



Università degli Studi di Firenze



La ricerca astrofisica sulla collina di Arcetri

Alessandro Marconi

Dipartimento di Fisica e Astronomia
Università di Firenze

Con il contributo fondamentale di: Filippo **Mannucci**, Pasquale **Blasi**,
Simone **Esposito**, Riccardo **Cesaroni**, Daniele **Galli**, Egidio **Landi**
Degl'Innocenti, Emanuele **Pace**, Tino **Oliva**, Marco **Romoli**,
Ruggero **Stanga**, Marco **Velli**, Luca **Del Zanna** e molti altri ...

L'eredità di Fermi

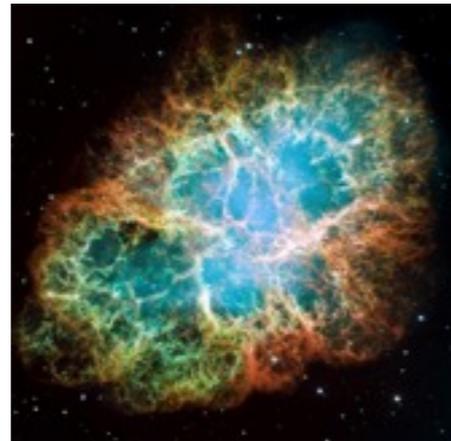
Statistica di Fermi - Dirac

Fisica Nucleare

Evoluzione Stellare

Nane Bianche
(e^- degeneri)

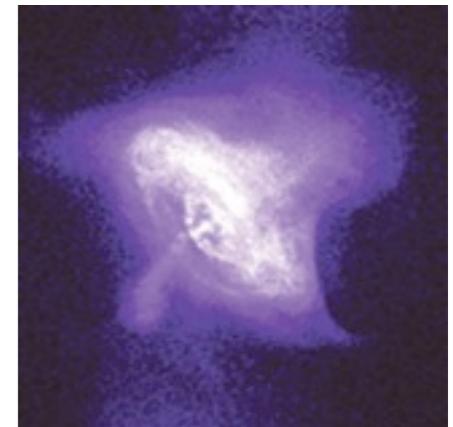
Stelle di Neutroni
(n degeneri)



**Meccanismo di
accelerazione di Fermi**

raggi cosmici

resti di Supernova



PROBLEMS OF GRAVITATIONAL STABILITY IN THE
PRESENCE OF A MAGNETIC FIELD

S. CHANDRASEKHAR AND E. FERMI

University of Chicago
Received March 23, 1953

ABSTRACT

In this paper a number of problems are considered which are related to the gravitational stability of cosmical masses of infinite electrical conductivity in which there is a prevalent magnetic field. In Section I the virial theorem is extended to include the magnetic terms in the equations of motion, and it is shown that when the magnetic energy exceeds the numerical value of the gravitational potential energy, the configuration becomes dynamically unstable. It is suggested that the relatively long periods of the magnetic variables may be due to the magnetic energy of these stars approaching the limit set by the virial

