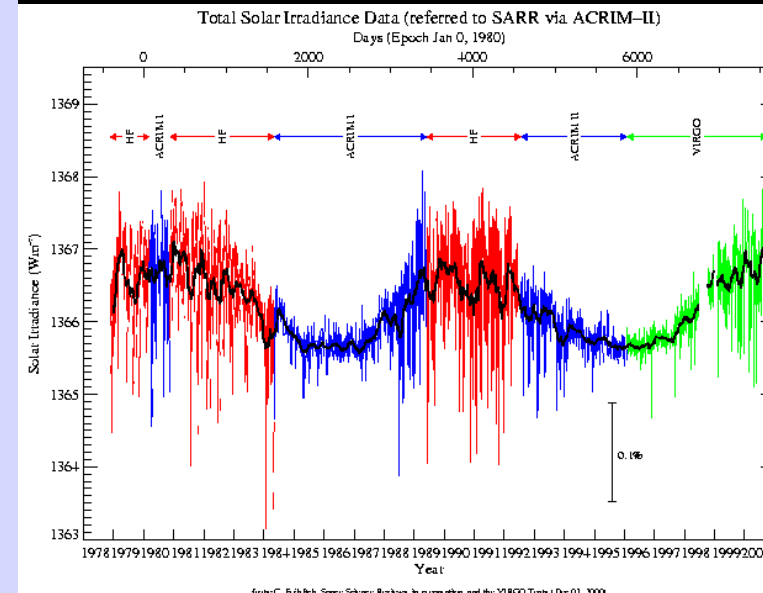
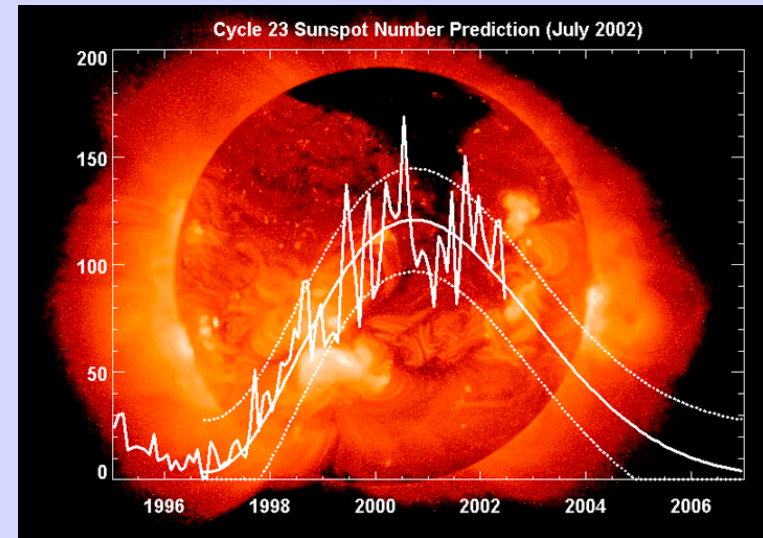
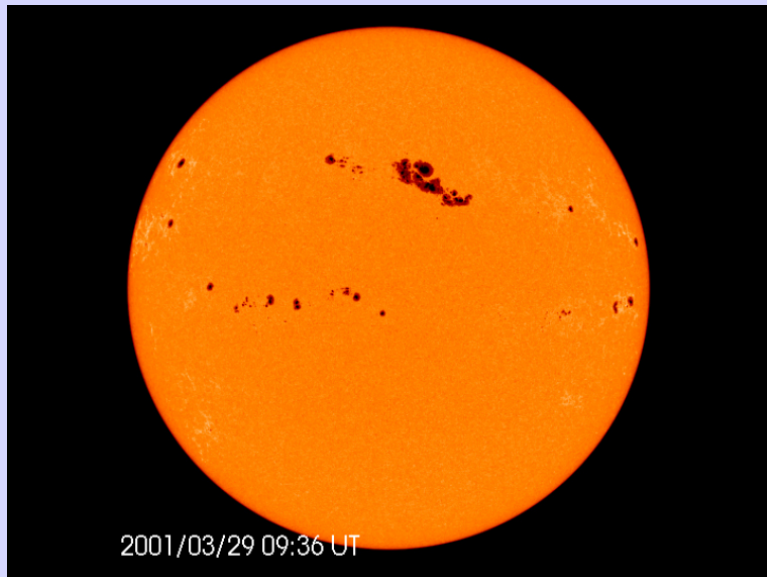
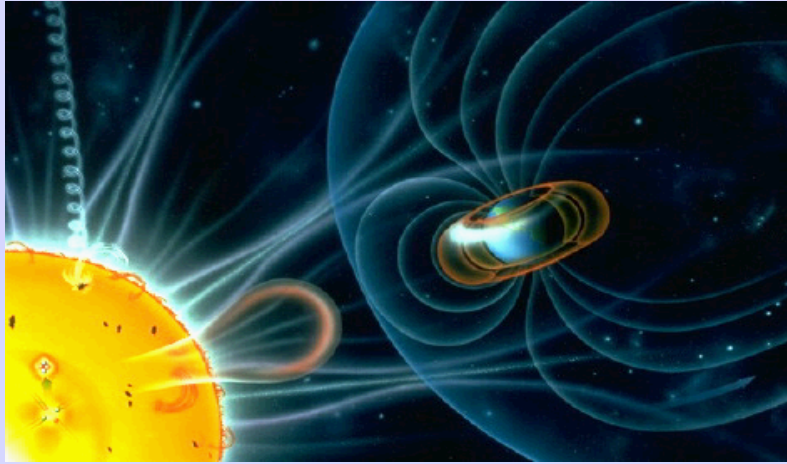


Il Sole: un protagonista molto *brillante*



from: C. Fisher, Space Science Reviews, in preparation, and the VIRGO Team (Dec 03, 2000)

Il Sole



- Il Sole si trova in un braccio spirale della nostra Galassia (Via Lattea), chiamato braccio di Orione, a circa 30000 anni-luce dal centro ($1 \text{ anno-luce} = 9,5 \times 10^{12} \text{ km}$).
- Il Sole ruota intorno al centro della Galassia in 225 milioni di anni. Quindi il Sistema Solare ha una velocità di 230 km/s (o 830.000 km/h).
- La nostra Galassia è costituita da circa 100 miliardi di stelle e ci sono almeno 100 miliardi di galassie nell'Universo.
- Il Sole ha ispirato figure mitologiche in molte culture come quelle degli antichi Egizi, degli Aztechi, degli Indiani d'America e dei Cinesi.
- Il Sole è 333400 volte più massiccio della Terra e contiene il 99,86% della massa dell'intero Sistema Solare.
- E' costituito per il 78% da Idrogeno, per il 20% da Elio e per il 2% da altri elementi.
- Energia totale irradiata: $2 \times 10^{33} \text{ erg al secondo}$.



30000 a.l.



- La Terra

Classificazione	Nana Gialla (G2)
Età	4,5 miliardi di anni
Diametro medio (schiacciato ai poli)	$1,30 \times 10^6$ km
Massa	$1,98 \times 10^{30}$ kg
Distanza media dalla Terra	$1,496 \times 10^{11}$ m
Densità del nucleo / sulla superficie	$1,5 \times 10^5$ kg/m ³ / 2×10^{-4} kg/m ³
Periodo di Rotazione Equatore / Poli	27 g / 31 g
Temperatura superficiale	5778 K
Irradianza	1,3 kW/m ²

Il Sole

Diametro = 1.392.000 km



Il diametro del Sole è **109** volte quello della Terra

La Struttura del Sole

☐ Nucleo

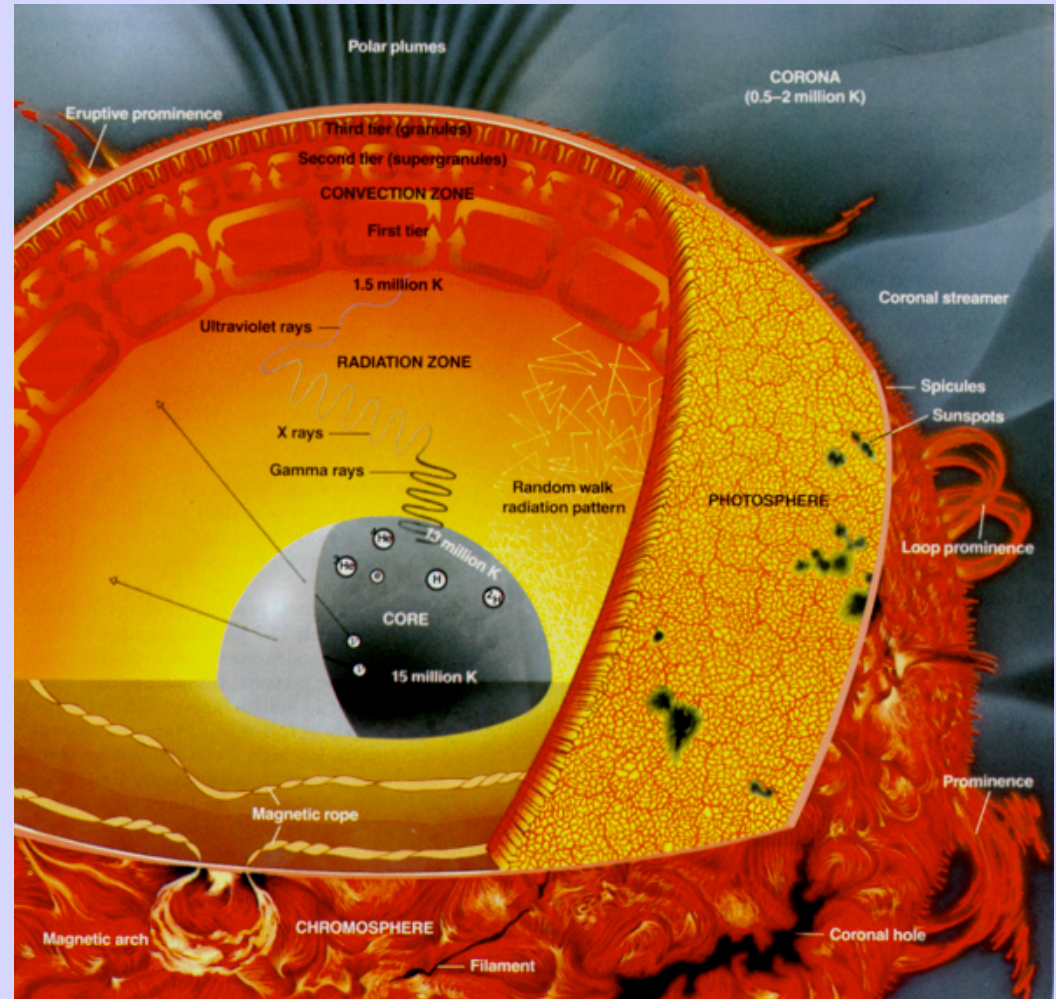
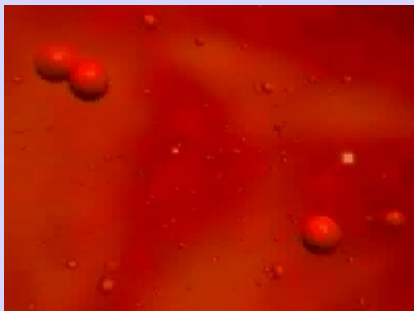
Regione in cui viene prodotta l'energia. La fusione nucleare trasforma ad ogni secondo circa 700 milioni di tonnellate di idrogeno in elio

☐ Zona Radiativa

Regione in cui l'energia viene trasportata per radiazione. Sebbene i fotoni prodotti viaggino alla velocità della luce, essi vengono deviati così tante volte dal denso materiale che impiegano milioni di anni per raggiungere la superficie

☐ Zona Convettiva

L'energia viene trasportata per convezione, come in una pentola d'acqua che bolle, in superficie



Come possiamo studiare l'interno del Sole?

Tutta la radiazione del Sole che possiamo osservare proviene dai suoi strati più esterni. Come possiamo "vedere" dentro il Sole?

1) Lo studio dei neutrini solari

2) L'eliosismologia

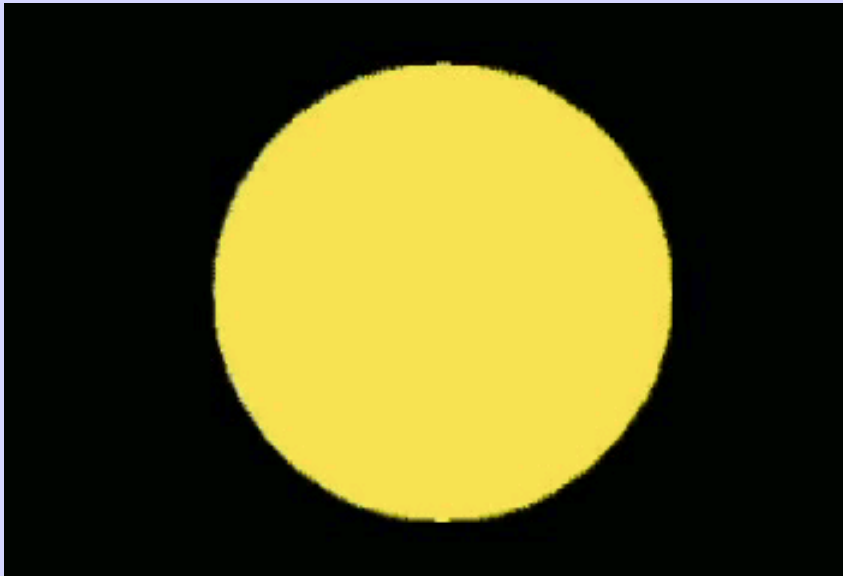
Neutrino: tipo di particella elementare che si origina durante le reazioni nucleari che avvengono nel nucleo, priva di carica e di massa molto piccola.

Interagisce molto poco con la materia, difficile da rivelare. Necessità di enormi rivelatori: per 1000 miliardi di neutrini che attraversano il rivelatore in un secondo, ne riveliamo solo 1 al giorno!



Eliosismologia

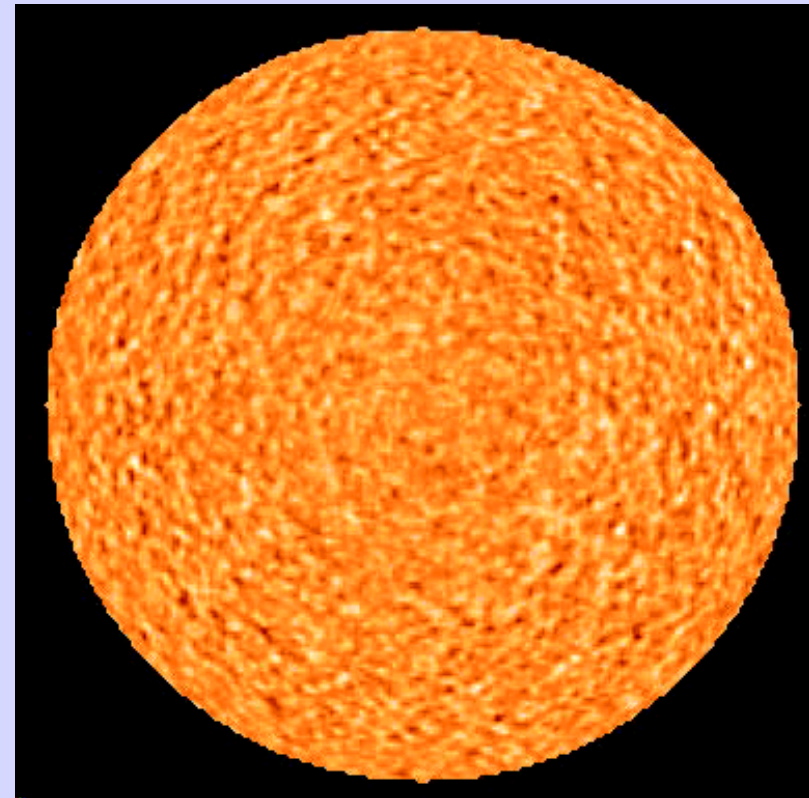
- L'intero Sole vibra dando origine ad un complesso insieme di onde acustiche
- Tali onde acustiche vengono riflesse da un lato all'altro del Sole, cosicchè la superficie oscilla su e giù
- Le onde sonore sono influenzate dalle condizioni che incontrano nell'interno solare
- Osservando queste oscillazioni in superficie, si possono ricavare informazioni sulla parte interna



Il canto del Sole!

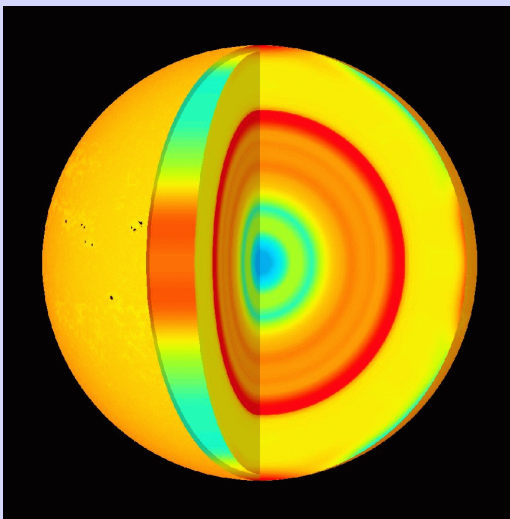
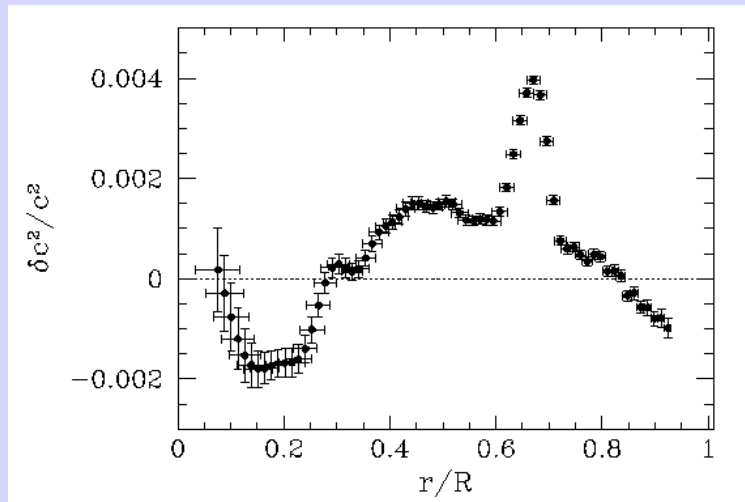


Onde sonore



Struttura interna

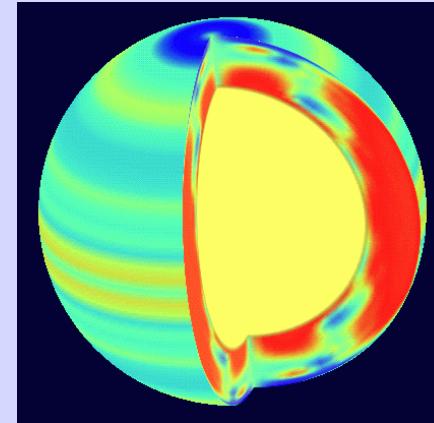
Velocità del suono



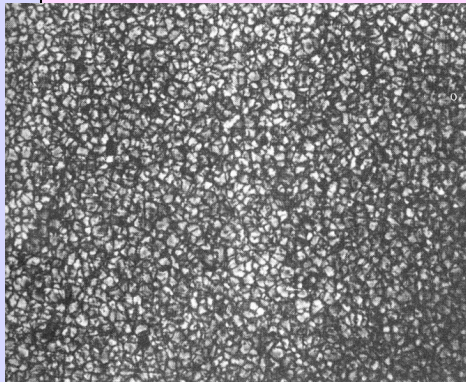
Rotazione interna

Zona convettiva: rotazione differenziale

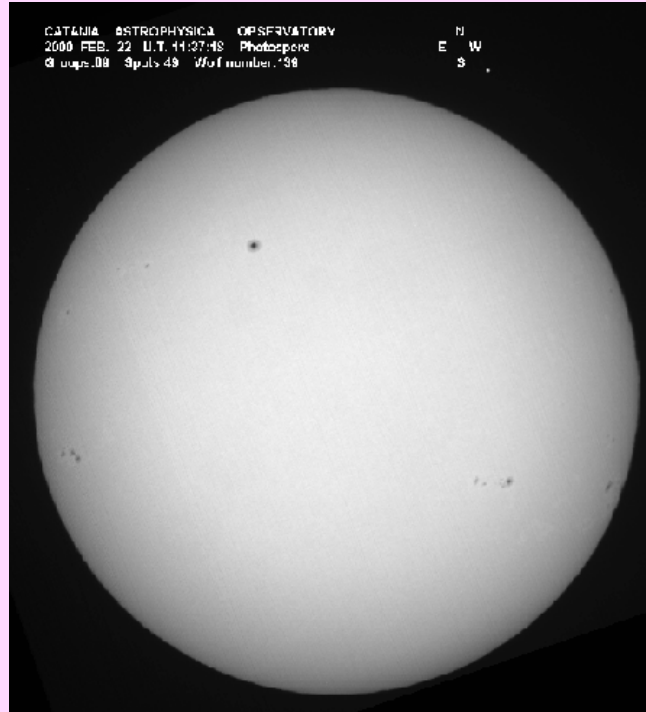
Zona radiativa: ruota quasi come un corpo rigido



