

VIVIAMO CON UNA STELLA

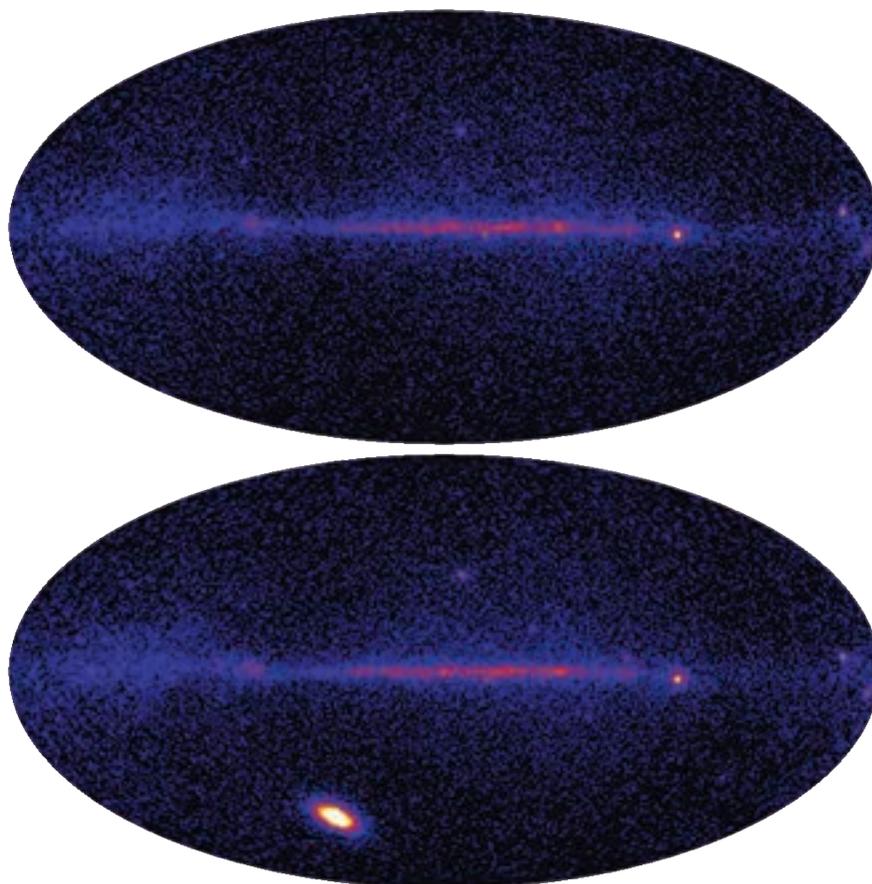
IL SOLE SI È FINALMENTE RISVEGLIATO DOPO UN LUNGO PERIODO DI INATTIVITÀ E STA PROCEDENDO A GRANDI PASSI VERSO IL MASSIMO DEL CICLO SOLARE, ATTESO PER L'ANNO PROSSIMO. NEL FRATTEMPO, A MARZO, È STATO LA SORGENTE PIÙ BRILLANTE DEL CIELO GAMMA

La vita sulla Terra è resa possibile da una serie di coincidenze legate alle caratteristiche della Terra, a quelle del Sole e alla loro distanza reciproca.

Noi esistiamo perché la Terra è un pianeta roccioso vivo, caldo, capace di generare un campo magnetico, che ci protegge dai raggi cosmici, e dotato di una tettonica a zolle che rinnova i nutrienti in superficie. Ma tutto questo non servirebbe a nulla se il Sole fosse una stella violentemente variabile, oppure se la Terra fosse in orbita a una distanza diversa, con il rischio di andare arrostito per troppa vicinanza alla stella, oppure di congelare per troppa lontananza.

Se ci pensiamo un attimo, ci rendiamo conto che la vita sulla Terra dipende interamente dal Sole che ci fornisce l'energia necessaria per tutto. Non a caso, il programma della NASA per lo studio del Sole si chiama *living with a star* ("vivere con una stella").

