

Corso base di Astronomia Generale

Gli strumenti per l'osservazione dell'Universo

VARI TIPI DI STRUMENTI PER L'OSSERVAZIONE DEI FENOMENI CELESTI

I telescopi ottici terrestri (nello spettro visibile o quasi)

I telescopi ottici nello spazio (c.s.)

I telescopi ottici speciali (nell'UV o IR)

I radiotelescopi

I rilevatori di onde gravitazionali

I TELESCOPI OTTICI TERRESTRI

Prima di Galileo, l'osservazione del cielo veniva compiuta ad **occhio nudo**, ma c'erano strumenti, anche sofisticati.



Stonehenge, Inghilterra, è ritenuto un antico osservatorio, utilizzato in particolare per i punti di solstizio ed equinozio (3100-1600 a.C.)



Jantar Mantar, a Jaipur, India, consente a occhio nudo la determinazione precisa degli oggetti astronomici nelle coordinate altazimutali, equatoriali e persino eclittiche (1727-1734) Utilizzato dal maharaja Jai Singh per creare tavole astronomiche che furono poi usate in India per oltre un secolo.



Macchina di Antikithera, Grecia, un sofisticato planetario per calcolare il sorgere del sole, le fasi lunari, i movimenti dei pianeti, i giorni e molto altro (150-100 a.C.)

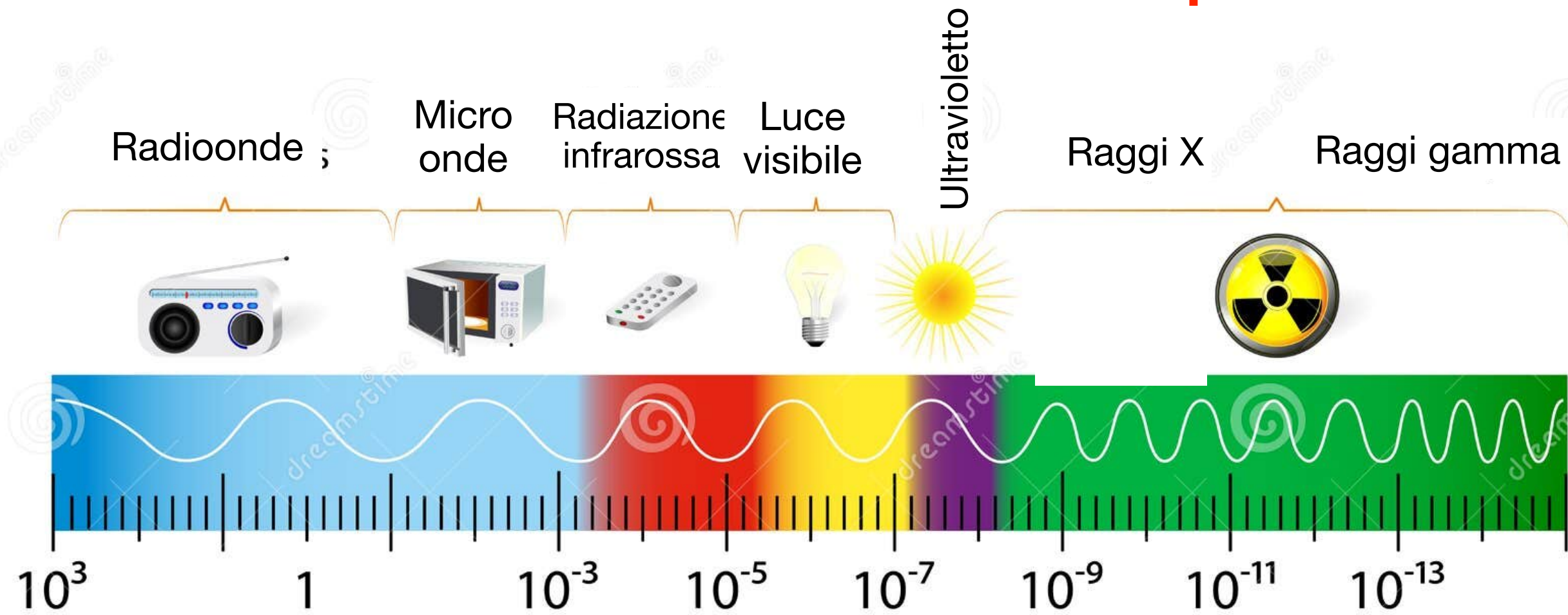


Astrolabio, strumento per calcolare la posizione del sole e delle stelle, relativamente all'anno e all'ora, per una data latitudine (I secolo a.C. e fino a tempi recenti)

LO SPETTRO ELETTROMAGNETICO

-LO SPETTRO ELETTROMAGNETICO

ovvero... cosa vedono i telescopi?

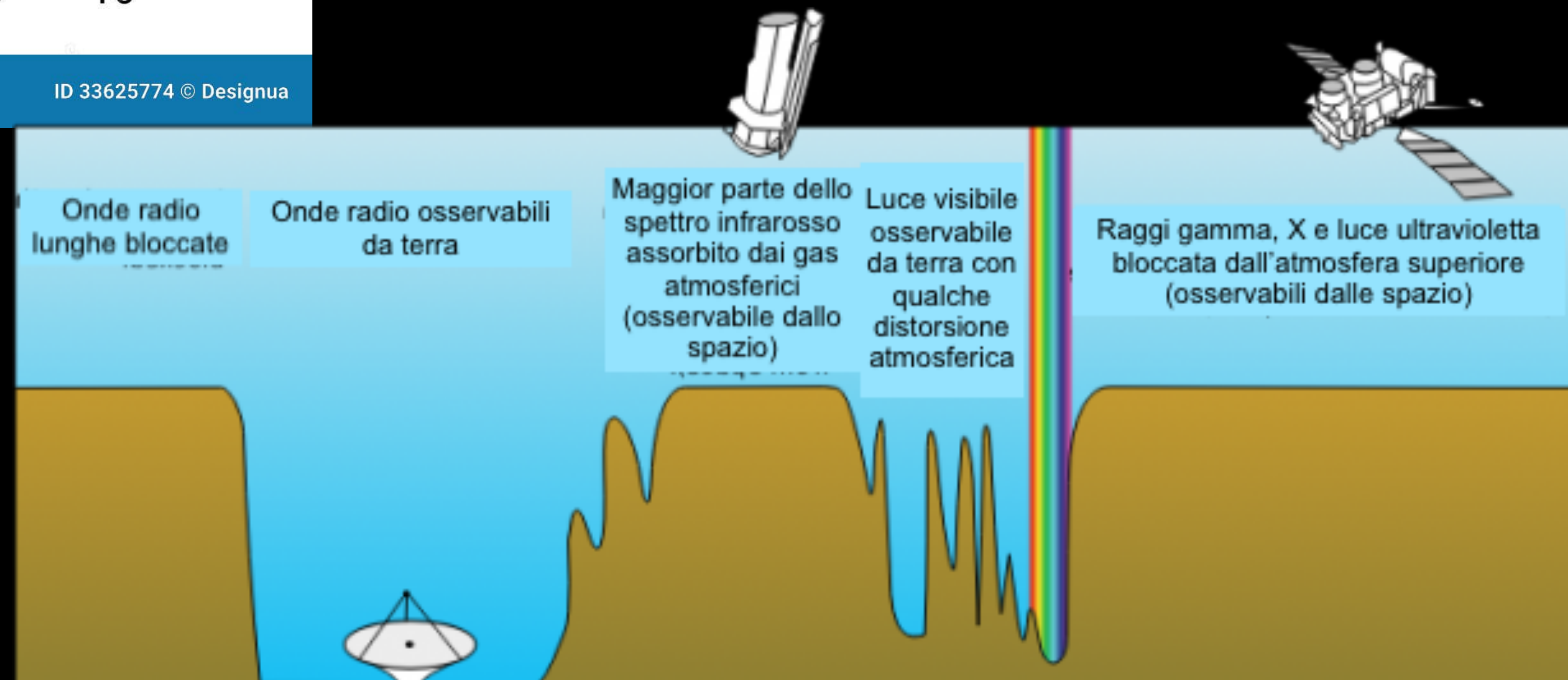


dreamstime.com

ID 33625774 © Designua

Le lunghezze d'onda più corte (gran parte dell'**ultravioletto**, i **raggi X** e i **raggi gamma**) sono invece bloccati dalla rifrazione atmosferica (**Rayleigh scattering**)

Purtroppo, per fortuna l'atmosfera blocca una grande quantità di lunghezze d'onda a causa della presenza di molecole che assorbono certe bande di luce (principalmente il **vapore d'acqua**, che blocca una grande parte dell'IR e tutte le onde radio con grande lunghezza d'onda, ma anche l'**anidride carbonica**, l'**ossigeno** (in particolare l'**ozono**), il **metano** e certi ossidi di azoto).



I TELESCOPI OTTICI TERRESTRI



Dal **1609**, con l'invenzione del moderno **telescopio ottico** (lenti e/o specchi) da parte di Galileo Galilei e Isaac Newton, abbiamo strumenti che possono ingrandire e amplificare la luce proveniente dagli oggetti celesti, consentendo enormi progressi nel campo dell'Astronomia.

Da allora sono stati costruiti strumenti sempre più grandi e sempre migliori, che hanno consentito una conoscenza del cielo sempre più dettagliata.

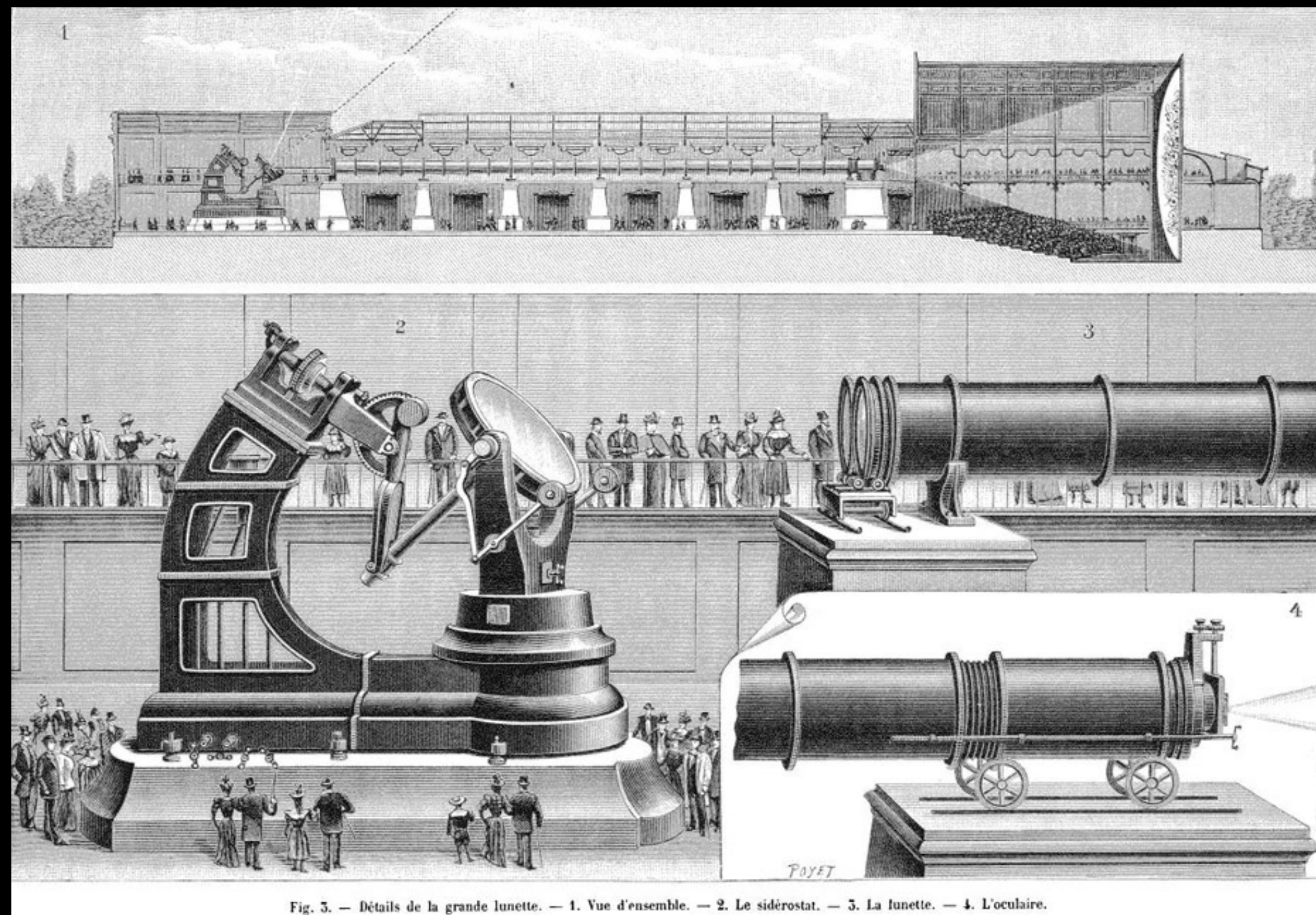


Fig. 3. — Détails de la grande lunette. — 1. Vue d'ensemble. — 2. Le sidérostat. — 3. La lunette. — 4. L'oculaire.

