



Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena ; 40° - Anno 11 – N° 1 - 1/03/2019

EDITORIALE.

Voglia di alieni.

Mi sono trovato spesso a discutere di vita extraterrestre con il pubblico o con amici.

L'attenzione di tutti su questo argomento è comprensibile! Non per nulla il mondo scientifico si interroga da sempre su questa possibilità.

Un argomento per cui spesso il "razionale" si trova a confrontarsi con l'irrazionale e questo porta alla incomprensione.

Il caso più difficile? Una persona che si ritiene affidabile e non in cerca di visibilità, che afferma di aver visto con i propri occhi un mezzo alieno sfrecciargli davanti agli occhi! È facile cacciarsi in una discussione che porta in un "cul de sac".

Si può reagire sottolineando che potrebbe essere stato un abbaglio, un mezzo aereo militare non noto o un effetto ottico, ma di fronte all'insistenza è meglio lasciar perdere. A questo punto è meglio soffocare sul nascere la tentazione di andare sul razionale. Ancora peggio se il contatto con gli alieni è proclamato diretto, "vis a vis". Questo è il caso peggiore! Si rischia il turpiloquio. Ma se si intravede nella affermazione del sedicente testimone di incontri ravvicinati, la pur fievole titubanza, è meglio tentare di portarlo a ragionare con i numeri e con la logica. Perché poi non ci vuole molto! Bisogna però distinguere la consapevolezza della presenza aliena nell'universo dalla presenza fisica sulla Terra.

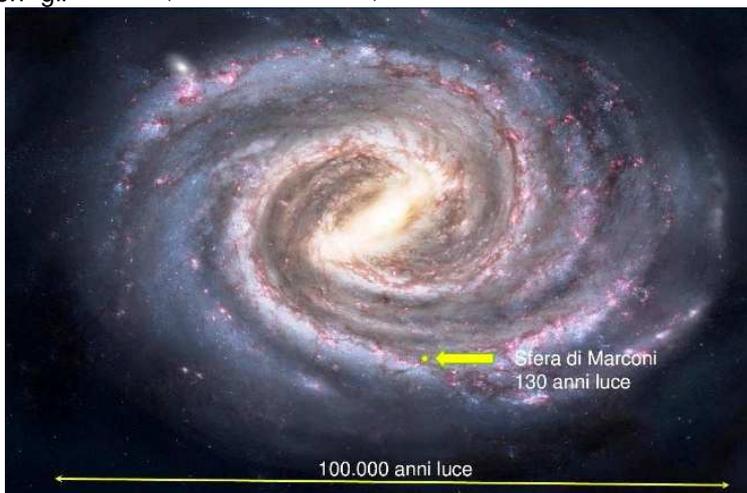
Due aspetti molto diversi!

Nel primo caso sono convinto che siamo vicini al momento in cui scopriremo, in modo inequivocabile, la presenza di vita aliena, elementare in altri luoghi, forse anche fossile, nel sistema solare. Non solo! Sono anche convinto che l'aumento esponenziale della capacità di analisi dei segnali provenienti dallo spazio, ci porti prima o poi ad avere la prova che esiste, o sia esistita da qualche parte nel nostro vicinato cosmico, una civiltà evoluta, in grado di comunicare ma con la quale saremmo assolutamente impossibilitati a dialogare. La ragione di questa impossibilità non è legata solamente alla difficoltà di trovare un linguaggio comune o del non avere la più pallida idea di

quale mezzo usare, ma sta nel fattore tempo: decine, centinaia o migliaia di anni luce significano **dialogo impossibile!**

Questa ragione non è la sola che mi fa assumere la completa convinzione che il contatto fisico con "loro", qui dalle nostre parti, è impossibile! Infatti, muoversi, farsi trasportare con un mezzo (fosse anche il mitico teletrasporto) è una impresa se non millenaria almeno secolare, anche per "loro". Non credo che, dopo un tale viaggio, si accontentino di farsi vedere, furtivamente, dal primo che passa per strada. No! Quando e se verranno, lo capiremo tutti in pochi minuti e credo anche che purtroppo non sarà tanto piacevole.

Direi che per ora possiamo stare tranquilli e meditare sulla fatica che noi poveri umani facciamo solo per andare sulla Luna, un viaggio 100 milioni di volte più corto rispetto a quello ipotetico di andare alla stella più vicina a noi (Proxima centauri).



Il pallino giallo è la sfera di influenza del nostro segnale radio (Sfera di Marconi, 120 anni di raggio)

Il presidente.

Luigi Borghi (borghiluigi23@gmail.com)

In Breve

Astronomia. Di Luigi BorghiPag. 2
Parliamo di potenti telescopi



Parliamo di potenti telescopi.

Di Luigi Borghi.



La domanda a cui cercheremo di rispondere è questa: meglio piccoli telescopi spaziali o grandi telescopi terrestri?

La risposta potrebbe essere banale: **meglio grandi telescopi spaziali o lunari!**

Se non fosse che questi hanno costi e difficoltà a dir poco proibitive.

Ma andiamo avanti con metodo.

I grandi telescopi terrestri hanno due nemici che, nonostante le tecnologie a disposizione oggi, danno parecchio filo da torcere:

- la deformazione del segnale di luce ricevuto da parte della continua e veloce variabilità dell'atmosfera.
- le microvibrazioni dell'ambiente circostante, che impediscono di sfruttare al massimo eventuali estensioni interferometriche con altri telescopi.

Nemici con cui reagire attraverso alcune nuove tecnologie (come le superfici attive degli specchi riflettori) e le location dei telescopi, normalmente posti in zone di elevata tranquillità climatica, elevata trasparenza del cielo e lontanissimi dalle sorgenti di vibrazioni.

Un telescopio terrestre porta con sé però anche moltissimi aspetti veramente positivi:

- facile upgrade.
- facile manutenzione.
- facile accessibilità.
- vincoli dimensionali legati alla sola tecnologia ottica.

Dall'altra parte della nostra indagine vi sono i telescopi spaziali.

Uno dei più famosi, lo HST (Hubble Space Telescope) ci ha regalato dal 1990 ad oggi

immagini meravigliose che hanno condizionato la visione dell'universo noto.

Vediamo anche qui brevemente quali sono gli aspetti positivi del telescopio spaziale:

- assoluta trasparenza del cielo.
- utilizzabilità continua (non c'è il problema della notte e del giorno, anche se il telescopio si trova in ombra dietro alla Terra oppure illuminato dal sole).
- assoluta assenza di vibrazioni, quindi elevata efficienza di una rete interferometrica di telescopi.

e quali quelli negativi.

- enormi limiti dimensionali legati ai vettori di lancio ed alla capacità di auto_costruirsi nello spazio.
- quasi impossibile la manutenzione e l'accessibilità.
- elevatissime escursioni termiche delle varie parti del telescopio (luce e ombra)
- veloce obsolescenza legata alla difficoltà o impossibilità di upgrade.