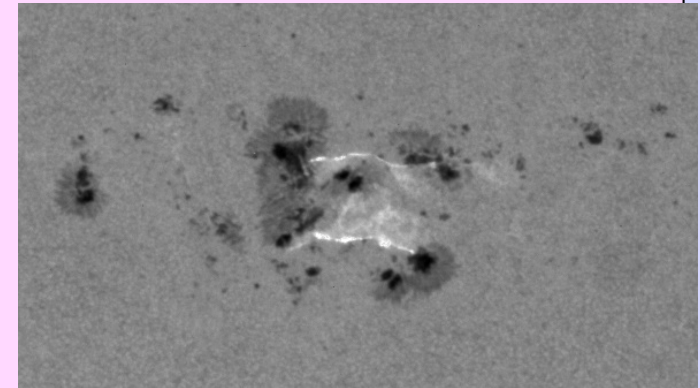
La fotosfera solare



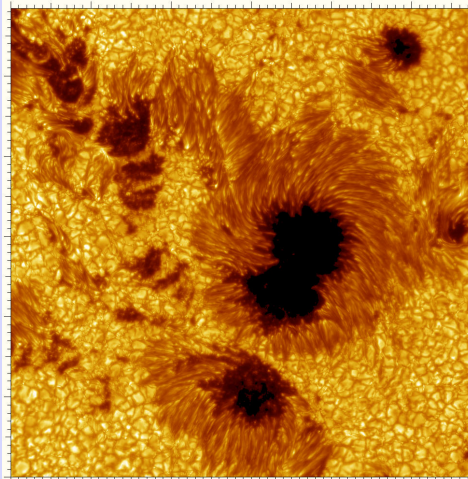
Granulazione



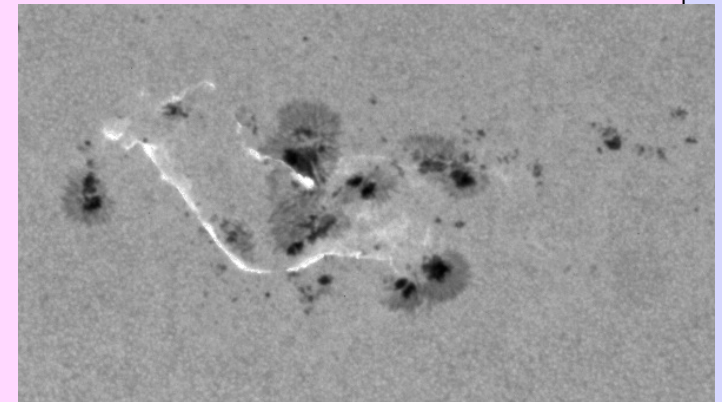
Rotazione differenziale



WL flares

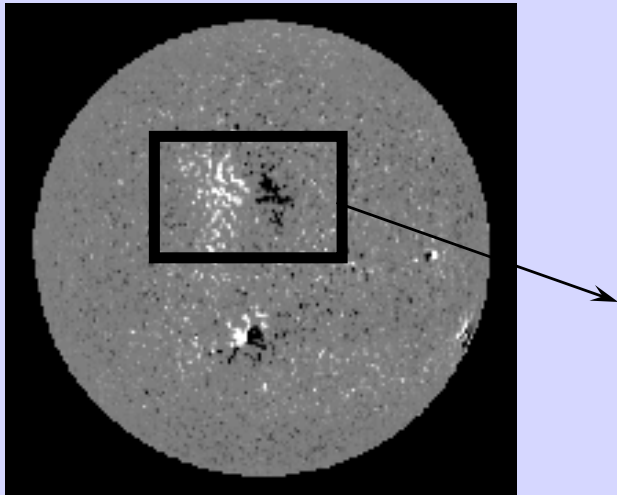


[sunspots](#)



Le Macchie Solari

- Il numero varia con il ciclo solare di 11 anni



*Magnetogramma del Sole:
le aree chiare e quelle scure
indicano la presenza di intensi
campi magnetici di polarità
opposta*

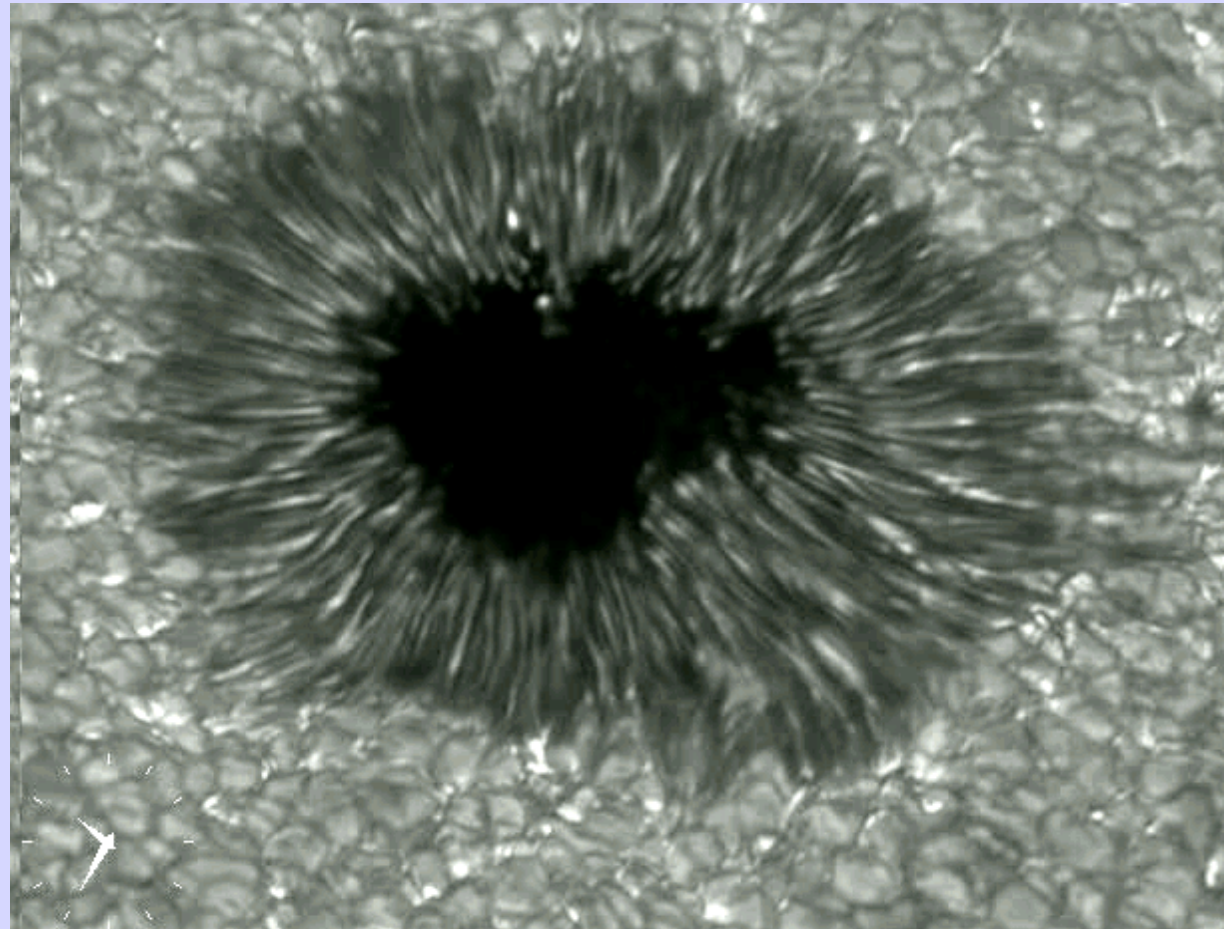
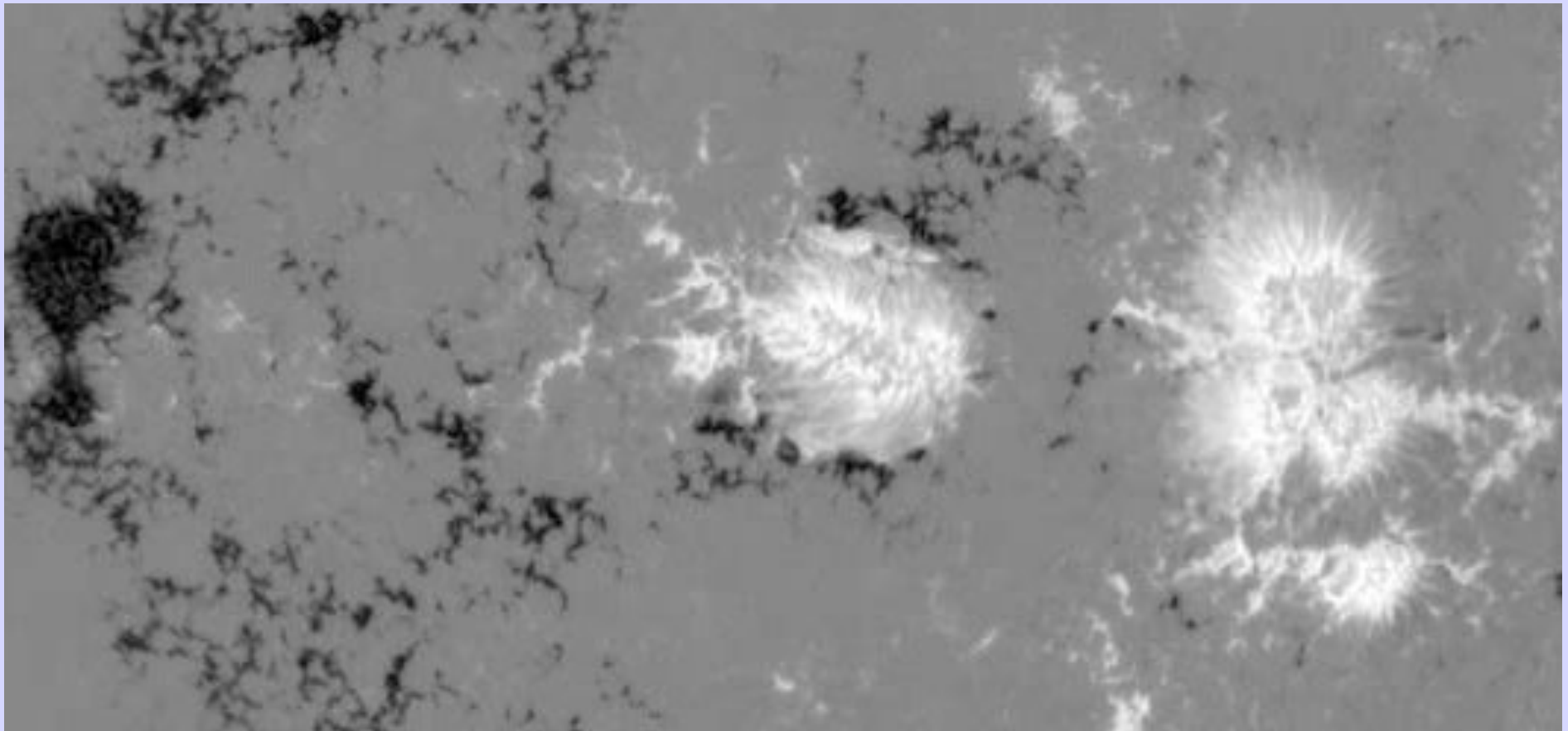
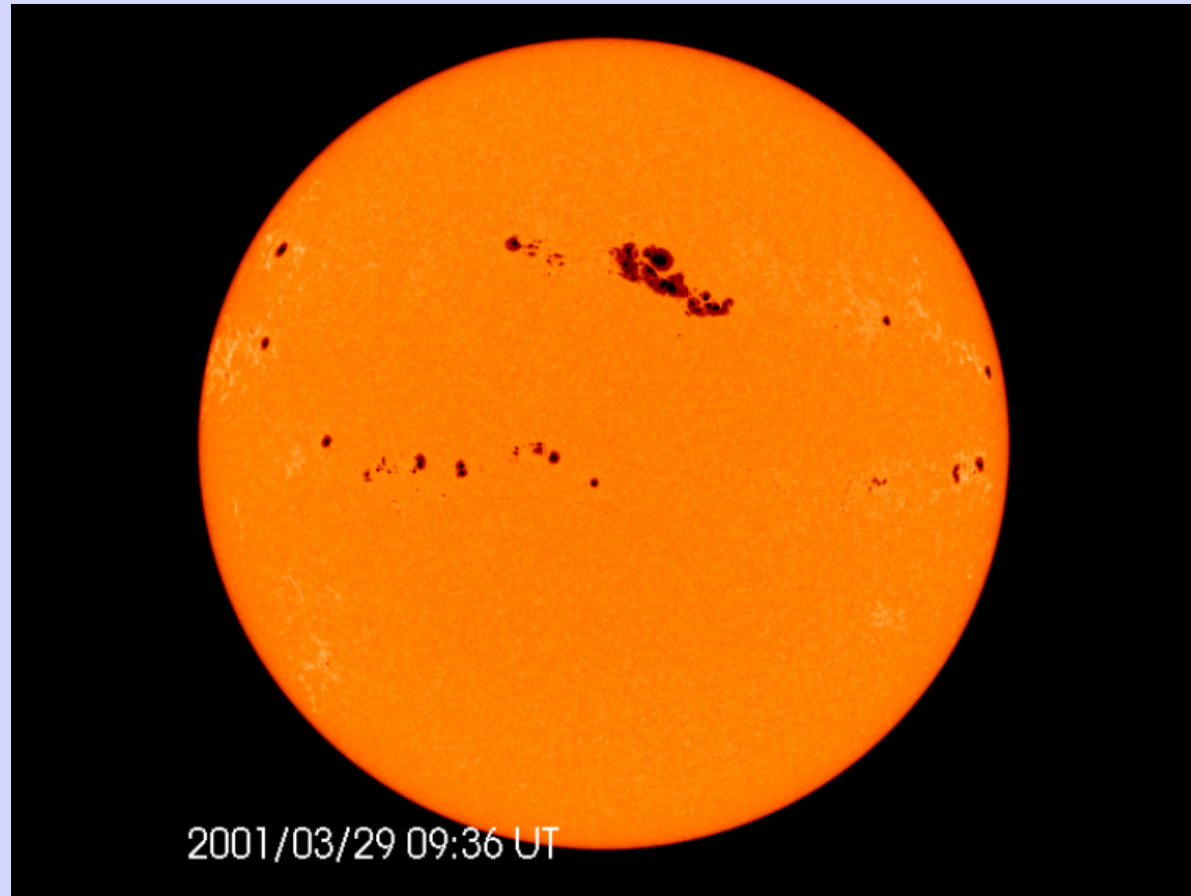


Immagine dettagliata di una macchia solare

Emersione e diffusione dei campi magnetici nell'atmosfera solare

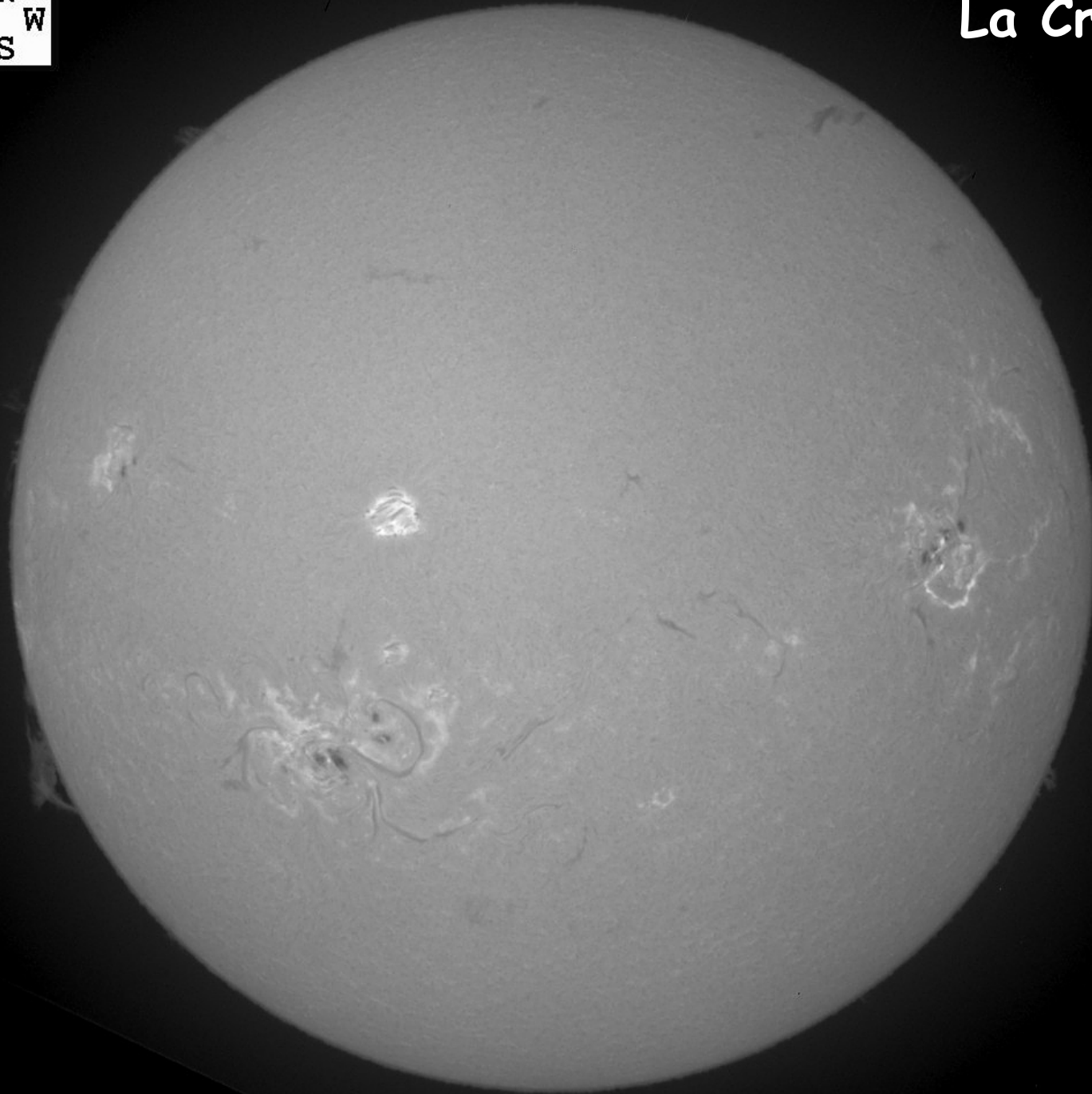


Distribuzione delle macchie sul disco solare



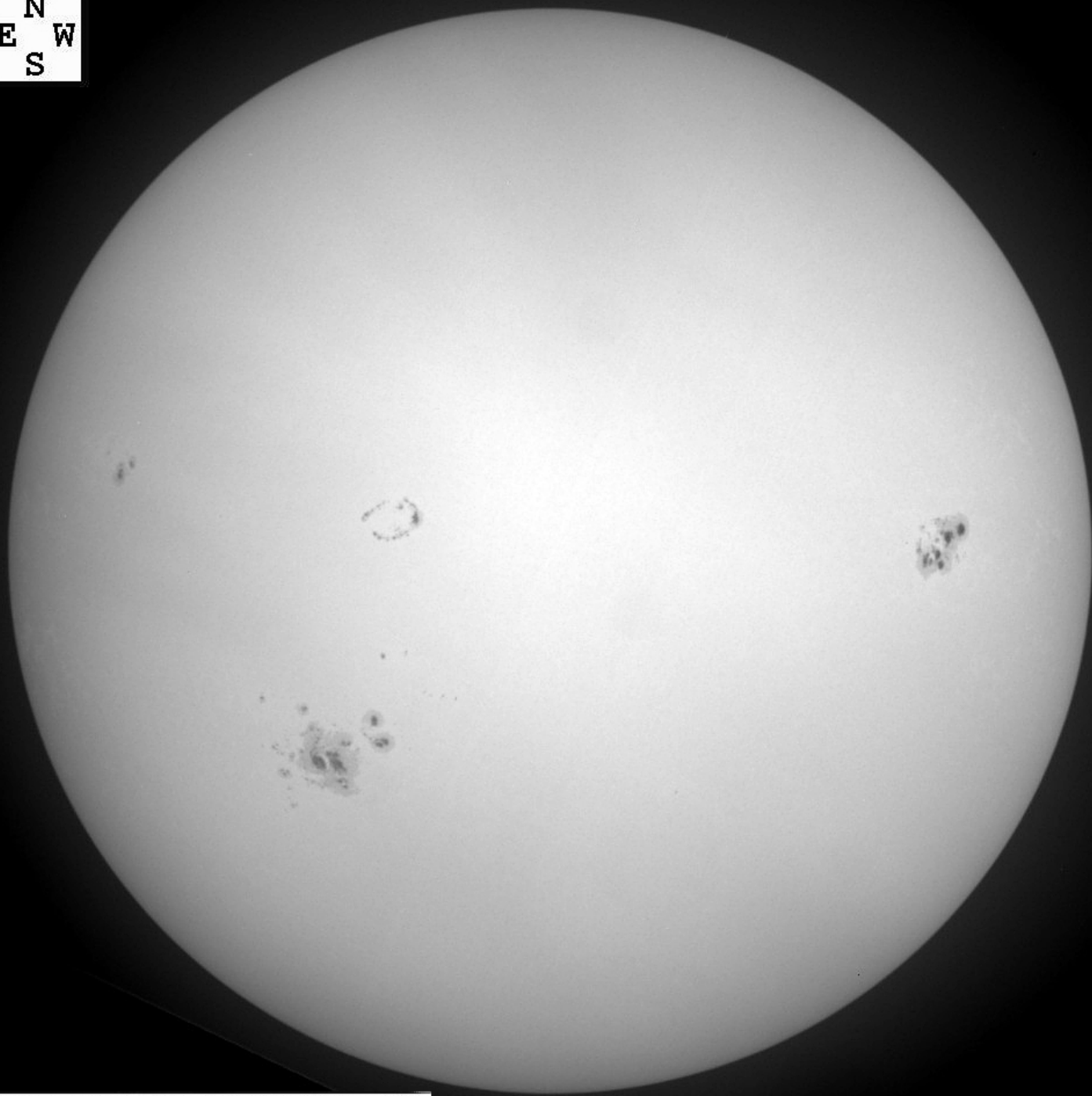
N
E W
S

La Cromosfera



INAF - Catania Astrophysical Observatory
2003-10-27 07:32:01 U.T.
Obs. E. Catinoto