Il rifrattore (telescopio a lenti) **più grande mai costruito**, per l'esposizione universale di Parigi del 1900 (durato un anno): diametro **1,25 m**, distanza focale **57 m**, max FOV **3'** (500x)

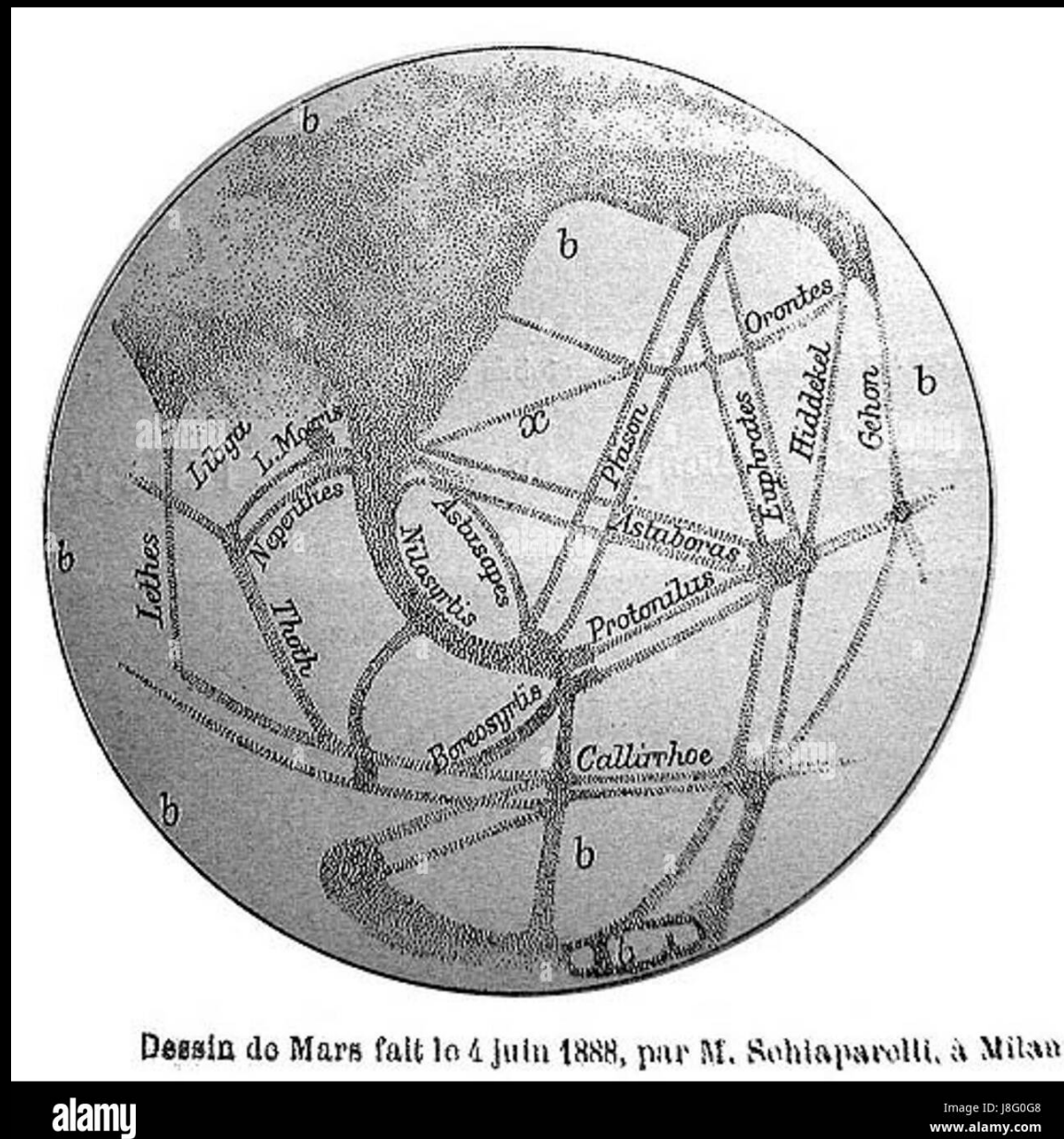
Il rifrattore più grande esistente, Osservatorio **Yerkes** (USA), 1897, diametro **1,02 m**, distanza focale **19,3 m**



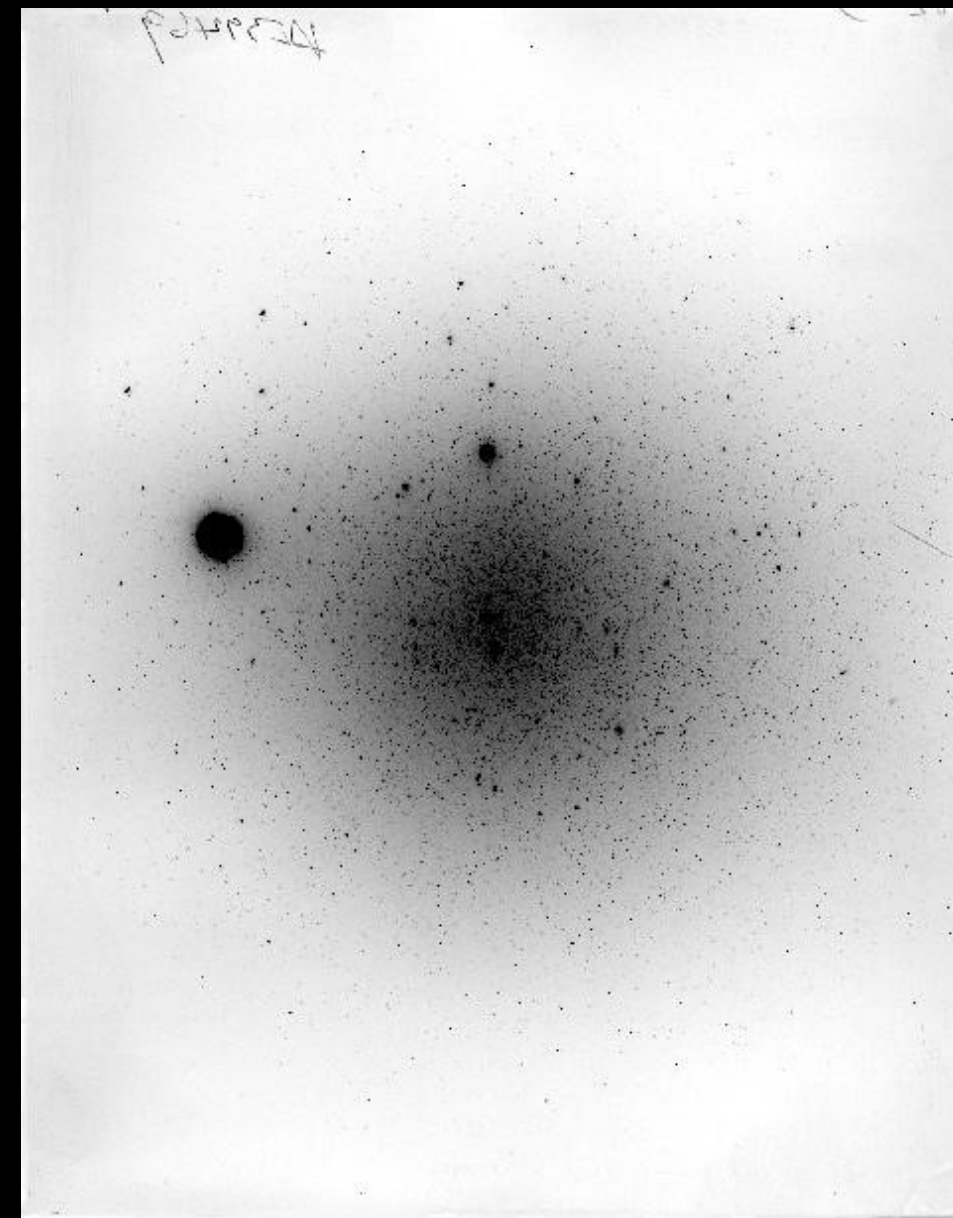
I TELESCOPI OTTICI TERRESTRI

Un significativo progresso è stato conseguito anche con lo sviluppo di **mezzi per registrare le immagini**.

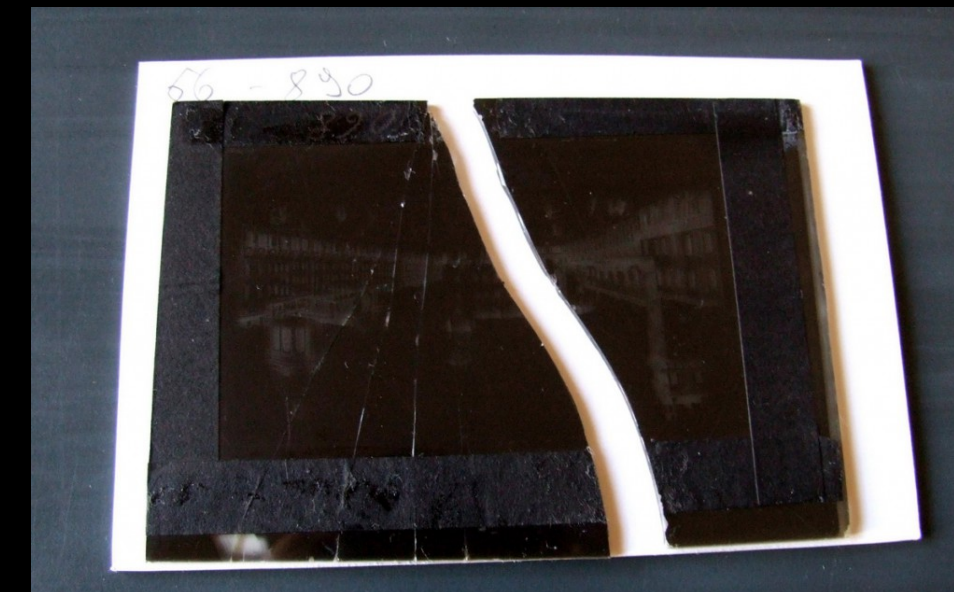
I primi astronomi erano costretti a lunghe ore di osservazione, attendendo i momenti in cui la visibilità era migliore, e trasferivano sulla carte, con la matita, ciò che vedevano (o che credevano di vedere).