Le difficoltà nella progettazione, sviluppo e messa in orbita dei telescopi spaziali le abbiamo vissute con l'HST e le stiamo vivendo con il JWT (**James Webb Telescope**).

L'esperienza del difetto nello specchio di Hubble, scoperto solo dopo il lancio, ci ha fatto capire che il rischio di fallimento è elevatissimo. Se non si fosse intervenuti per correggerlo (e per aggiornare anche qualche guasto nonché aggiornare gli strumenti nel piano focale), non avremmo mai visto gran parte dei risultati scientifici ottenuti in 28 anni di onorato servizio!

In quel caso fu possibile porre rimedio, anche se con ulteriore aggravio economico, effettuando ben

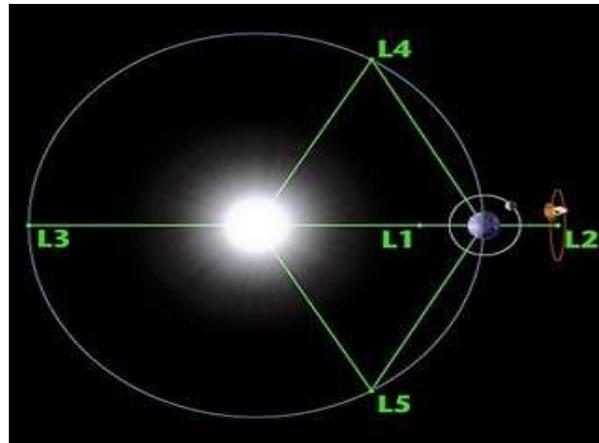
5 missioni Shuttle dedicate. Lo Space Shuttle era come il furgone dell'idraulico-elettricista che viene a casa nostra. C'erano sopra i tecnici, i pezzi di ricambio e gli attrezzi per fare manutenzione. Tutto questo è stato possibile perché l'HST si trovava e si trova tutt'ora in orbita bassa terrestre (LEO) che è ormai facile da raggiungere, ed anche perché avevamo uno Shuttle a disposizione.

Tutt'altra storia per quanto riguarda il JWT.

Nel caso del James Webb Telescope, qualsiasi serio inconveniente si rivelerebbe catastrofico perché **non riparabile**, essendo il telescopio posto non in orbita bassa ma in un **punto di Lagrange Terra-Sole (L2)** a 1,5 milioni di km, dunque irraggiungibile dai tecnici con i mezzi attuali. La "**Independent Review Board**", commissione apposita istituita dalla NASA dopo le recenti difficoltà incontrate durante l'assemblaggio e la progettazione del JWT, ha posticipato la missione di quasi 2 anni fino alla fine di Marzo 2021. Si tratta del **decimo rinvio** di un telescopio che, secondo l'idea iniziale, doveva decollare nel 2007 ad un prezzo inferiore al miliardo di dollari e che adesso si prevede **costerà oltre 10 miliardi** (considerando anche il contributo economico di Europa e Giappone, nonché i costi legati al nuovo rinvio). È vero che è un progetto ambizioso e che i risultati attesi vanno ben oltre ciò che ci ha dato HST, ma supera di **circa 4 volte quello del telescopio Hubble**.

A questo punto, bisogna onestamente riconoscere che c'è una oggettiva difficoltà nel costruire e lanciare telescopi giganti con le attuali tecnologie. Tanto più che, investendo un capitale così grande in un unico osservatorio orbitante di grandi

dimensioni, **il rischio è elevatissimo.**



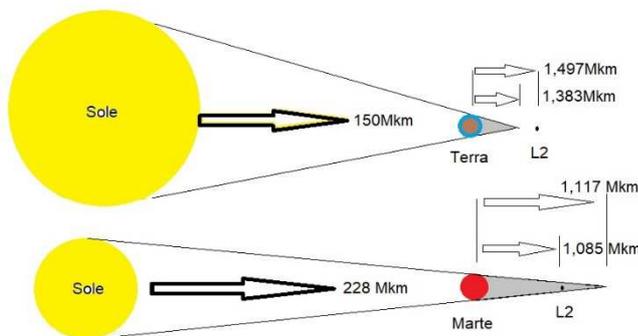
Rappresentazione dei punti di oscillazione di Lagrange Sole-Terra.

Si pensi a cosa succederebbe se qualcosa andasse storto durante il lancio o il trasferimento nella zona di librazione (oscillazione) L2 e, soprattutto, durante la fase di apertura del parasole e delle ottiche.

Perché è stato posto nel punto di Lagrange L2, visto che è così scomodo? Perché è il punto stabile più vicino alla Terra, dove la radiazione solare è ridotta al minimo (**eclisse parziale**) ed è sempre proveniente dalla stessa direzione.

Nel suo orbitare intorno al Sole, L2 si trova sempre in penombra eclissata dalla Terra. In penombra perché L2 si trova a 1,497 milioni di km dalla Terra, mentre il cono d'ombra della Terra arriva solo a 1,383 milioni di km. Ecco perché al JWT servono comunque gli schermi di protezione dei raggi solari. Questi limitano la visione del telescopio di una buona parte della volta celeste. In più, nella zona interna del sistema solare vi è anche un inquinamento luminoso causato dai grani di polvere interplanetaria (**luce zodiacale**), che già adesso è la principale fonte di "inquinamento luminoso" per i telescopi spaziali, disturbando l'osservazione profonda delle regioni vicine all'eclittica. Per eliminare completamente gli schermi, senza compromettere la strumentazione e le misure, bisognerebbe posizionare il telescopio in un punto L2 che sia ancora all'interno del cono d'ombra di un pianeta.

Il più vicino è il punto L2 di Marte. Infatti, questo si trova a 1,085 milioni di km dalla superficie del pianeta rosso, mentre il cono d'ombra arriva fino a 1,117 milioni di km, lasciando in L2 un'area in





Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena ; 40° - Anno 11 – N° 1 - 1/03/2019

eclisse permanente di 192 km di diametro. Un po' poco per un telescopio che comunque non sta fermo angolarmente, ma compie una rivoluzione attorno a L2 (come si vede in alto nell'immagine della pagina precedente).

Diciamo che se si fa uno sforzo tecnologico, tanto vale andare nel punto L2 migliore che è quello di Giove. L2 dista dalla tumultuosa superficie gassosa di Giove 53 milioni di km mentre il suo cono d'ombra arriva fino a 87 milioni di km. Questo significa che l'area di eclisse totale in L2 è un cerchio largo ben 54mila km.

Scomodo, ma resta comunque il migliore luogo (qua vicino) per dislocare in futuro telescopi ottici in rete interferometrica.

Forse proprio per queste difficoltà oggettive, ultimamente c'è stato un nuovo impulso alla costruzione di telescopi giganti a Terra come l'europeo EELT e gli americani GMT e TMT.

