

# Eclissi e Fisica Solare a Torino



**Alessandro Bemporad**  
INAF-Osservatorio Astrofisico di Torino

[alessandro.bemporad@inaf.it](mailto:alessandro.bemporad@inaf.it)

# Il Sole: la nostra stella



Earth shown  
for size comparison

Immagini nell'estremo UV del Sole (falsi colori) riprese dallo spazio

**Massa:**  $2 \times 10^{30}$  kg = 333,000 volte la massa della Terra

**Diametro:** 1,400,000 km = 109 volte il diametro della Terra

**Densità:** 1.4 volte la densità dell'acqua

**Composizione:** PLASMA: 74% H + 25% He + 1% Metalli

**Temperatura al centro:** 15 milioni di K

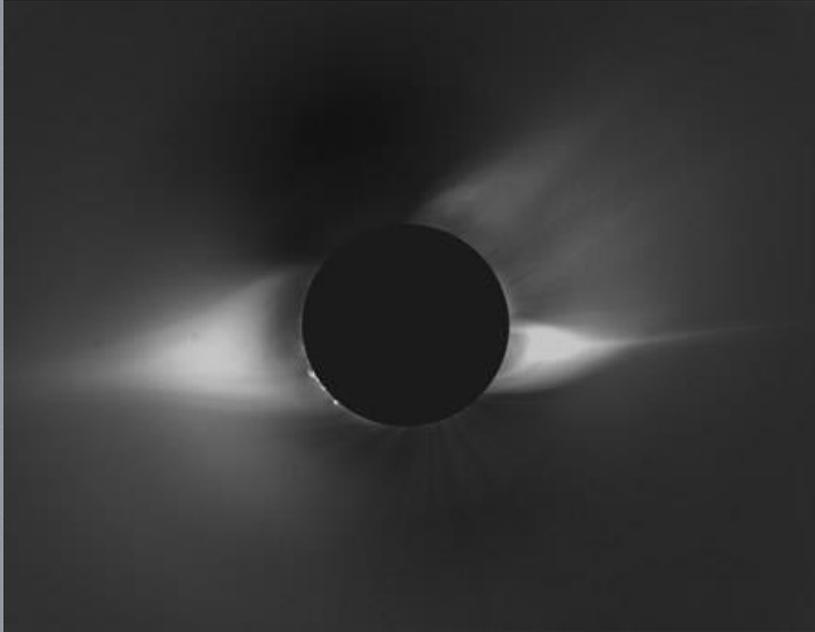
**Temperatura della superficie:** 5.800 K

**Temperatura dell'atmosfera esterna (corona):** >1 milione di K

**Distanza Terra-Sole:** 150 milioni di km

Se il sole avesse le dimensioni di una palla da basket, la terra sarebbe una "goccia" del diametro di 2.2 mm e sarebbe ad una distanza di circa 50 m.

# La corona solare



Eclissi totale del 1994 (min ciclo 22)



Eclissi totale del 1980 (max ciclo 21)

La corona solare è la **tenue** e **calda** atmosfera del sole.

**Densità:**  $\sim 10^8$  particelle/cm<sup>3</sup> poi decade rapidamente con l'altezza  
→ cfr. densità dell'aria (al livello del mare)  $\sim 2 \times 10^{19}$  molecole/cm<sup>3</sup>

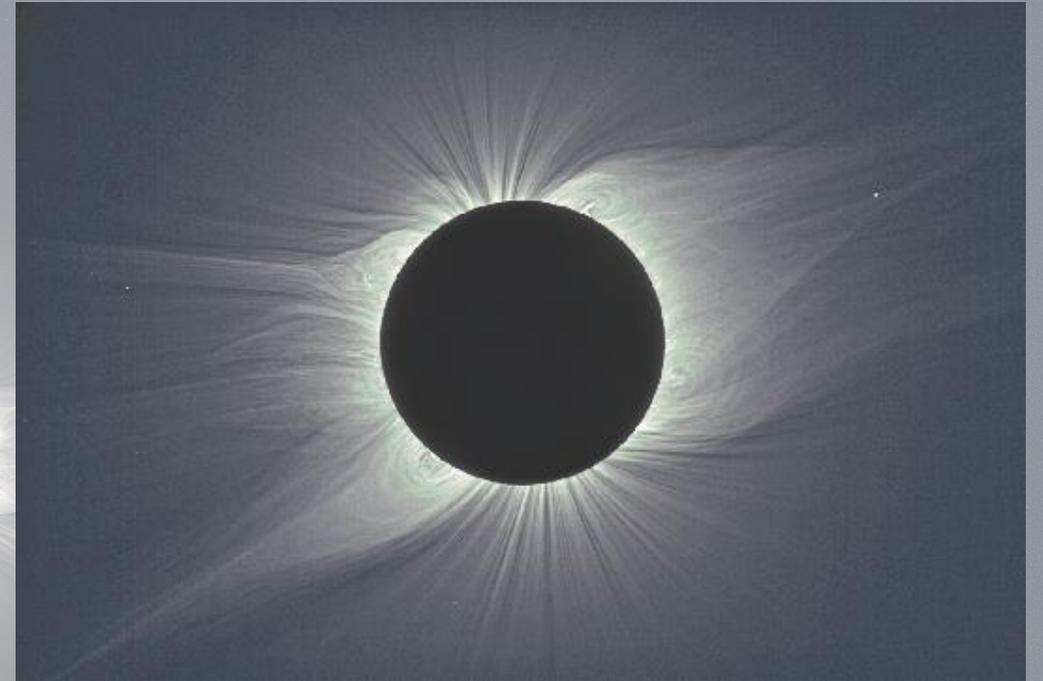
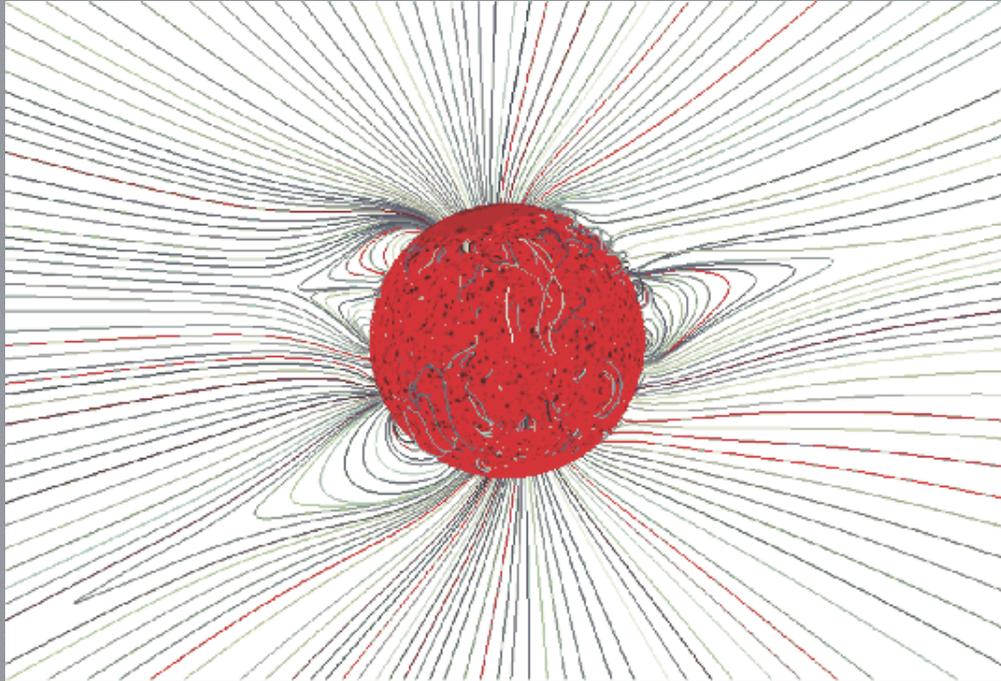
**Temperatura:** fino a  $\sim 2 \times 10^6$  K poi decade con l'altezza