PHYSICAL REVIEW

VOLUME 75, NUMBER 8

APRIL 15, 1949

On the Origin of the Cosmic Radiation

ENRICO FERMI

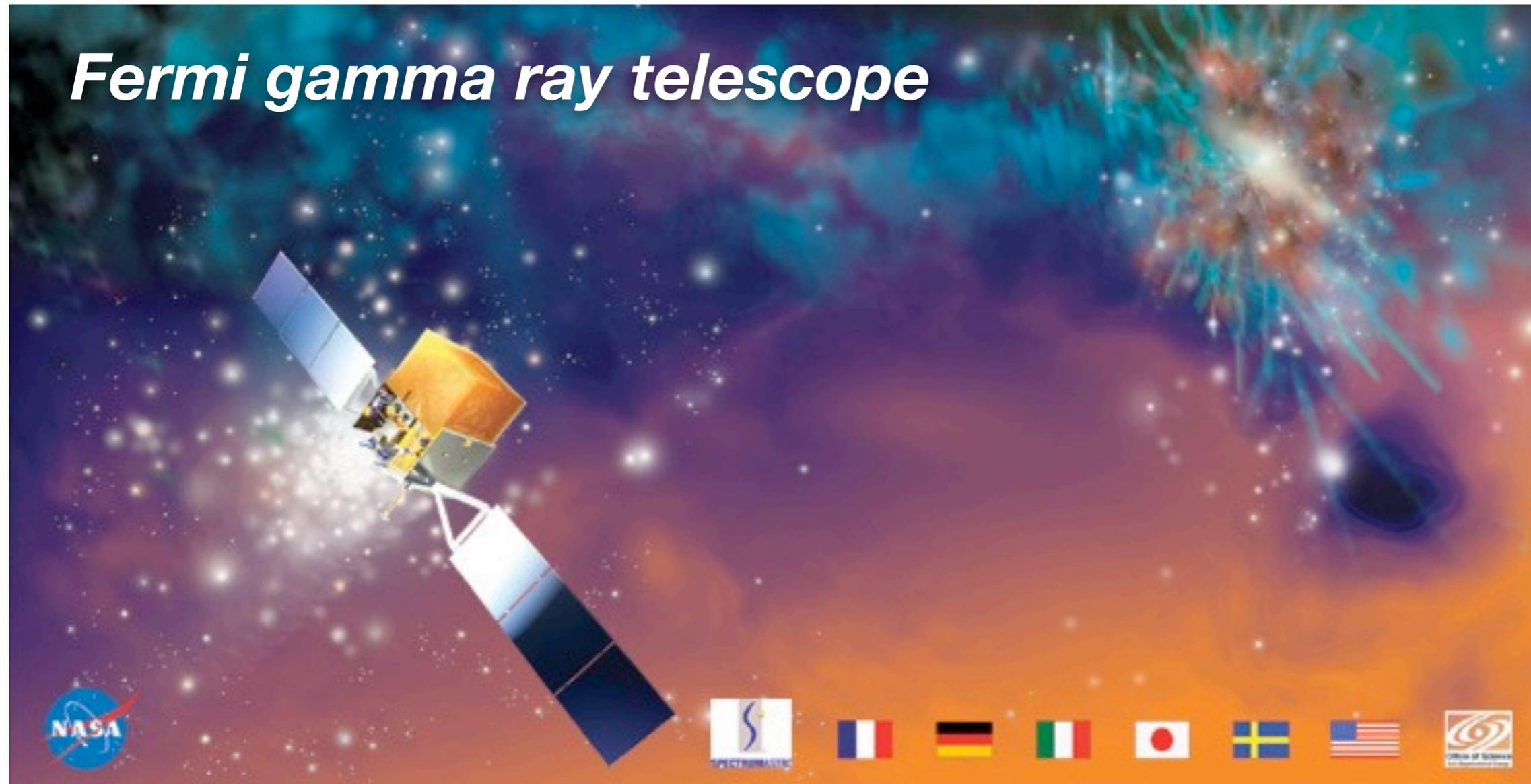
Institute for Nuclear Studies, University of Chicago, Chicago, Illinois
(Received January 3, 1949)

A theory of the origin of cosmic radiation is proposed according to which cosmic rays are originated and accelerated primarily in the interstellar space of the galaxy by collisions against moving magnetic fields. One of the features of the theory is that it yields naturally an inverse power law for the spectral distribution of the cosmic rays. The chief difficulty is that it fails to explain in a straightforward way the heavy nuclei observed in the primary radiation.

Nane Brune

(e^- degeneri; stelle mancate, pianeti
giganti come Giove, Saturno)