Questi nuovi colossi dell'osservazione astronomica entreranno in servizio nel corso del prossimo decennio. Sono di un ordine di grandezza meno costosi del telescopio Webb, e per certi versi avranno caratteristiche anche superiori al JWST!

La loro enorme superficie di raccolta (rispetto al JWST) è provvista di **ottiche adattive** sempre più sofisticate (ma mai perfette come una immagine dallo spazio), che si tradurranno, in sensibilità e risoluzione nettamente migliori, rispetto al minuscolo JWST, almeno nella banda del vicino infrarosso!

A loro vantaggio, come abbiamo detto prima, gli strumenti installati sui telescopi terrestri saranno tecnologicamente più evoluti perché possono essere facilmente aggiornati.

L'impossibilità di raggiungere il JWST gioca a suo sfavore, precludendo un aggiornamento della strumentazione come invece fu fatto più volte su HST.

Si capisce quindi che questa gara tra telescopi a tecnologia terrestre o spaziale crea dei grossi grattacapi alle varie agenzie che investono montagne di soldi in strumenti per la ricerca. I rischi di fallimenti e la veloce obsolescenza pesano parecchio su quelli spaziali.

Forse bisogna cambiare strategia!

È chiaro che per garantire una maggiore competitività, fattibilità e affidabilità ai futuri telescopi spaziali bisogna stravolgere l'idea tradizionale di strumenti "monolitici" sempre più grandi e complessi, adottando una filosofia

completamente diversa che faccia tesoro sia delle esperienze passate che delle tecnologie emergenti, traendo il massimo vantaggio dall'operare fuori dall'atmosfera.

Una strada già percorsa da diversi anni consiste nel realizzare telescopi spaziali più piccoli e "specializzati", con obiettivi specifici concentrati su un particolare vantaggio derivante dall'osservazione extra-atmosferica.

Ne sono un esempio, i numerosi telescopi che operano in bande lontane dallo spettro visibile, completamente bloccate dall'atmosfera (**infrarosso medio-lontano, ultravioletto, raggi X e gamma**).

Gli esempi più recenti in questo senso si chiamano **Plank, Herschel, Spitzer, Galex, Chandra, XMM-Newton, Integral, Agile e Fermi**. Una prova a favore del telescopio spaziale ottico è rappresentata sicuramente dai celebri **Kepler e Gaia** (Vedi Nota 1, pag.12 e Filmato su GAIA: https://youtu.be/wLjFCrz-j_w) che hanno sfruttato al massimo l'eccezionale stabilità fotometrica e posizionale che solo l'osservazione dallo spazio può garantire, allo scopo di rivelare transiti di esopianeti e fornire misure astrometriche ultra-precise (e non solo).



Transiting Exoplanet Survey Satellite (TESS)
Studiato dal MIT, è stato lanciato nel marzo del 2018 da un Falcon9

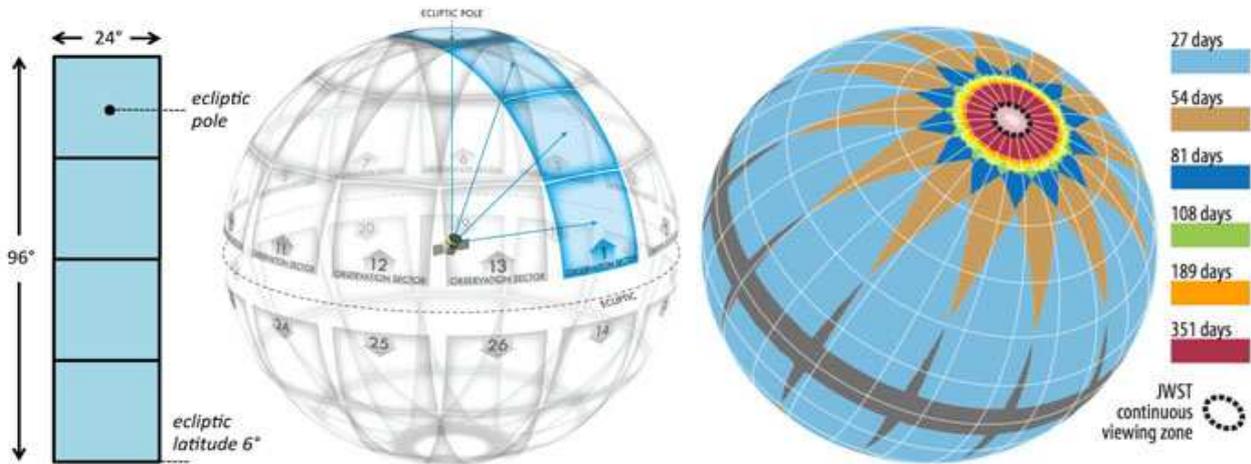
Un altro esempio di superiorità legate alla stabilità è sicuramente il nuovo cacciatore di pianeti extrasolari **TESS**.

Proprio all'inizio di quest'anno ha già cominciato a fornire risultati eclatanti.



Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena ; 40° - Anno 11 – N° 1 - 1/03/2019



Campo di esplorazione di TESS.

TESS è il successore del telescopio Kepler il quale esaminava solo lo 0,28% di tutta la volta celeste; TESS invece la esaminerà tutta! Se la densità di pianeti sarà la stessa vista da Kepler troveremo 12.000 pianeti in zona abitabile, contro gli attuali 30.

distante dalla Luna, che rappresenta un agente destabilizzante. Tale alta orbita dovrebbe rimanere stabile per decenni ed è in grado di mantenere le lenti dei telescopi a temperature costanti. La maggior parte dell'orbita sarà effettuata al di fuori delle fasce di Van Allen, per evitare danni da radiazioni.

Ogni 13,7 giorni raggiungerà il perigeo di 107.826 km e trasmetterà i dati raccolti alla Terra in circa tre ore.

Oggi però la risoluzione e la sensibilità giocano a favore di strutture a terra, già ora competitive rispetto all'HST e, in futuro, migliori anche del JWST.

Ma ci sono tecnologie che potrebbero aumentare di parecchio la sensibilità di quelli spaziali.

Una di queste potrebbe essere quella di aumentare enormemente la superficie di raccolta e "baseline" (cioè risoluzione) tramite

"trucchi" impossibili o difficili da realizzare con i telescopi a Terra.