**Struttura:** molto variabile, legata all'evoluzione del ciclo solare



E' molto **meno luminosa** del Sole (circa 1 milione di volte → difficile da osservare) e **molto estesa**.

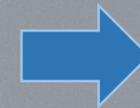
# La corona solare



La struttura della corona è dominata dagli intensi campi magnetici

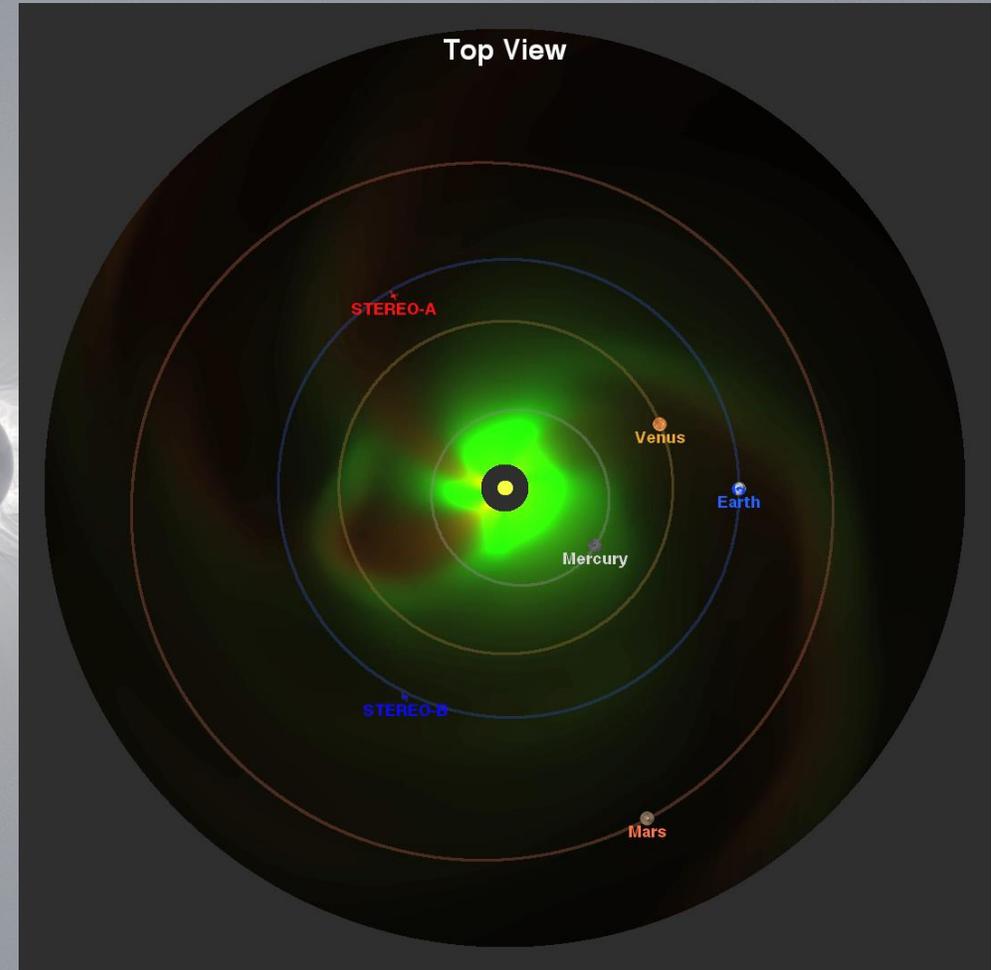
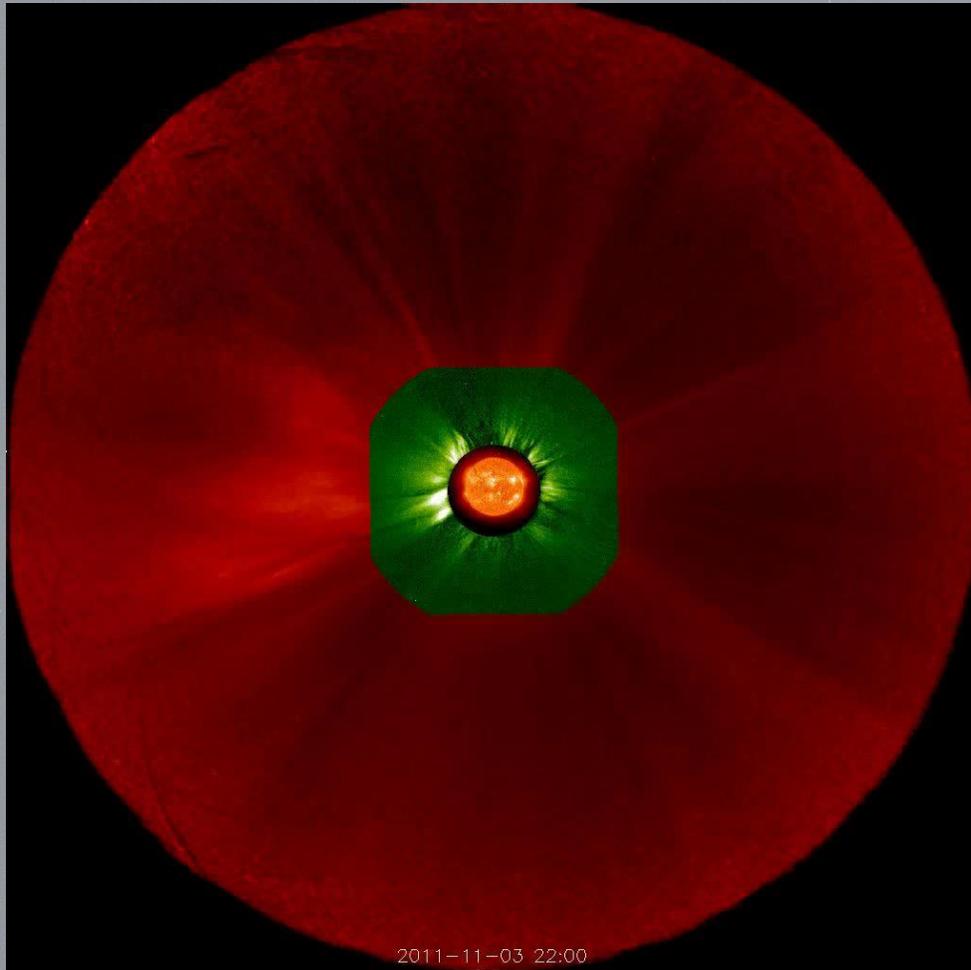
**Campi magnetici:**  $\sim 10^3$  Gauss alla superficie del Sole poi decade con l'altezza  
→ cfr. campo magnetico terrestre  $\sim 0.5$  Gauss

