



Adriano Tilgher



Istituto d'Istruzione Superiore



Ercolano (NA)



www.adrianotilgher.edv.it



INAF
OSSERVATORIO ASTRONOMIC
DI CAPODIMONTE



OAC

"Percorsi per le Competenze Trasversali e l'Orientamento" (PCTO)

CALCOLO DELLA VELOCITA' DI UNA CME

I.I.S. ADRIANO TILGHER ERCOLANO, NAPOLI, ITALIA
ALUNNI 4ALS (A.S. 2021/2022)

ABSTRACT

Abbiamo calcolato il tempo di arrivo sulla Terra di una CME (coronal mass ejection).

Le CMEs, ovvero espulsioni di massa coronale, emergono dalla corona solare e sono eruzioni di plasma, composte perlopiù da elettroni e protoni.

Queste si originano a partire da discontinuità del campo magnetico solare, che rilasciano energia che accelera il plasma che viene emesso lontano dal Sole, sfuggendo alla sua gravità. Queste discontinuità sono causate dall'instabilità del campo magnetico solare.

Il nostro obiettivo è quello di stimare la velocità e quindi il tempo di arrivo di una CME alla Terra.

Per arrivare al nostro obiettivo abbiamo utilizzato il software Jhelioviewer, che consente di avere immagini del Sole dai satelliti che sono in orbita intorno ad esso.

Con i dati raccolti abbiamo potuto condurre il nostro lavoro, simulando al meglio il lavoro dei ricercatori.

INTRODUZIONE

Lo studio delle CMEs è abbastanza recente, infatti le prime osservazioni si hanno tra il 1971 e il 1973 grazie allo strumento OSO 7, un coronografo della NASA.

Un coronografo è uno strumento che produce artificialmente un'eclissi solare mettendo in risalto la corona, lo strato più esterno dell'atmosfera solare. I più recenti e attivi coronografi sono LASCO e SECCHI COR, rispettivamente a bordo delle sonde SOHO e STEREO-A e sono coronografi a luce bianca. Il procedimento per stimare l'arrivo a Terra di una CME è molto complicato e il livello di queste predizioni è, al momento, ancora impreciso.

È molto importante studiare le CMEs perché il loro arrivo sulla Terra può provocare danni importanti ai satelliti di telecomunicazione/scientifici o del GPS e anche alle centrali elettriche. La scienza che si occupa di prevedere l'arrivo delle CMEs è chiamata *Space Weather*.

Noi abbiamo reso questo processo più semplice usando delle approssimazioni: abbiamo considerato che la velocità di espulsione del plasma fosse costante a grande distanza dal Sole (in realtà una CME prima accelera e poi viaggia a velocità costante) e che la CME, anche se osservata al bordo del Sole e quindi non diretta verso la Terra, invece lo fosse.

Gli strumenti utilizzati, a seconda dei gruppi di lavoro, sono stati i seguenti:

- JHelioviewer
- Excel
- GeoGebra
- Python

Riguardo a Jhelioviewer, è stato usato come strumento di osservazione, utilizzando nello specifico gli strumenti EUVI (STEREO A) e LASCO C2 (SOHO). EUVI guarda la parte più interna della corona solare e ci ha permesso di seguire la fase iniziale di propagazione del CME mentre il coronografo LASCO C2 guarda la parte più esterna.

DATI E ANALISI

Per questo lavoro è stata presa in considerazione un'eruzione avvenuta a dicembre 2021 e i dati sono stati raccolti tramite le immagini forniteci da JHelioviewer.

Abbiamo preso in analisi una CME avvenuta il 24 dicembre 2021 nella fascia oraria che va dalle 6:05 PM alle 10:35 PM. Per ogni immagine dell'eruzione, sono state misurate le coordinate polari (l'angolo ϕ e la distanza dal centro del Sole ρ) di un punto della CME scelto ad un angolo fisso (ϕ). In questo modo è stato possibile seguire lo spostamento nel tempo della CME.

Una volta aperto il software abbiamo proceduto ad impostare due layer sovrapposti per i due strumenti menzionati per facilitare la vista dell'esplosione (vedi Figura 1). Per far risaltare l'eruzione e ottenere misure più precise della posizione del CME, ad ogni immagine è stata sottratta la precedente creando così delle "running difference" come mostrato in Figura 2.