Ad esempio, parlando solo di risoluzione angolare, i tentativi fatti per aumentare la "baseline" tramite interferometri che combinano la luce raccolta da più telescopi hanno avuto finora applicazioni molto limitate (si pensi all'europeo VLTi) sia per la complessità che



La prima immagine del primo settore dell'emisfero australe registrata dalle camere di TESS il 7 agosto 2018. Credit: NASA/MIT/TESS

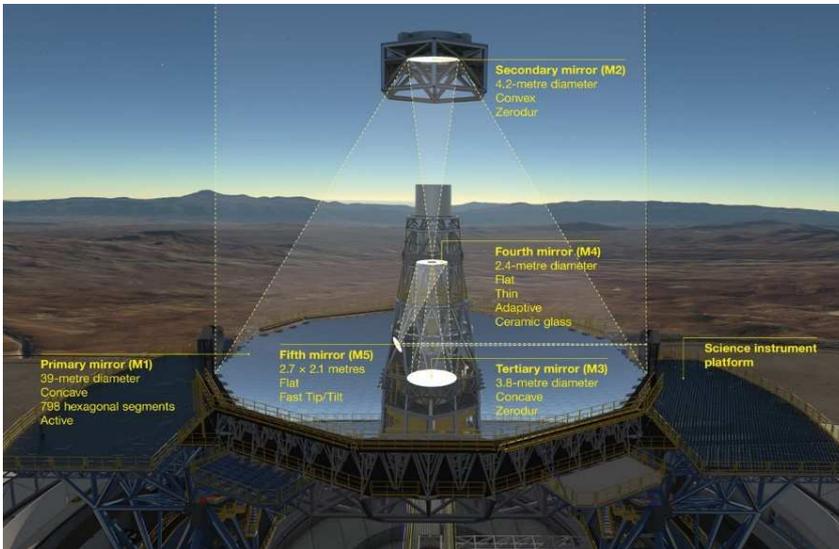
TESS utilizzerà una risonanza orbitale di 2:1 con la Luna, chiamata P/2 e mai usata prima. Il suo apogeo di 373 368 km è calcolato per mantenersi



per l'enorme disturbo dovuto alle distorsioni atmosferiche sul fronte d'onda.

auto-assembla nello spazio.

Si tratta di concetti sviluppati nell'ambito della attuale "Decadal Survey in Astronomy and Astrophysics", organizzata dal National Research Council (NRC) e che si concluderà nel 2020 con la scelta di un candidato.



A sinistra, sopra:
Extremely Large Telescope (ELT) di 39 metri.
In costruzione a Cerro Armazones, Cile.

Sotto:
i laser di simulazione di una pseudostella nota ed un particolare della superficie attiva.

Entriamo nel dettaglio di alcuni.



Luvair (Large UV/Optical/IR surveyor)

Fonte: <https://asd.gsfc.nasa.gov/luvoir/>

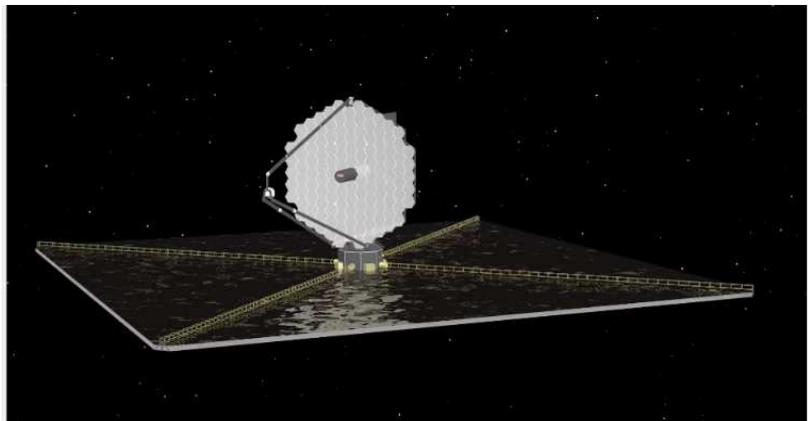
Questo progetto NASA assomiglia per molti versi al Webb. Il modo di assemblarsi, gli schermi protettivi e la tecnologia dello specchio sono molto simili. Può essere considerato il suo successore.

Trattasi di un telescopio con specchio principale segmentato di 15 metri (ma è anche prevista una versione ridotta da 8 metri) e altri 3 specchi di cui uno deformabile, in modo da avere un ampio campo di vista e una elevata stabilità di puntamento.

Rendering di Luvair in configurazione operativa (disegno preliminare) - Credit: NASA/ASD/GSFC

In linea di principio nello spazio molti aspetti si semplificano e dovrebbe essere relativamente più facile gestire una flotta di piccoli telescopi separati che combinano i fasci di luce in un unico "fuoco", producendo risoluzioni straordinarie anche su oggetti relativamente estesi e non solo su regioni ristrette.

In questo senso la NASA ha recentemente preso in considerazione un nuovo concetto di realizzare telescopi spaziali giganti con una struttura modulare che si





Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena ; 40°- Anno11 – N° 1 - 1/03/2019

Anch'esso sarà destinato ad "aprirsi" in L2, (Terra Sole) compreso il grande parasole. Lavorerà non solo nel vicino infrarosso ma anche nel visibile e nell'ultravioletto fino a 200 nm (una importante differenza rispetto al JWST); in quest'ultima banda, la risoluzione raggiungerebbe **2,7 millisecondi d'arco (mas) per pixel**, contro i 40 mas/pixel della "Wide Field Camera 3" installata su Hubble.

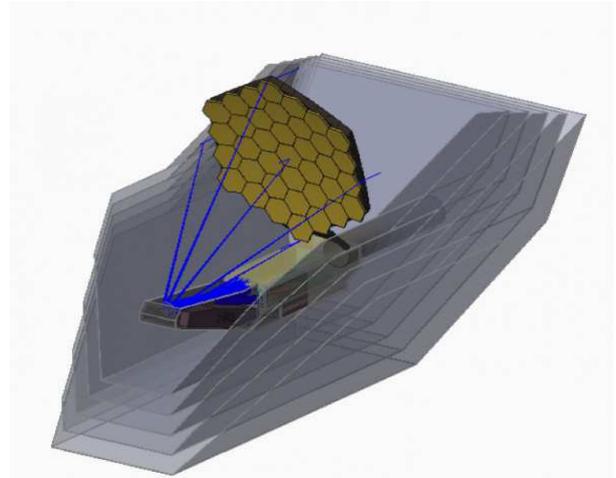
Il lancio è attualmente previsto per la seconda metà del prossimo decennio ma, vista l'esperienza di JWST (e per non creare competizione diretta con esso) è probabile che alla fine slitterà all'inizio degli anni '30.

Il vettore dovrà essere un lanciatore pesante della classe Delta-heavy, Falcon-Heavy o Ariane-5 ma si sta considerando anche la possibilità di usare il nuovo sistema di lancio SLS in fase di sviluppo. Il chè garantirebbe un alloggiamento più ampio (diametro di 8,5 o addirittura 10 m. contro i 5 m. dei precedenti) e una capacità di carico nettamente maggiore (fino a 50 tonnellate in L2). Questo progetto risentirà sicuramente di tutte le limitazioni del JWST e rischia di seguirne lo stesso destino in termini di rinvii, affidabilità e costi esorbitanti (già ora stimati in 3-5 miliardi di dollari).