I campi magnetici sono responsabili anche del riscaldamento coronale, ma **non possiamo misurarli** in corona, solo estrapolarli dalla superficie del sole



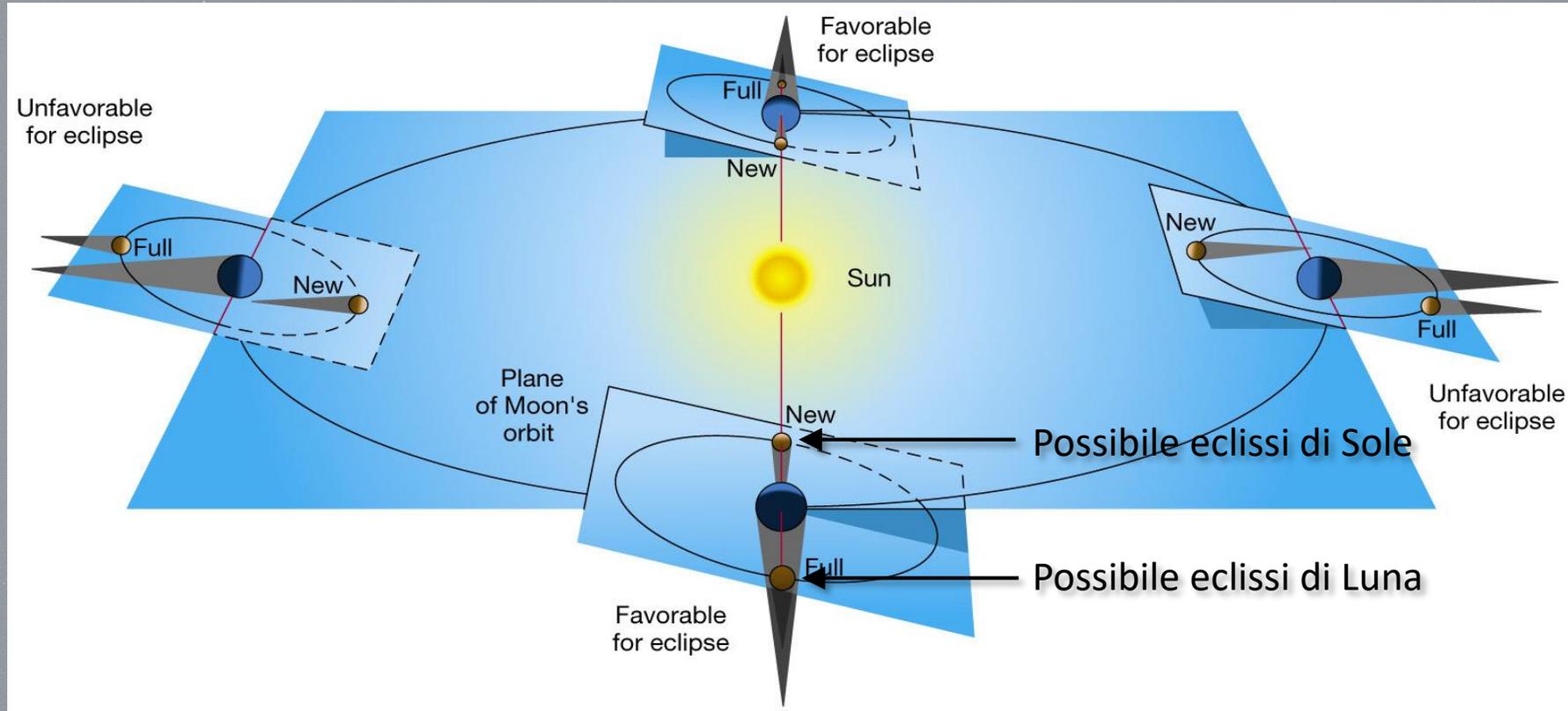
Non è ancora del tutto compreso **quali fenomeni riscaldino** la corona solare

# Le espulsioni coronali di massa



Il Sole è sorgente di **violente eruzioni** che si originano nella corona solare e si propagano in tutto lo spazio interplanetario fino a **colpire talvolta la Terra** (che è **protetta** da magnetosfera ed atmosfera).

# Le eclissi naturali di sole



Per osservare la tenue luce della corona solare è necessario occultare la luce del disco solare; questo avviene in modo naturale quando la Luna si frappone tra noi ed il Sole. Osservare così la corona non avviene però di frequente perché: 1) **l'orbita lunare è inclinata** di circa  $5^\circ$  risp. al piano dell'eclittica, 2) **l'orbita lunare è ellittica**, e se la Luna è troppo lontana non riesce a coprire tutto il Sole, 3) molte eclissi totali si vedrebbero **solo dal mare aperto**.

