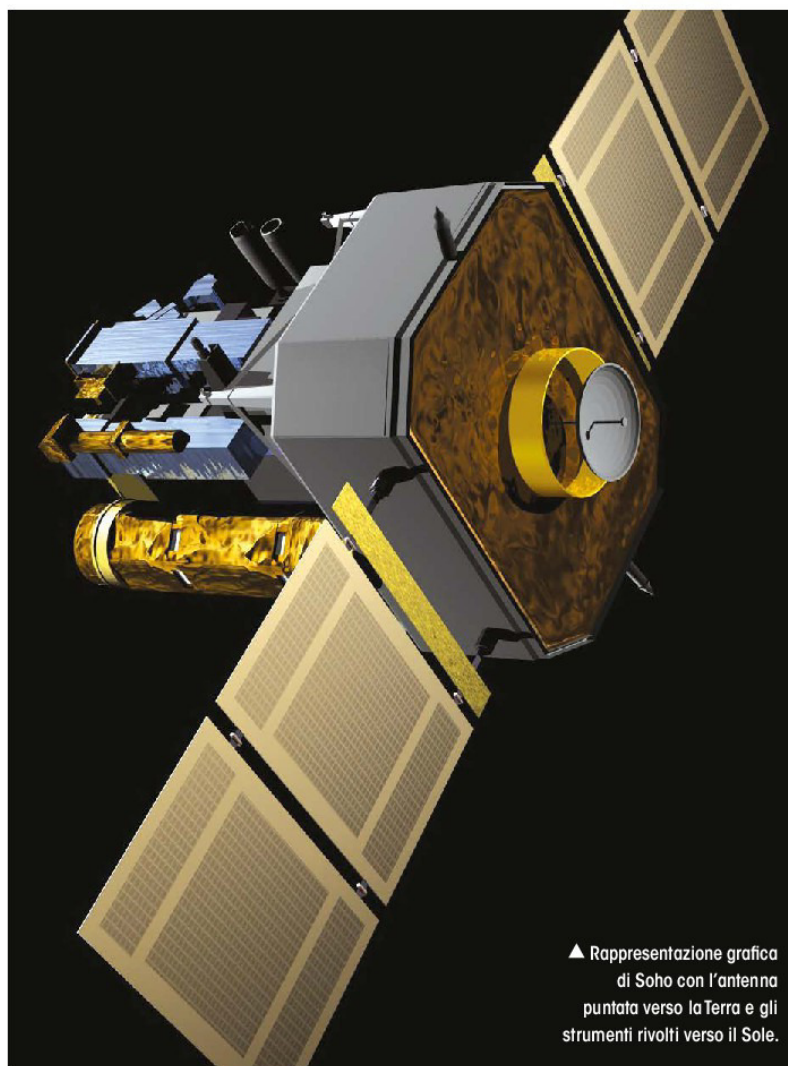
L'Europa non ha un sistema paragonabile e ha dovuto mettere la missione nelle mani, peraltro molto esperte, degli americani. L'osservatorio solare è stato da subito un grandissimo successo, tutti gli strumenti sono stati all'altezza delle aspettative offrendo immagini spettacolari del Sole, della corona solare, delle comete. Le scoperte non sono mai mancate. Si sono visti i tornado solari, il passaggio (e, a volte, la caduta) di numerosissime piccole comete, le spettacolari CME (*Coronal Mass Ejection*) che scagliano fiumi di particelle accelerate verso lo spazio.

In poche parole, Soho ha rappresentato una vera rivoluzione nella fisica solare poiché ha la capacità di guardare sia la superficie del Sole sia l'ambiente circostante.

La missione, originariamente finanziata per tre anni, nel 1998 viene prolungata fino al 2003 ma subito