Telescopio spaziale "Origins".

Anche questo progetto americano ricorda lo schema di JWST e in effetti lavorerà nella stessa regione dell'infrarosso medio e lontano, ma con alcune differenze. Lo specchio principale, costituito da 37 segmenti, misura poco più di 9 metri ed **ha un disegno ottico "fuori asse" che evita l'ostruzione da parte dello specchio secondario e dei supporti**; questo migliora l'immagine di diffrazione e il rapporto segnale/rumore, **fondamentale per la rivelazione dei pianeti extrasolari**.

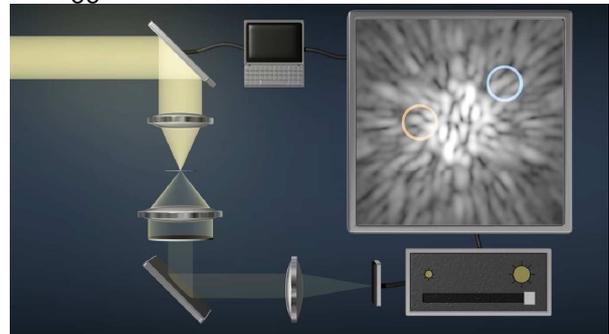
Con gli strumenti raffreddati attivamente a soli 6 K, si prevede che sarà 100 volte più sensibile di Spitzer e con una risoluzione 10 volte migliore nell'infrarosso medio. I principali campi di indagine saranno lo studio di protopianeti, le galassie remote e la cosmologia, senza disdegnare la ricerca e lo studio di oggetti trans-nettuniani nel Sistema Solare.



Rendering di Origins - Credit: NASA/JPAC/Caltech

HabEx con Starshade.

Questo è un concetto di "Habitable Exoplanet Observatory" basato su un telescopio a grande apertura (simile ad Hubble ma con specchio di 4 metri); per bloccare la luce di ciascuna stella e studiarne i pianeti, potrebbe utilizzare due diverse tecniche. La prima sfrutta il classico **coronografo**, (vedi schema a blocchi sotto) ma evoluto e con il supporto di uno specchio deformabile per correggere il fronte d'onda.



Fotogramma estratto dal filmato <https://youtu.be/czD5YcR1G4M> Credit NASA.

Al giorno d'oggi esistono molti tipi diversi di coronografo (vedi illustrazione sopra): alcuni cercano di concentrare tutta la luce della stella nella sua zona centrale, per mascherarla più efficacemente; altri cercano di sfruttare il fatto che la luce è composta da onde, ed è possibile farle interferire per annullarle a vicenda. Se infatti le creste di queste onde sono perfettamente allineate, allora la loro somma sarà un'onda

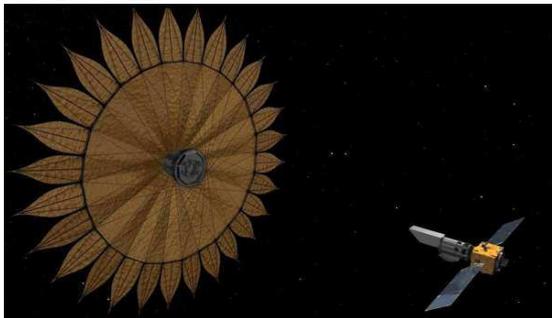


Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena ; 40° - Anno 11 – N° 1 - 1/03/2019

luminosa più intensa; se al contrario la cresta di una delle onde è allineata con la gola di un'altra, la somma di queste onde sfasate sarà un'onda di intensità nulla.

L'altro concetto, più innovativo e su grande scala, richiede l'ausilio di un enorme schermo circolare fatto con dei "petali" che si apriranno nello spazio, come un fiore o come una vela solare. Posizionandosi a 50mila km dal telescopio, questo "starshade" ampio oltre 60 metri coprirà **fisicamente** il disco della stella lasciando intravedere i pianeti attorno ad essa. L'allineamento stella-schermo-telescopio sarà garantito da motori a ioni installati su quest'ultimo, il tutto naturalmente sempre nella zona di librazione L2.



Rendering di HabEx con, a sinistra, lo "StarShade" - Credit: NASA/JPL

Il futuro a breve e medio termine.

In un futuro vicino (nei prossimi 10-15 anni), verrà implementata una nuova filosofia di costruzione di potenti telescopi tale da rendere questi strumenti meno costosi e più efficaci.

Vediamo come:

"Swarm telescope" e telescopi modulari auto-assemblanti.

Un modo per ridurre la complessità e il costo dei futuri telescopi spaziali è quello di sfruttare l'economia di scala utilizzando veri e propri "sciame" di telescopi identici che lavorano all'unisono (attraverso l'interferometria).

Due sostenitori di questa idea sono Jayce Dowell e Gregory B. Taylor, del Dipartimento di Fisica e Astronomia dell'Università del New Mexico, che hanno delineato la loro idea in uno studio intitolato "The Swarm Telescope Concept", recentemente apparso online e accettato per la pubblicazione dal Journal of Astronomical Instrumentation.

Come affermano nel loro studio, l'astronomia tradizionale si è concentrata sulla costruzione, la manutenzione e il funzionamento di singoli telescopi.

L'unica eccezione è la radioastronomia, in cui la lunghezza d'onda e gli effetti di diffrazione sono così grandi da costringere (e agevolare) l'uso di grandi interferometri, con molte antenne distribuite su una vasta area geografica, al fine di ottenere una buona risoluzione angolare.

Esempi in questo senso includono il "Very Long Baseline Array" (VLBA) e il costruendo "Square Kilometer Array" (SKA).

SKA è il progetto di un radiotelescopio che sarà costruito in Australia e in Sud Africa. Ultimazione prevista 2025-2030. Sarà capace di analizzare il cielo con una velocità diecimila volte superiore a quanto sia mai stato fatto prima!

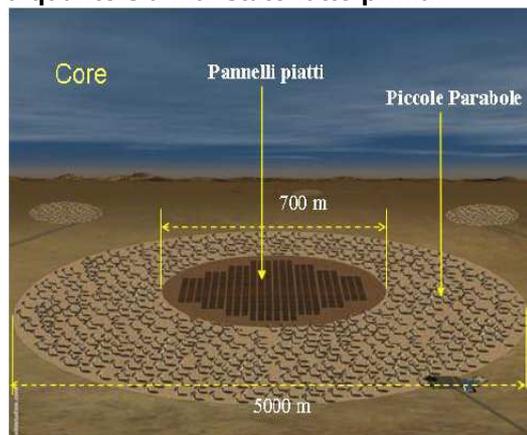
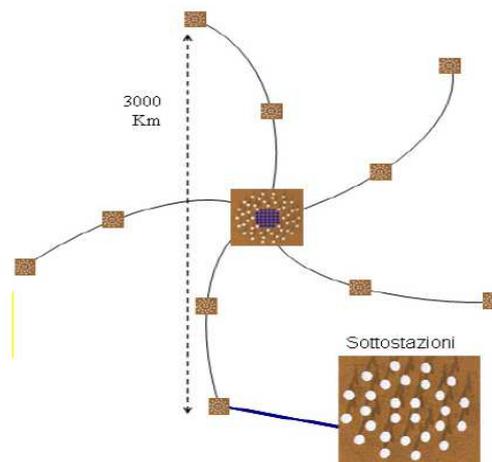


Illustrazione artistica del core di SKA e sotto la sua dislocazione definitiva su un'area di 3000 km.