Fino agli anni '30 del secolo scorso questo è stato l'unico modo in cui l'uomo poteva osservare la corona solare.

# Le eclissi artificiali di sole



Un altro modo per osservare la corona è costruire un telescopio apposito denominato **coronografo**, strumento che fu inventato nel **1939** dall'astronomo francese Bernard Lyot.

Un coronografo deve non solo coprire la luce del disco solare, ma anche ogni minima frazione della luce solare che entrando nel telescopio e subendo successive rifrazioni e/o riflessioni coprirebbe la tenue luce coronale

→ problema della luce diffusa o **stray light**.

Un coronografo inoltre deve essere installato in un sito caratterizzato da una da un cielo uniforme e col minore assorbimento possibile, per evitare che la luminosità del cielo copra la luce della corona

→ problema della luminosità del cielo (o **sky brightness**).

Alla fine la soluzione più estrema consiste nel progettare e costruire un coronografo per osservare la corona non da terra, ma **dallo spazio**, con tutti i limiti connessi (limiti di peso, volume, resistenza alle vibrazioni del lancio, resistenza all'ambiente spaziale, etc...).

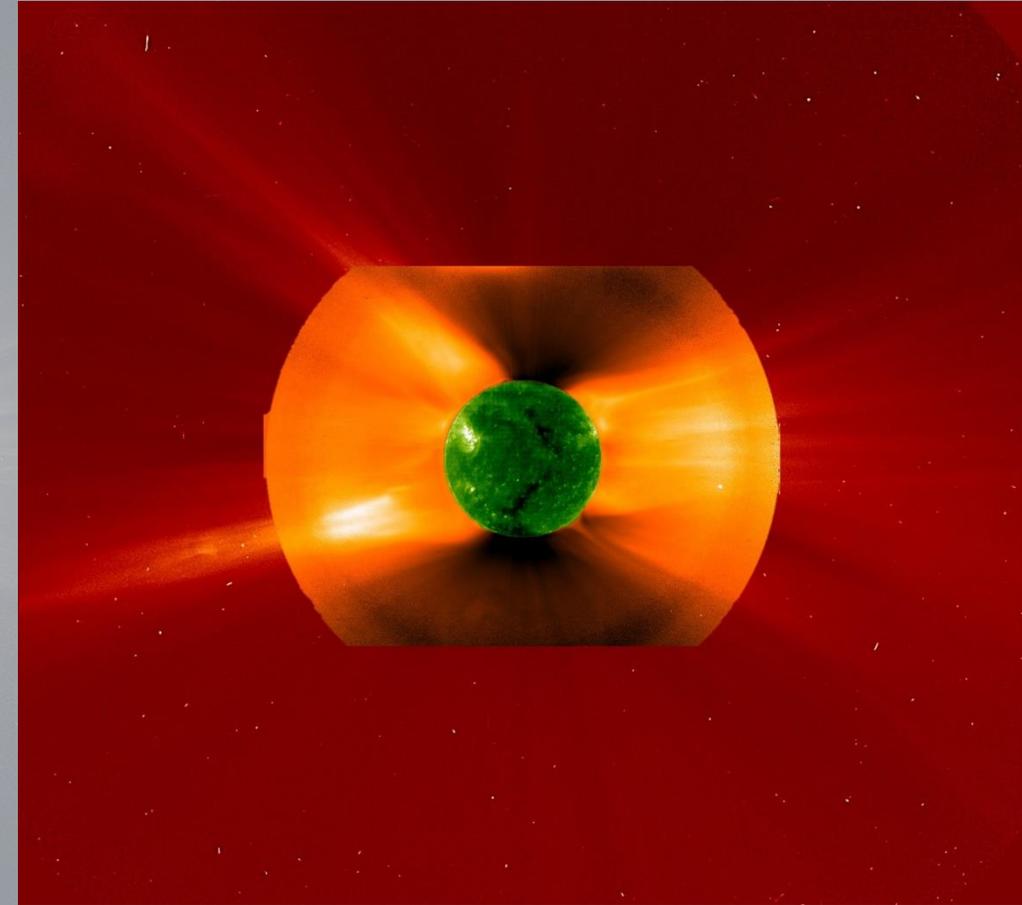
# Coronografia da Terra



Campo base di Waw-an-Namus Libia

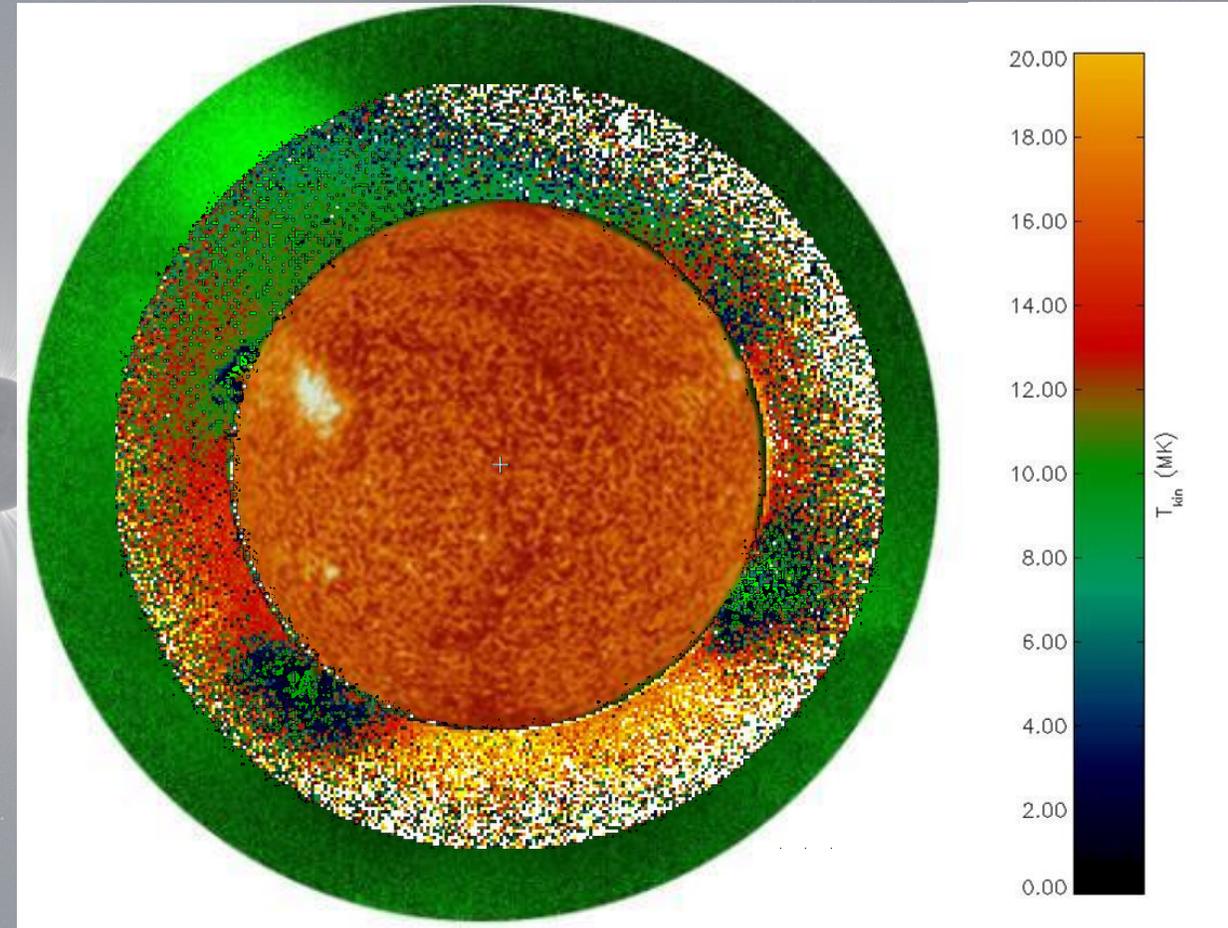


Eclipse Team – INAF-Oss. Torino



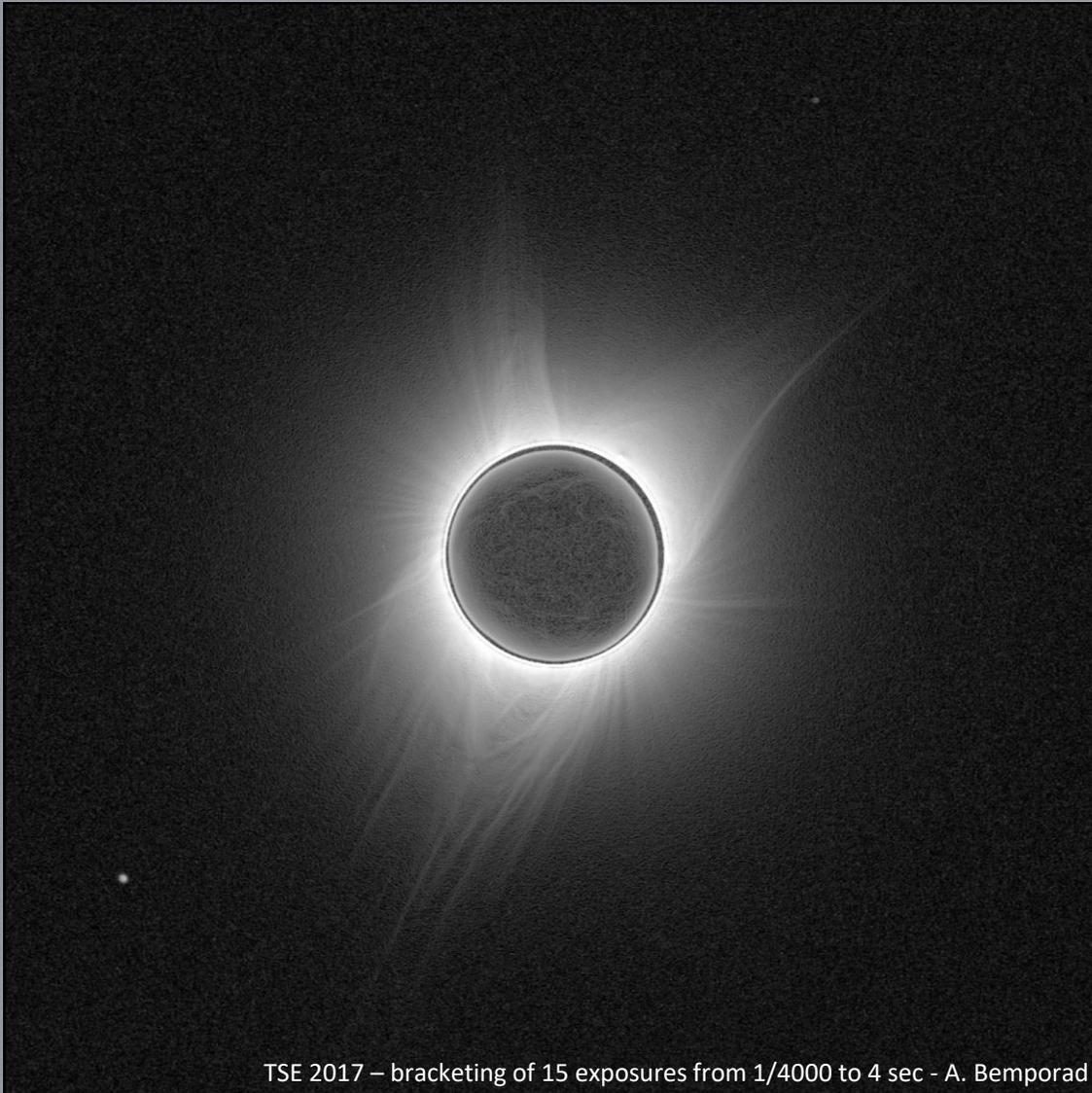
**Eclissi totale di sole del 29 marzo 2006, Libia → test per l'uso di un filtro comandato elettro-otticamente (ottimale per l'uso nello spazio).**