N
E W
S

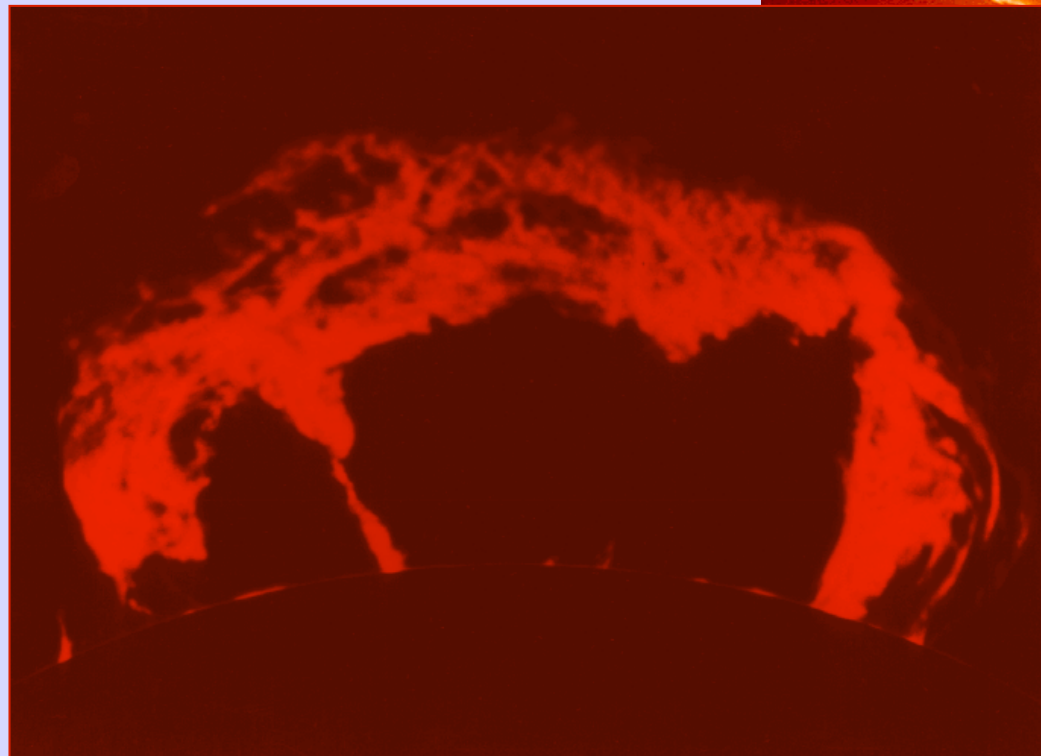
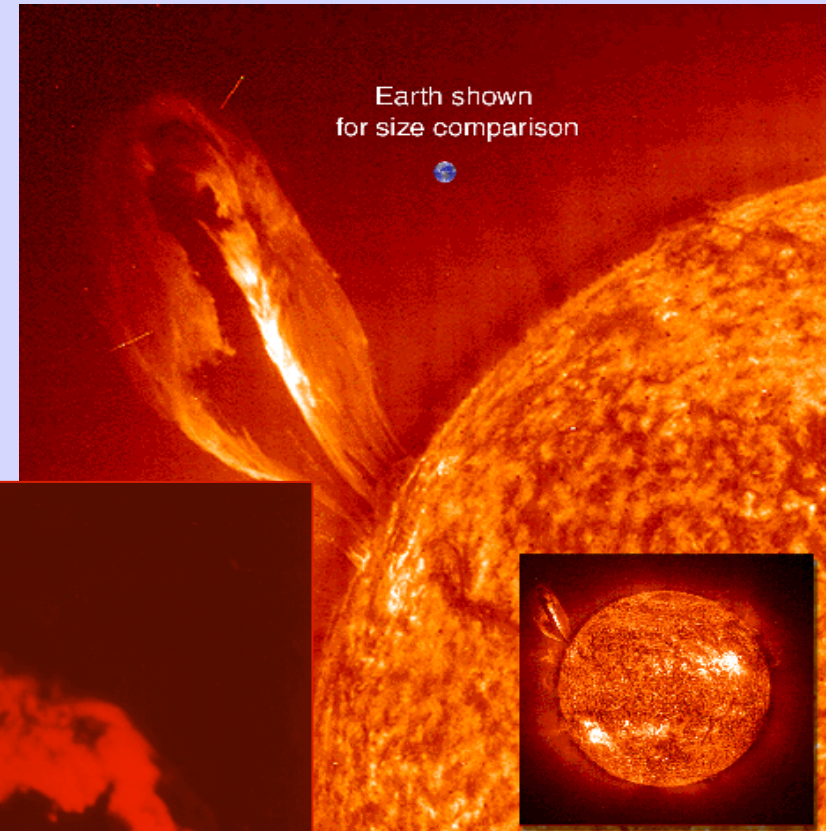


INAF - Catania Astrophysical Observatory
2003-10-27 08:03:42 U.T.
Obs. E. Catinoto

La cromosfera solare

Le Protuberanze

Formate da plasma denso e più freddo del materiale circostante, appaiono sul disco come scuri filamenti. Sul bordo appaiono come getti di plasma in emissione.

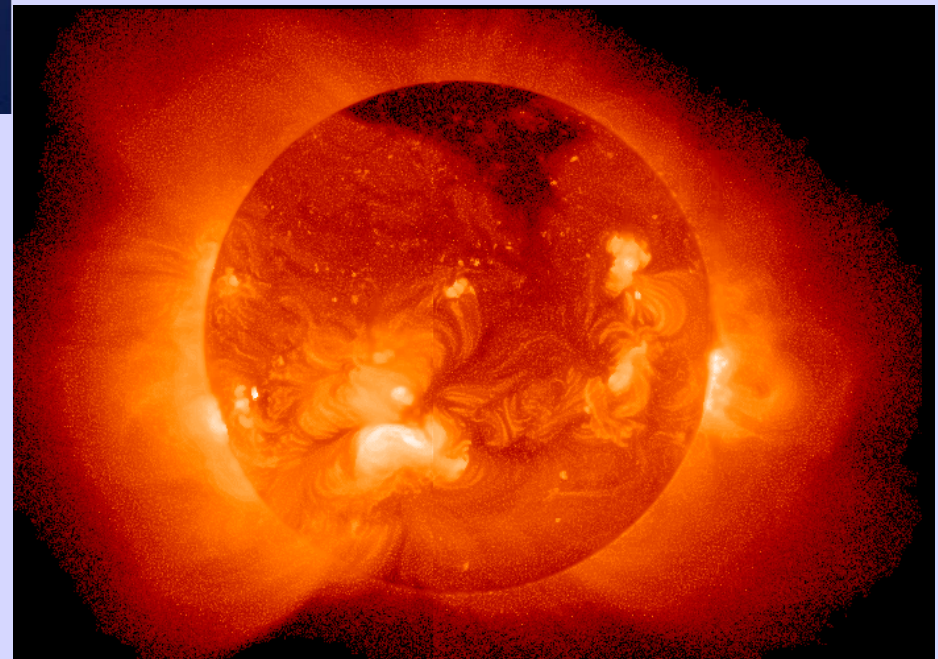


La corona solare



**Immagine della corona solare
ottenuta durante una eclissi
totale di Sole (Agosto 1999)**

**Immagine della corona solare
ottenuta dallo spazio (YOHKOH)**



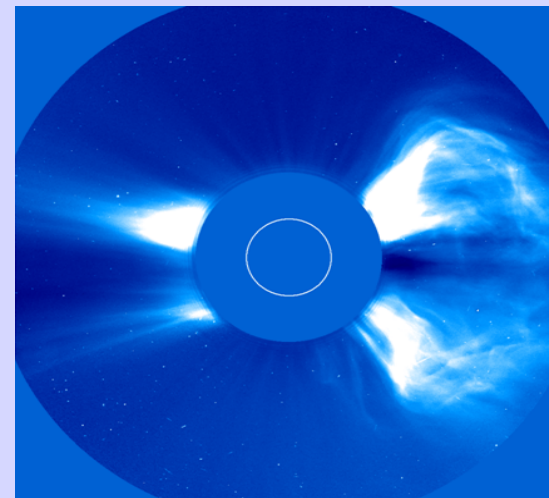
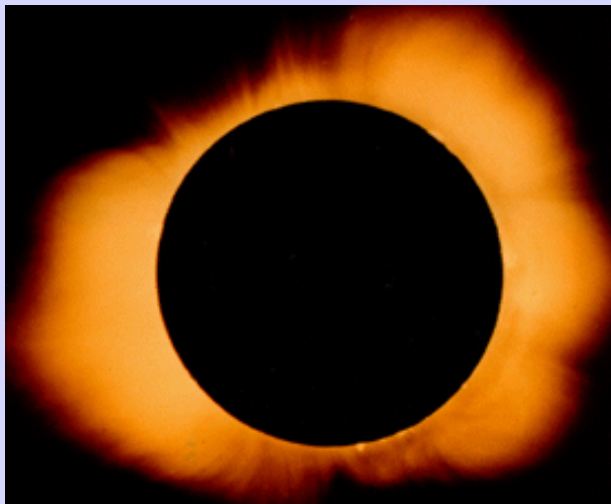
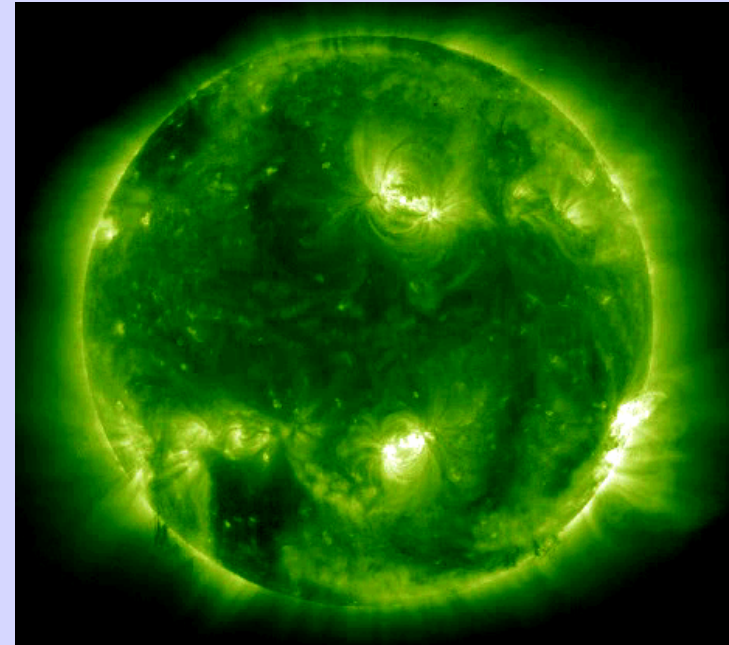
LA CORONA SOLARE

❑ Osservabile:

- Durante le eclissi ad occhio nudo
- Nelle bande X, EUV e radio

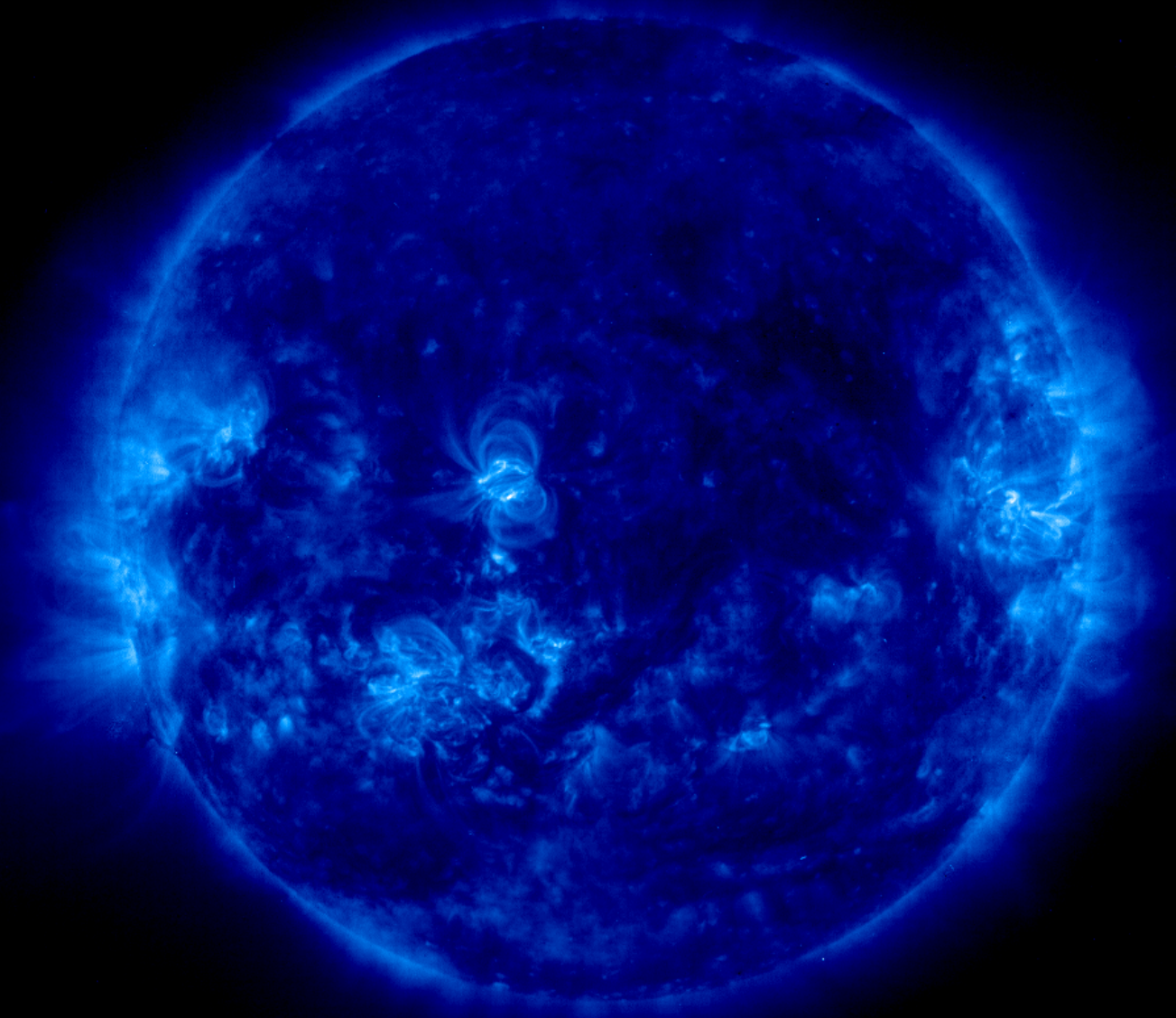
❑ Strutture presenti:

- Punti brillanti
- Regioni brillanti
- Loop
- Buchi coronali
- CME



La Corona

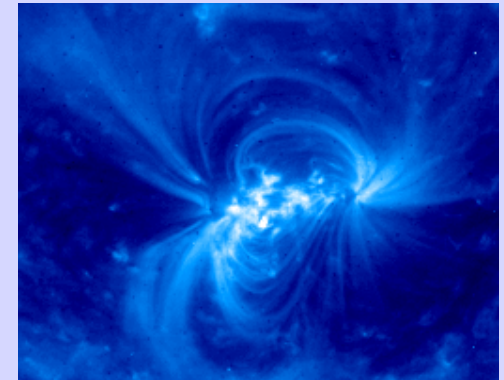
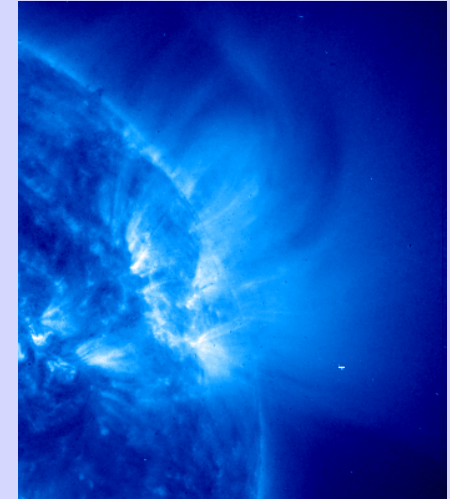
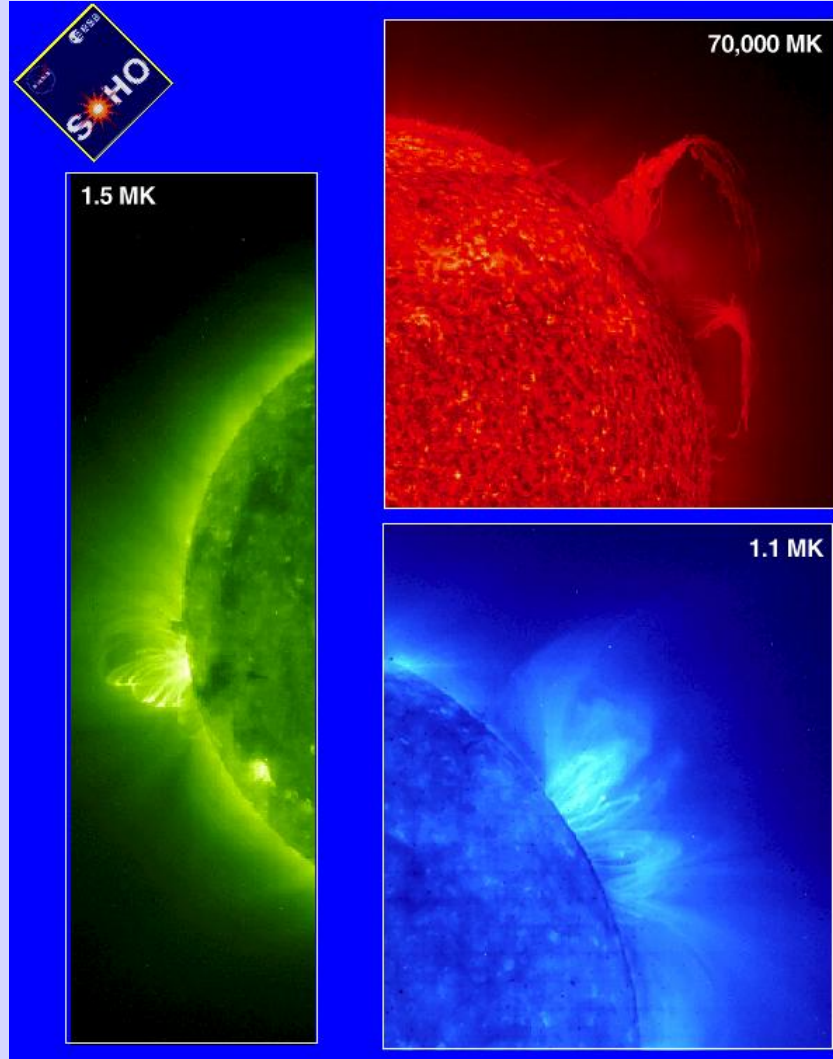
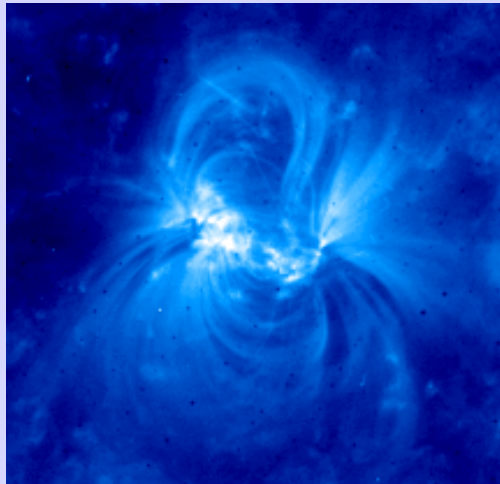
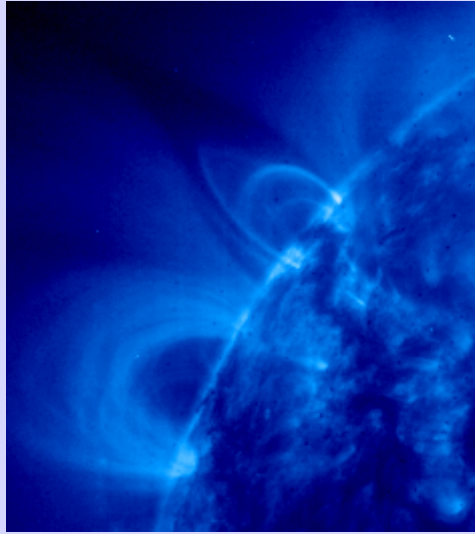
2003/10/27 19:00:14 UT