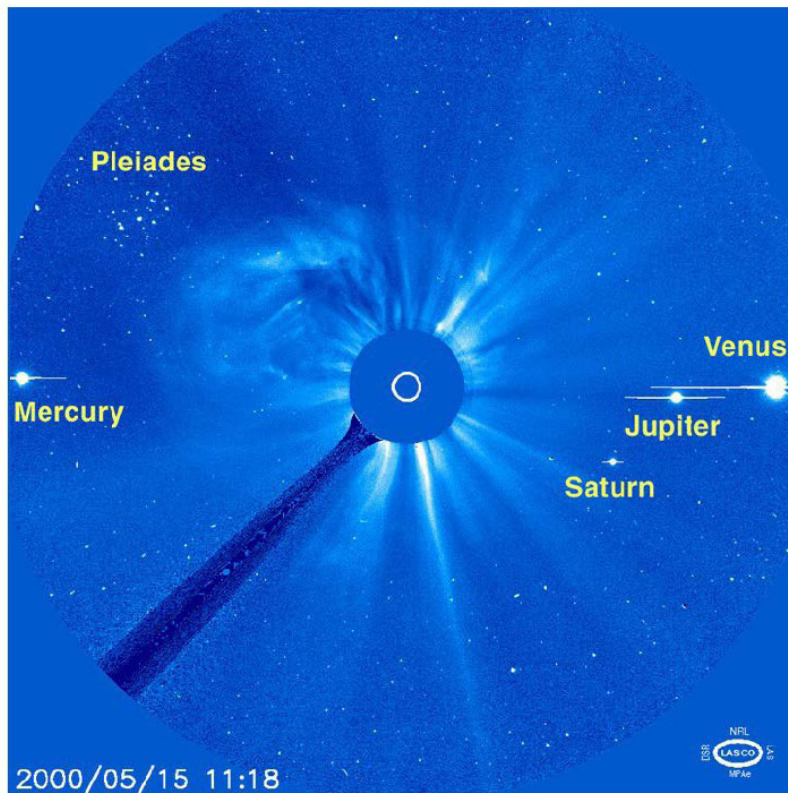
▲ 22 immagini del Sole ottenute in altrettante primavere dallo strumento *Extreme ultraviolet Imaging Telescope*. Il diverso livello di attività del Sole, che ha un ciclo di attività undecennale, è ben riconoscibile.



▲ Rappresentazione grafica di Soho con l'antenna puntata verso la Terra e gli strumenti rivolti verso il Sole.

dopo la sfortuna colpisce duramente e tutto sembra compromesso. Il 24 giugno 1998 viene infatti trasmessa a Soho una serie di telecomandi. Si tratta di una sequenza di numeri che dice allo strumento che cosa gli scienziati e i tecnici che lo controllano vogliono che faccia. Ogni funzione dei 12 strumenti di bordo ha un codice numerico. E di funzioni ce ne sono tantissime.

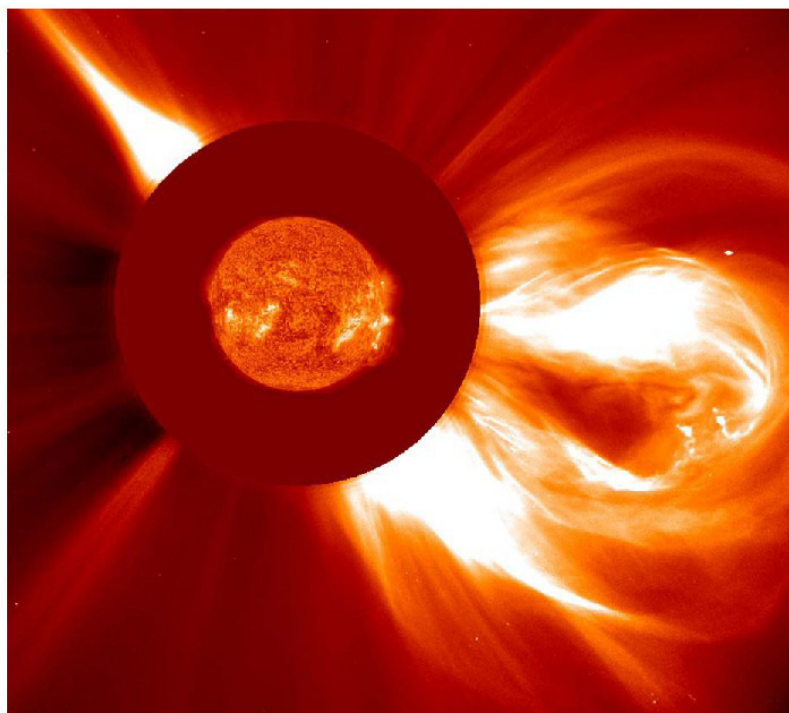
Poiché gli strumenti sono tanti e il tempo di connessione attraverso il DSN è prezioso, si cerca di impacchettare i telecomandi e trasmetterli in sequenza. Accendi questo strumento, cambia il filtro dell'altro e inizia un'esposizione, controlla lo stato delle batterie, dammi tutte le temperature, metti in funzione i sensori d'assetto e riorientati verso Sole, ecc. In linea di principio tutti i pacchetti sono controllati a terra prima di essere inviati ma non tutti gli operatori hanno la stessa esperienza e la stessa conoscenza dello strumento. Pacchetti apparentemente simili possono contenere una piccola differenza e mandare il pacchetto sbagliato può causare un disastro. Ci sono cose che non andrebbero mai fatte, per esempio disabilitare il meccanismo di emergenza (*safe mode*).