# Coronografia da Terra



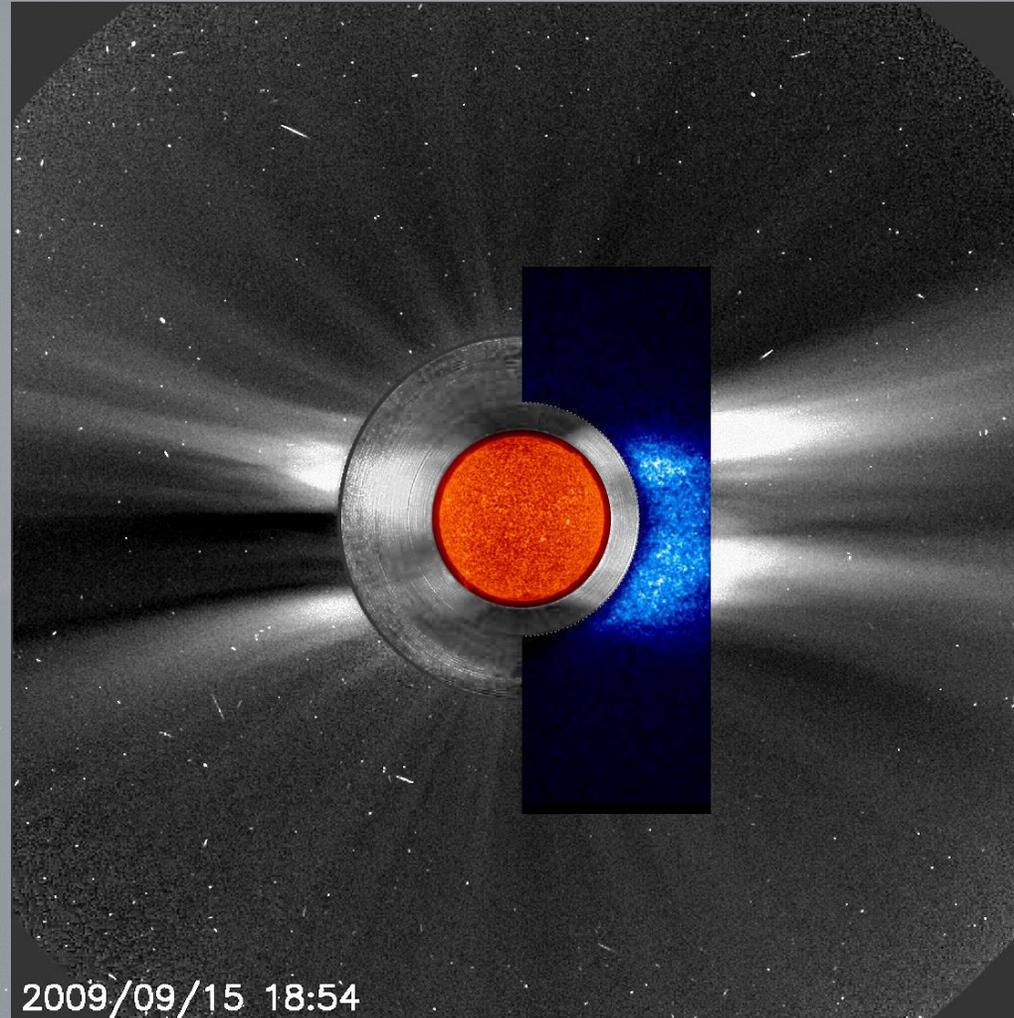
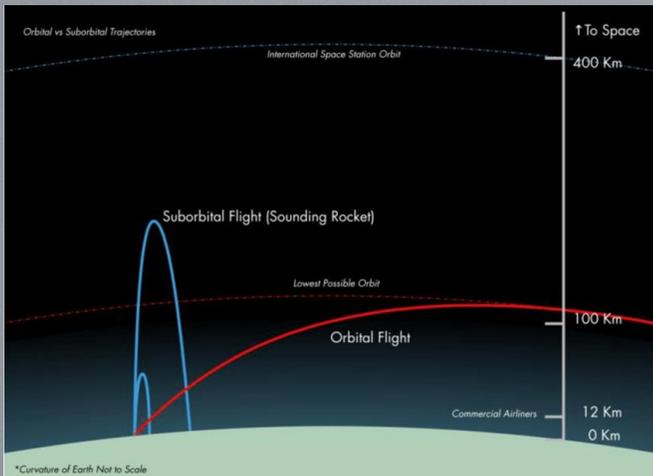
**Eclissi totale di sole dell'11 luglio 2010, Polinesia Francese** → test per l'utilizzo di un filtro per la diagnostica dei campi magnetici coronali e delle temperature della corona