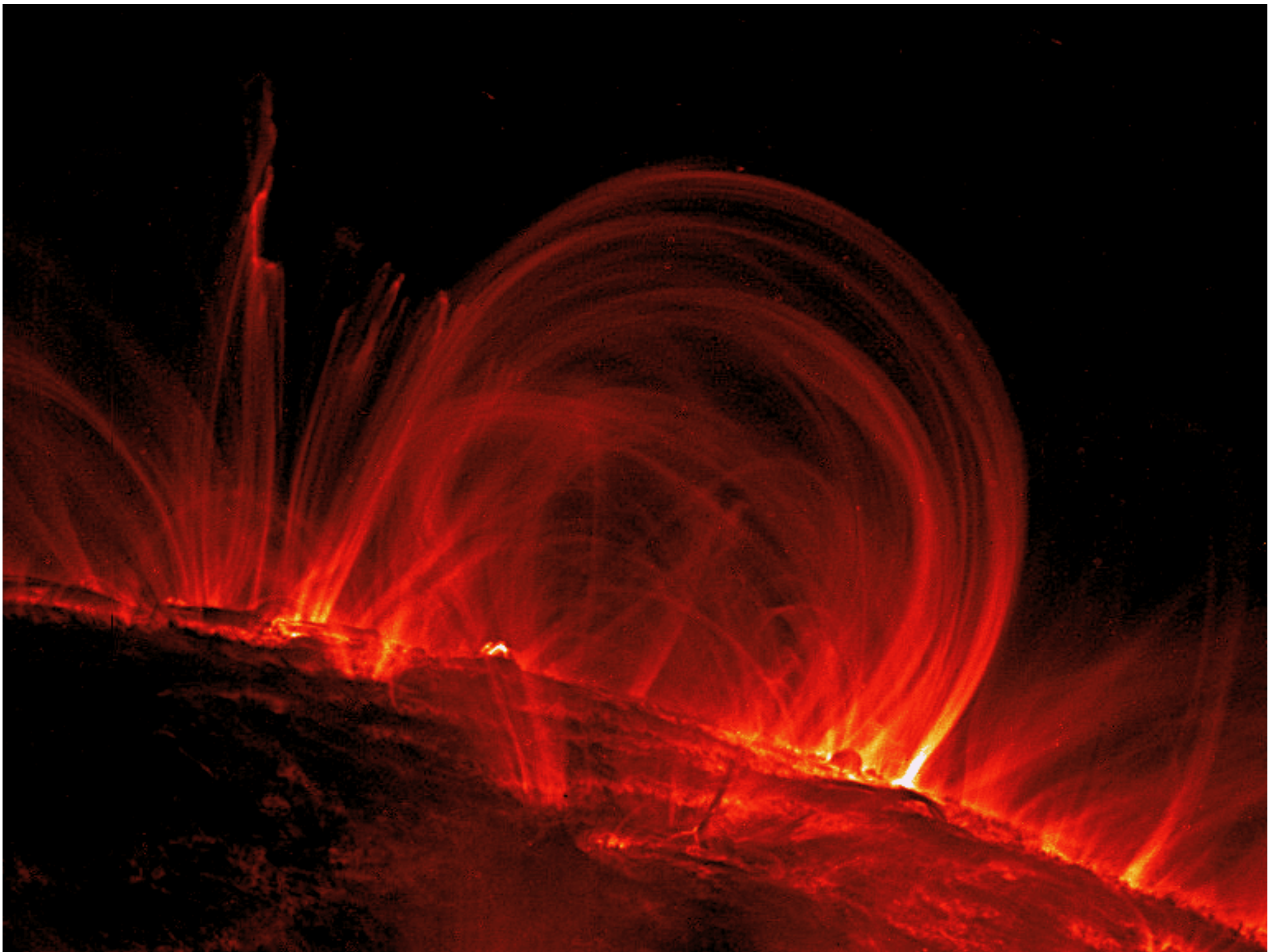


N
E W
S

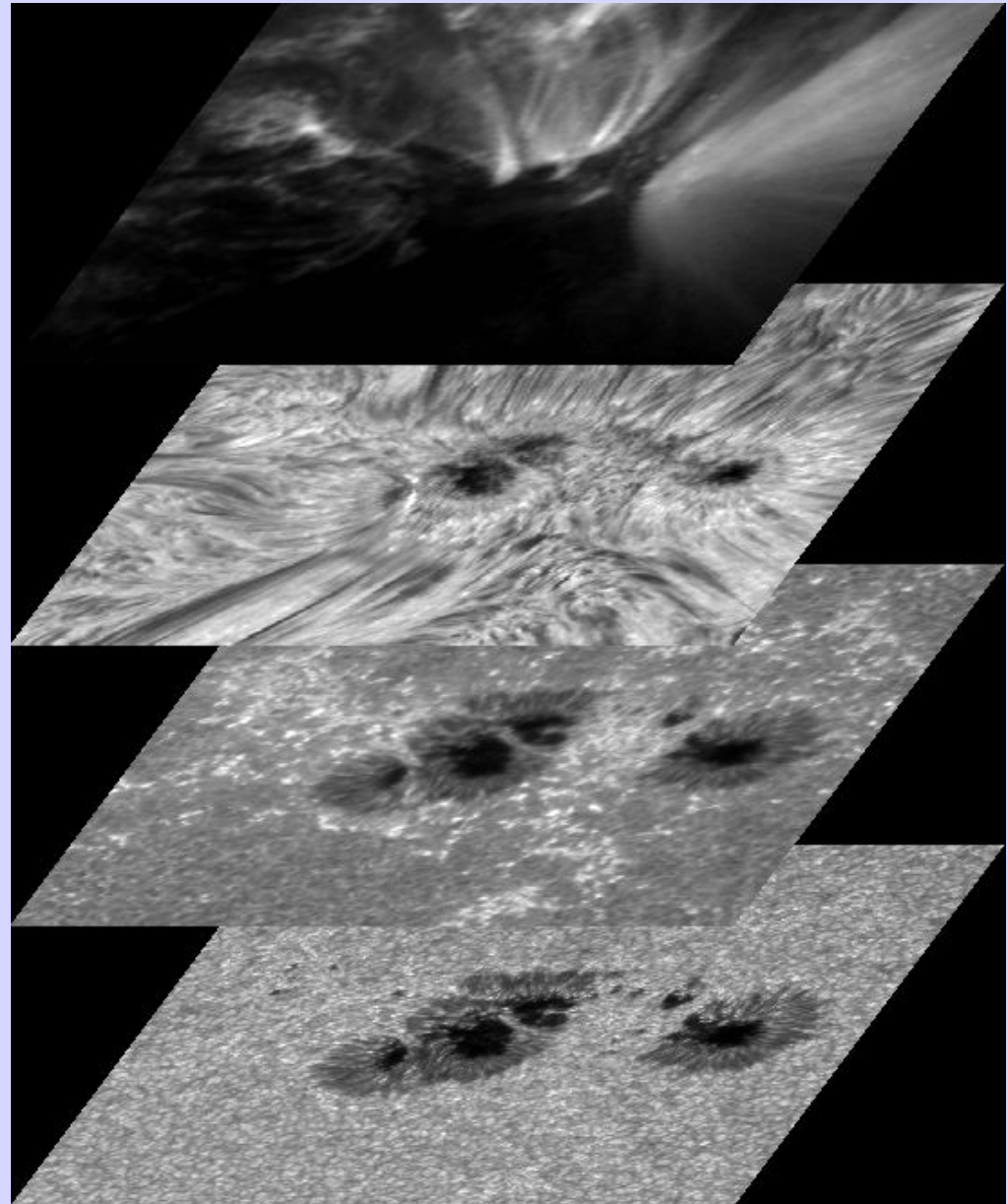
INAF - Catania Astrophysical Observatory
2003-10-27 08:03:42 U.T.
Obs. F. Catinoto

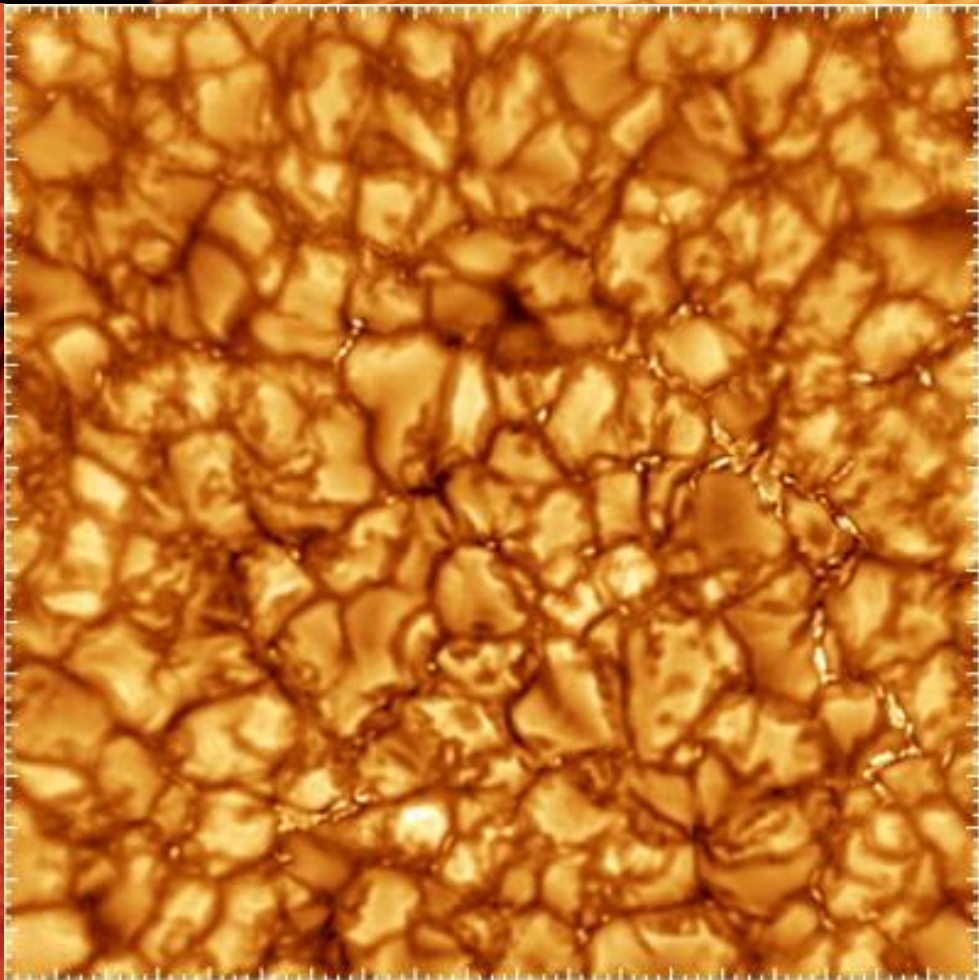
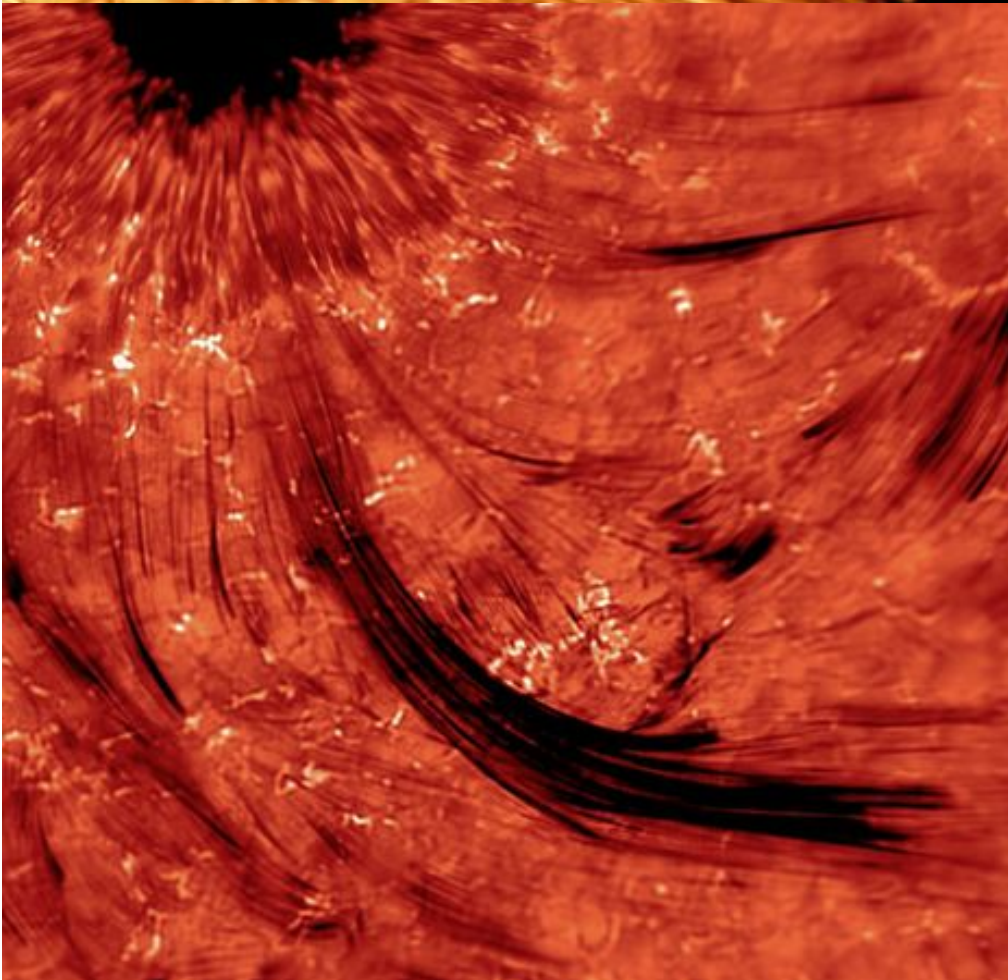
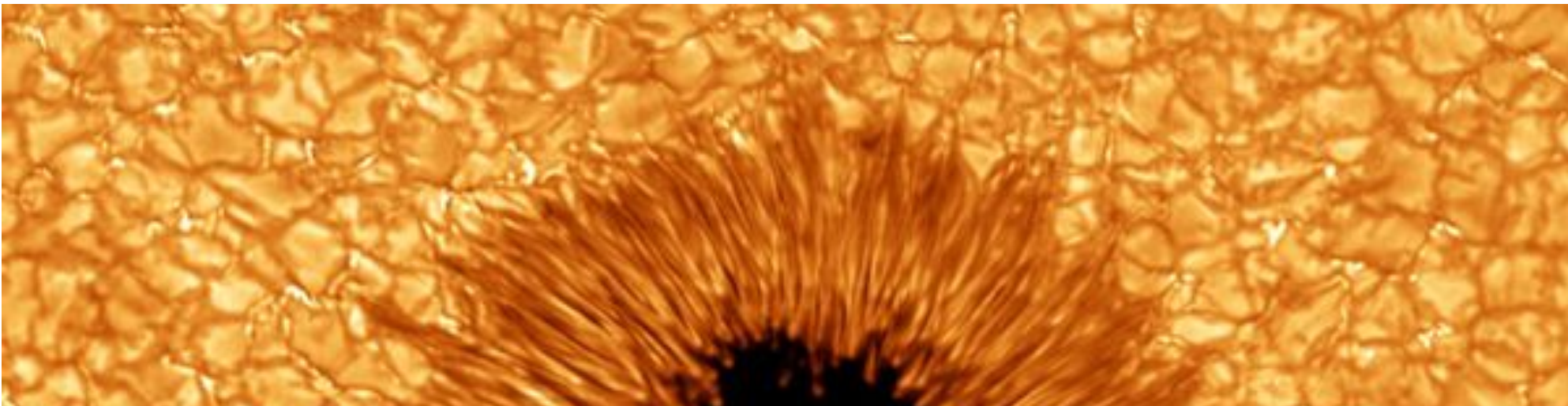
... loop, loop, loop ...

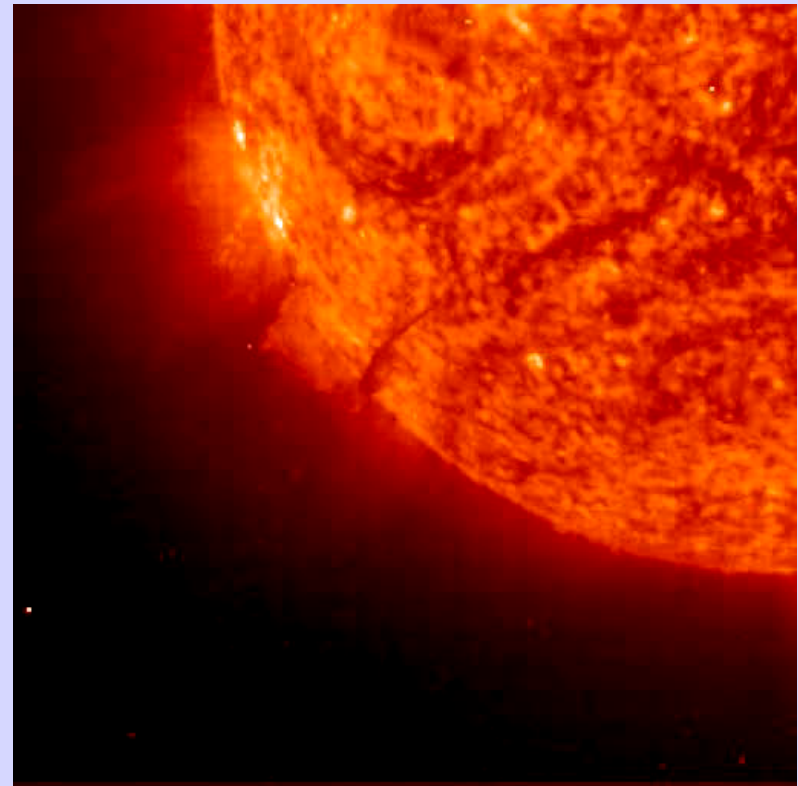
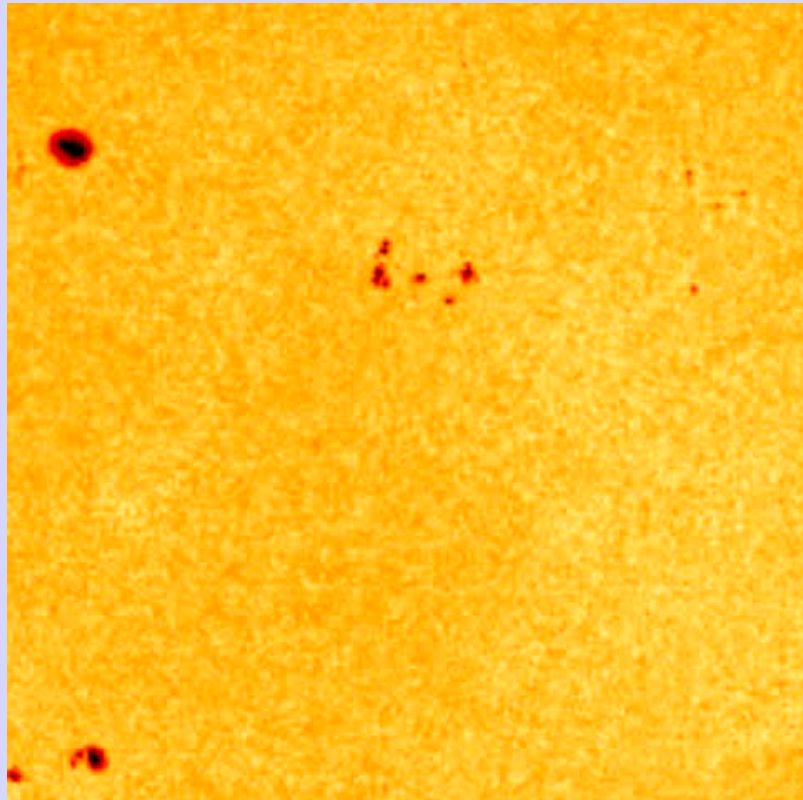
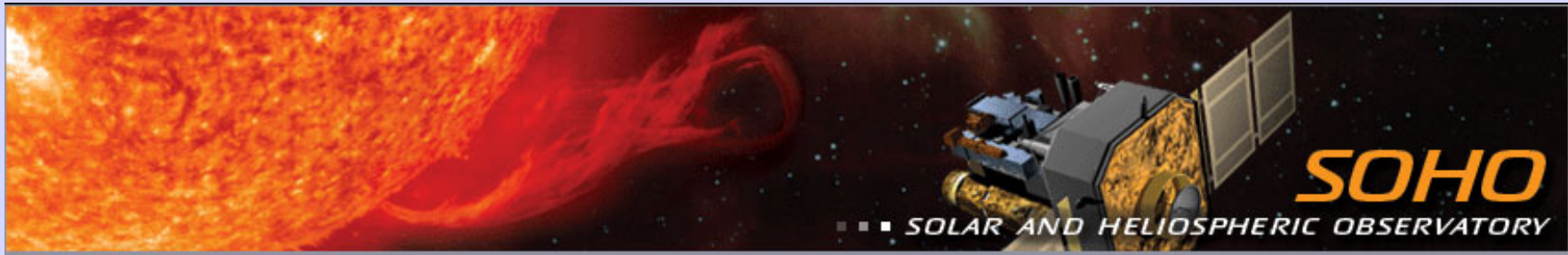