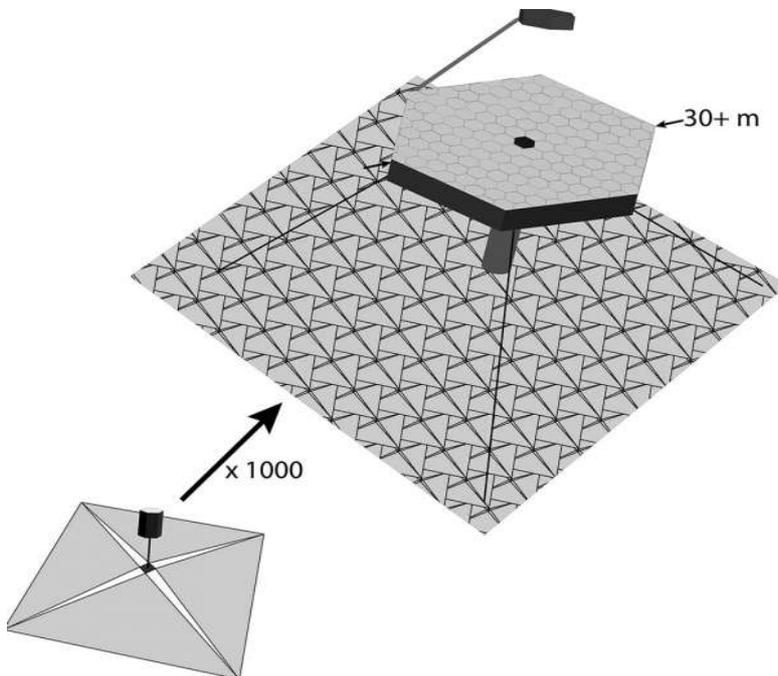


Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena ; 40° - Anno 11 – N° 1 - 1/03/2019

Questi strumenti "distribuiti" stanno diventando sempre più dipendenti dalle capacità di calcolo per l'elaborazione dei segnali digitali; tali elaborazioni permettono ai telescopi di effettuare contemporaneamente più campagne di osservazione, il che ne aumenta le capacità ma anche la complessità operativa a causa dei differenti requisiti di configurazione e conseguenti conflitti di pianificazione.

Una possibile soluzione, secondo Dowell e Taylor, è ripensare il telescopio, che consiste in un array distribuito in cui molti elementi autonomi si uniscono attraverso un sistema di comunicazioni per funzionare come una singola struttura. Questo passaggio richiede di spostare parte del processo decisionale dai pianificatori e dagli operatori umani a "operatori definiti dal software" che operano su ciascuna parte della struttura. Tali agenti software comunicano tra di loro e costruiscono array dinamici per soddisfare gli obiettivi di più osservatori, adattandosi anche alle diverse condizioni di osservazione e allo stato dei vari elementi dell'array.



Rappresentazione grafica (estremamente grossolana) del telescopio spaziale modulare auto-assemblante, costituito da un migliaio di elementi identici - Credit: D. Savransky

Questo approccio, sostengono, sarebbe particolarmente utile nel caso "Next Generation Very Large Array" (NGVLA), un progetto di interferometro che si baserà sull'eredità del VLA e di ALMA.

L'idea è ispirata dal concetto di "**sciame di intelligenze**" in cui il comportamento collettivo mostrato da grandi insiemi di insetti, uccelli o piccoli robots appare più complesso e "intelligente" rispetto a quello dei singoli individui. Il funzionamento dell'insieme si basa su tre fattori chiave: **controllo autonomo degli elementi, sistema di comunicazione tra elementi e gestione del trasporto di dati.**

Passando dalla banda radio a quella "visibile estesa" (che **comprende infrarosso e ultravioletto vicini**) e dalla superficie terrestre allo spazio, i concetti esposti richiamano l'idea di uno sciame di sonde-robot che si riuniranno nello spazio per formare un telescopio di almeno 30 metri.

Questo concetto di **telescopio spaziale auto-assemblante, attivo e modulare** è stato proposto da un team di astronomi americani guidati da Dmitri Savransky, della Cornell University.

L'intera struttura del telescopio, compresi gli specchi primari e secondari, le strutture di supporto e il parasole saranno costruiti da un unico modulo prodotto in serie.

Ogni modulo sarà composto da un veicolo spaziale esagonale con diametro di 1 m, alla sommità del quale ci sarà uno specchio attivo anch'esso esagonale; lo specchio avrà almeno trenta gradi di libertà, azionati da attuatori meccanici. In questo modo, gli specchi primari e secondari assemblati saranno completamente attivi e potranno assumere la forma appropriata dopo il montaggio. I moduli verranno lanciati in modo indipendente come payload secondario e navigano verso il punto L2 Sole-Terra utilizzando una vela solare dispiegabile. Le vele solari diventeranno quindi il parasole del telescopio planare durante l'assemblaggio del telescopio che funzionerà in modo autonomo senza ulteriori interventi umani o robotici.



Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena ; 40° - Anno 11 – N° 1 - 1/03/2019

Ho qualche perplessità sulla complessità delle attività che devono essere sviluppate nello spazio senza il supporto di astronauti o robotica specializzata. Assemblare un così elevato quantitativo di componenti, per altro, a parte i riflettori, non tutti uguali, richiede, a mio avviso, una tecnologia ed una affidabilità che oggi ancora non vedo. Abbiamo comunque ancora davanti più di un decennio di sperimentazione.

Oltre alle oggettive difficoltà tecniche vi sono poi anche i rischi di impatto con micrometeoriti devastanti per un sistema ottico e direttamente proporzionali all'area esposta dello strumento.

Alcune considerazioni importanti.