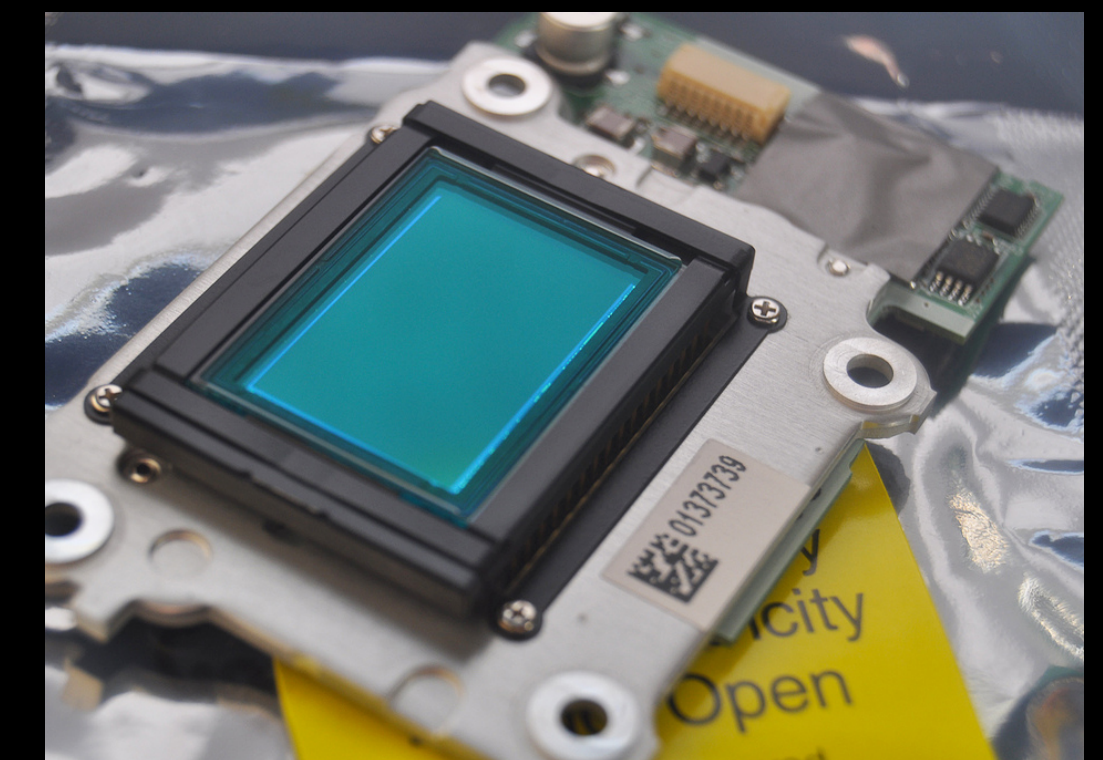
Un disegno della superficie di **Marte**, realizzato da Giovanni Schiaparelli nel **1888** dall'Osservatorio di Milano.



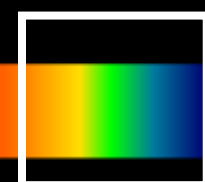
Un grande progresso si ottenne con le **lastre fotografiche**, spesso trattate in modo speciale, e successivamente con le **pellicole fotografiche** commerciali o per uso specificatamente astronomico, usate fino agli anni 80 del secolo scorso.



Certo, poteva capitare qualche inconveniente...



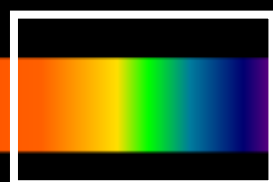
Attualmente, si usano dei **sensori elettronici digitali**, che hanno un costo e una resa enormemente più elevati, anche perché consentono l'**elaborazione computerizzata** delle informazioni registrate.



I TELESCOPI OTTICI TERRESTRI



Al momento, il più grande telescopio **ottico** è il **GTC (Gran Telescopio Canarias)**, a Roque de los Muchacos, sull'isola di La Palma (Canarie), riflettore con uno specchio del diametro di **10,4 m**

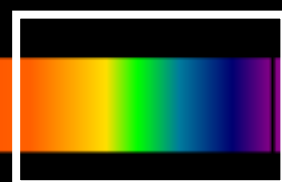


I TELESCOPI OTTICI TERRESTRI

In **Italia**, il telescopio ottico più grande si trova nell'**Osservatorio Astrofisico di Asiago**, dotato di un telescopio Cassegrain con specchio del diametro di **1,82 m**.



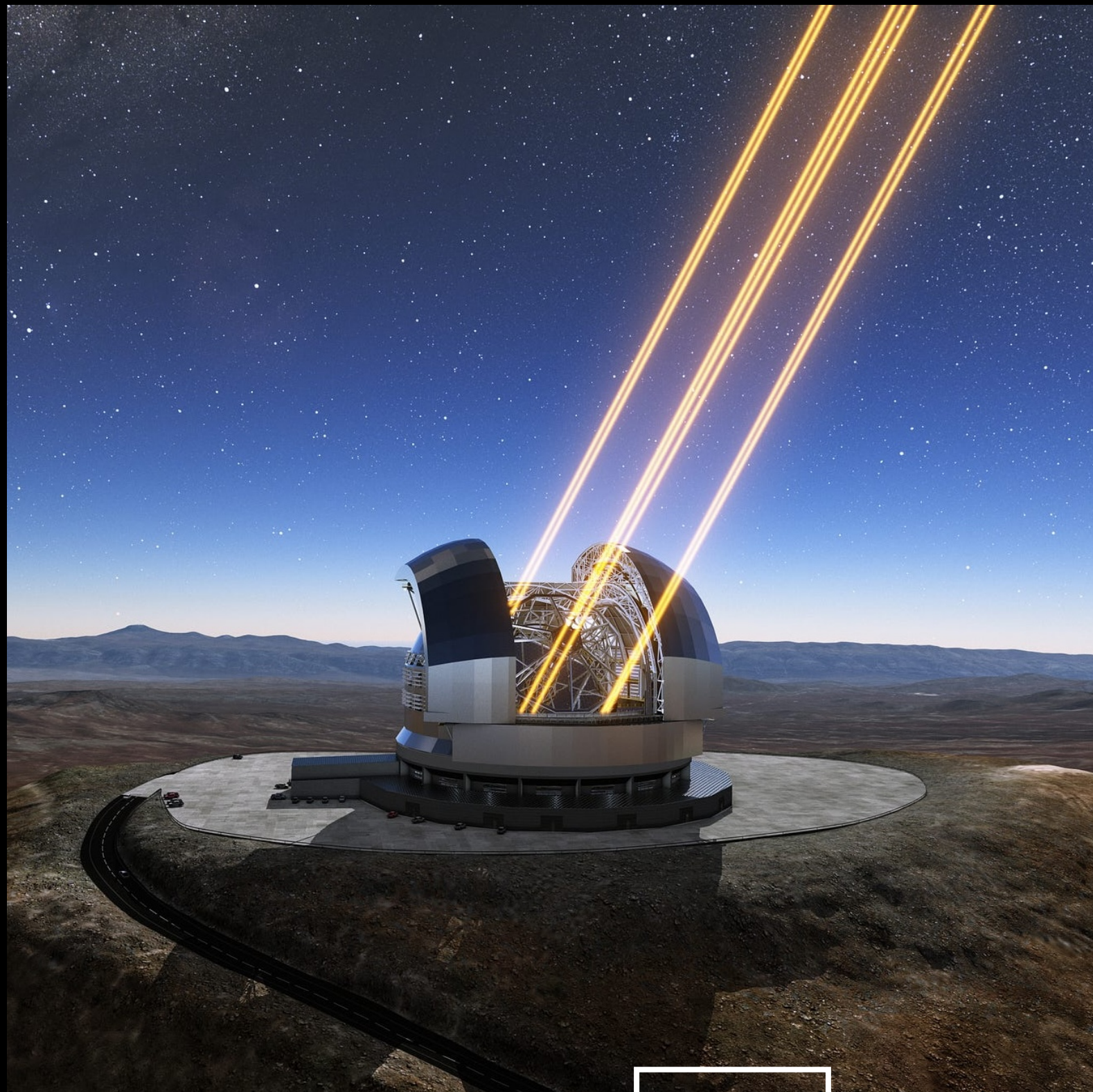
Il più grande **telescopio Italiano**, il Telescopio Nazionale Galileo (**TNG**), con specchio di **3,58 m** di diametro, si trova però a Roque de los Muchachos, sull'isola di **La Palma (Canarie)**.



I TELESCOPI OTTICI TERRESTRI

Un altro decisivo progresso nelle ottiche dei telescopi è stata l'invenzione delle “**ottiche adattative**”.

Il maggiore impedimento per una visione distinta è costituito dalla **turbolenza** dell'atmosfera, soprattutto nella parti basse (non a caso i telescopi si costruiscono sulla cima delle montagne). Il cambiamento di **rifrazione** dovuto al passaggio della luce attraverso le bolle d'aria di diversa densità e temperatura è equivalente a vedere i raggi luminosi provenienti dal cielo **come se fossero riflessi da uno specchio inclinato**.

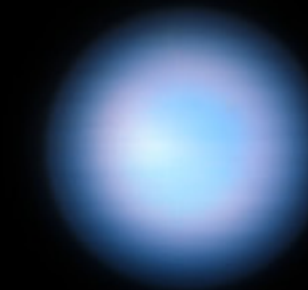


Nelle **ottiche adattative**, mediante laser vengono create delle “**stelle artificiali**” e rilevata la diffrazione istantanea dei raggi luminosi.

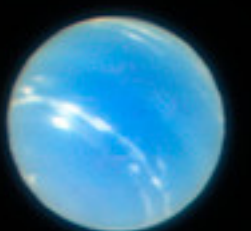
Gli specchi di questi telescopi sono costituiti da un **mosaico di membrane** di vetro con spessore molto ridotto (1-2 mm) coperte da uno strato di alluminio.

Queste “membrane” vengono **deformate** da attuatori che le spingono o tirano in modo da deformare la superficie riflettente **in modo opposto a quello della diffrazione**, correggendo così l'immagine.

Potete vedere l'effetto su questa immagine di Nettuno, **senza** l'ottica adattativa...



... e **con** l'ottica adattativa in funzione:

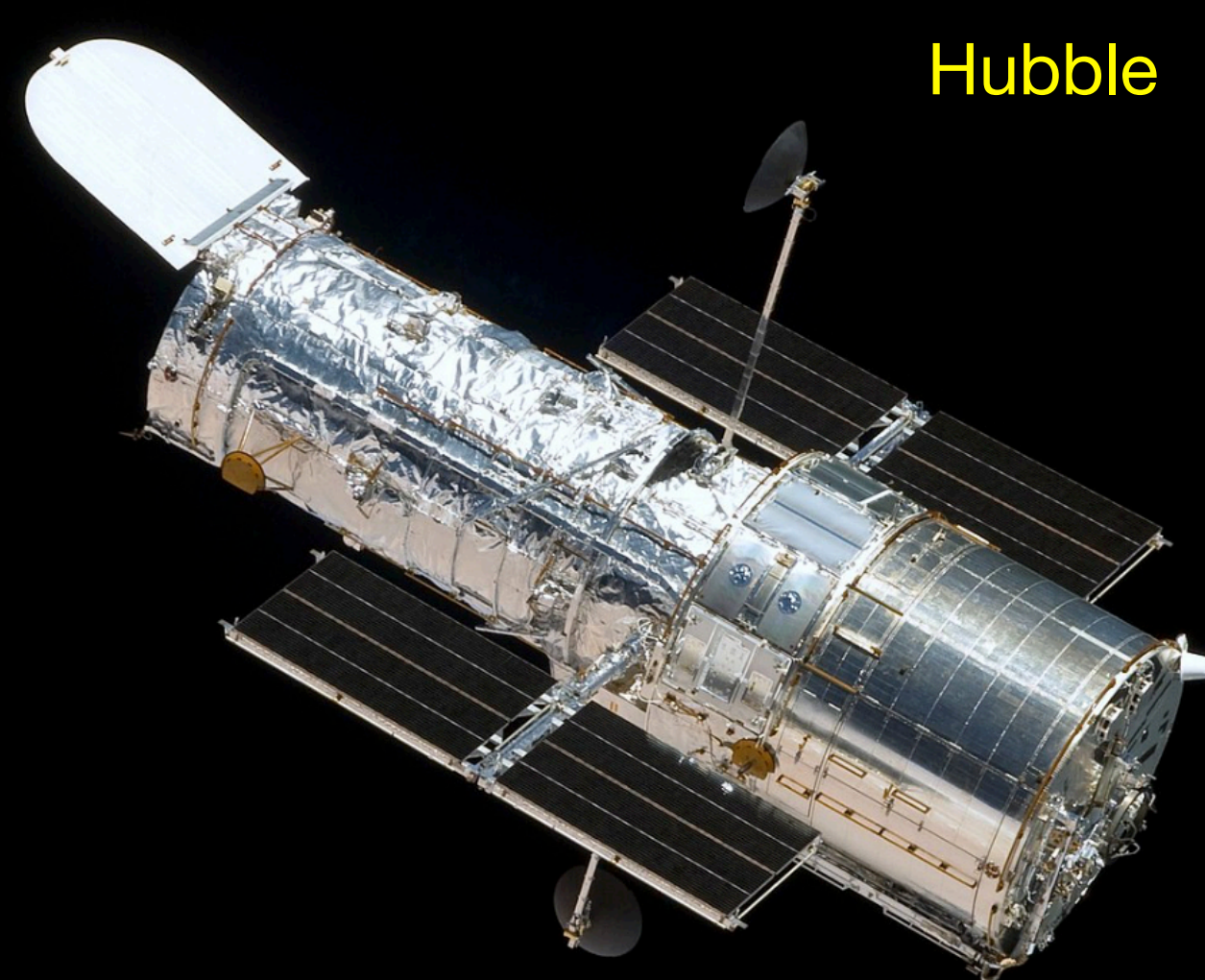
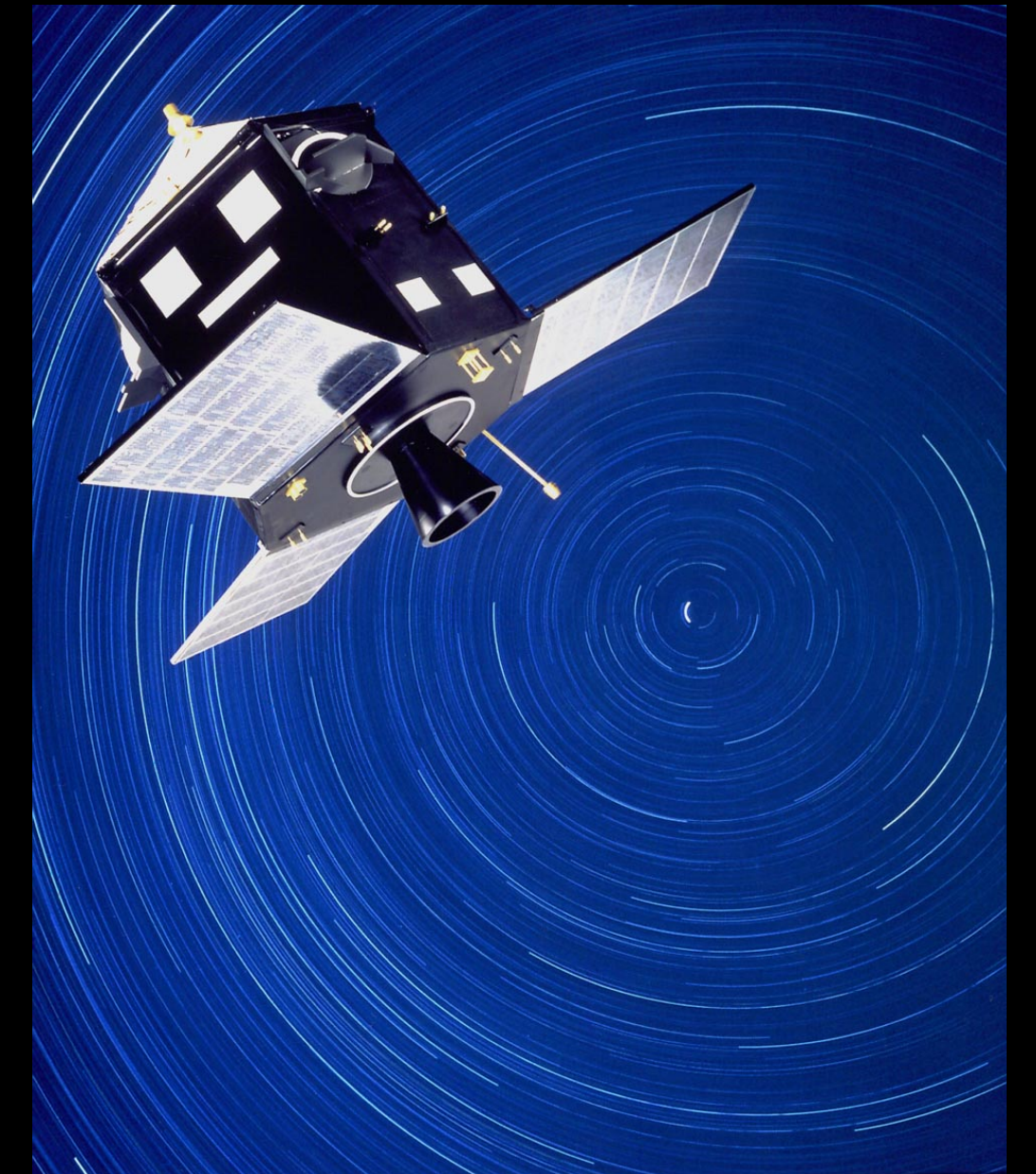


I TELESCOPI SPAZIALI

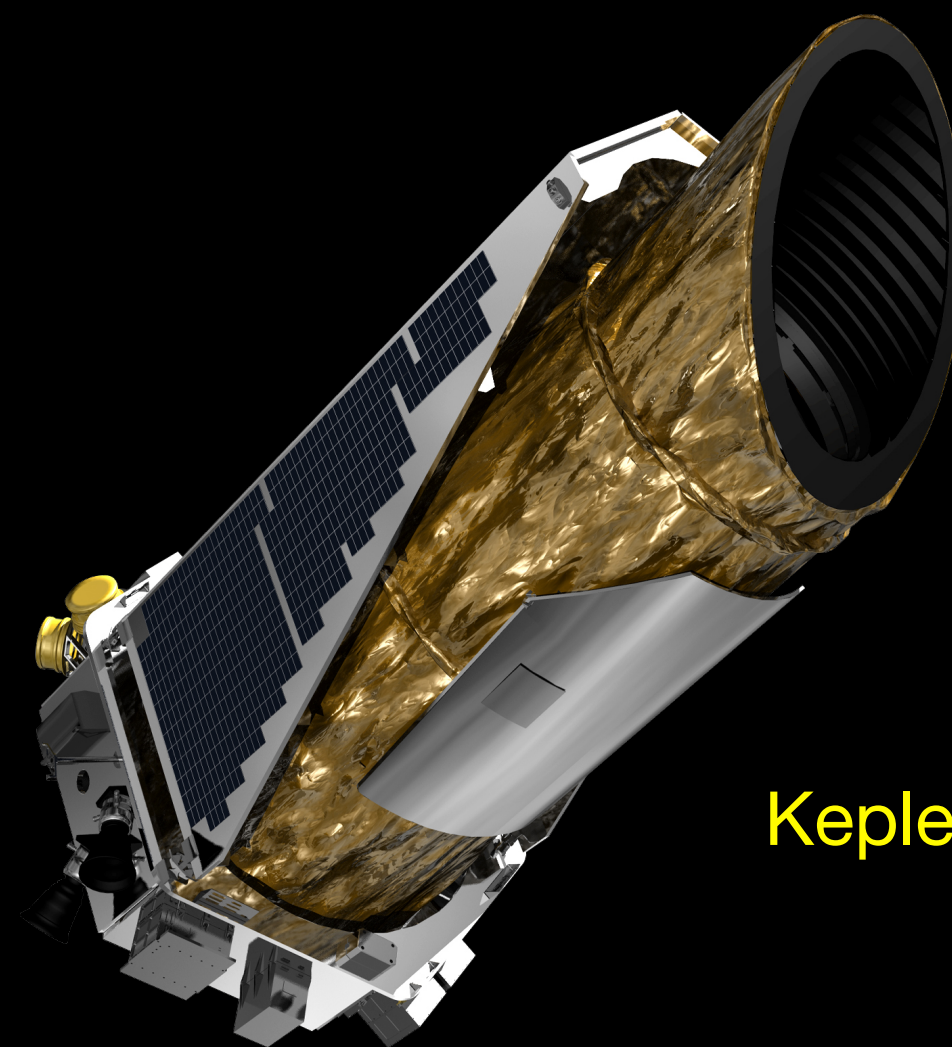
Dato che l'atmosfera **degrada** notevolmente le prestazioni dei telescopi, quale migliore soluzione di... liberarsi dell'atmosfera tout court? Entrino i **telescopi spaziali**!!!

Il primo telescopio spaziale che lavorava **nel visibile** è stato **Hipparcos** (ESA, 1989 - 1993). La sua missione era l'accurata misurazione della posizione degli oggetti celesti. Ne risultò in **Catalogo Hipparcos**, con oltre **118.000** oggetti.

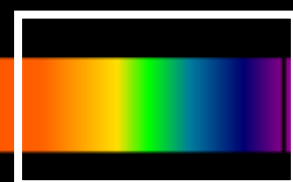
Hubble (NASA-ESA, 1990) e **Kepler** (NASA, 2009) sono altri due telescopi spaziali ben noti per le immagini che hanno fornito e, nel caso di **Kepler**, per la scoperta dei primi esopianeti.



Hubble

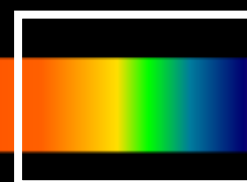
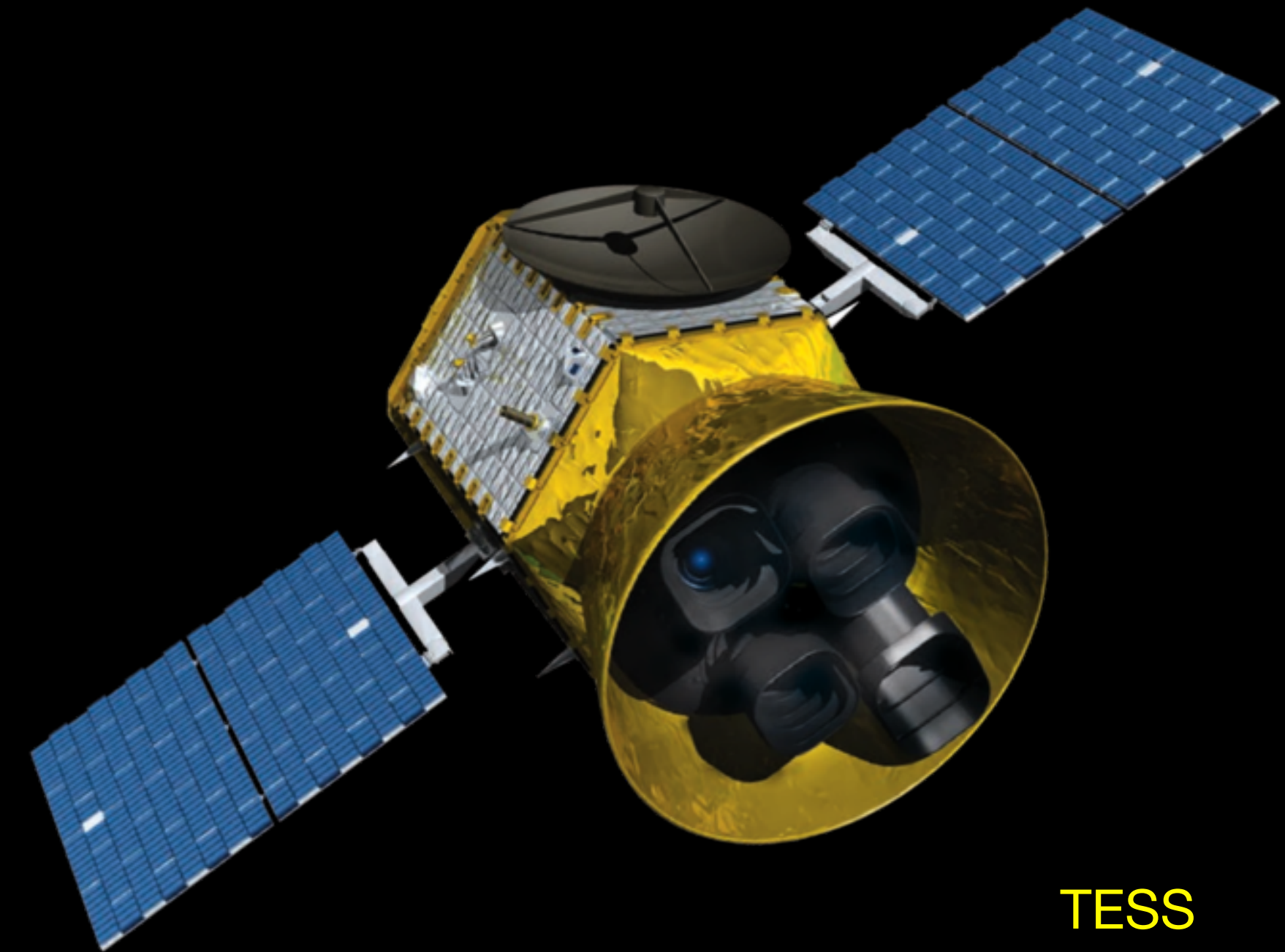