Tuttavia è immaginabile che esistano situazioni nelle quali vada disabilitato per forza, per esempio in caso di una malfunzione. Quindi esistono telecomandi per disabilitarlo. Comandi che ovviamente non andrebbero mai usati a sproposito. Purtroppo, quel 24 giugno di venti anni fa, il comando di disabilitare il sistema di emergenza viene mandato a Soho. Non sarebbe successo nulla di grave se il pacchetto di telecomandi successivo, destinato al controllo dei giroscopi di bordo, non avesse causato l'acquisizione di un valore al di fuori della gamma consentita. È una situazione potenzialmente pericolosa e il computer di bordo vorrebbe entrare in *safe mode*. Peccato che il *safe mode* sia stato appena disabilitato. Inizia così un circolo vizioso: senza la sequenza per il riorientamento automatico dei pannelli solari, il computer di bordo va per tentativi e fa andare, a caso, gli ugelli usati per le piccole correzioni. Il risultato è disastroso: Soho comincia a girare su se stesso. Questo mette a repentaglio sia le comunicazioni con la Terra sia la ricarica delle batterie, poiché i pannelli solari non sono sempre rivolti verso il Sole.

In breve tempo Soho non ha più abbastanza energia né per comunicare

né per garantire la sopravvivenza degli strumenti, che devono essere riscaldati contro il freddo intensissimo dello spazio profondo. Soho sembra irrimediabilmente perduto ma né



▲ Una grande CME osservata il 2 dicembre 2003. Il disco rosso che circonda il Sole è il coronografo di LASCO che permette di osservare i dettagli della tenue corona solare.

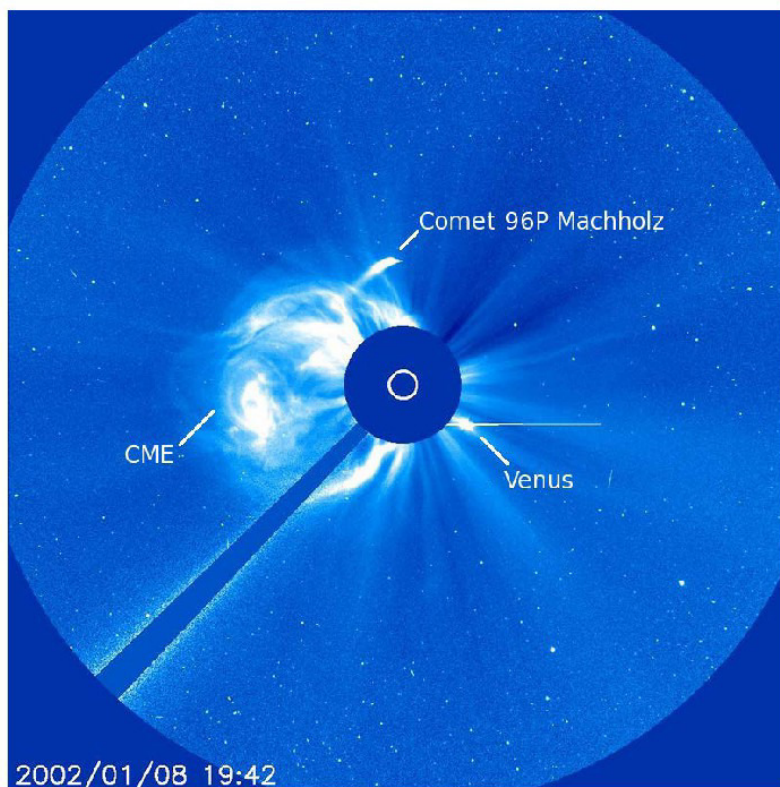
◀ Il coronografo Lasco tiene sotto controllo le esplosioni sul Sole ma gode anche della vista di stelle e pianeti. Una famosa immagine in cui si vedono Mercurio, Venere, Giove e Saturno insieme alle Pleiadi.

ESA né NASA vogliono darsi per vinte. Sperano che i pannelli solari presto o tardi si riorienteranno verso il Sole e caricheranno le batterie.

Ai primi di agosto lo strumento finalmente risponde ai telecomandi che continuano ed essere inviati da Terra. Bisogna assolutamente fermare la rotazione, ma l'idrazina, che dovrebbe essere sparata fuori dagli ugelli, è gelata. Non resta che aspettare pazientemente che le batterie si carichino ed utilizzare parte dell'energia per il riscaldamento dell'idrazina. Il 16 settembre la rotazione del satellite viene fermata e si ristabilisce l'orientamento corretto dei pannelli solari. Uno dopo l'altro gli strumenti vengono attivati e li si trova in ottima salute, pronti a riprendere il lavoro interrotto. Le immagini sono spettacolari come sempre.

Dopo avere superato una prova così difficile, Soho non poteva che continuare la sua strada di successo.