La comunità scientifica mondiale ha da tempo come obiettivo la necessità di indagare sugli esopianeti e magari poterli studiare da vicino! Cosa impossibile da realizzare andando sul posto con strumentazione adeguata. Un viaggio interstellare, anche solo robotico ha costi e rischi proibitivi, senza tener conto del tempo necessario per una missione del genere (secoli, con tecnologia di navigazione nello spazio che noi oggi ancora non abbiamo). **Quindi se vogliamo vedere un pianeta extrasolare con una definizione simile a quelle che ci hanno regalato le sonde Voyager sui corpi del sistema solare esterno, l'unico modo è quello di costruire nello spazio, telescopi talmente grandi e potenti che riescano a soddisfare le nostre richieste.** Anche se difficile, costoso e rischioso, non lo sarà mai come inventare una missione robotica che parta domani per una stella a qualche decina di anni luce da noi, per poi trasmettere a Terra ai nipoti dei nostri pronipoti immagini di un pianeta alieno. Aggiungo che quelle immagini, ammesso vi sia ancora qualcuno che le riceva, sono di quel solo sistema stellare e non di altri, mentre con una, sia pure avveniristica rete interferometrica di telescopio su L2 Giove-Sole, si potrebbe esplorare tutta la sfera celeste! Quali dovrebbero essere le caratteristiche di un telescopio in grado di individuare con una certa facilità la presenza su esopianeti di montagne, laghi, fiumi ed eventualmente forme di vita intelligenti?

Per vedere dettagli non più grandi di un kilometro a distanza di alcuni anni luce, è necessaria una **risoluzione dell'ordine di 10 nas**

(**nanosecondi d'arco = 10^8 arcsec**) e questo, nella banda visibile, si traduce in una "apertura" di circa 13.000 km.

Supponiamo di osservare un pianeta attorno a Proxima Centauri. Alla distanza di 4,24 anni luce, la risoluzione angolare "di riferimento" pari a 10 nas corrisponderà a un dettaglio di 1,94 km.

Per una fenditura circolare con una luce di colore verde ($\lambda=530$ nm), l'apertura corrispondente dovrà essere $A=13.300$ km.

https://it.wikipedia.org/wiki/Criterio_di_Rayleigh

Ne risulta uno specchio comparabile al diametro terrestre! È chiaro che realizzare uno specchio o una lente "piena" di queste dimensioni è improponibile, anche avvalendosi di tecnologie molto avanzate.

Quindi è **necessario ricorrere a un sistema interferometrico** in cui solo una piccola frazione dello spazio all'interno della nostra apertura è effettivamente colmato dalla superficie otticamente attiva di telescopi isolati, la cui luce viene raccolta e ricombinata in un apposito "correlatore".

Tutto questo oggi lo si riesce a fare già con i suddetti sistemi VLBI ma "a posteriori", **registrando digitalmente il segnale raccolto da ciascuna antenna e ricombinando il tutto in un secondo momento**; in altri interferometri più compatti, come il **VLA** o **ALMA**, la ricombinazione avviene in tempo reale, ma è richiesta una grossa capacità di calcolo da parte del dispositivo correlatore, che di fatto è un server ad elevatissime prestazioni.

Con il progetto **SKA** (Square Kilometer Array) si riuscirà a fare questa correlazione in tempo reale su base intercontinentale e con un numero molto più grande di antenne; un assaggio di quanto si potrà osservare è stato fornito nei giorni scorsi dalla splendida immagine delle fiammeggianti regioni attorno al centro della Via Lattea, realizzata con l'interferometro pilota **MeerKAT**.
<http://www.ska.ac.za/>



Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena ; 40°- Anno11 – N° 1 - 1/03/2019

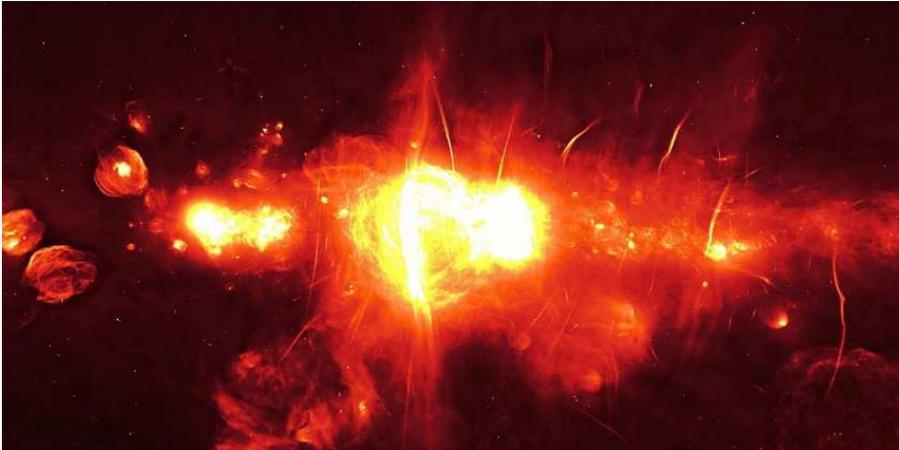


Immagine del "bulge" galattico, ampia circa 2°, un'area di 1.000 anni luce del centro della galassia della Via Lattea, dove più luminoso è il punto, più luminoso è il segnale radio, ottenuta con il radiointerferometro MeerKAT in SudAfrica.

(Credit: Square Kilometer Array Africa)

<https://newatlas.com/meerkat-galaxy-center-image/55474/>

La ricchezza di dettagli di questa immagine, la sua dinamica e l'ampio campo abbracciato sono tutte caratteristiche impensabili utilizzando una singola antenna!

La tecnica interferometrica in tempo reale nella banda delle onde radio, come fa SKA, è molto più facile rispetto ad una interferometria nel range del "visibile esteso".

Quest'ultima è un'impresa titanica.

Le tolleranze in gioco nel visibile, essendo proporzionali alla lunghezza d'onda, sono migliaia di volte più stringenti rispetto alle microonde.

Ad esempio, è necessario conoscere l'esatta posizione dei vari telescopi con una **accuratezza metrologica dell'ordine della decina di nanometri (10^{-8} m)**, cosa possibile solo tramite un sofisticato sistema di posizionamento laser. Anche la larghezza di banda e le capacità di calcolo del correlatore sono spaventosamente più grandi di quelle già imponenti richieste da SKA e, in questo senso, un aiuto fondamentale potrebbe derivare dallo sviluppo di computer quantistici, nettamente più rapidi degli attuali.

Proprio per effetto della enorme banda, le informazioni raccolte dai telescopi non potranno

essere trasmesse al correlatore usando le onde radio, ma si dovranno usare necessariamente frequenze più alte per sostenere l'elevatissimo bit-rate. Probabilmente bisognerà ricorrere ad impulsi laser di luce ultravioletta o addirittura ai raggi X!

L'alternativa alla mostruosa necessità di larghezza di banda e di velocità di elaborazione impensabile oggi, sarebbe quella di ricorrere ad un **correlatore**

"analogico". Con questa tecnica già disponibile oggi (ma su scale infinitamente più piccole), dopo avere introdotto opportuni "ritardi di fase" per correggere l'invitabile "non-planarità" e "non-perpendicolarità" nella configurazione di questi telescopi rispetto alla direzione di arrivo della luce, **si lascia che i fasci di luce interferiscano tra loro.**

Questo è ciò che effettivamente si fa negli attuali interferometri ottici, come il VLTi.