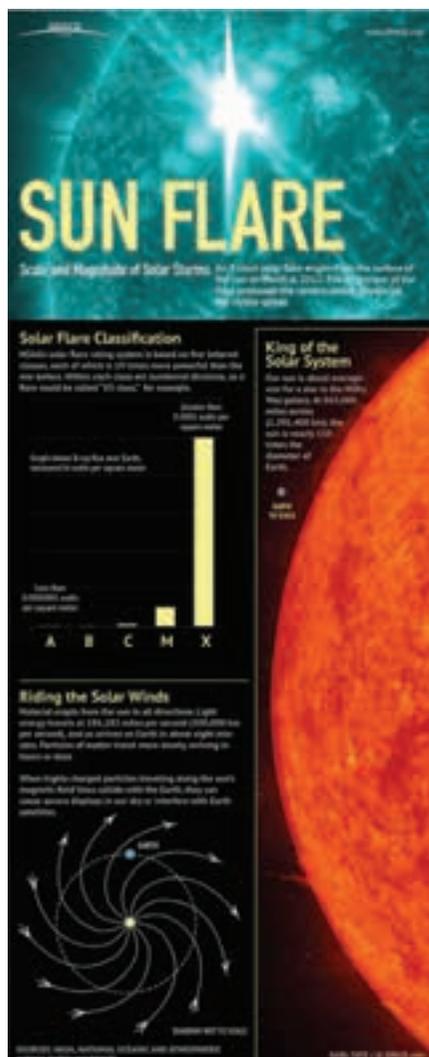
Per questa ragione, le caratteristiche e il comportamento del Sole come stella sono di nostro diretto interesse. È dal 1613 che sappiamo che il Sole ha delle macchie scure. Il primo a vederle fu Galileo Galilei: egli notò il loro movimento regolare e lo interpretò come la prova della rotazione della nostra stella. Il conteggio delle macchie solari è un esercizio che, anche se non sempre in modo sistematico, viene portato avanti da quattro secoli. La mole di osservazioni ha evidenziato che il Sole ha un ciclo di attività di circa 11 anni durante il quale il numero delle macchie passa da zero a più di 100. Il numero di macchie durante i massimi solari non è costante, ci sono massimi più intensi e massimi più



Due immagini del cielo gamma riprese dal satellite Fermi. Quella superiore (ripresa il 6 marzo) non evidenzia alcuna significativa attività solare mentre quella inferiore, ripresa il giorno successivo (7 marzo), mostra come il Sole – la grande chiazza bianca – abbia aumentato di un migliaio di volte la sua usuale luminosità gamma. Il puntino luminoso posto sul piano galattico, sulla destra di entrambe le immagini, è invece la pulsar delle Vele, la sorgente gamma stabile più brillante del cielo.

tranquilli. Nella seconda metà del Seicento, per esempio, si sono registrati decenni senza macchie, caratterizzati da un clima straordinariamente freddo nell'emisfero nord del nostro pianeta, l'unico nel

quale, del resto, ci fosse qualcuno che si preoccupava di registrare le temperature. La connessione tra attività solare e clima sulla Terra è una questione che si dibatte almeno dal Settecento, quando William



Grafica predisposta dalla NASA sulla classificazione dei flares solari (da A a X) che mostra la non linearità della nomenclatura.

Herschel studiò la correlazione tra il numero di macchie solari e l'andamento del prezzo del grano in Inghilterra. Ma solo da pochi anni siamo in grado di misurare accuratamente l'energia irradiata dal Sole, cioè la quantità di energia per unità di superficie che raggiunge costantemente la nostra atmosfera. È un lavoro per satelliti, perché bisogna essere al di fuori dell'atmosfera e osservare la Terra da un punto di vista globale. Decenni di misure con i satelliti ci dicono che l'energia emessa dal Sole varia assai poco lungo il ciclo di 11 anni, non più dell'1 per mille. La costanza dell'*output* del Sole è proprio uno dei segreti della vita sulla Terra.



Immagine del Sole ripresa dall'americano David Tremblay dal cielo del New Mexico. Grazie a una tempesta di sabbia, che funge da assorbitore naturale, si vedono distintamente alcuni gruppi di macchie solari.

Tuttavia, il ciclo undecennale è una realtà con la quale dobbiamo fare i conti, vista la nostra sempre maggiore dipendenza dall'utilizzo dei satelliti per le comunicazioni, la localizzazione, gli spostamenti, le previsioni meteorologiche e tutto il resto. La nostra dipendenza dalla tecnologia ci ha reso molto più sensibili ai comportamenti del Sole di quanto non fossimo fino a 50 anni fa (v. *"le Stelle"* n. 97, pp. 60-67). Le macchie solari sono spesso responsabili di piccole esplosioni che liberano grandi quantità di energia: le *Coronal Mass Ejection* (CME), che scaraventano nello spazio interplanetario gas caldissimo e particelle accelerate. Sono proprio queste particelle che se arrivano in prossimità dei poli del campo magnetico terrestre possono intrufolarvisi e produrre le aurore boreali. Recentemente, si è riusciti addirittura a osservare una piccola perdita di atmosfera da parte di Venere, della Terra e di Marte prodotta dalla pressione del vento solare nel corso di una tempesta magnetica della nostra stella. Quando questo vento di particelle investe la magnetosfera terrestre può strapparle degli ioni (nel caso della Terra erano ioni di ossigeno); le stesse particelle, oltre a rappresentare un pericolo per gli astronauti, possono interferire con