Ora ha raggiunto un traguardo importante: ha seguito il comportamento del Sole per 22 anni, pari a 2 cicli completi della nostra stella du-



▲ Una spettacolare CME vista da Lasco insieme alla cometa Machholz e al pianeta Venere.

rante i quali l'orientazione del cambio magnetico si è prima invertita (primo ciclo) ed è poi tornata allo stato iniziale (secondo ciclo).

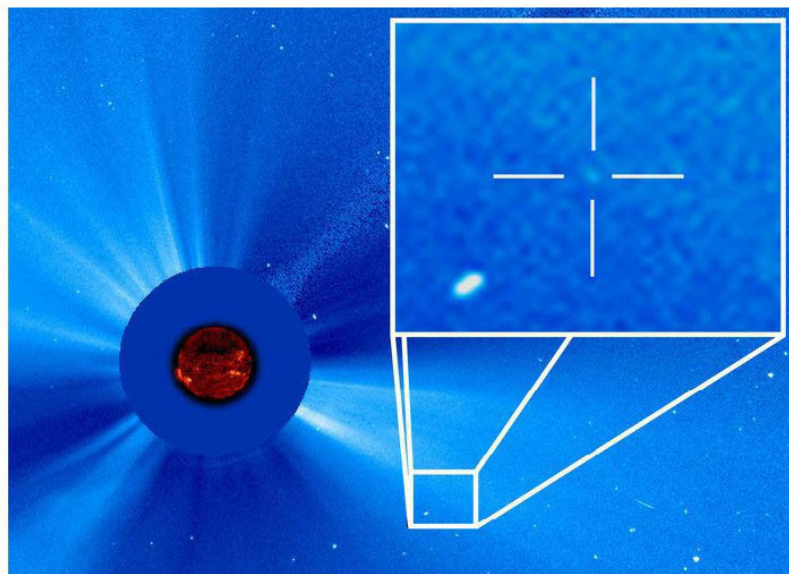
Con i suoi strumenti Soho studia sia la superficie del Sole, permettendo di seguire il numero e l'evolversi delle macchie solari, sia l'ambiente circostante che è teatro delle gigantesche esplosioni che prendono il nome di *Coronal Mass Ejection* (CME).

È da queste esplosioni che hanno origine le particelle cariche che poi attraversano il Sistema Solare viaggiando sulle autostrade magnetiche tracciate dal vento solare.

Si tratta di autostrade virtuali leggermente spiraleggianti create dalla continua emissione di plasma (vento solare) da parte della superficie rotante della nostra stella e bisogna sempre tenere conto di questo percorso incurvato per decidere se le particelle prodotte da una CME raggiungeranno oppure no la Terra. È anche importante avere idea dell'entità del flusso di particelle che sta viaggiando per essere pronti a mettere in campo azioni di mitigazione dei rischi, nel caso si parli di flussi molto intensi.

È questa l'essenza dello *Space Weather*, cioè la nostra capacità di pre-

vedere che tempo farà nello spazio, in funzione del comportamento del Sole. Una disciplina estremamente importante per la nostra civiltà così fortemente dipendente dalla tecnologia. Una CME potente e magneticamente connessa alla Terra può infatti disturbare la trasmissioni radio e dare problemi al sistema GPS. Nei



▲ Immagine composta che unisce la visione superficiale con la visione a grande campo di Lasco con la cometa n. 3000 vista da Soho.

casi più estremi, ci possono essere problemi con il sistema di distribuzione dell'energia elettrica specialmente nelle regioni più prossime ai circoli polari. Per fortuna, nella maggior parte dei casi tutto si risolverà con spettacolari aurore boreali.

Soho si è rivelato però per essere anche un eccezionale (ed inaspettato) cacciatore di comete. Al momento del lancio, ci si aspettava che Lasco vedesse il passaggio al perielio delle comete più brillanti ma nessuno avrebbe immaginato di vederne 200 all'anno! La sua specialità sono la comete poco brillanti che passano radenti al Sole: nel caso di passaggi troppo ravvicinati si sono visti i tuffi delle comete che cadono sul Sole.

Questa in fondo alla pagina è l'immagine della cometa n. 3000 vista il 15 settembre 2015 da Worachate Boonplod, un cacciatore amatoriale di comete che vive a Samut Songkhram in Thailandia. In effetti il 95% delle comete viste da Soho sono state scoperte da non professionisti che utilizzano i dati della sonda resi disponibili quasi in tempo reale.

Per ultimo, non possiamo dimenticare di menzionare che dopo 40 anni di vane ricerche, Soho ha finalmente fornito evidenza dell'esistenza di onde sismiche che attraversano il Sole rivelando che il nucleo ruota 4 volte più rapidamente della superficie. Questo è considerato il risultato più importante dell'ultima decade di attività di Soho, anche se non è certo il più spettacolare. ●