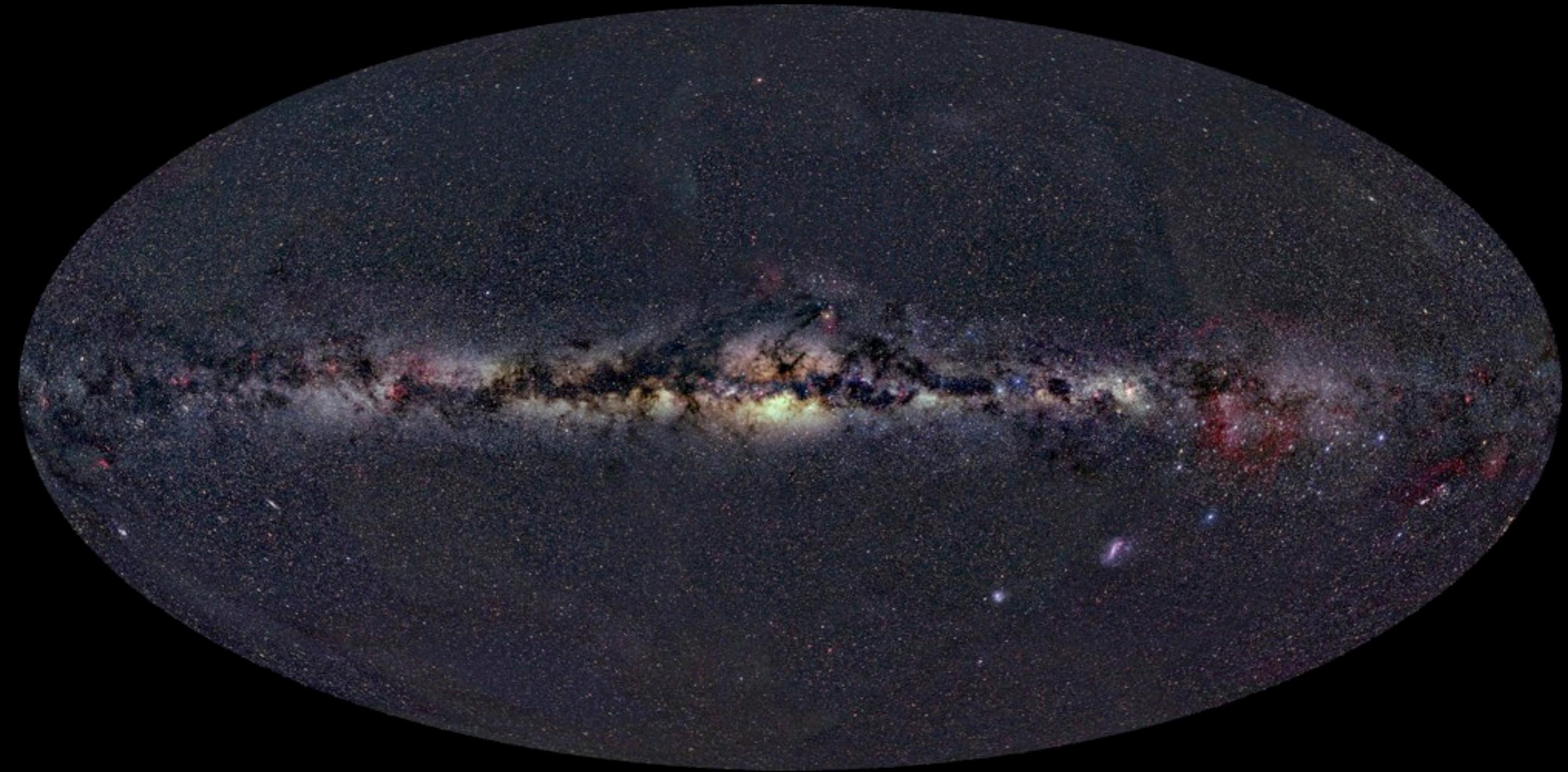
L'eredità di Fermi



Database ADS
(Astrophysical Data System):