Regione attiva osservata
nei diversi livelli
dell'atmosfera solare

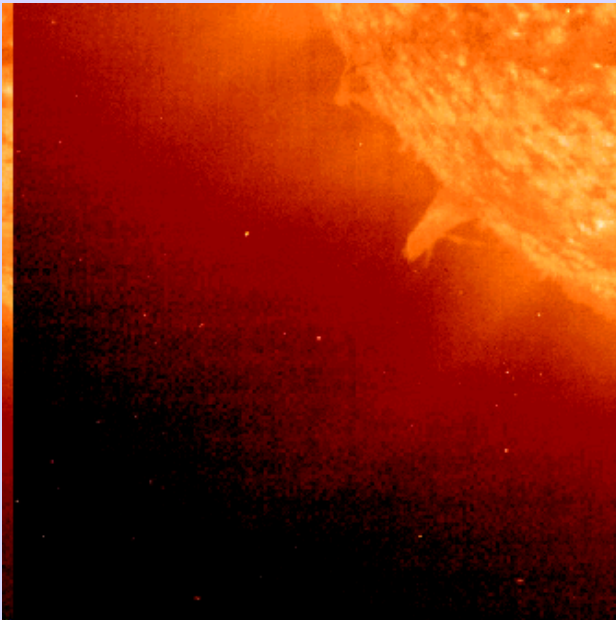




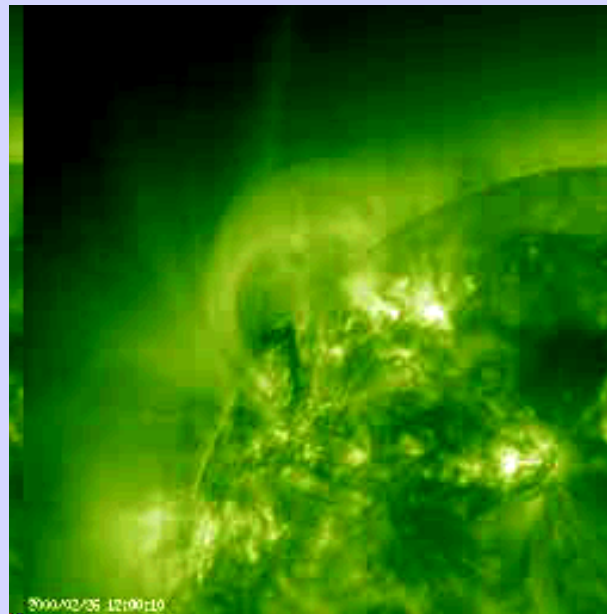


Fenomeni esplosivi sul Sole

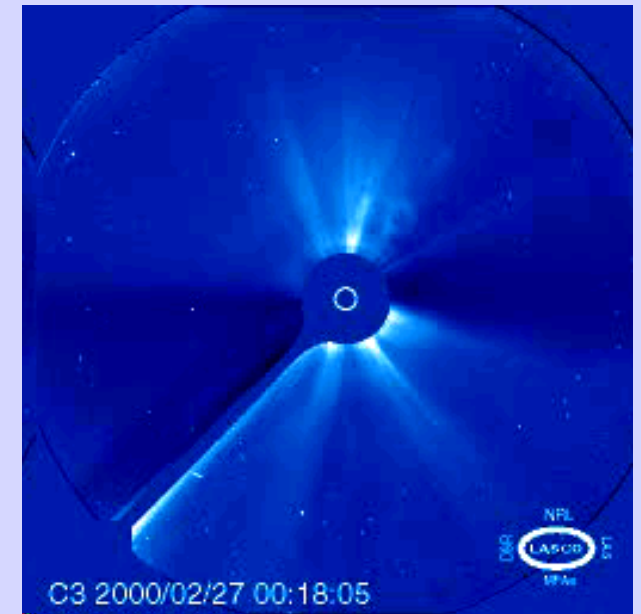
Eruzioni di protuberanze
o filamenti



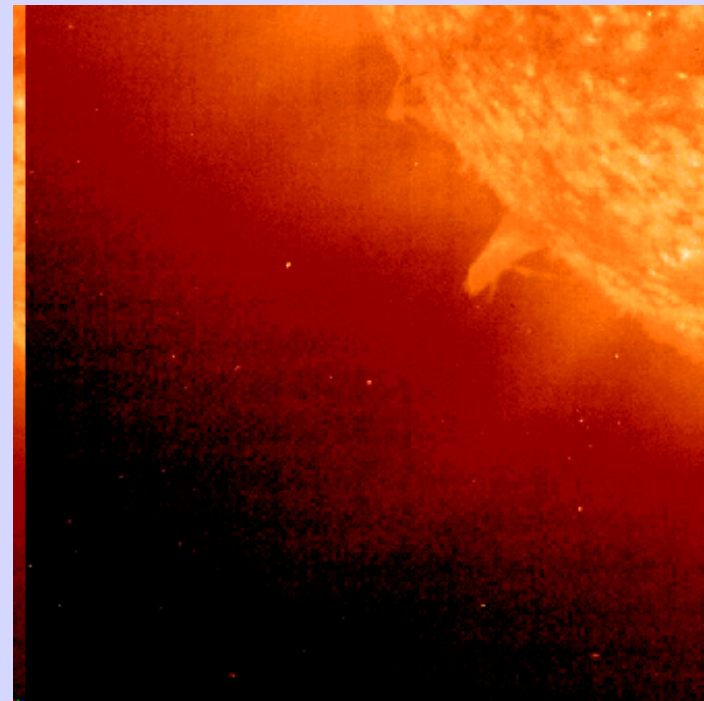
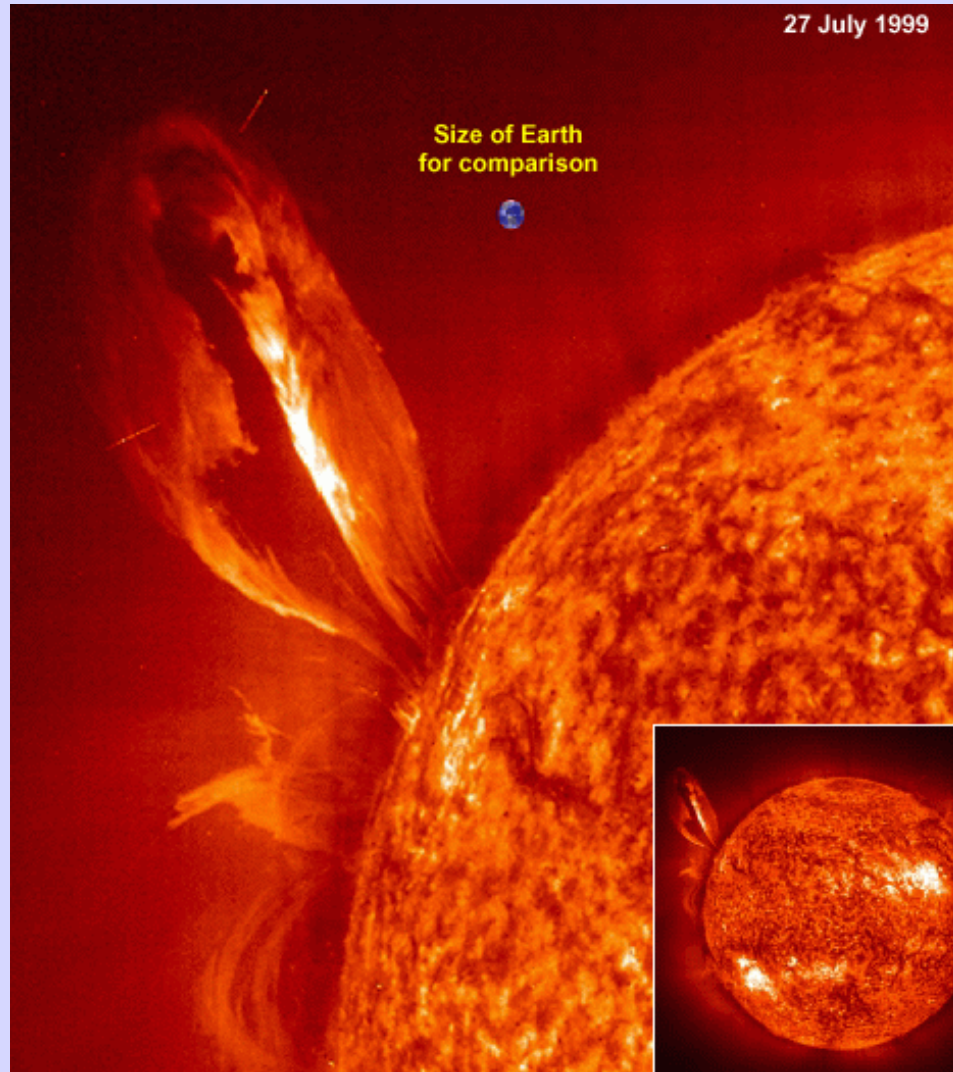
Brillamenti (flare)



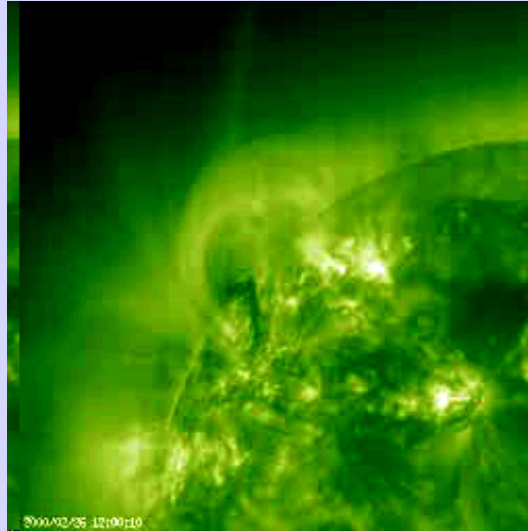
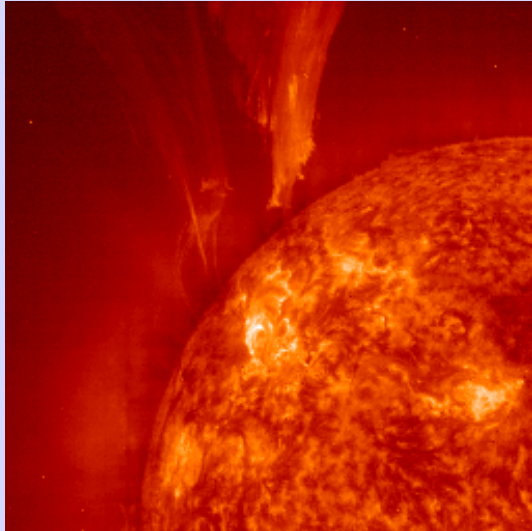
Espulsioni di plasma coronale
(CME)



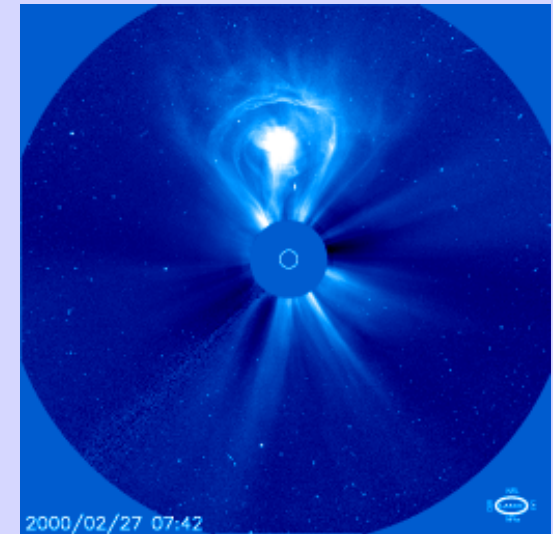
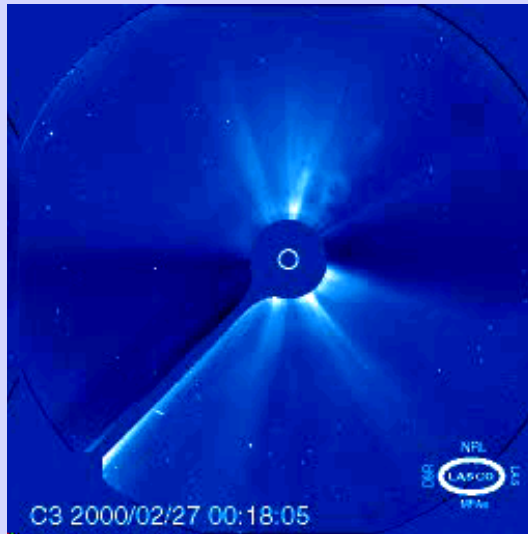
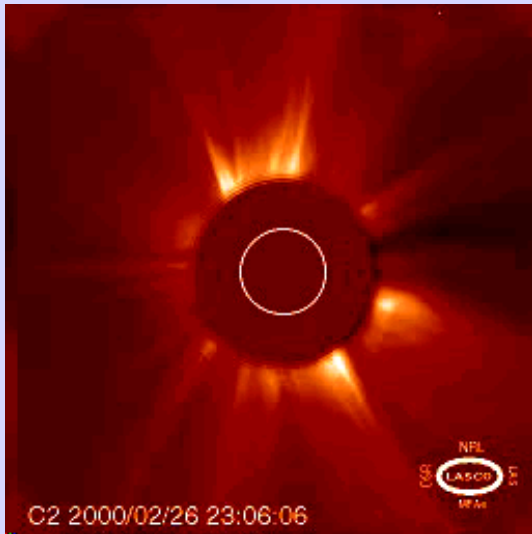
Protuberanze Eruttive



Protuberanze Eruttive



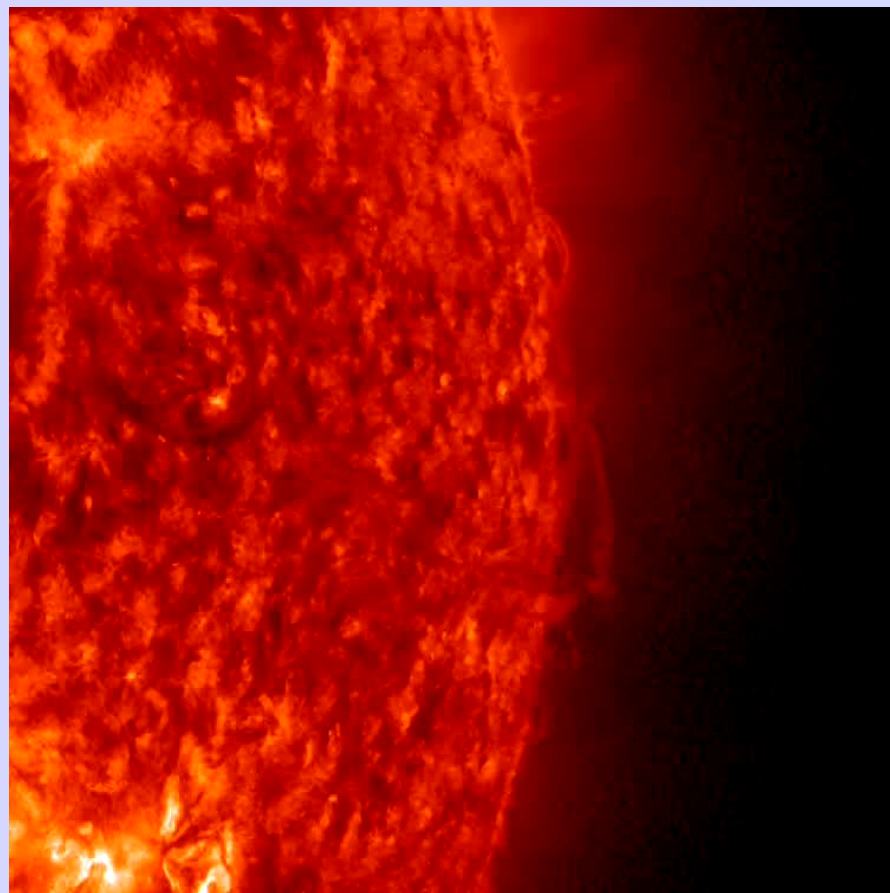
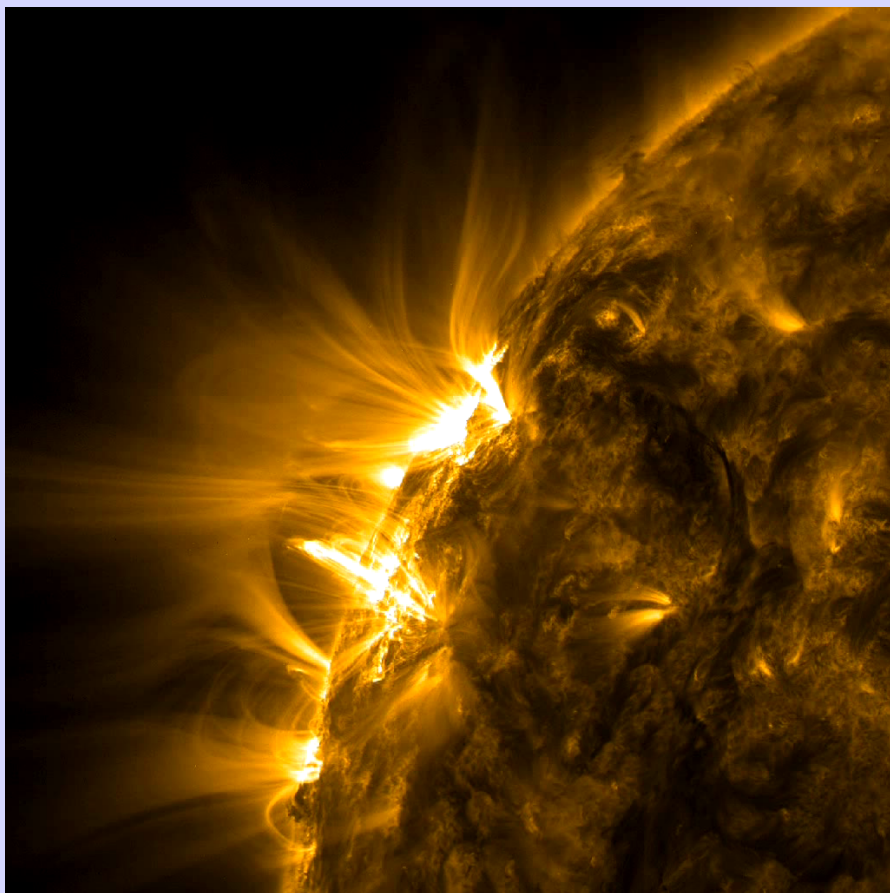
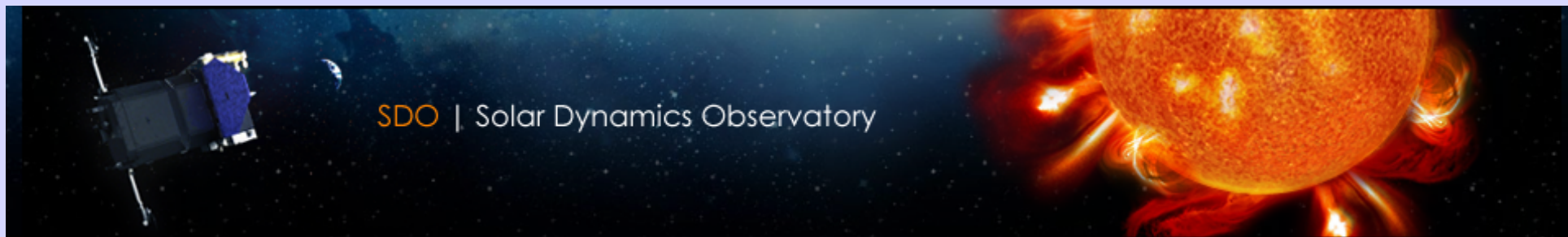
Un CME a lampadina: il Sole ha una grande idea !