I punti raccolti sono indicati nella Tabella 1 e descrivono l'andamento progressivo della CME.

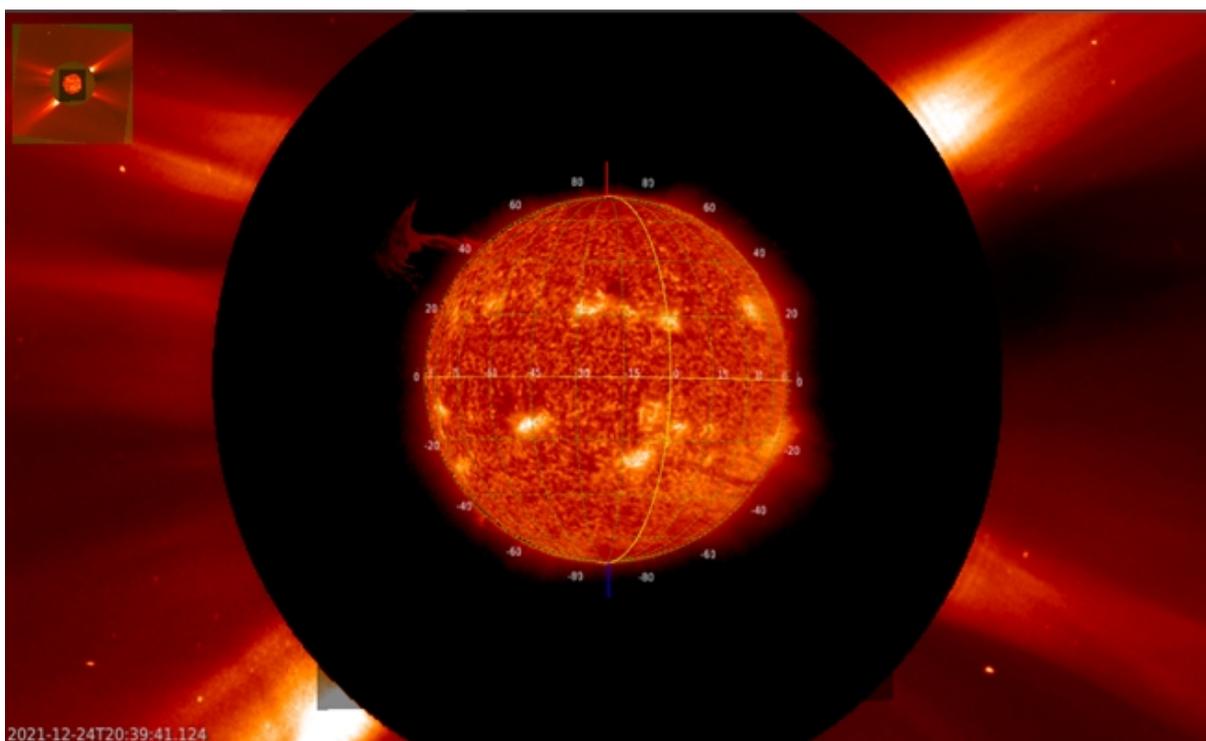


Figura 1: immagine ottenuta dalla sovrapposizione dei due strumenti EUVI (interno) e LASCO C2 (esterno).