Kepler



I TELESCOPI SPAZIALI

Altri telescopi spaziali ottici sono stati lanciati e la maggior parte è ancora in funzione. Tra questi, particolarmente noti sono **Gaia** (ESA, 2013), che è il successore di **Hipparcos**, ovvero è dedicato all'astrometria di precisione e **TESS** (Transiting Exoplanets Survey Satellite, NASA, 2018), che è il successore di **Kepler** ed è dedicato alla scoperta di esopianeti. Ambedue, peraltro, con obbiettivi **molto più ambiziosi** dei loro predecessori.



I TELESCOPI SPAZIALI

In realtà, ci sono **moltissimi telescopi nello spazio**, la maggioranza dei quali dedicati all'osservazione in bande elettromagnetiche **non ottiche**, che sono filtrate o bloccate dall'atmosfera terrestre e, quindi, sono **osservabili solo dallo spazio**.

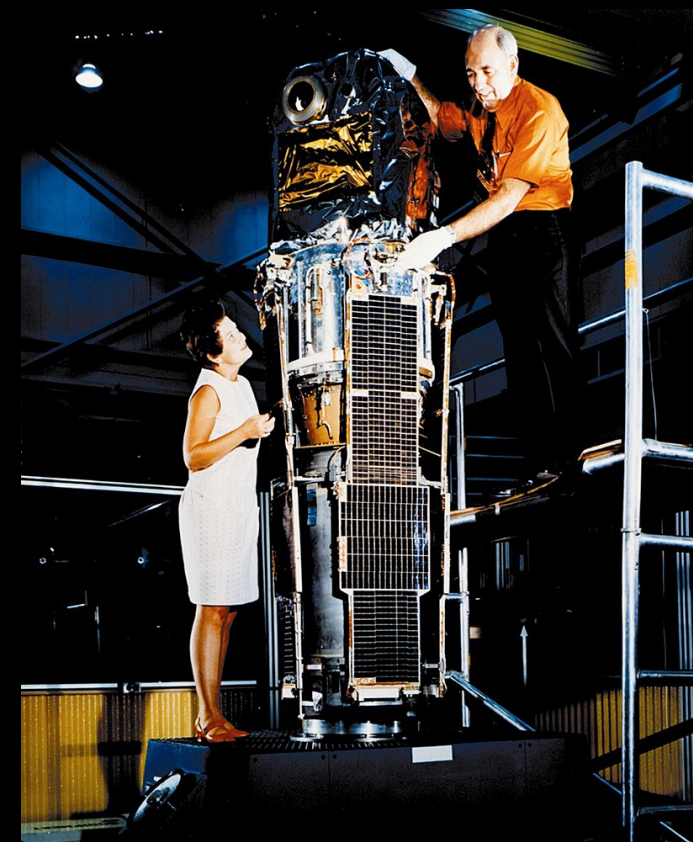
Il primo telescopio spaziale fu lanciato dall'ex **URSS** nel lontano **1965**. Denominato **Proton 1** (primo di una serie di quattro) era dedicato all'osservazione dei **raggi cosmici e delle particelle elementari**. Le loro missioni durarono pochi mesi (ultimo lanciato nel 1968), dopodiché i satelliti rientrarono nell'atmosfera terrestre.

Molti telescopi spaziali sono stati lanciati per l'osservazione dell'Universo ai **raggi X**, il cui capostipite fu **Uhuru** (**NASA, 1970-73**), seguito da una valanga di altri, di cui il più noto è certamente **Chandra** (**NASA, 1999**)

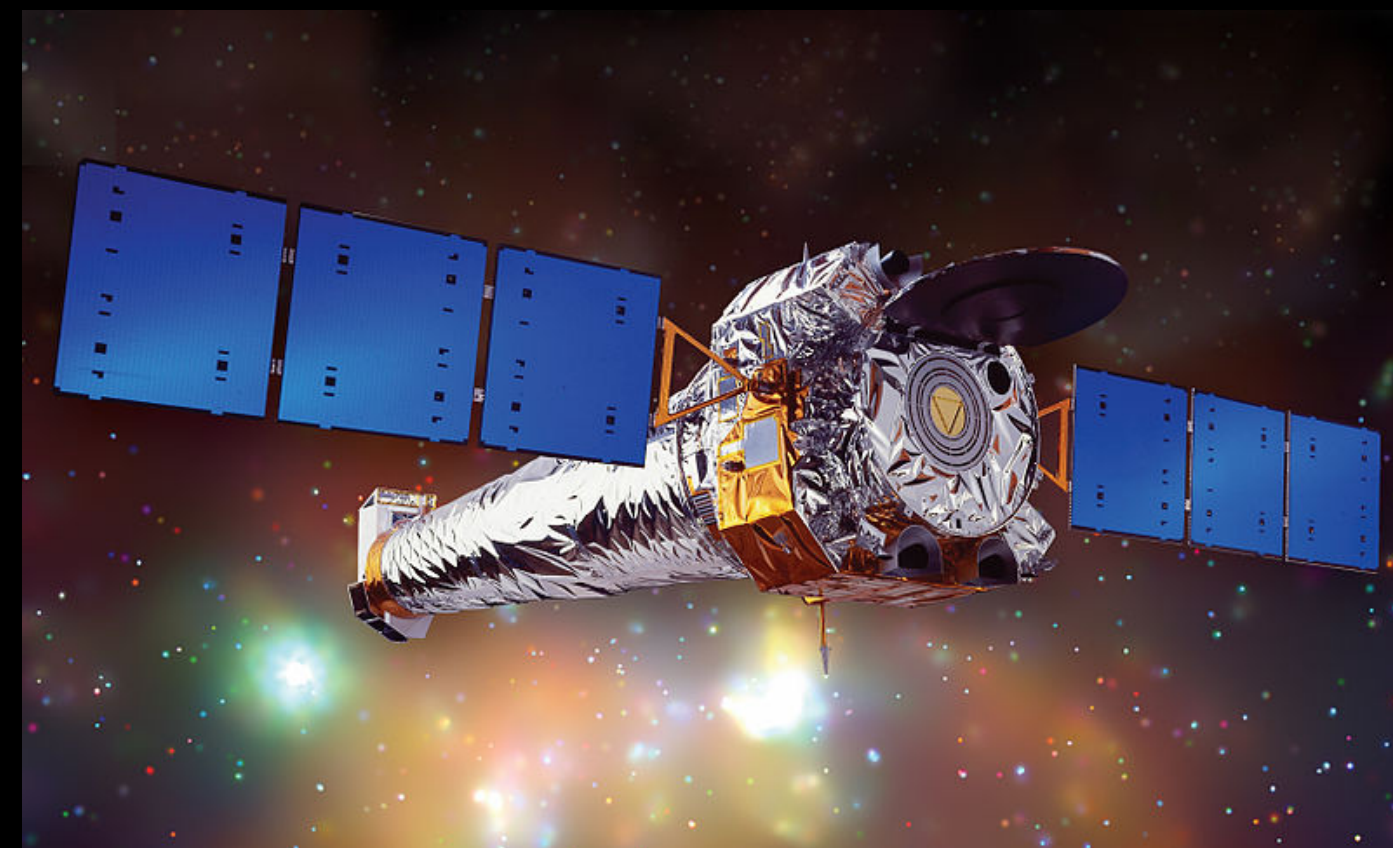
Il più recente telescopio spaziale per lo studio del cielo a **raggi X** è lo **Space Variable Objects Monitor** (SVOM) **cinese**, lanciato il **22 giugno 2024**, utilizzato anche per lo studio degli **impulsi a raggi gamma**.