# Coronografia da Terra



La «Great American Eclipse» – 21 agosto 2017

# Coronografia dallo spazio



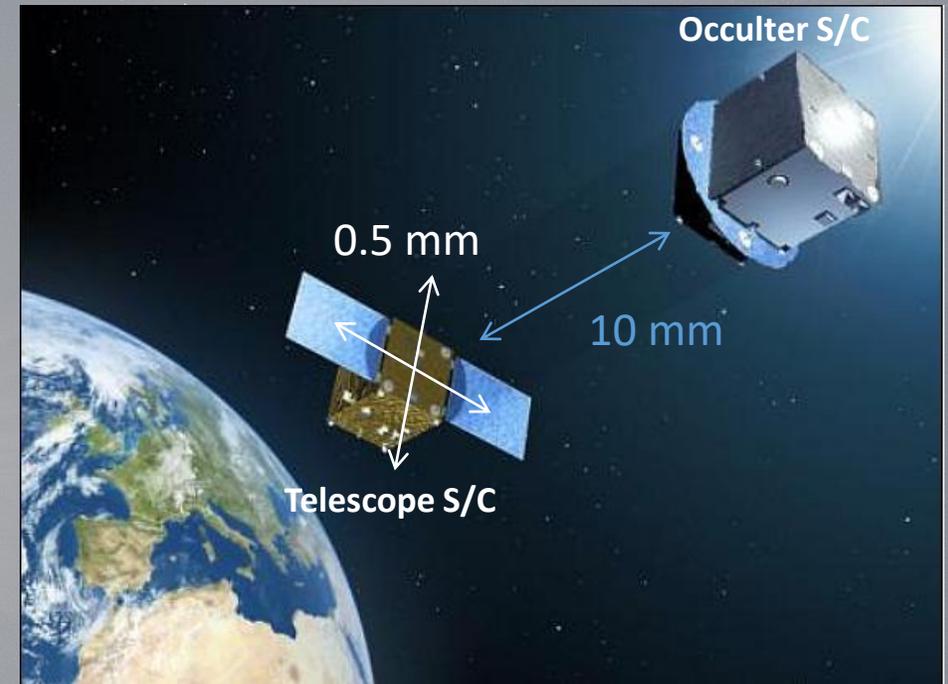
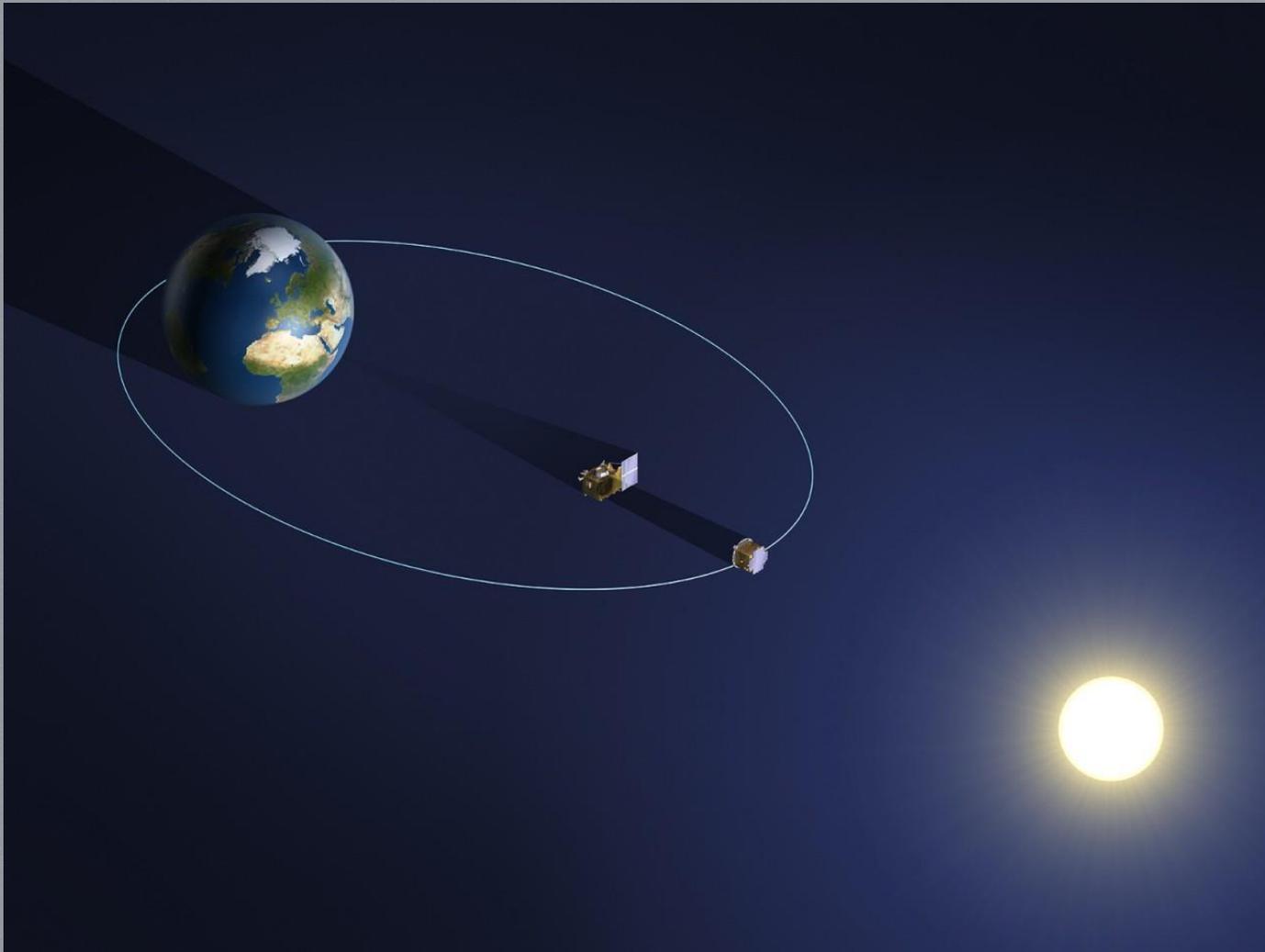
Il modo più semplice per osservare la corona fuori dall'atmosfera è installare lo strumento su un **razzo sub-orbitale**

→ osservazione solo per alcuni minuti, che permette però di **testare nuova strumentazione** prima che sia installata a bordo di una missione spaziale.

Le immagini di SCORE hanno dimostrato la possibilità di costruire un **coronografo multi-banda**.

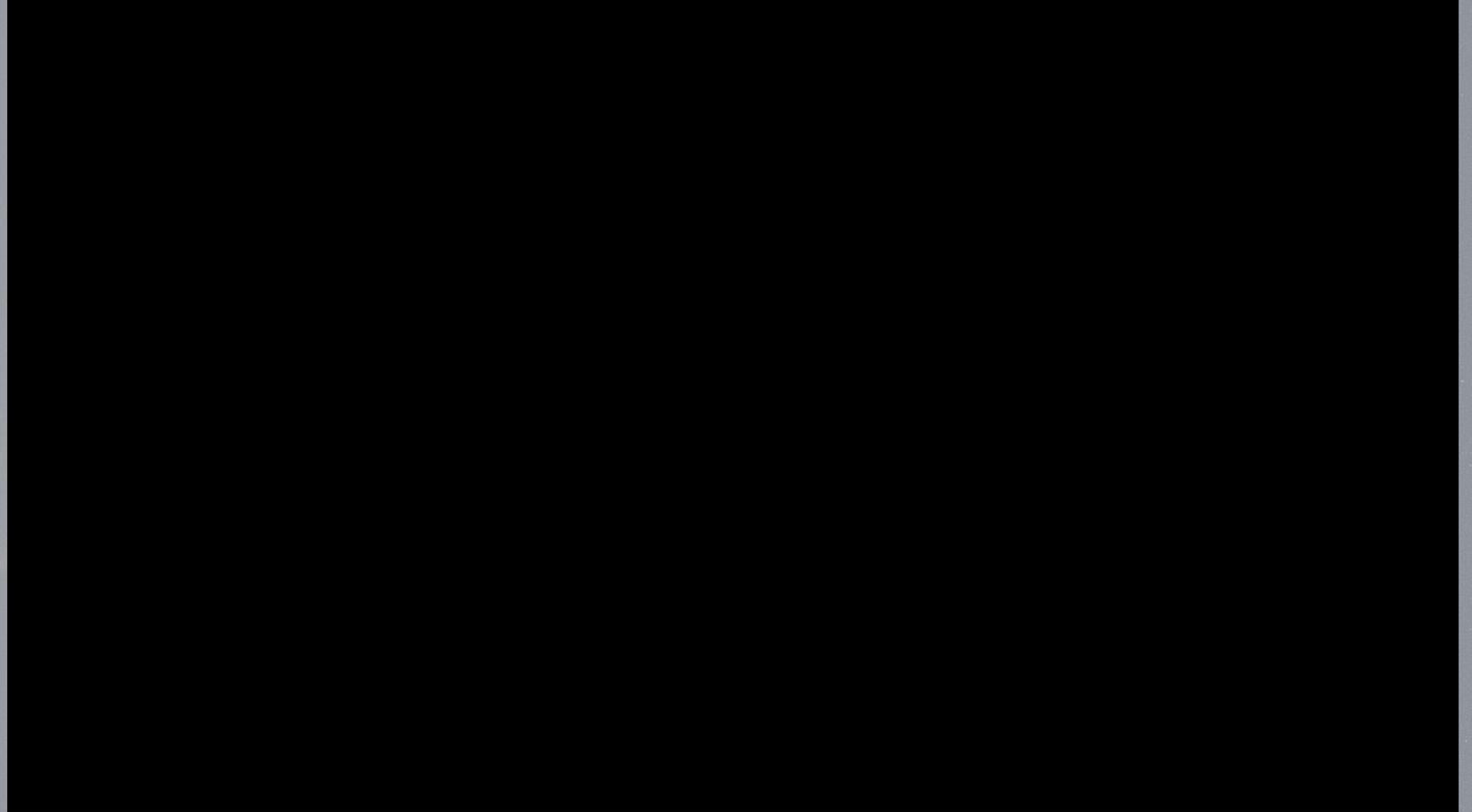
Lancio del razzo suborbitale SCORE – 15 settembre 2009