Come e dove costruirlo?

Dove collocarlo lo abbiamo già detto: L2 Sole-Giove! Non è escluso che schermi "leggeri" siano comunque necessari anche in L2 per proteggere il sistema dalle potenti radiazioni provenienti da Giove.

Naturalmente la "fabbrica di telescopi" non può essere sulla Terra, ma in un luogo il più vicino possibile alla destinazione finale ed anche ricco di materie prime. Nel caso di Giove, si potrebbe pensare a un satellite galileiano, ma ci sono due problemi: l'intenso bombardamento radioattivo e la "buca gravitazionale" che obbliga a spendere molta energia per uscire di Giove. Decisamente meglio sono i satelliti esterni oppure gli "asteroidi troiani" situati intorno a L5 e L6. Questi futuribili telescopi (o gruppo di telescopi collegati fisicamente) dovranno essere dotati di un sistema propulsivo per mantenere l'assetto relativo all'interno dell'interferometro, e per potersi orientare verso un particolare obiettivo celeste.

I siti di estrazione delle materie prime di fabbricazione e di assemblaggio dovrebbero essere fortemente automatizzati e la presenza



Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena ; 40° - Anno 11 – N° 1 - 1/03/2019

umana ridotta al minimo, facendo affidamento su robot autonomi ed intelligenti.

Una simile impresa, tecnologicamente possibile anche oggi, ma con investimenti (e rischi) mostruosi, potrebbe farci conoscere pianeti extrasolari con una risoluzione esaustiva senza bisogno di mandarci complicate e lentissime sonde o, ancora peggio, qualche generazione di astronauti.

**Immagini di pochi millisecondi d'arco
imprese su sensori CCD da centinaia di
miliardi di pixel ci darebbero risposte adeguate
alla domanda del terzo millennio:
siamo soli nell'universo?**

Nota 1) Dettaglio dell'ottica di GAISA:

La luce di un oggetto celeste entra nel dispositivo attraverso una delle due aperture, colpendo il grande specchio primario (M1 e M'1 nello schema del payload). Tramite una serie di riflessioni successive, a partire dallo specchio primario la luce percorre una lunghezza focale di 35 metri, alla fine della quale i due percorsi si incontrano nello specchio combinatore M4/M'4 e raggiungono infine il piano focale comune. Su di esso si trova un grande mosaico di sofisticati CCD progettati specificamente per questo strumento, ma che essenzialmente sono dei rivelatori di luce simili a quelli che si possono trovare nelle macchine fotografiche digitali. Con 106 CCD, l'intero piano focale conta quasi un miliardo di singoli pixel (un 'gigapixel') rispetto ai milioni di una macchina fotografica normale.

Mentre tutto il satellite, lentamente, ruota, la luce

proveniente dall'oggetto celeste (ovvero l'immagine dell'oggetto) attraversa il piano focale. In questa maniera Gaia scansiona continuamente tutto il cielo sfruttando i moti di rotazione e di precessione del satellite. Ogni zona del cielo viene osservata circa 70 volte durante la vita operativa del satellite.

Fonte:

<https://aliveuniverse.today/rubriche/appunti-di-vista/3523-telescopi-spaziali-meglio-piccoli,-numerosi-e-auto-assemblanti>

<https://aliveuniverse.today/rubriche/appunti-di-vista/3530-telescopi-spaziali-meglio-piccoli,-numerosi-e-auto-assemblanti-seconda-parte>

Riferimenti:

<https://www.nasa.gov/press-release/nasa-completes-webb-telescope-review-commits-to-launch-in-early-2021>

https://en.wikipedia.org/wiki/Wide_Field_Camera_3

<https://arxiv.org/pdf/1806.10634.pdf>

https://it.wikipedia.org/wiki/Terrestrial_Planet_Finder

<https://origins.ipac.caltech.edu/page/technology>

<https://www.jpl.nasa.gov/habex/>

https://en.wikipedia.org/wiki/Laser_Interferometer_Space_Antenna

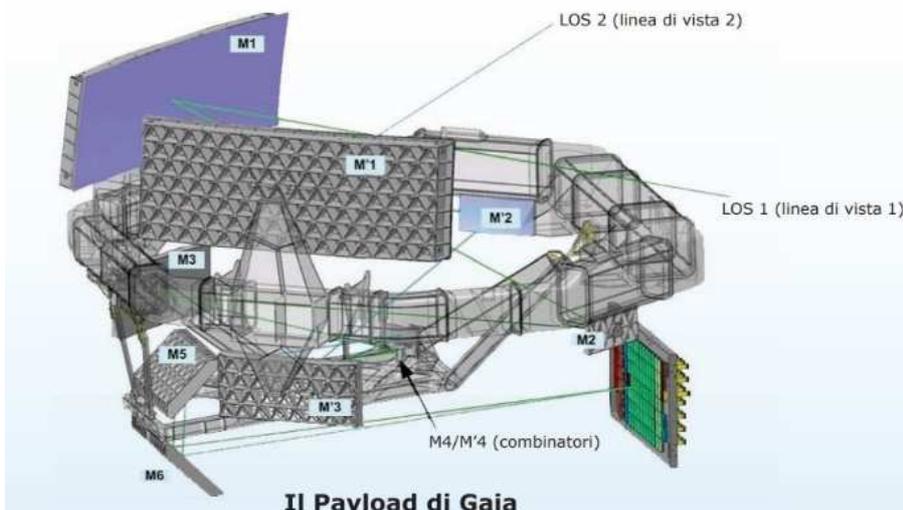
<https://www.universetoday.com/139149/nasa-is-investigating-a-self-assembling-space-telescope/>

https://www.nasa.gov/directorates/spacetechniac/2018_Phase_I_Phase_II/Modular_Active_Self-Assembling_Space_Telescope_Swarms

<https://www.universetoday.com/139461/what-comes-after-james-webb-and-wfirst-four-amazing-future-space-telescopes/>

<https://arxiv.org/pdf/1806.10634.pdf>

<https://arxiv.org/pdf/1806.10634.pdf>



Il Payload di Gaia

Associazione Culturale "Il C.O.S.MO." (Circolo di Osservazione Scientifico-tecnologica di Modena); C.F.:94144450361 **pag: 12 di 12**

Questa rivista, le copie arretrate, i suoi articoli e le sue rubriche, non possono essere duplicati e commercializzati. È vietata ogni forma di riproduzione, anche parziale, senza l'autorizzazione scritta del circolo "Il C.O.S.Mo". La loro diffusione all'esterno del circolo è vietata.

Può essere utilizzata solo dai soci per scopi didattici. - **Costo:** Gratuito sul WEB per i soci - **Arretrati:** Disponibili e gratuiti sul WEB per i soci.