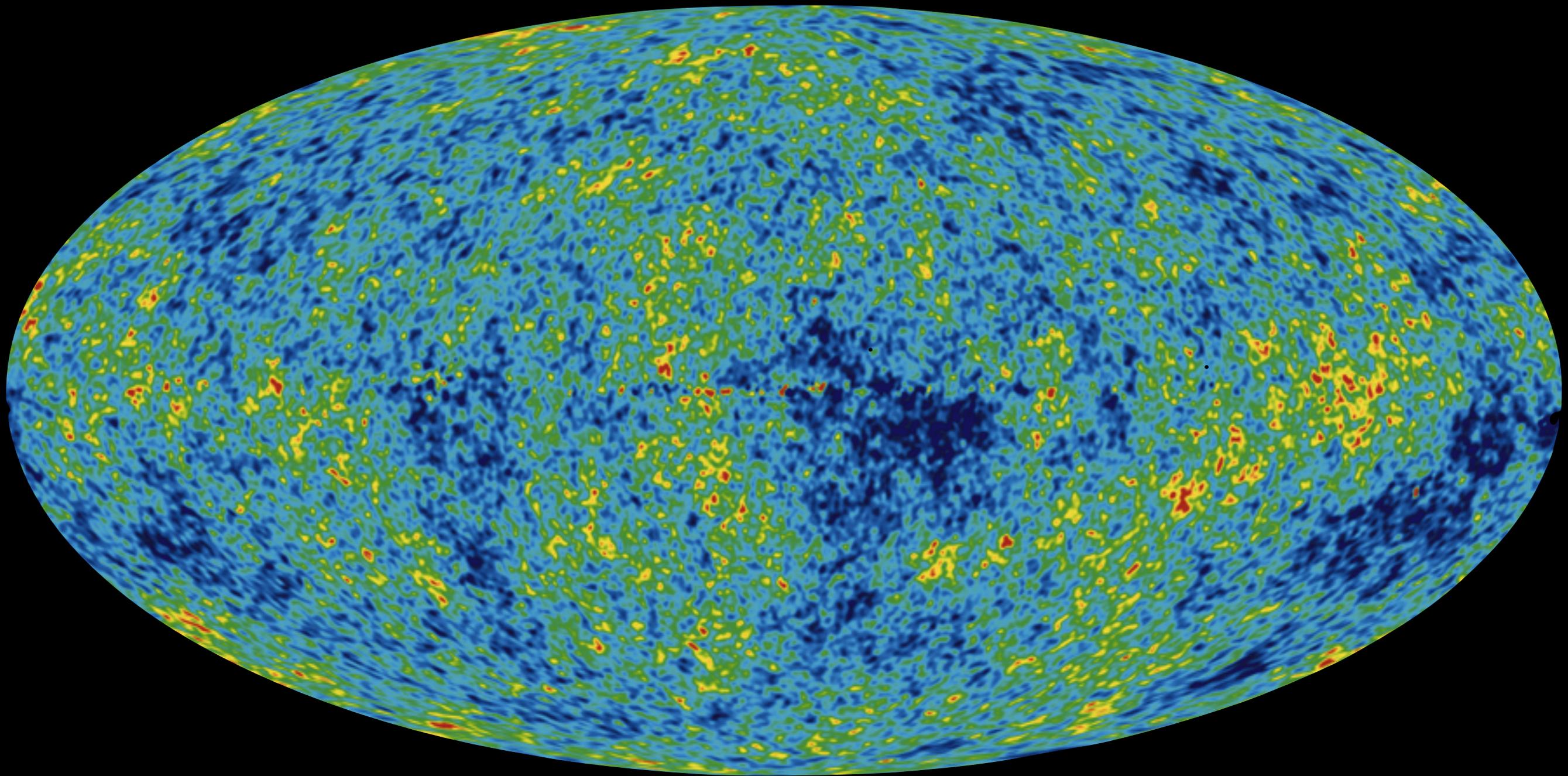
~600 articoli con “Fermi” nel titolo
~2700 articoli con “Fermi” nell’abstract

Mappa del Cielo



L'universo com'è adesso,
13.5 miliardi di anni dopo il big bang

Mappa del Cielo



l'universo alla distanza massima che possiamo osservare

~400,000 anni dopo il big bang

Una distesa ininterrotta e uniforme di gas, $\Delta\rho/\rho \sim 1/1000!$

Le grandi domande ...