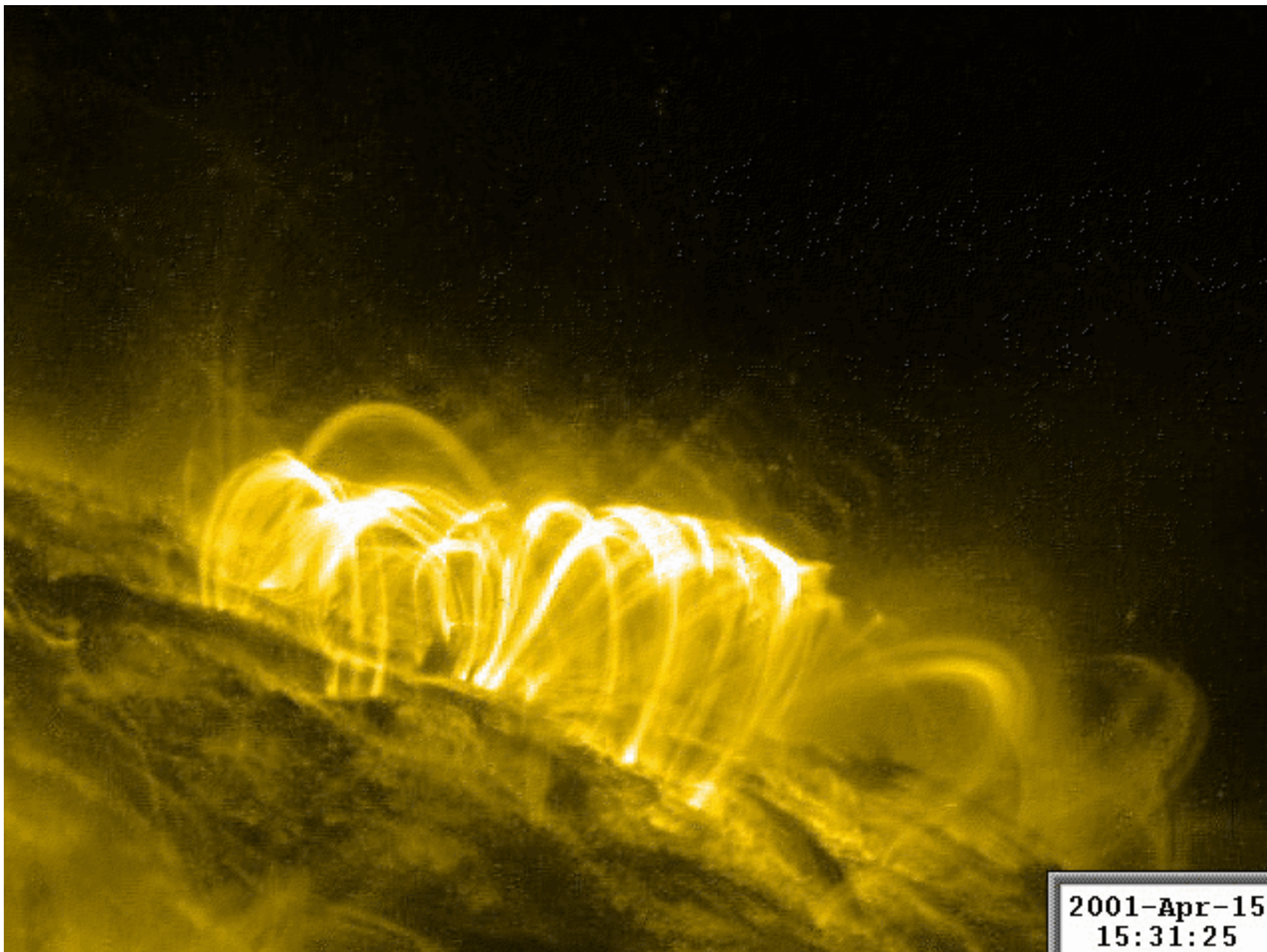




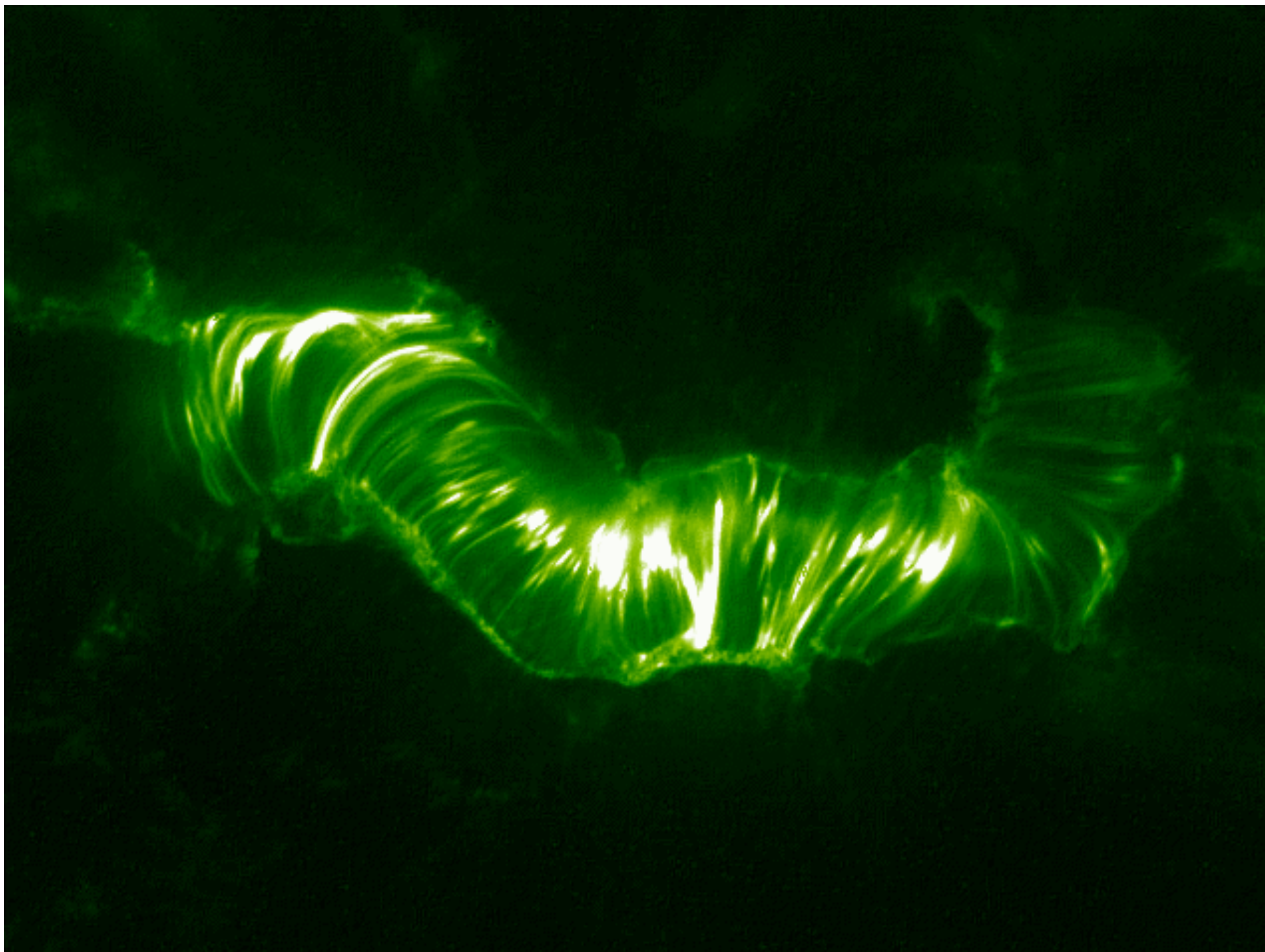
Prominence Eruption
1945 June 28

High Altitude Observatory



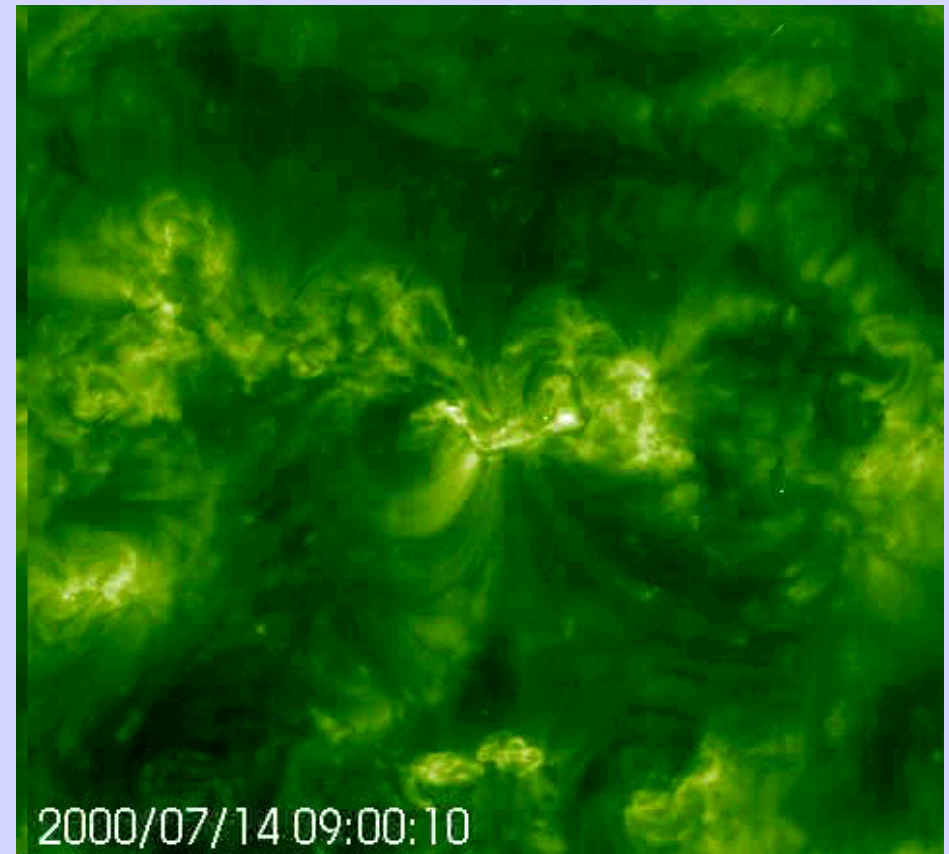
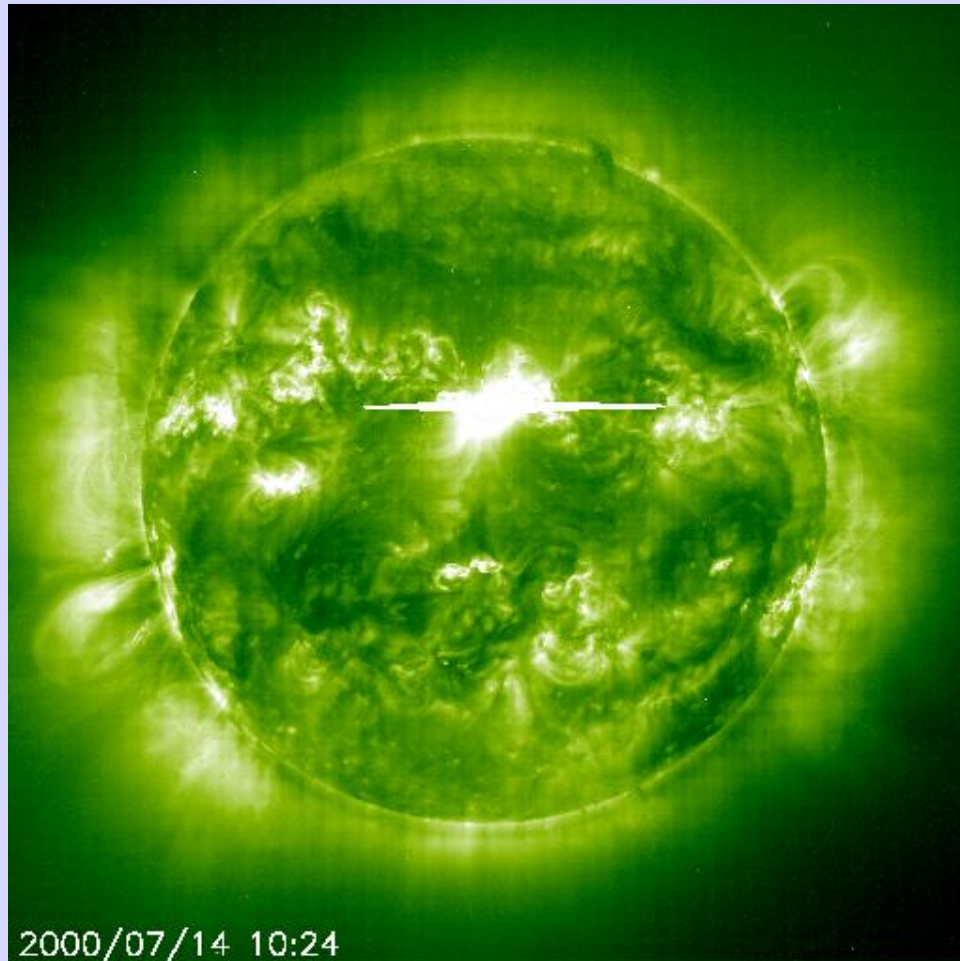


2001-Apr-15
15:31:25



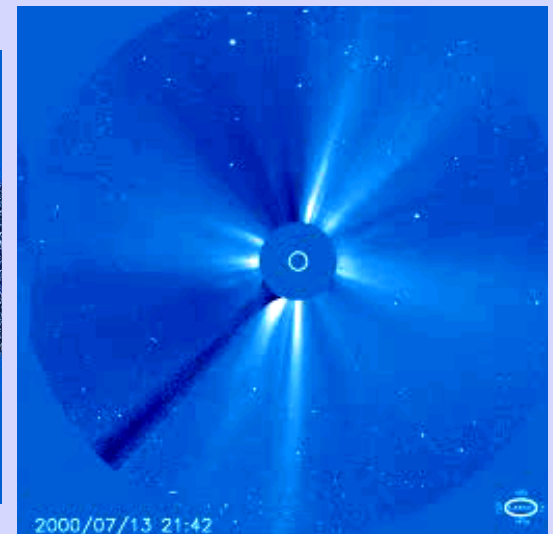
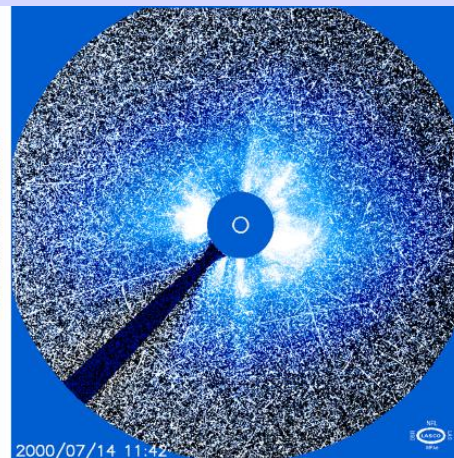
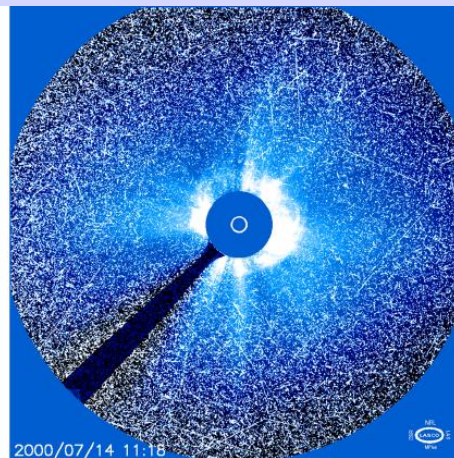
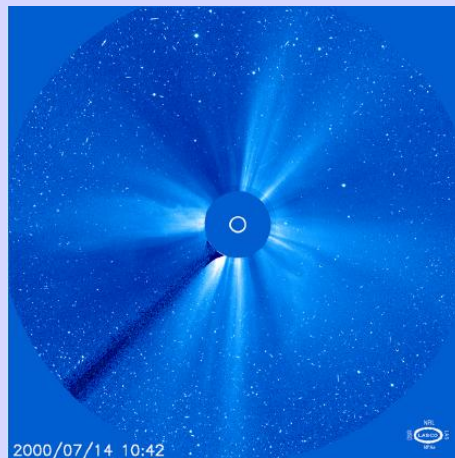
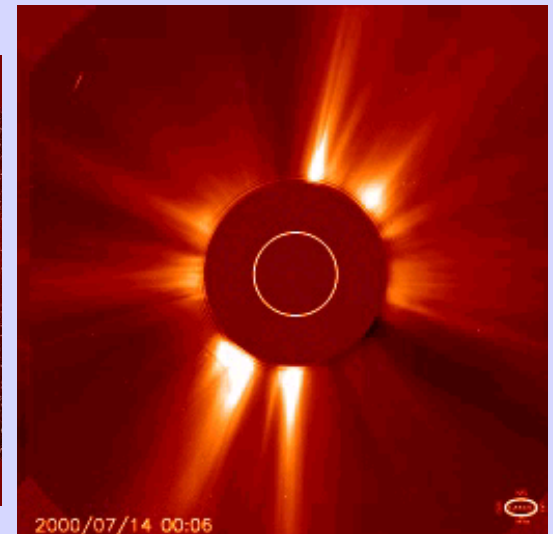
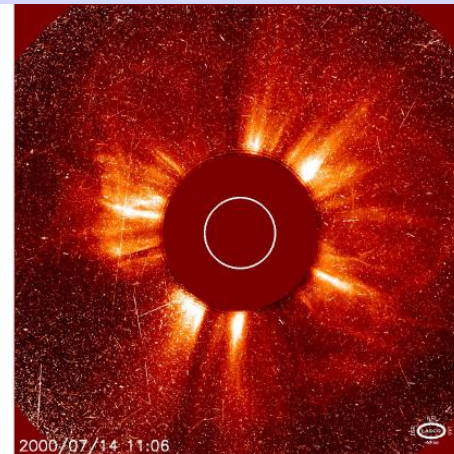
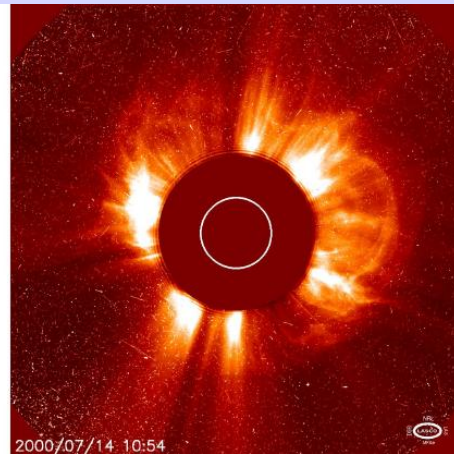
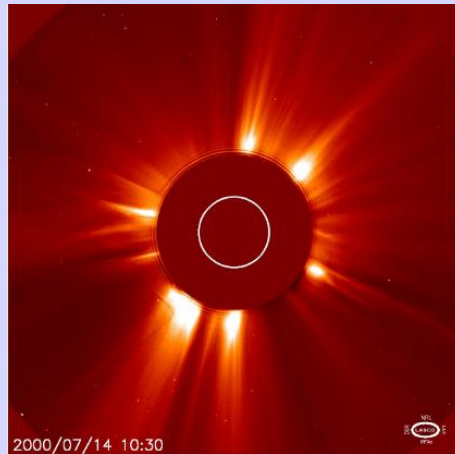
L'Evento del 14 Luglio 2000

Osservato sul Disco Solare da EIT



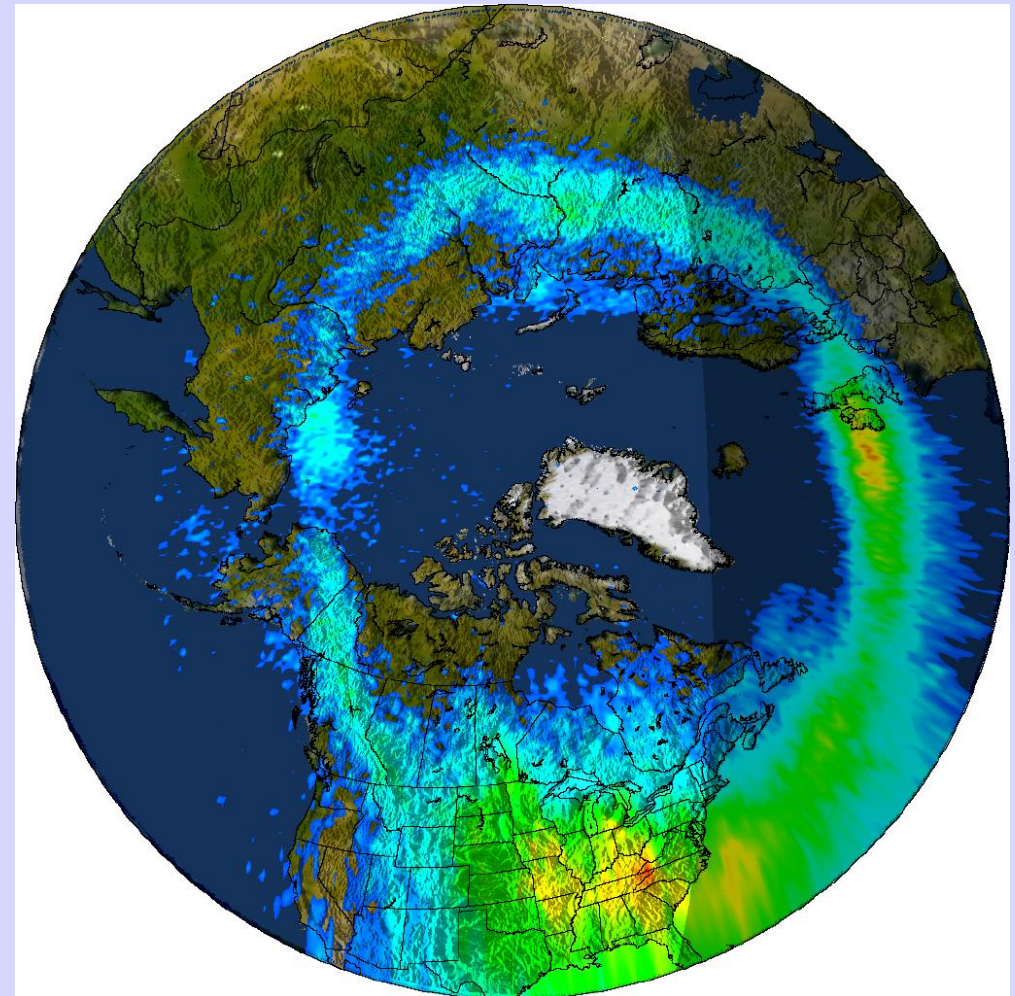
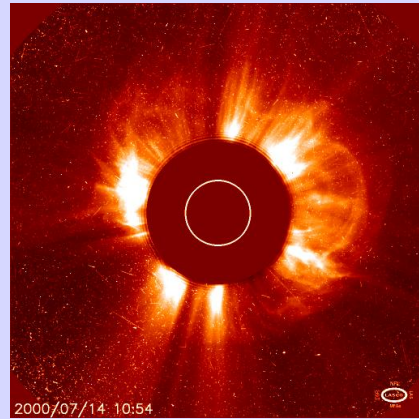
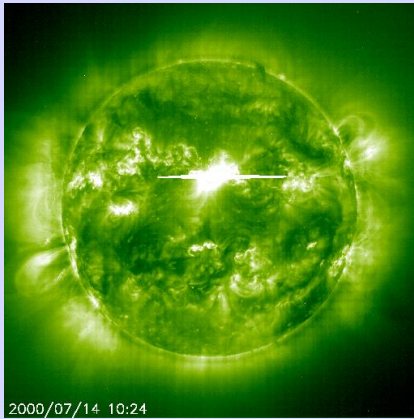
L'Evento del 14 Luglio 2000