# Coronografia dallo spazio



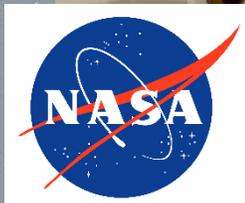
La missione **ESA PROBA-3** (lancio previsto per il 2022) metterà in orbita attorno alla Terra 2 satelliti, che voleranno in formazione di volo ad una distanza di circa **150 m** l'uno dall'altro formando un **gigantesco coronografo nello spazio**.

# Coronografia dallo spazio



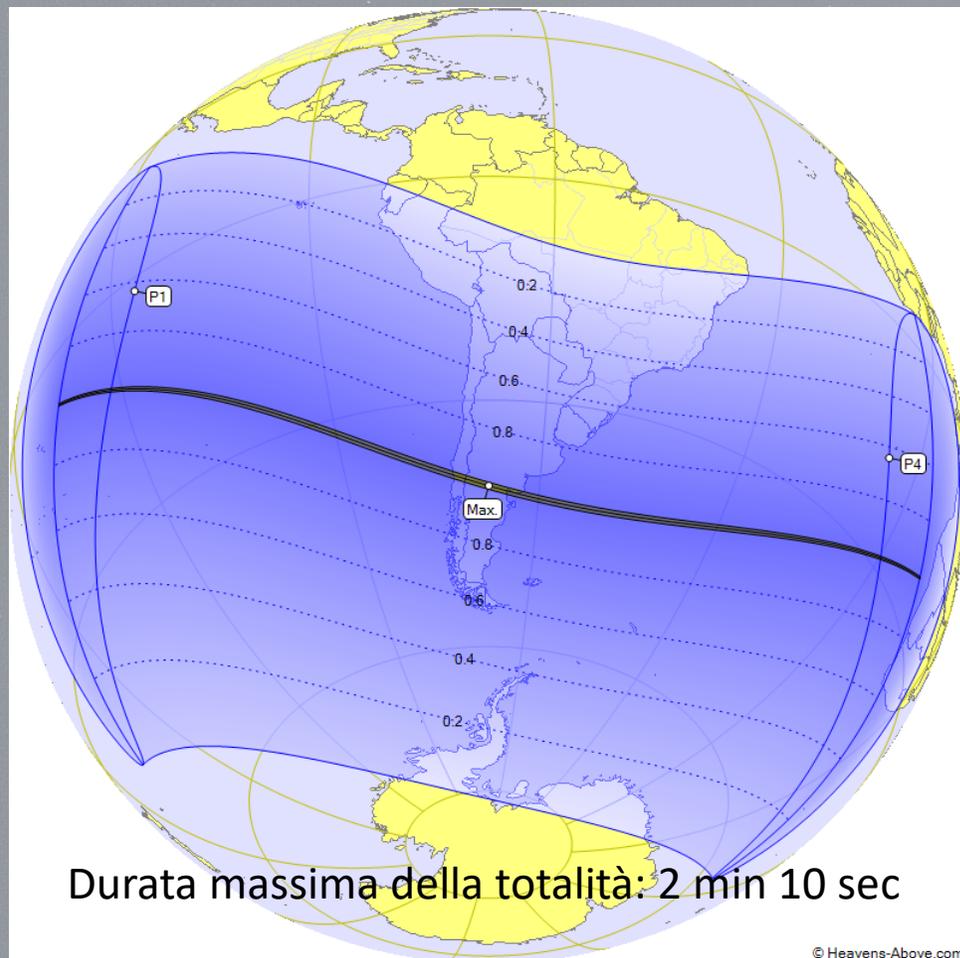
Il 10 febbraio 2020 la **NASA** ha lanciato la sonda **Solar Orbiter**, quasi integralmente europea (**ESA**). La sonda è in viaggio verso Venere (primo GAM 27 dicembre 2020), di cui sfrutterà l'attrazione gravitazionale (effetto fionda) per avvicinarsi sempre di più al sole (fino a **0.28 AU**) ed osservare per la prima volta i **poli del sole**.

# Coronografia dallo spazio



La sonda trasporta a bordo 10 strumenti, di cui uno (**Metis**) ideato dall'INAF-Osservatorio di Torino, oltre ad altri due strumenti (**SWA e STIX**) con un'importante contributo italiano.

# L'eclissi di sole del 14 dicembre 2020



A partire dai campi magnetici misurati sulla superficie del Sole è possibile ricostruire quello che sarà l'aspetto della corona per la prossima eclissi di Sole (<http://www.predsci.com/corona/dec2020eclipse/home.php>)