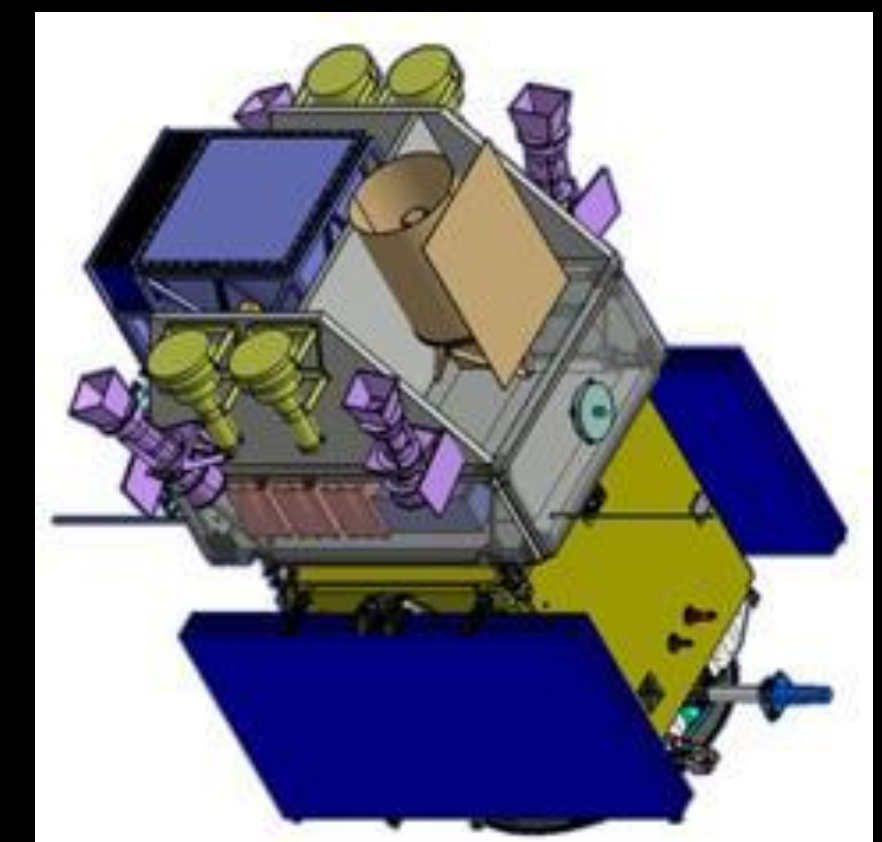
I satelliti Proton



Uhuru



Chandra X-ray Observatory



Disegno dello SVOM

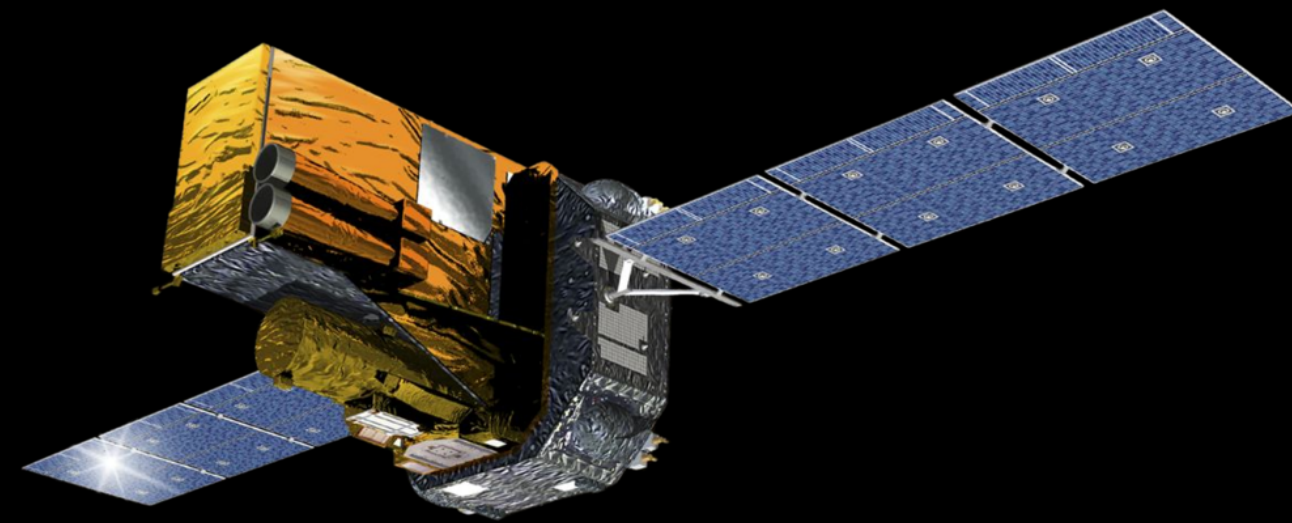


I TELESCOPI SPAZIALI

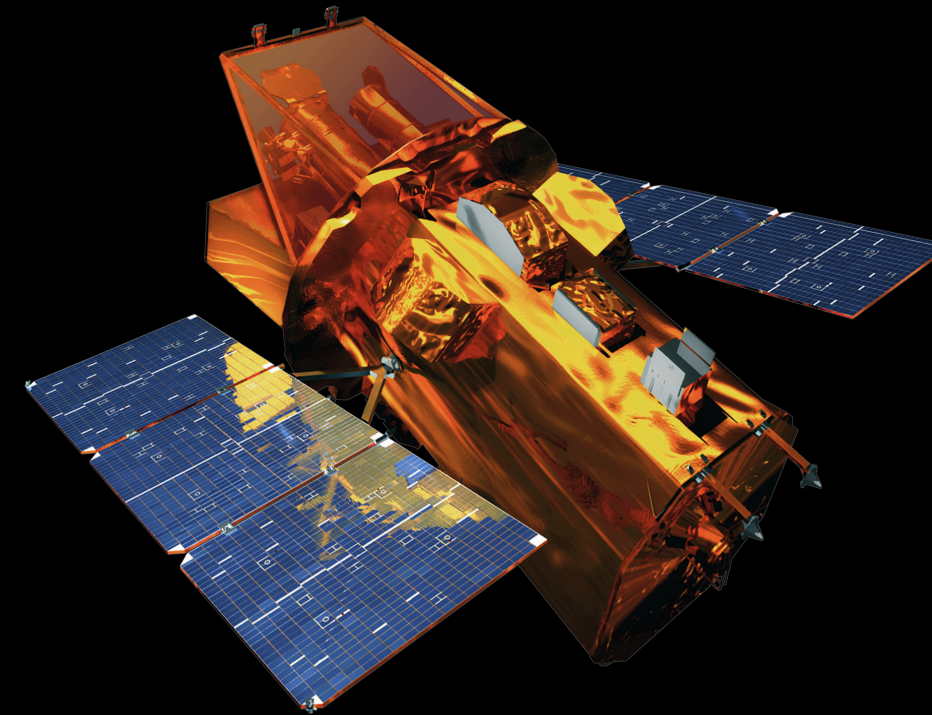
Altri telescopi spaziali ben noti per lo studio dei raggi gamma sono il Compton Gamma Ray Observatory (CGRO, NASA, 1991-2000) e i suoi successori INTEGRAL (International Gamma Ray Astrophysics Laboratory, ESA, 2002), il Neil Gehrels Swift Observatory (NASA, 2004) e il Fermi Gamma-ray Space Observatory (NASA, 2008). Ce ne sono altri...



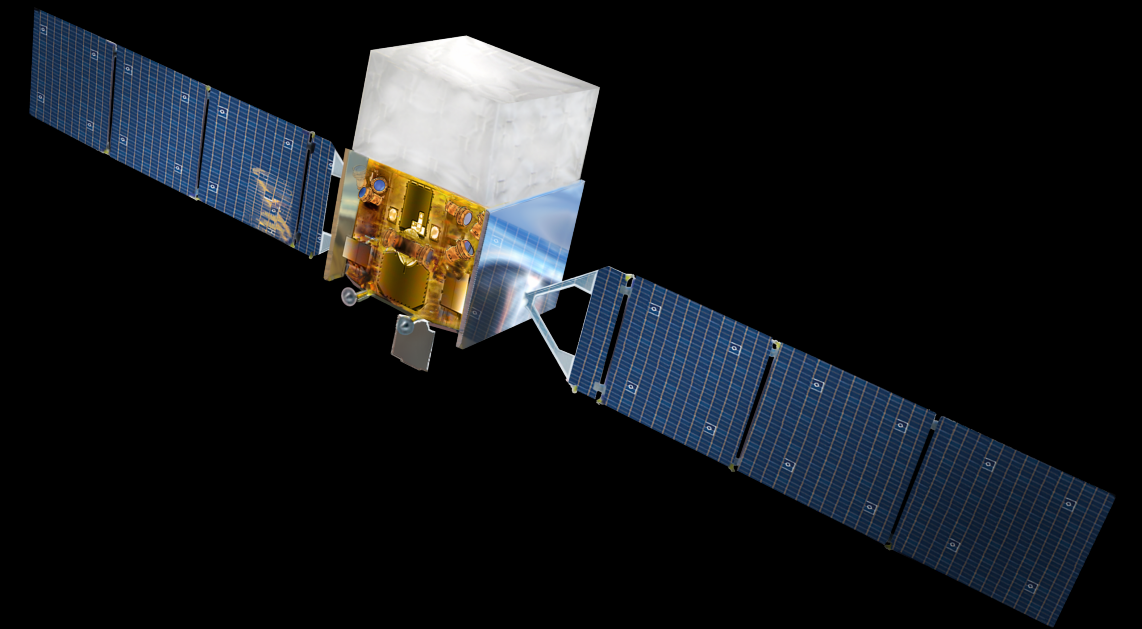
Compton



INTEGRAL



Swift



Fermi

Vi sono numerosissimi altri telescopi spaziali dedicati a particolari osservazioni (ad esempio per scoprire le nove e le supernove) o in particolari bande (ultravioletto, infrarosso...), che sarebbe troppo lungo e noioso elencare.

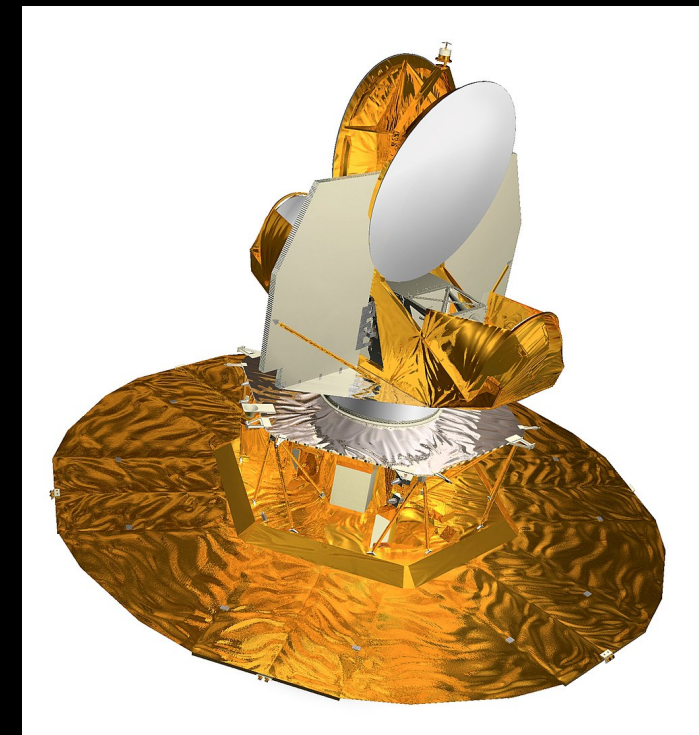


I TELESCOPI SPAZIALI

Ricorderemo solo i telescopi spaziali che lavorano nella banda delle **microonde**, cioè il **Cosmic Background Explorer** (COBE, **NASA, 1989**), il **WMAP** (NASA, 2001) e il **Planck** (ESA, 2009), che hanno gettato luce (e ombre) sulle nostre conoscenze dell'Universo primordiale.