l'elettronica dei satelliti in orbita, oppure danneggiare le linee di alta tensione nelle regioni vicino al circolo polare, causando *black-out* anche molto importanti. La previsione di una tempesta magnetica in arrivo può indurre le compagnie aeree a deviare le rotte polari (dove i passeggeri e gli strumenti sono più esposti alle radiazioni) causando ritardi nei voli intercontinentali, costretti a seguire una rotta più lunga. Per gestire questo tipo di problemi è nata una disciplina chiamata *Space Weather* che cerca di predire le condizioni nello spazio circumterrestre in funzione del comportamento del Sole. Ricordiamo che i fotoni (cioè la luce) impiegano 8 minuti a coprire la distanza tra il Sole e la Terra ma le particelle, per quanto accelerate, ci mettono ore o giorni, dando così la possibilità di cercare di correre ai ripari, nel caso che si preveda il peggio. Negli ultimi anni il Sole ha però attraversato una fase di minimo prolungato, con centinaia di giorni consecutivi senza macchie (v. *"le Stelle"* n. 75, pp. 22-23); poi, per la gioia dei satelliti che erano lì ad aspettare, è iniziato il risveglio. Pensiamo al diluvio di dati spettacolari del *Solar Dynamics Observatory* (SDO, che produce 10 immagini di alta risoluzione del disco so-

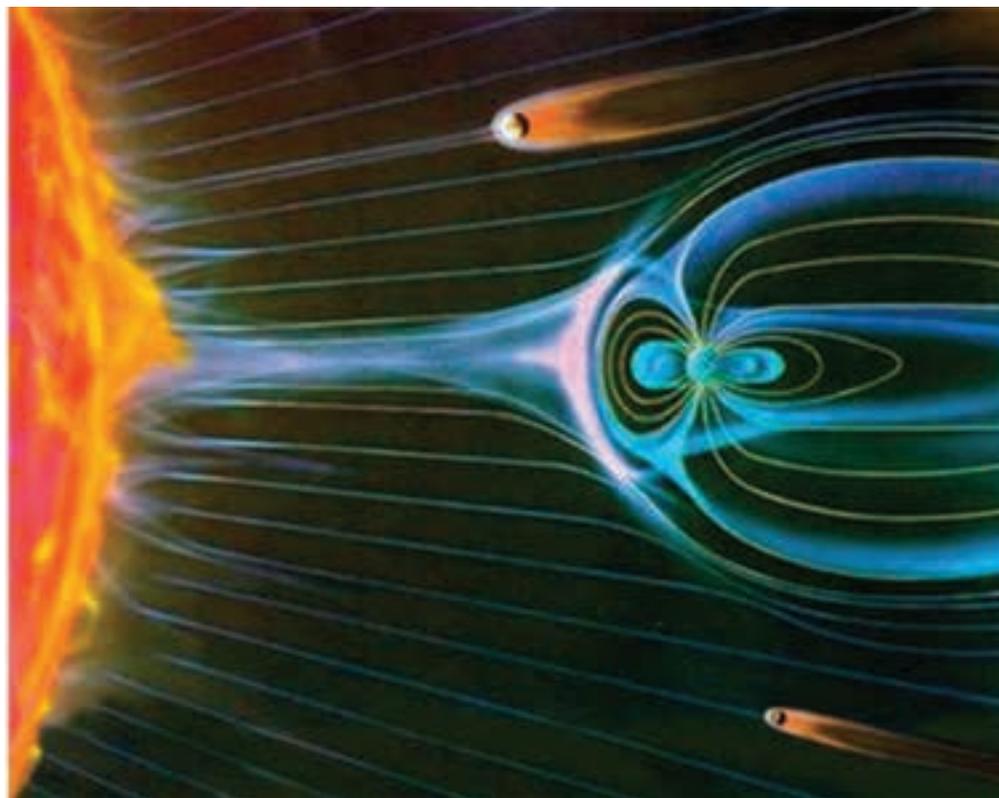


Immagine di fantasia della perdita di atmosfera da parte dei pianeti rocciosi a seguito di una tempesta solare. Per quanto riguarda l'atmosfera terrestre la scoperta è stata effettuata tramite la batteria dei quattro satelliti Cluster, per quanto riguarda Marte dalla sonda Mars Express (ESA).

lare ogni 10 secondi, v. *“le Stelle”* n. 96, pp. 38-43), della coppia di satelliti Stereo A e B (che tengono sotto osservazione anche l'emisfero nascosto del Sole), del vecchio e glorioso Soho.