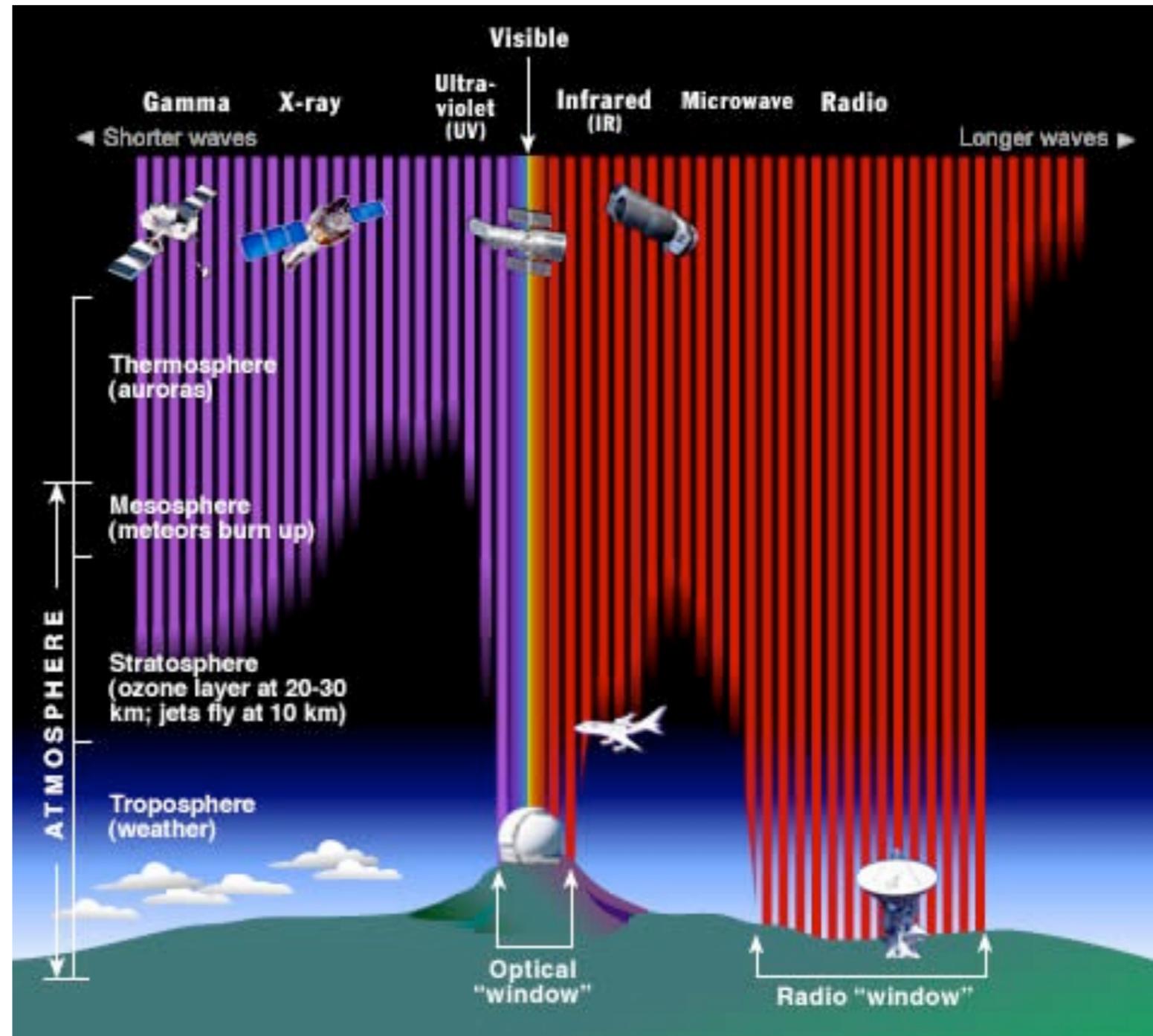
- ★ Qual è l'origine dell'universo, come evolve e qual è il suo destino?
- ★ Come si sono formate le strutture cosmiche, ovvero stelle e sistemi planetari, galassie, ammassi di galassie e struttura a grande scala?
- ★ Come si sono formati gli elementi pesanti a partire da un mezzo composto quasi esclusivamente di H ed He?
- ★ Qual è l'influenza dell'attività solare sull'ambiente terrestre e sulla tecnologia umana?
- ★ Esiste altra vita nell'universo? Come si sono formati gli ingredienti fondamentali per la vita, come molecole complesse e pianeti di tipo terrestre?