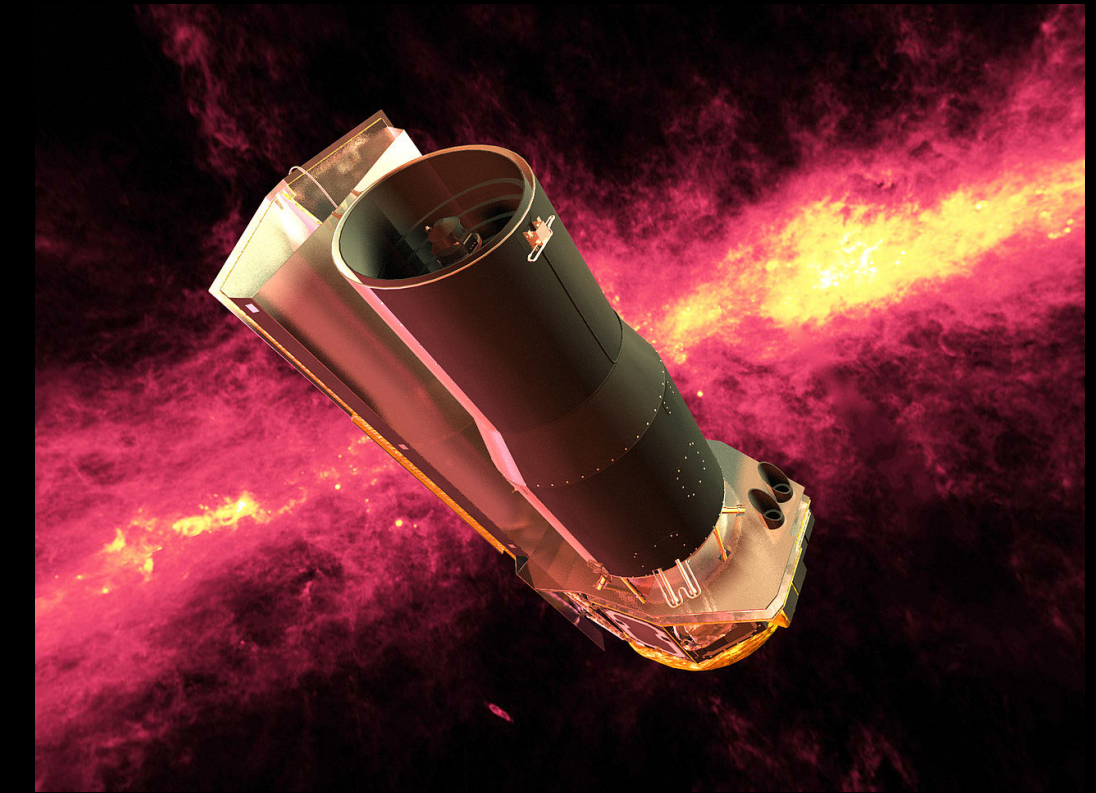
COBE



WMAP



Planck



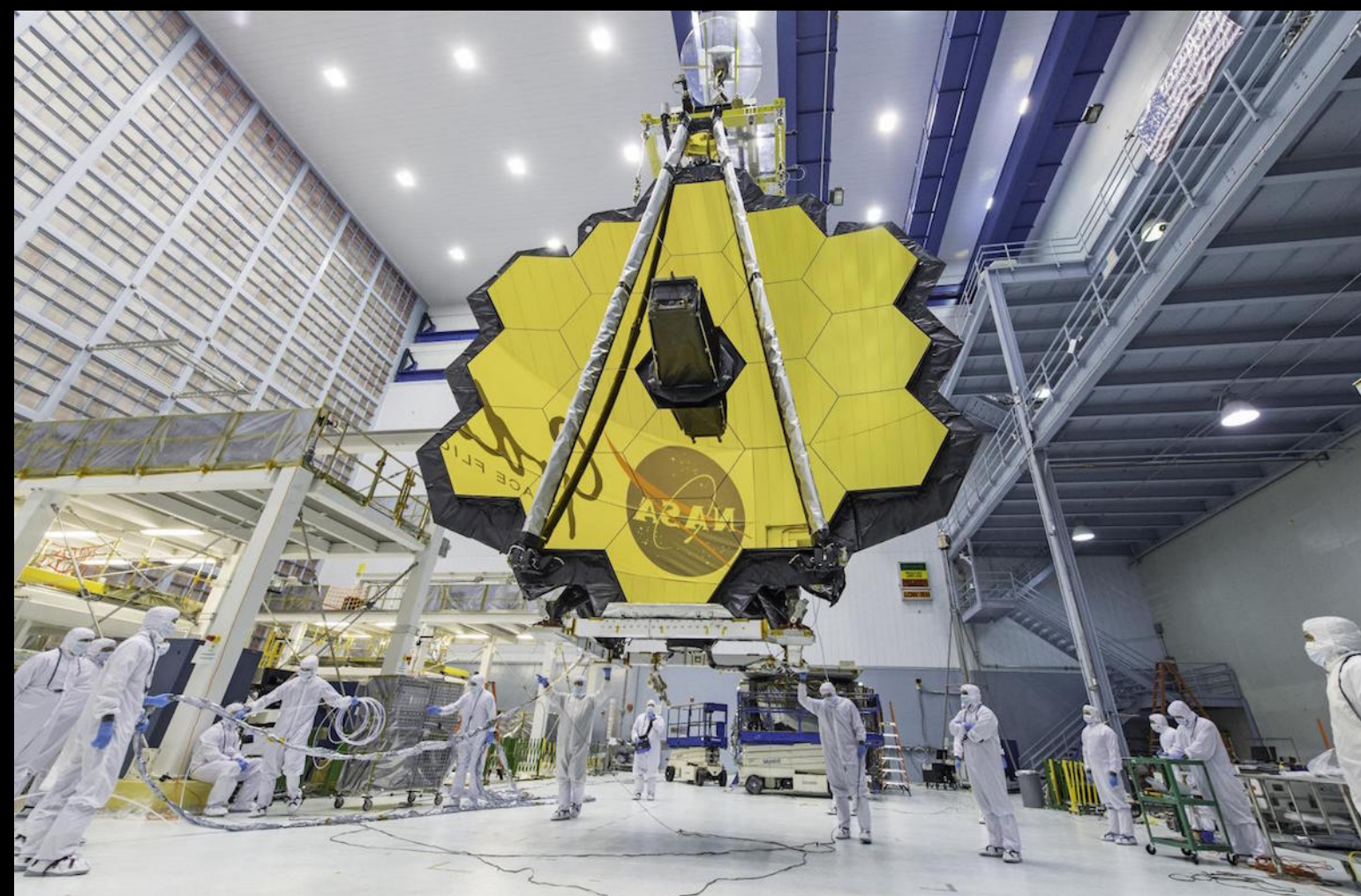
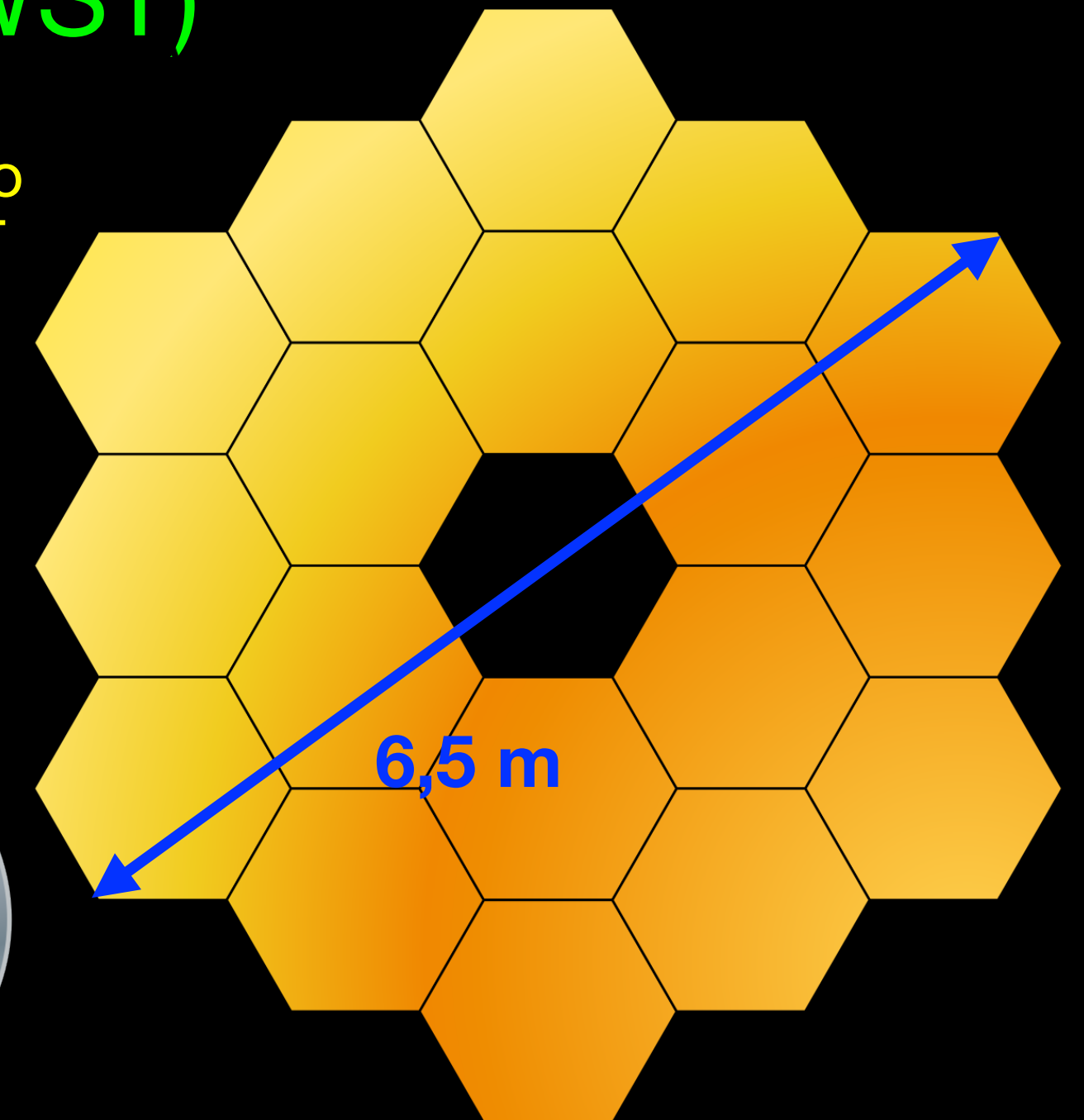
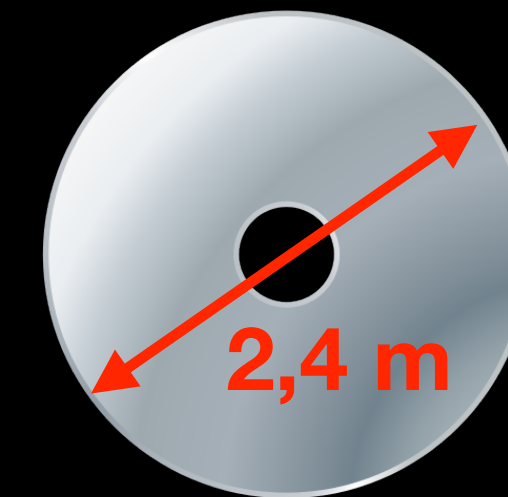
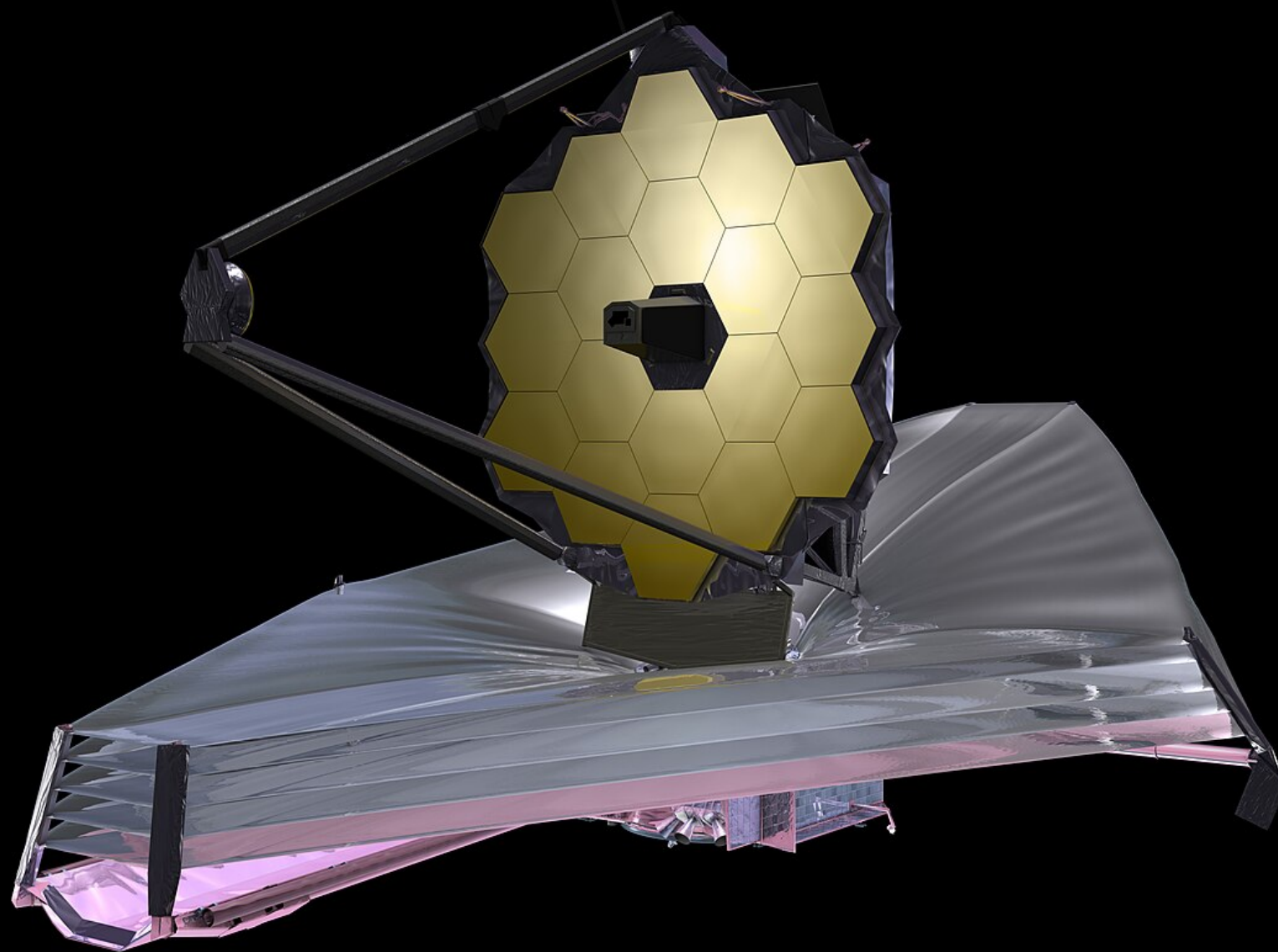
Spitzer

e i telescopi nell'**infrarosso** e nella banda delle **onde millimetriche e submillimetriche**, quali lo **Spitzer** (**NASA, 1999**) e il celeberrimo **James Webb Space Telescope** (JWST, **NASA/ESA/CSA, 2021**), che sta sconvolgendo la nostra visione dell'Universo.