Effetti nella Corona Solare

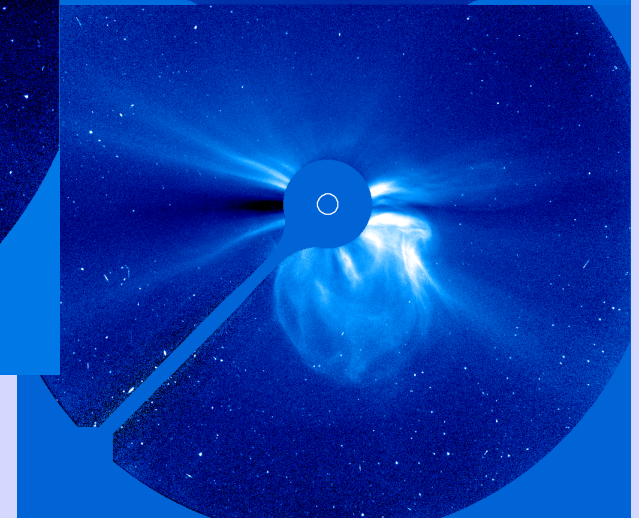
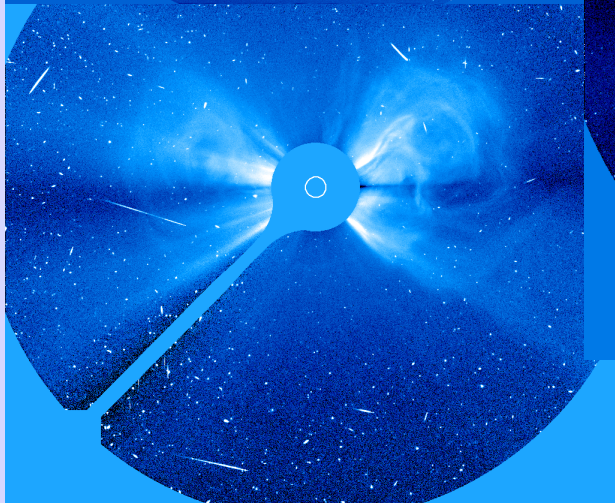
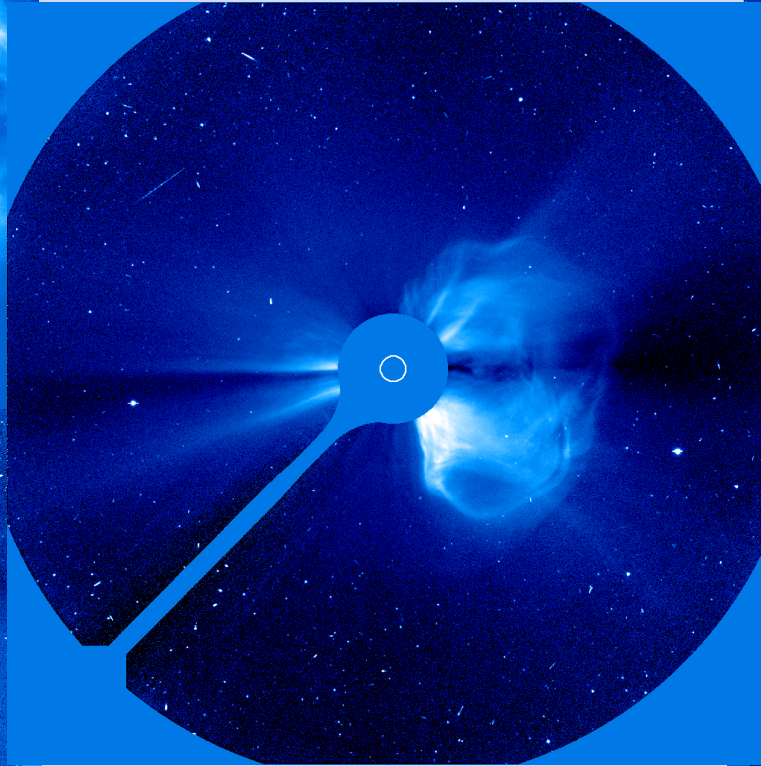
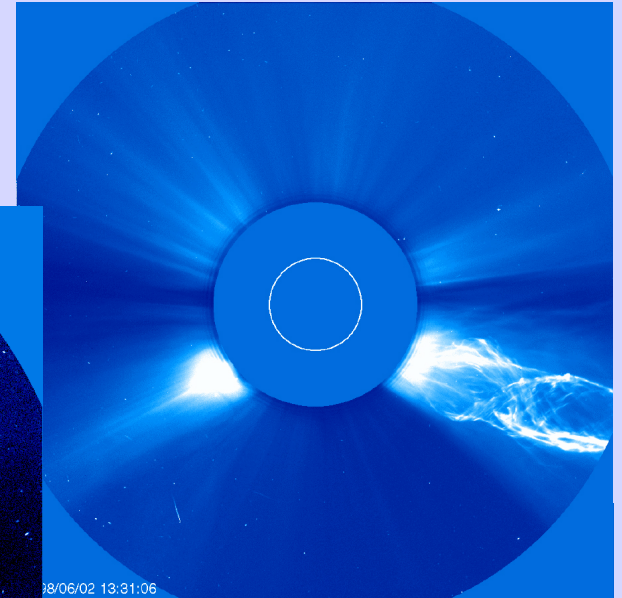
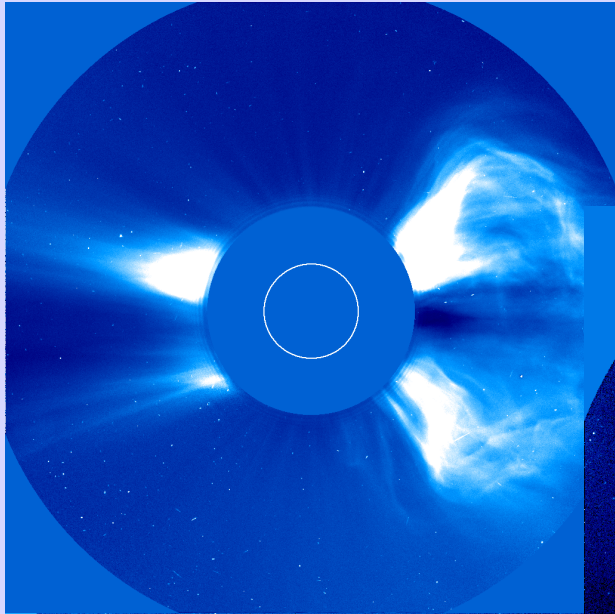


L'Evento del 14 Luglio 2000

Effetti sulla Terra

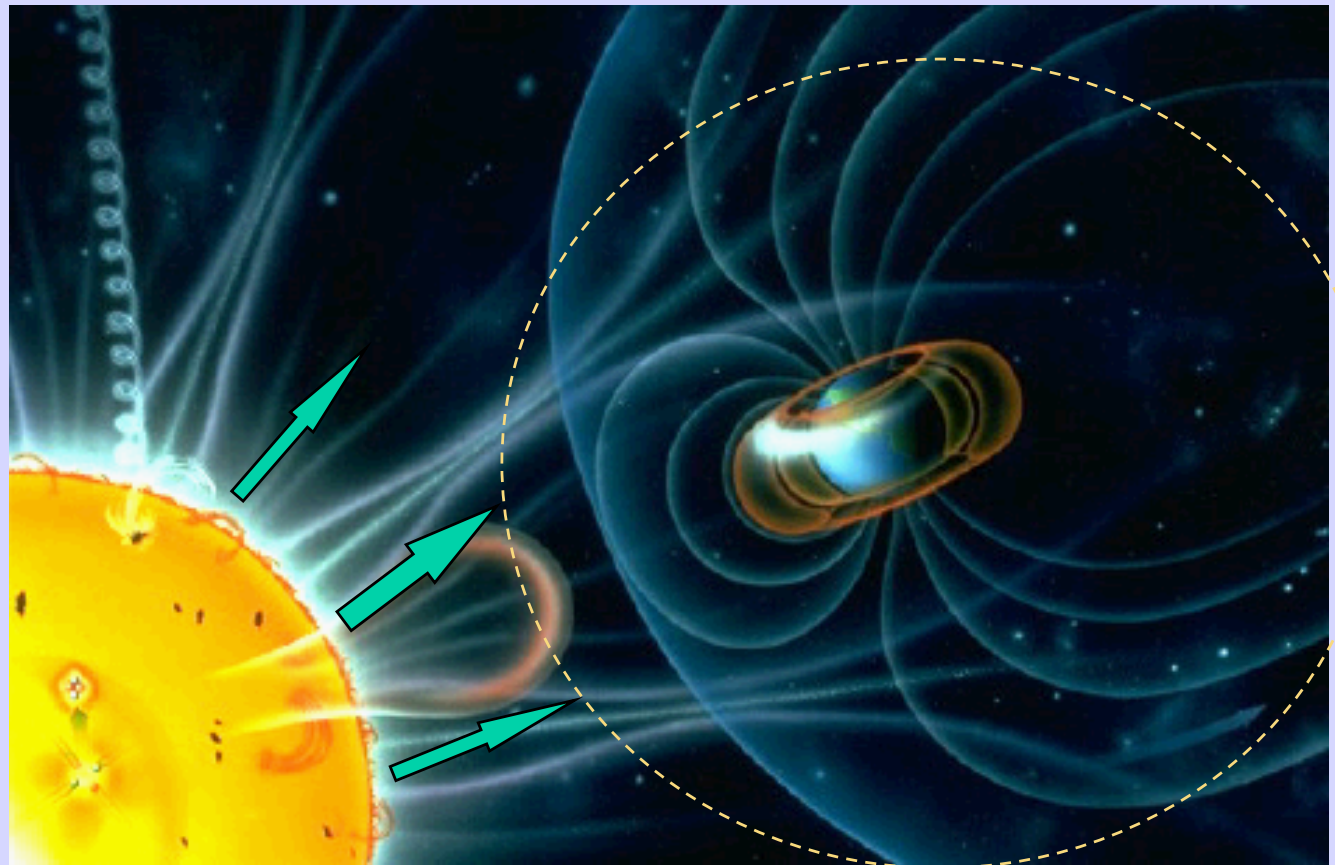
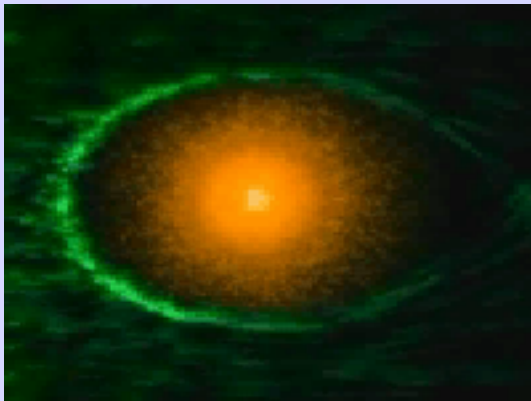


Le diverse configurazioni delle CME



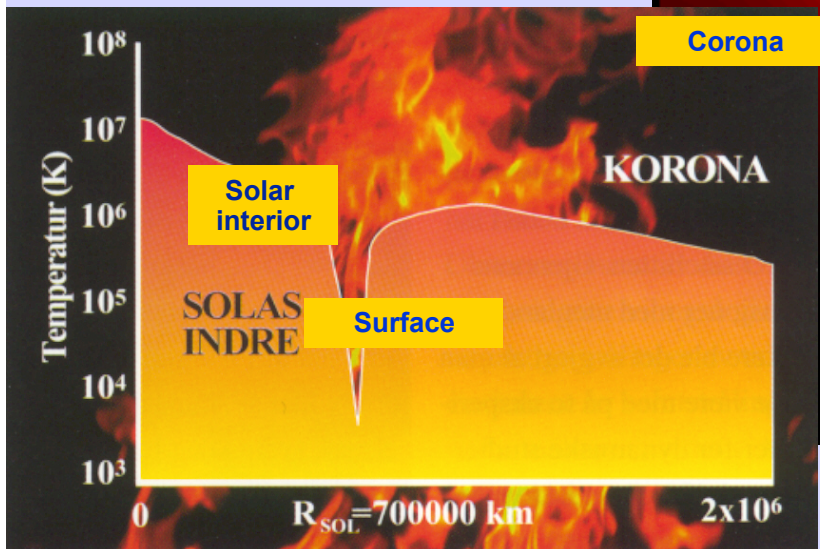
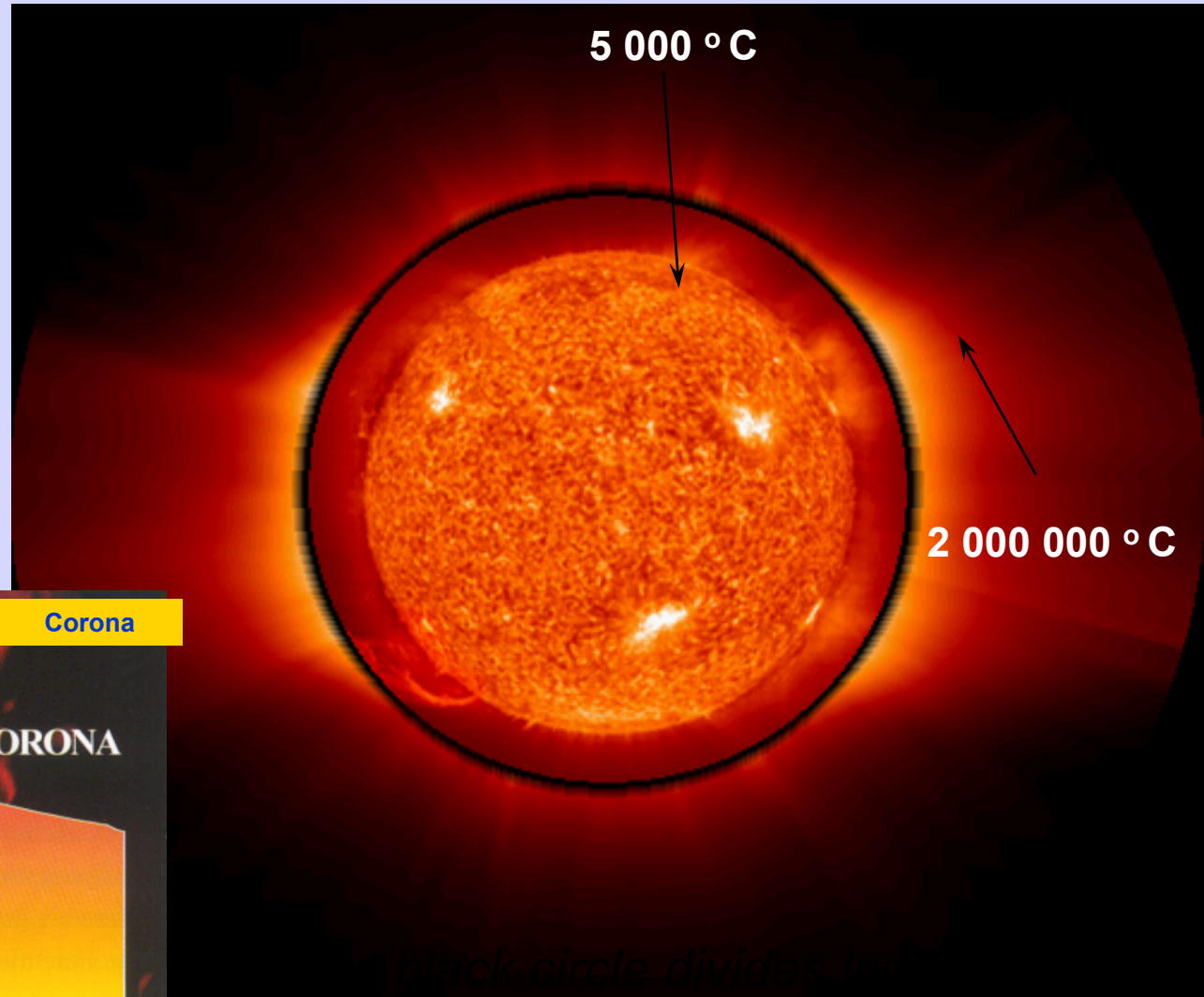
Che cos'è il Vento Solare?

- Un flusso costante di particelle fluisce dalla corona solare, con una temperatura di circa 1 milione di gradi e con una velocità di circa 450 – 800 km/s. Il Vento Solare si estende oltre l'orbita di Plutone (circa 5900 milioni di chilometri). Il disegno mostra come esso eserciti una pressione sulla magnetosfera della Terra e ne determini così la forma.

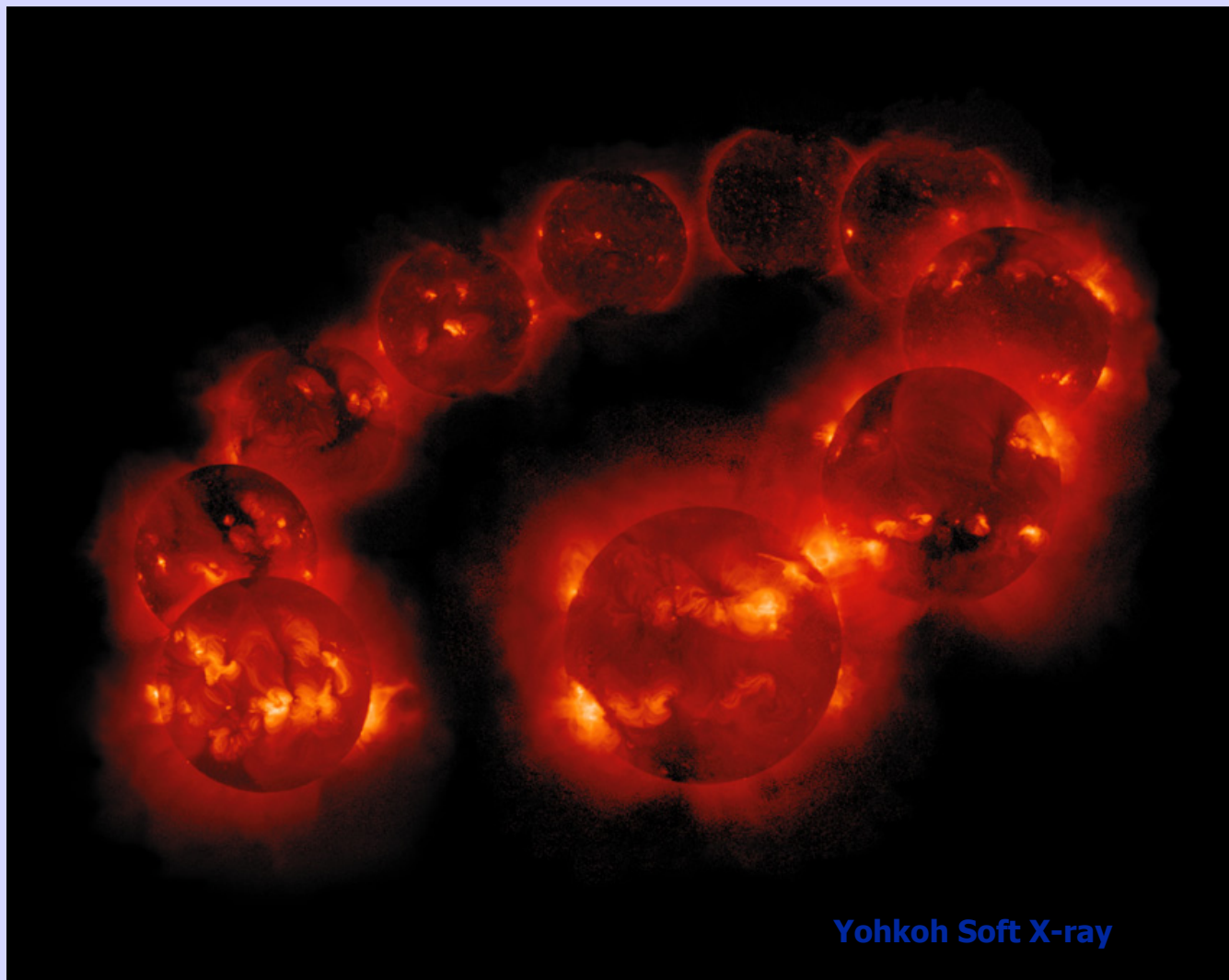


Il riscaldamento della Corona Solare

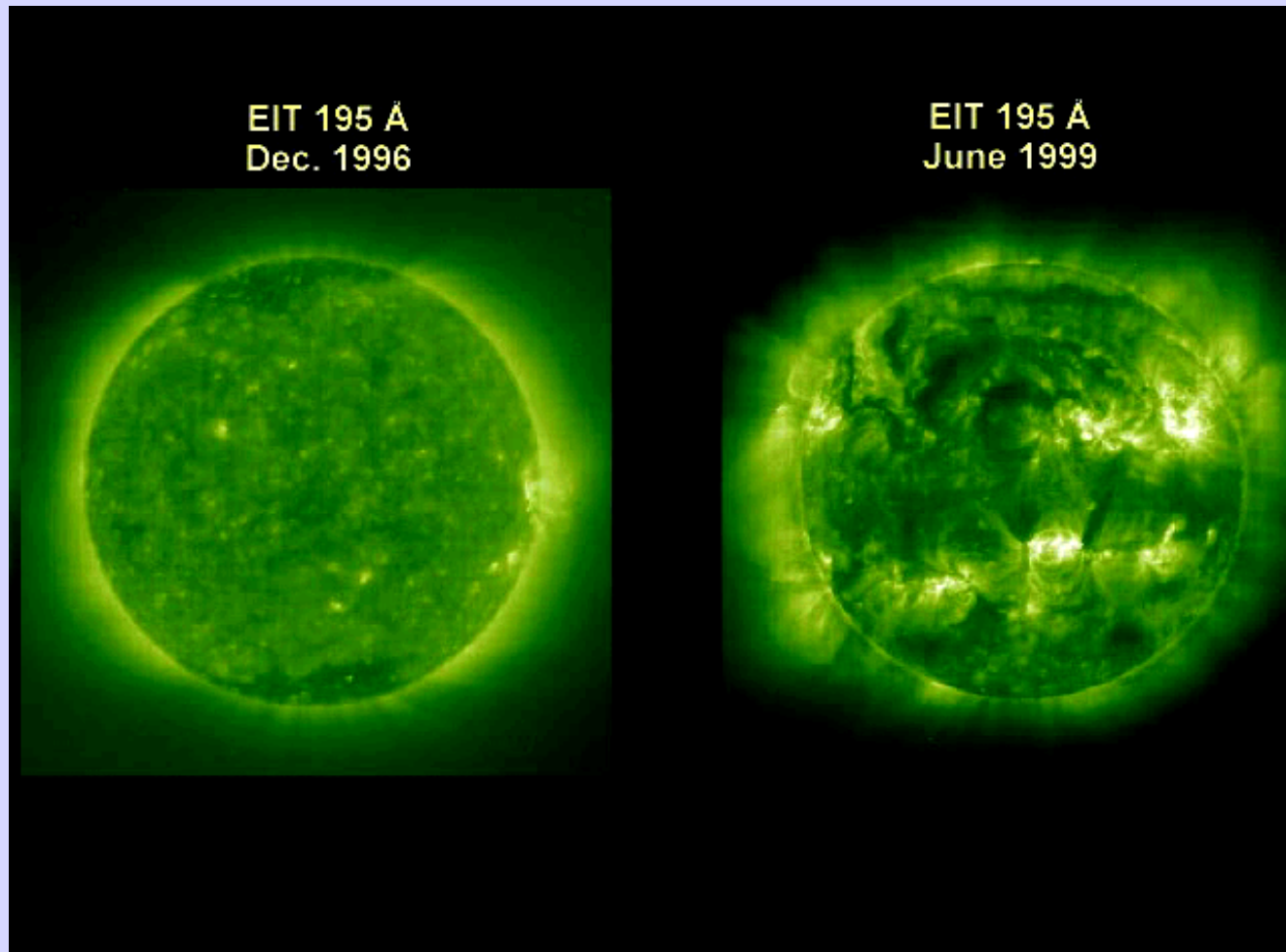
- Mentre la temperatura della fotosfera è di circa 6000 gradi, in corona si raggiungono i 2 milioni di gradi.
- La causa di questo rapido aumento di temperatura è ancora oggi un tema di ricerca della Fisica Solare.