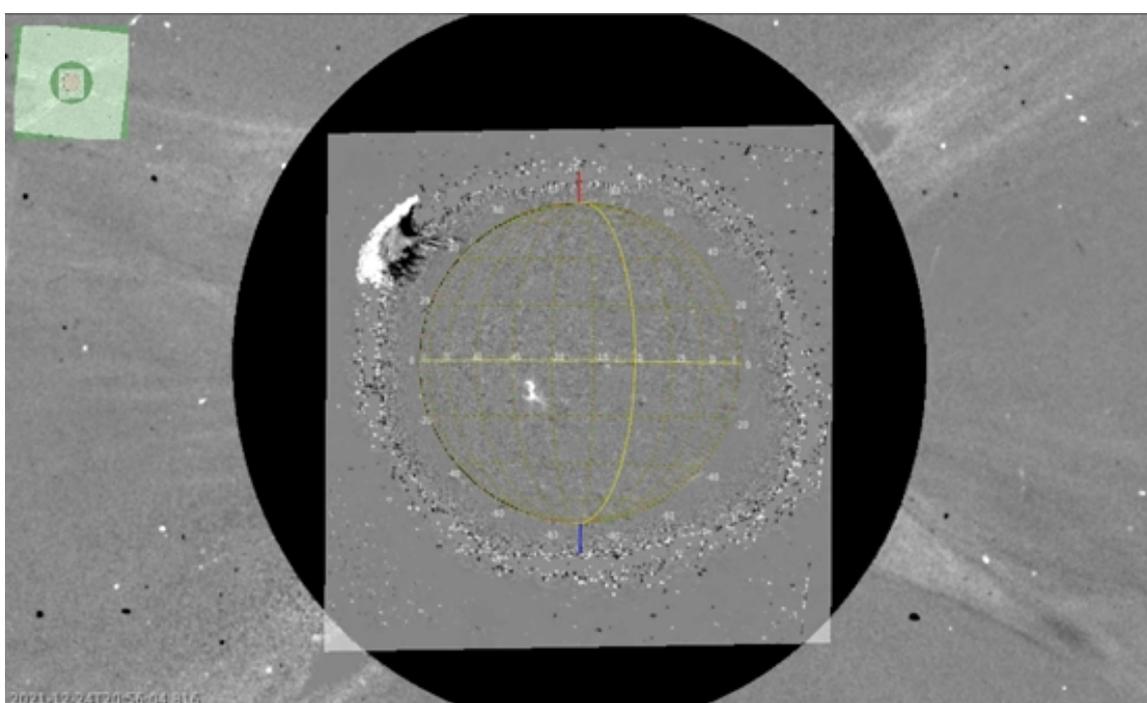


Figura 2: immagine come in Figura 1 ma ottenuta sottraendo ad ogni frame quello precedente, così da enfatizzare la CME. Le immagini ottenute in questo modo prendono il nome di "running difference".

PUNTI	ρ	φ	ORARIO
P1	1.01R0*	47.77°	6:05 PM
P2	1.07R0	47.29°	6:15 PM
P3	1.10R0	47.43°	6:30 PM
P4	1.13R0	47.35°	6:45 PM
P5	1.20R0	47.38°	7:05 PM
P6	1.24R0	47.84°	7:15 PM
P7	1.28R0	47.39°	7:25 PM
P8	1.30R0	47.70°	7:35 PM
P9	1.33R0	47.64°	7:45 PM
P10	1.37R0	47.55°	7:55 PM
P11	1.40R0	47.66°	8:15 PM
P12	1.41R0	47.95°	8:35 PM
P13	1.51R0	47.26°	8:45 PM
P14	1.52R0	47.41°	9:05 PM
P15	1.59R0	47.43°	9:15 PM
P16	1.62R0	47.66°	9:45 PM
P17	2.26R0	47.36°	10:00 PM
P18	2.38R0	48.00°	10:12 PM
P19	2.51R0	47.64°	10:36 PM

Tabella 1 (*R0=raggio solare)

Una volta raccolti tutti i dati sulla progressione dell'eruzione li abbiamo importati su Excel per ottenere un grafico che esprimesse, in modo approssimativo, l'andamento della CME,

mettendo sull'asse delle ascisse il tempo (in s) e sull'asse delle ordinate la distanza, misurata in raggi solari (R0), ottenendo la Figura 3. I dati fino al punto P16 sono stati ottenuti misurando la posizione della CME quando era nel campo di vista di EUVI, mentre gli ultimi tre punti sono stati ottenuti misurando l'evoluzione della CME nel campo di vista di LASCO C2 e quindi più lontano da Sole.