IL JAMES WEBB SPACE TELESCOPE (JWST)

Paragone tra le dimensioni dello
specchio di Hubble e del JWST



La prima foto del
JWST: un gruppo di
galassie all'inizio
della storia
dell'Universo!



I RADIOTELESCOPI

Contrariamente ad altre bande della radiazione elettromagnetica, le **onde radio** in gran parte penetrano tranquillamente nell'atmosfera, quindi sono utilizzate da tempo per lo studio degli oggetti celesti.

I **radiotelescopi** non hanno lenti o specchi o sensori, ma sono costituiti da **antenne radio** e gruppi di tali antenne.

La storia della radioastronomia inizia nel **1932**, quando Karl Jansky scoprì una interferenza radio proveniente dal cosmo (era il centro della Via Lattea, un potente emettitore radio).

I radiotelescopi sono intrinsecamente **poco sensibili**, quindi necessitano di **grandi antenne**, generalmente sotto forma **parabolica**, ma talvolta di altre forme. Maggiore è il **diametro** dell'antenna, maggiore è la capacità di osservare sorgenti deboli (dipende anche dalla sensibilità del ricevitore e dalla lunghezza d'onda)

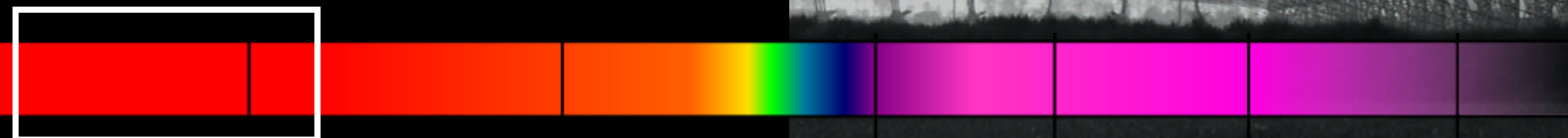
Il radiotelescopio “Croce del Nord” di Medicina, presso Bologna



Antenna da 7 m di diametro usata a scopi addestrativi al Jodrell Bank Obs. (GB)



Sullo sfondo il Lovell Telescope, 76 m di diametro



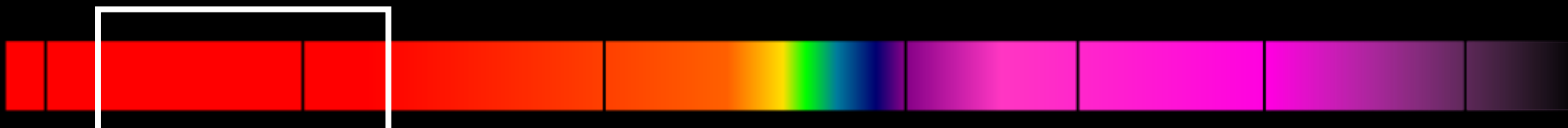
IL RADIOTELESCOPIO DI ARECIBO

Per lungo tempo, il radiotelescopio più grande del mondo è stato quello di **Arecibo** (Portorico), dotato di una parabola del diametro di **305 m**.

Costruito in un avvallamento, la particolarità del radiotelescopio era che per puntarlo si muoveva il ricevitore, posto in una piattaforma **180 m sopra il disco**. Ciò limitava ovviamente l'area di cielo che poteva essere scandagliata (**20°** attorno allo Zenith) ma la sensibilità conseguente a un'antenna così grande (e altri accorgimenti) ha comunque consentito al radiotelescopio di Arecibo di mietere molti successi.



Sfortunatamente la struttura ha subito gravi danni durante un terremoto nel 2020 ed è stata dismessa.



IL RADIOTELESCOPIO FAST

Attualmente il radiotelescopio più grande del mondo è il **FAST** (Five hundred meter Aperture Spherical Telescope), in **Cina**, con **500 m** di diametro. La cabina di ricezione del segnale è sospesa **140 m** sopra la parabola.



Come Arecibo, la cabina di ricezione è mossa mediante cavi fissati a dei tralicci. In più, il FAST può **modificando la curvatura dell'antenna parabolica**, costituita da segmenti orientabili, per migliorare la geometria del disco.

Il FAST può coprire un angolo di 40° dallo zenit, invece dei 20° di Arecibo.

Il telescopio è attivo dal **2016** e dal 2021 accetta anche richieste da parte di scienziati stranieri.



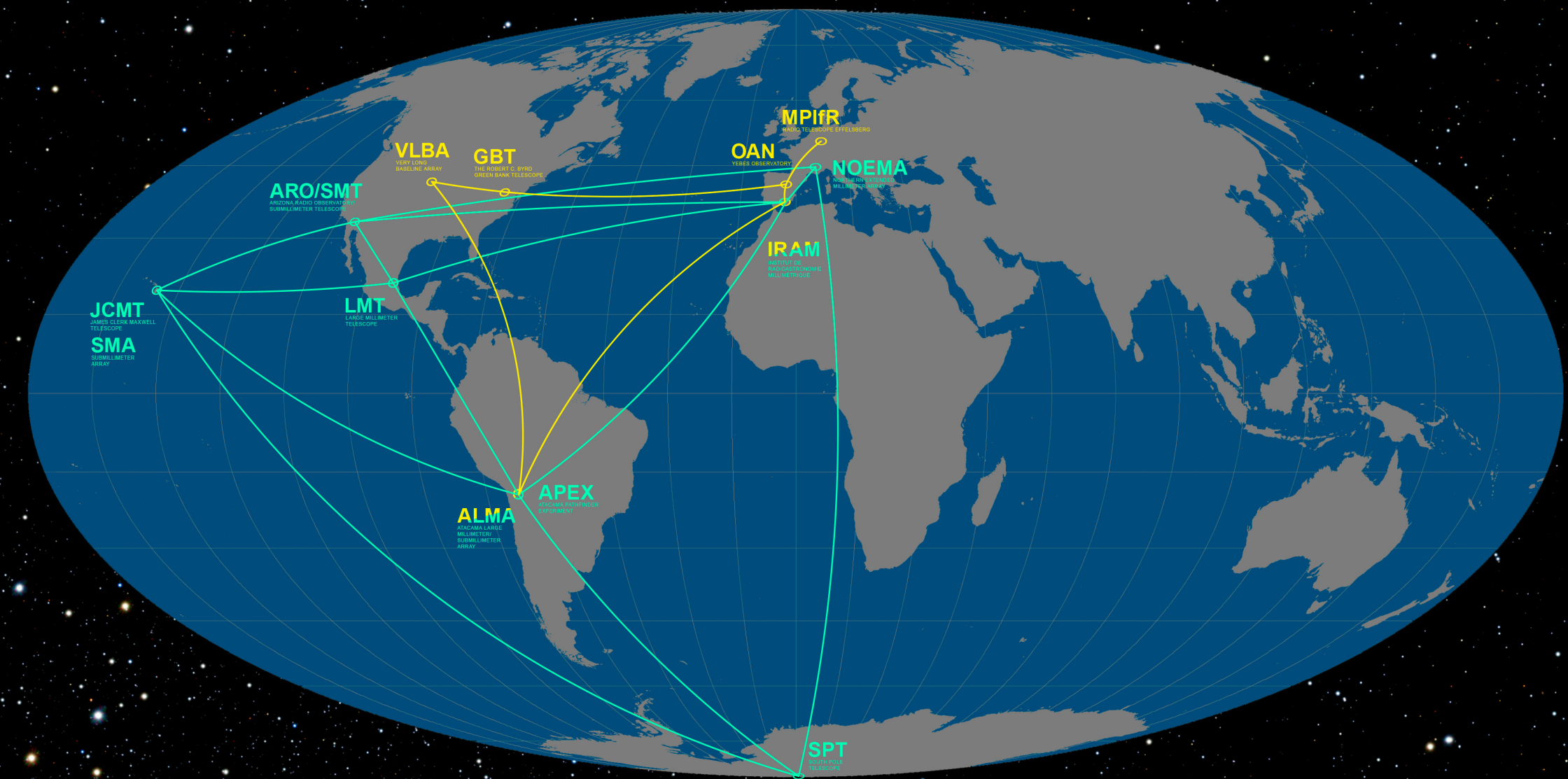
I RADIOTELESCOPI INTERFEROMETRICI

L'**interferometria** è una tecnica per cui lo stesso segnale viene raccolto, anziché da una singola grande antenna, da un **certo numero di antenne** disposte a una certa distanza l'una dall'altra. I segnali ricevuti da ciascuna antenna vengono poi combinati tra loro, con un risultato simile a quello che si otterrebbe con un **radiotelescopio grande quanto la massima distanza tra le antenne del sistema** (almeno per quanto riguarda la risoluzione)



VLA (Very Large Array di Socorro, New Mexico, USA)

Recentemente, con questa tecnica applicata a 13 radiotelescopi posti a vari siti su Terra (quindi equivalenti a un'antenna parabolica del diametro di Terra!!!), chiamata **Event Horizon Telescope (EHT)** sono state ottenute le immagini dei **buchi neri supermassicci** posti al centro della **Via Lattea** e della **galassia M87**.



IL BUCO NERO SUPERMASSICCIO AL CENTRO DI M87

M87 (la Galassia “Virgo A”), a 58 mil di anni luce, contiene un buco nero con una massa 6,8 mil di volte quella di Sole.

L’orizzonte degli eventi del buco nero ha un raggio di 20 mld di km (tre volte la distanza di Plutone da Sole)



asknews



I RILEVATORI DI ONDE GRAVITAZIONALI

Recentemente è stata perfezionata la tecnica per il rilevamento delle **onde gravitazionali** emesse da eventi fortemente energetici, come ad esempio lo “**scontro**” di **due buchi neri**.

Non si tratta, come finora, di onde elettromagnetiche ma di onde di deformazione dello spaziotempo stesso, previste dalla **Teoria della Relatività Generale** (Einstein)



I rilevatori sono costituiti da **due percorsi posti a 90°**, per i quali si possono individuare minuscole **variazioni di lunghezza** (dell'ordine di una frazione di atomo) che segnalano l'arrivo di un' **onda gravitazionale**.

Il rilevatore più noto è quello della collaborazione **LIGO-VIRGO**, che ha già individuato svariati eventi di collisione di buchi neri o stelle di neutroni

Pur non trattandosi di telescopi o radiotelescopi, i rivelatori di onde gravitazionali **contribuiscono** comunque alla nostra comprensione dell'Universo.

CONCLUSIONI

Abbiamo fatto un breve excursus nel campo degli **strumenti per l'Astronomia e l'Astrofisica**, presentando alcuni esempi di speciale interesse.

Naturalmente abbiamo appena toccato l'argomento: ci sono stati e ci sono centinaia di strumenti, nel mondo, che hanno aiutato e tuttora sostengono l'evoluzione della nostra conoscenza dell'Universo che ci circonda.

Altri strumenti, alcuni fantascientifici, sono **in costruzione o in progettazione**, e saranno messi in funzione o lanciati nei prossimi anni e certamente qualcuno di essi rivoluzionerà le nostre visioni, come è già successo in passato.

Se pensate che fino agli anni '20 del 1900 ancora si credeva che la Via Lattea fosse l'**unica galassia dell'Universo** (che si pensava molto più piccolo) e che più di 10 anni più tardi ancora non si aveva idea che esistessero **stelle variabili**, mentre oggi riusciamo a **fotografare i buchi neri** al centro delle galassie, **potete immaginare quali e quante sorprese ci riserverà il futuro.**

Buona fortuna!!!!

LO SPETTRO ELETTROMAGNETICO