Nulla del comportamento del Sole può passare inosservato. Le macchie vengono monitorate con grande diligenza anche se è ancora impossibile prevedere con affidabilità come si comporteranno.

Per esempio, all'inizio del mese di marzo si era capito che la macchia identificata con la sigla AR1429 aveva intenzioni bellicose, e giusto nei primi minuti del 7 marzo scorso (ora di Tempo Universale) ha prodotto uno spettacolare brillamento, il più importante registrato da molto tempo. Un signor brillamento, classificato di classe X5,4 (su una scala che non ha nulla di lineare, vedi figura), il quale ha prodotto una *Coronal Mass Ejection*, una sorta di *tsunami* sulla superficie del Sole (sulla rete, all'indirizzo <http://www.youtube.com/watch?v=vXINSapynLI>, è presente una bella animazione tratta dai dati SDO) che

il giorno dopo ha toccato la magnetosfera terrestre, un fiotto di raggi X (vedi figura) e anche qualcosa di più energetico.

In generale, il Sole non è una forte sorgente di radiazione gamma. I processi termonucleari in corso nel nucleo del Sole producono anche fotoni di energia relativamente alta ma, nel viaggio verso la superficie, essi vengono degradati fino a diventare fotoni ottici.

L'emissione gamma solare vista normalmente dalla missione Fermi è abbastanza “indiretta” ed è dovuta all'interazione dei raggi cosmici con la corona solare.

A causa del moto della Terra, il Sole cambia continuamente posizione nelle immagini del cielo gamma e le animazioni che fanno scorrere le immagini giorno dopo giorno evidenziano chiaramente il percorso del Sole che appare come una debole sorgente, addirittura spesso difficile da riconoscere a occhio.

Durante il brillamento del 7 marzo, però, la rottura e la successiva riconnessione delle linee di forza del campo magnetico

hanno accelerato particelle di alta energia che hanno poi interagito con il gas circostante, producendo un intenso flusso di raggi gamma di alta energia. Quando il Sole è entrato nel campo di vista di Fermi il suo flusso era mille volte più intenso del normale. Era così brillante da superare di un fattore 100 la sorgente gamma stabile più brillante del cielo, la pulsar delle Vele (v. *“le Stelle”* n. 84, pp. 46-52).

Il confronto tra le immagini del cielo gamma ottenute integrando tutti i dati raccolti il 6 e il 7 marzo testimonia la straordinaria emissione gamma del Sole in quell'occasione. Mentre il 6 marzo non era visibile nella mappa gamma, il 7 marzo, con 10.000 fotoni rivelati, il Sole buca lo schermo dei computer. Un flusso così intenso di fotoni gamma, mai rivelato prima, ha messo in crisi il sistema di acquisizione dati di Fermi, non tanto per i fotoni rivelati, numerosissimi,

ma perfettamente gestibili dallo strumento, ma piuttosto per quelli non rivelati perché essi hanno intasato con i loro segnali l'anticoincidenza che protegge il rivelatore dai raggi cosmici. In effetti, tutti i satelliti X e gamma in orbita vengono momentaneamente accecati dall'abbondanza straordinaria di fotoni solari. Dopo il momento di gloria, l'emissione del Sole è tornata alla normalità, ma ci aspettiamo che la cosa possa ripetersi man mano che la nostra stella si avvicinerà al massimo del suo ciclo, previsto per metà 2013. Dobbiamo preoccuparci? Assolutamente no.

I raggi gamma prodotti sulla superficie del Sole in coincidenza con un brillamento non possono fare alcun male alle forme di vita sulla superficie della Terra, efficacemente protette dall'atmosfera, che assorbe interamente questi tipi di radiazione. Non a caso gli astronomi gamma mettono i loro strumenti sui satelliti per poter osservare il cielo a queste lunghezze d'onda.

Patrizia Caraveo