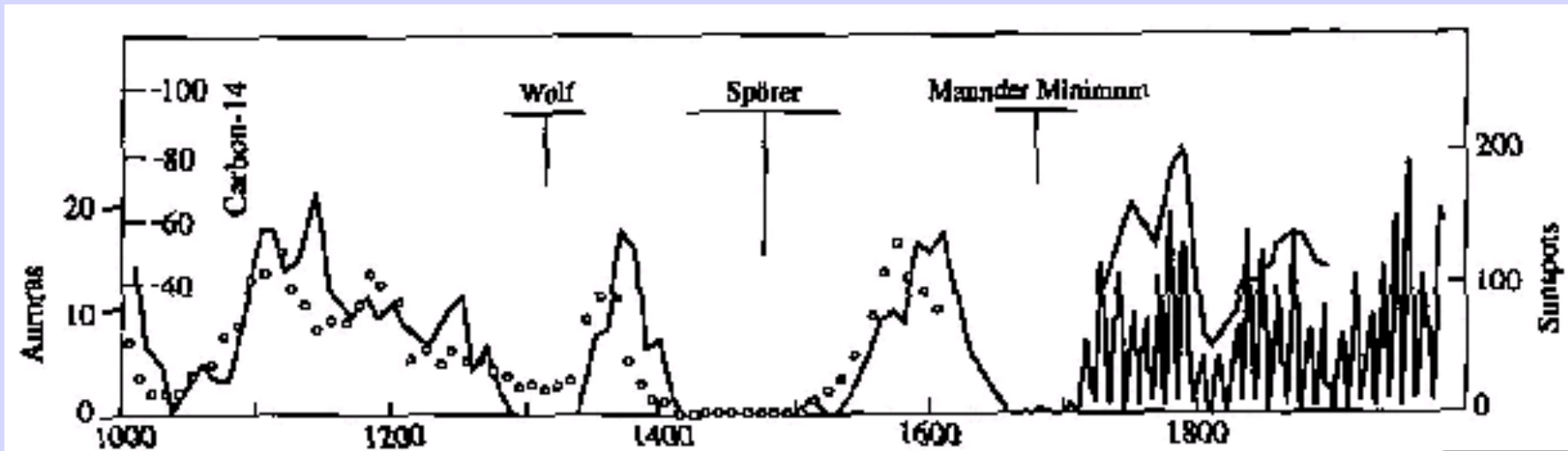
Attività Solare 1992-1999

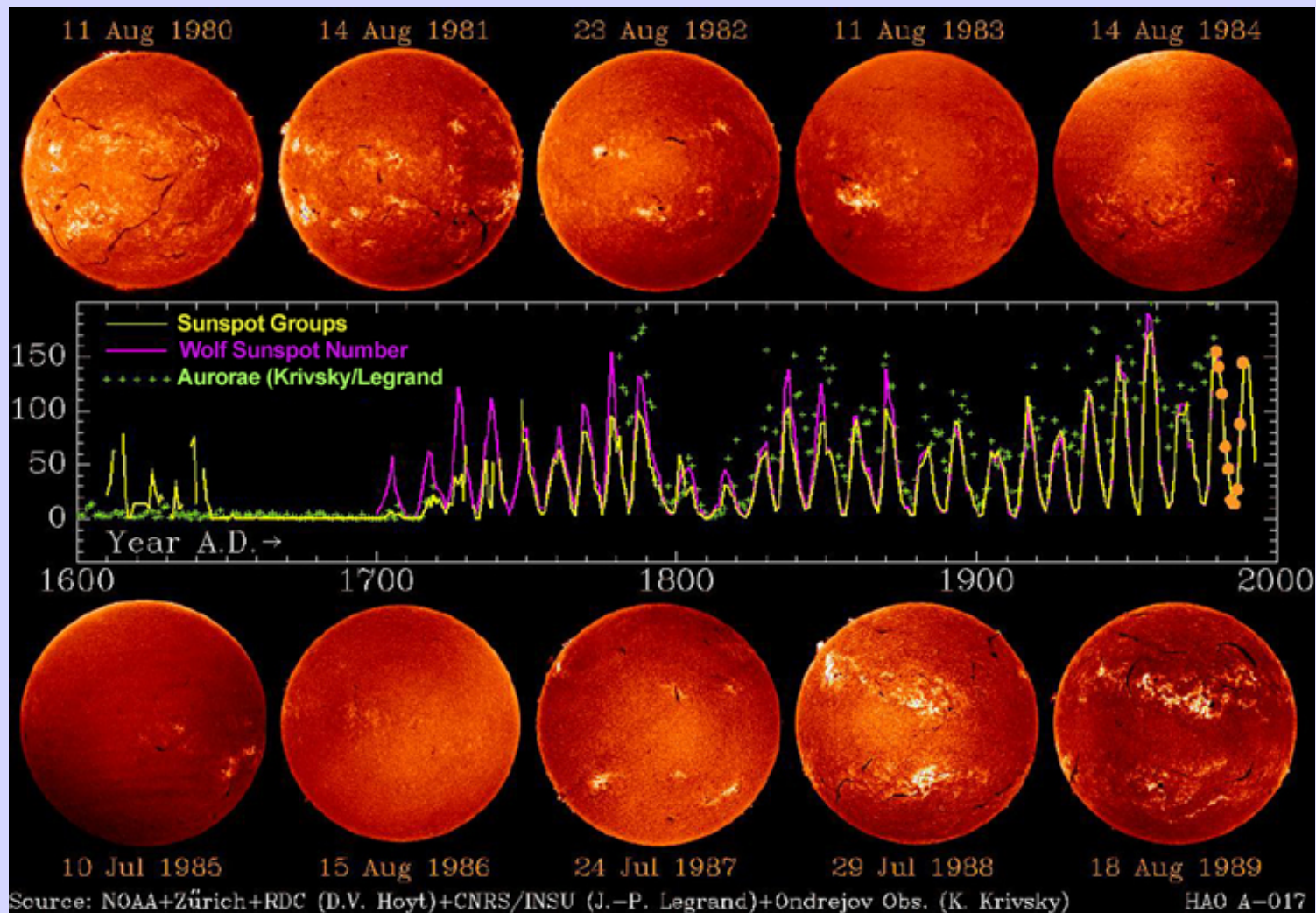


Dal Minimo al Massimo dell'Attività Solare



L'attività solare nell'ultimo millennio





Il Più Grande Gruppo di Macchie Solari negli Ultimi 10 Anni

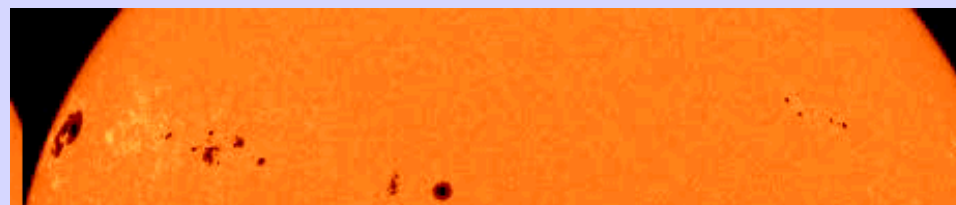
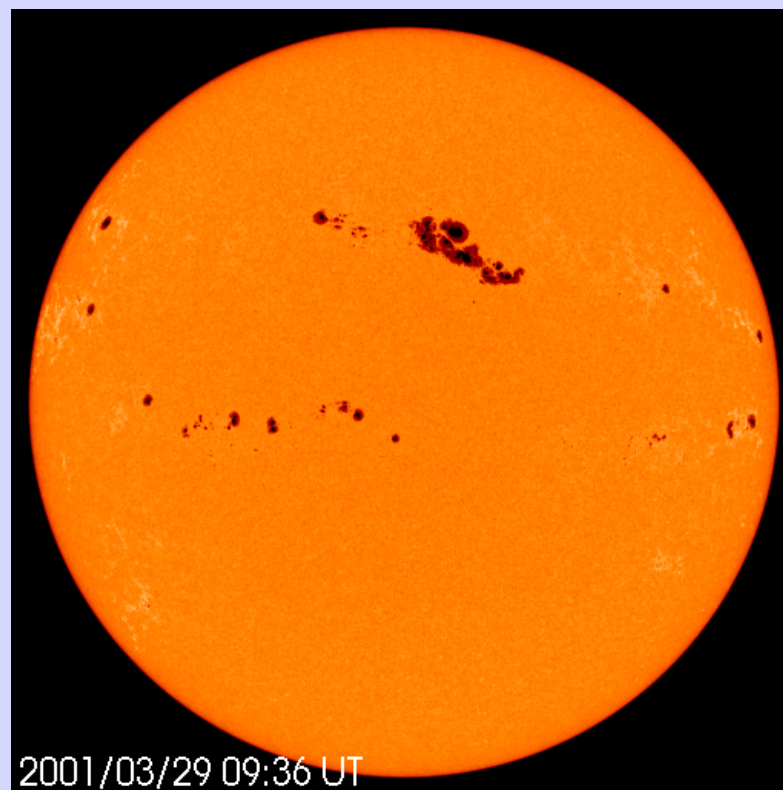
- ❑ AR 9393 ha sviluppato una configurazione magnetica complessa mentre si avvicinava al centro del disco solare
- ❑ Ha prodotto un brillamento X ed un CME il 29 Marzo 2001, causa di una fortissima tempesta geomagnetica sulla Terra
 - ❑ Aurora osservabile in Europa meridionale



ALASKA (Zimmerman)

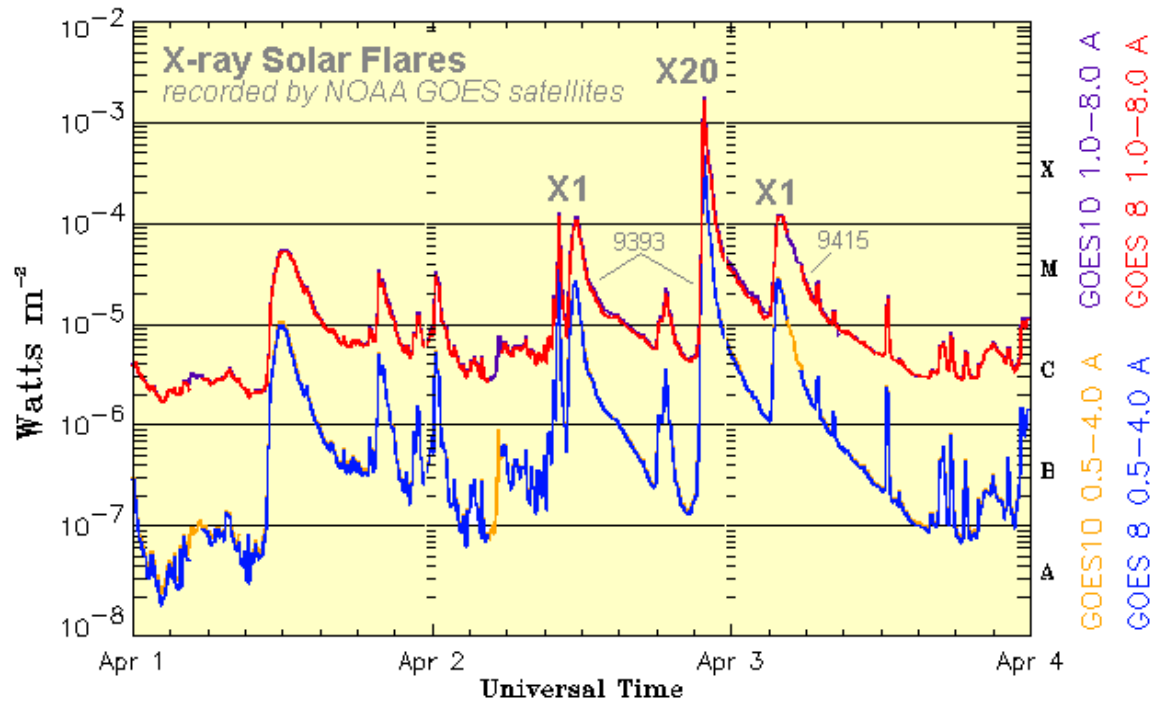
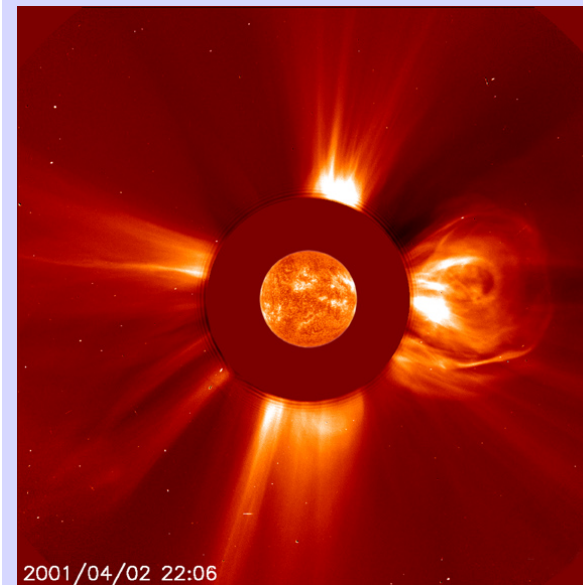
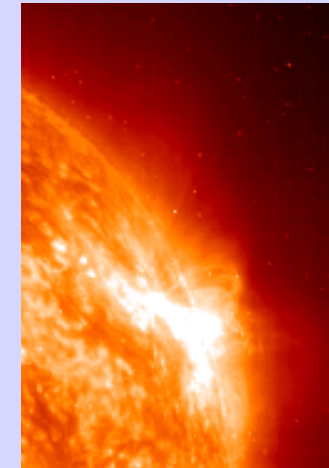
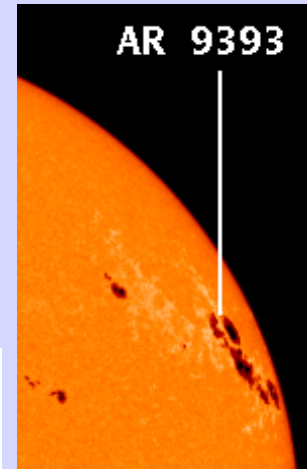


Nice (Benvenuto)



Uno dei più intensi brillamenti mai osservati

- Alle 21:51 TU di Lunedì 2 Aprile 2001, la regione attiva 9393 ha prodotto un brillamento solare classificato come almeno X20. Sembra essere uno fra i più intensi mai registrati, probabilmente molto più di quello del 16 Agosto 1989 e certamente più potente del famoso brillamento del 6 Marzo 1989, associato all'interruzione della distribuzione di energia elettrica in Canada.



La Connessione Sole-Terra

- Come e perchè il Sole varia?
- Qual è la risposta della Terra?
- Qual è l'impatto sull'uomo?

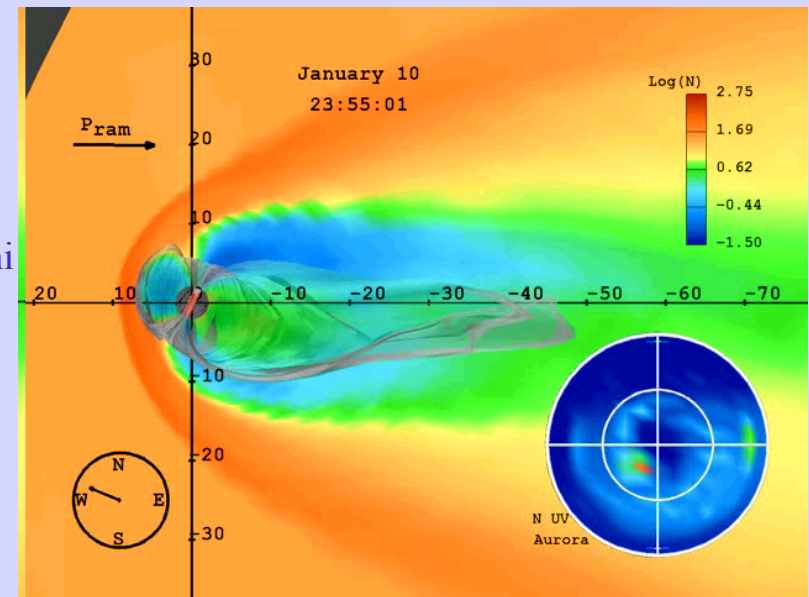


27-giu-14

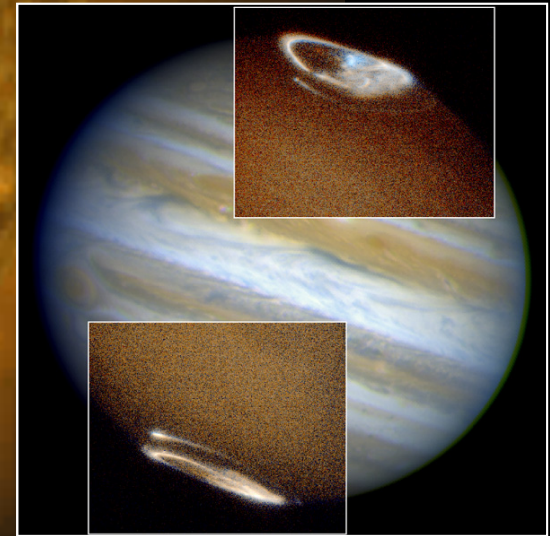
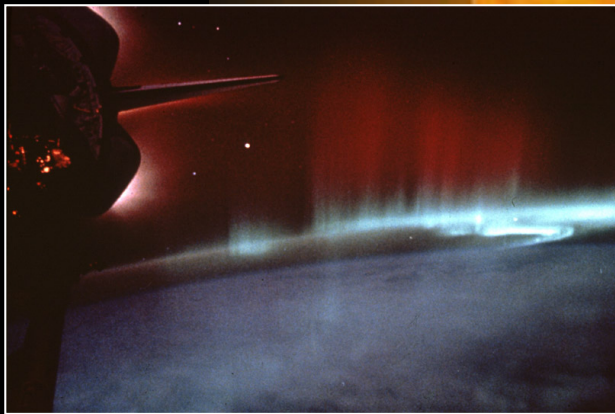
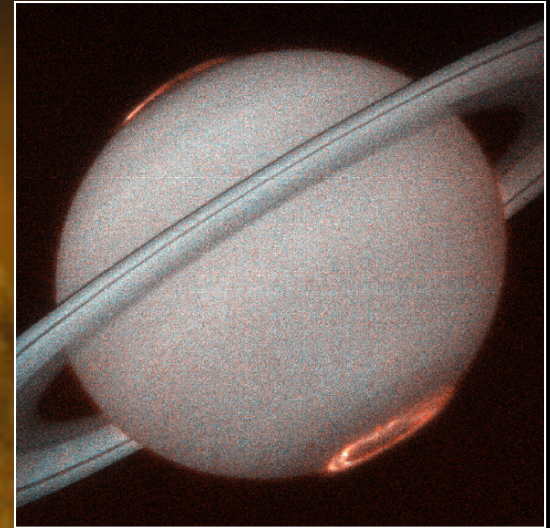
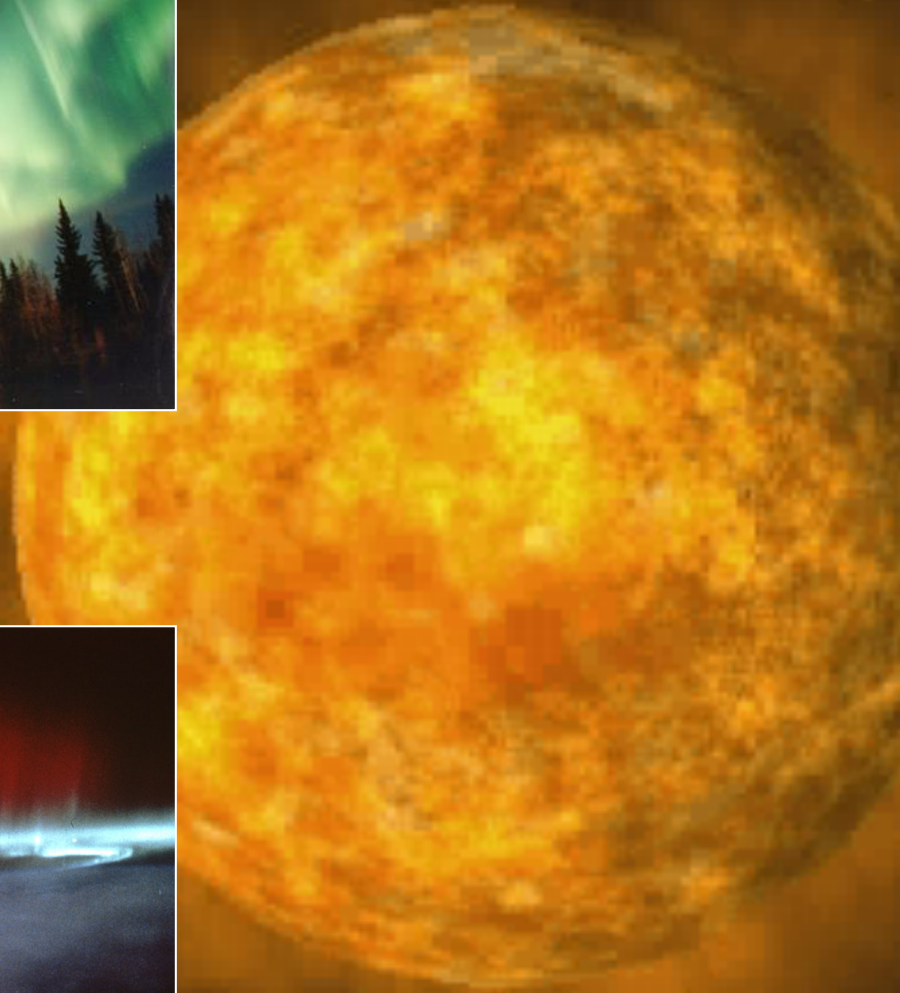
44

Che Cos'è la Meteorologia Spaziale?

- La Meteorologia Spaziale (SPACE WEATHER) si riferisce alle condizioni sul Sole, nel Vento Solare, nella Magnetosfera, Ionosfera e Termosfera della Terra, che possono influire sulle prestazioni e l'affidabilità di sistemi tecnologici spaziali e terrestri ed avere effetti sulla vita e la salute dell'uomo.
- Effetti di “Space Weather” su impianti terrestri non sono un fenomeno nuovo
 - 17 Novembre 1848: Interruzione della connessione telegrafica tra Pisa e Firenze
 - Settembre 1851: Interruzione della connessione telegrafica in New England
 - In un altro evento correnti indotte hanno consentito trasmissioni telegrafiche senza l'uso di batterie. La trascrizione del collegamento tra Portland e Boston (1859) riporta:
 - Portland: “Per favore staccate la batteria, vediamo se si può lavorare con il solo impiego della corrente aurorale”
 - Boston: “L'ho già fatto! Come ricevete la mia trasmissione?”
 - Portland: “Veramente molto bene – molto meglio che con le batterie



L'Aurora Polare



Il futuro: EST