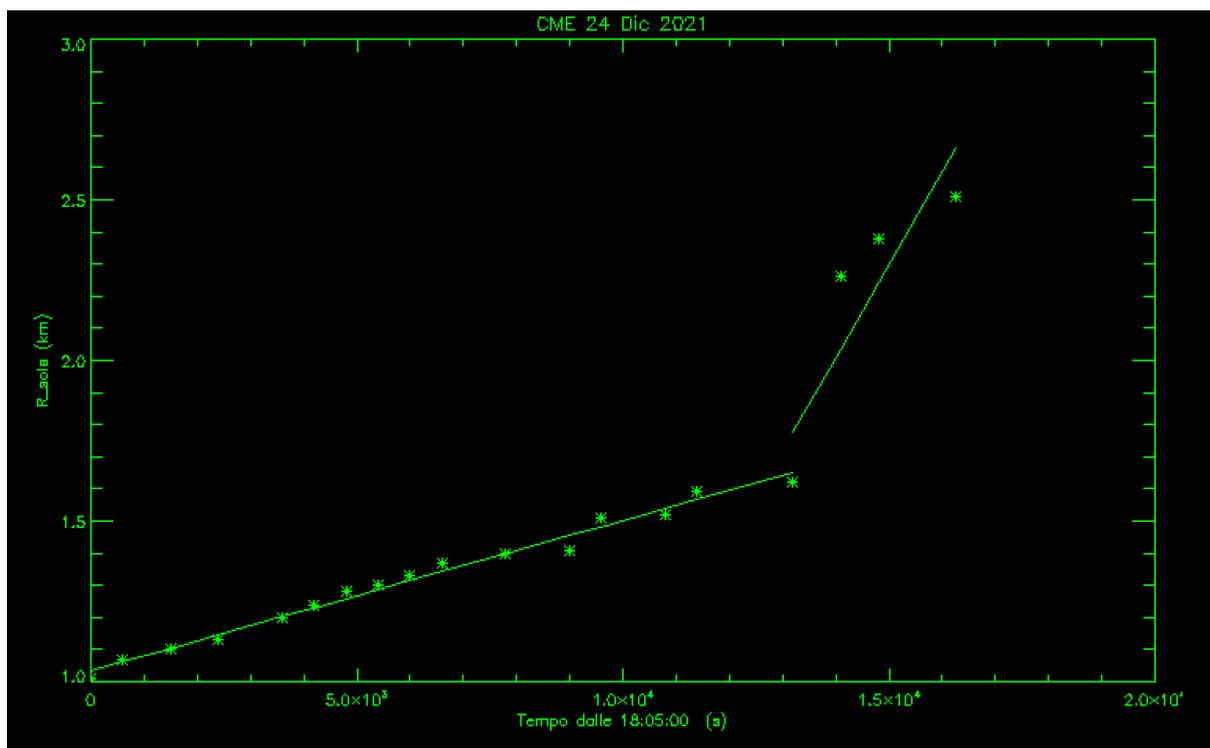


Figura 3: andamento del CME in funzione del tempo.

Come si vede dalla Figura 3, l'andamento dei punti e delle rette che approssimano il loro andamento (ricavate tramite Excel) variano a seconda che la CME sia più vicina al Sole o più lontana. Abbiamo infatti due velocità diverse che corrispondono ai coefficienti angolari delle rette che approssimano meglio l'andamento dei punti.

Le equazioni delle due rette sono le seguenti:

$$y=0,0000467448x+1,03407 \text{ e } y=0,000288327x-2,02912$$

Quindi il CME si muove nel primo tratto con velocità uguale a $0,0000467448 R_0/s = 32,5 \text{ km/s}$ ($R_0=696340 \text{ km}$) e poi accelera arrivando ad una velocità di $0,000288327 R_0/s = 200,8 \text{ km/s}$.

La velocità della CME trovata quando entra nel campo di vista di LASCO C2 può essere confrontata a quella calcolata professionalmente nel database di CACTUS "A software package for 'Computer Aided CME Tracking'" (<https://wwwbis.sidc.be/cactus/catalog.php>), che risulta essere $152 \pm 54 \text{ km/s}$. Il valore da noi trovato risulta essere all'interno del range calcolato da CACTUS.

Alla velocità che a maggiore distanza da Sole può essere ritenuta costante di 200 km/s , considerato la distanza della Terra dal Sole di 152104285 km , questo CME impiegherebbe $152104285/200 \text{ s} = 760521,425 \text{ s} = 211 \text{ h } 15 \text{ m } 21 \text{ s} = 8 \text{ g } 19 \text{ h}$

CONCLUSIONI

Il nostro obiettivo era quello di trovare un metodo accessibile ma efficace per il calcolo della velocità di una CME tramite Jhelioviewer e le immagini ottenute da satellite, per poi andare a utilizzare delle nozioni di dinamica per determinare in quanto tempo la CME sarebbe arrivata a Terra. Vista la praticità dell'esperimento e i risultati soddisfacenti a cui siamo giunti, possiamo affermare che l'esperimento, tenendo conto delle nostre approssimazioni, ha avuto successo.