... e le risposte

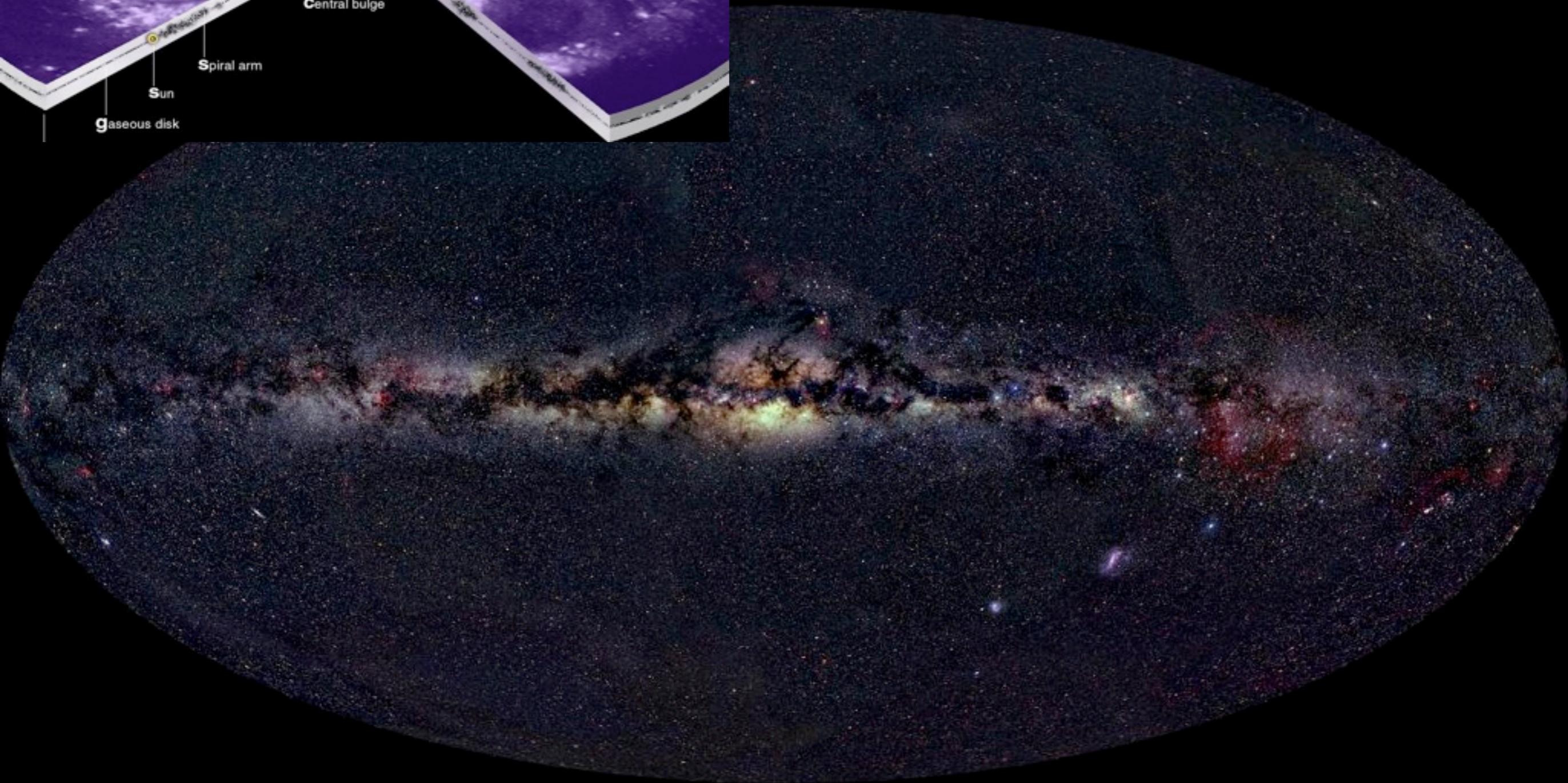
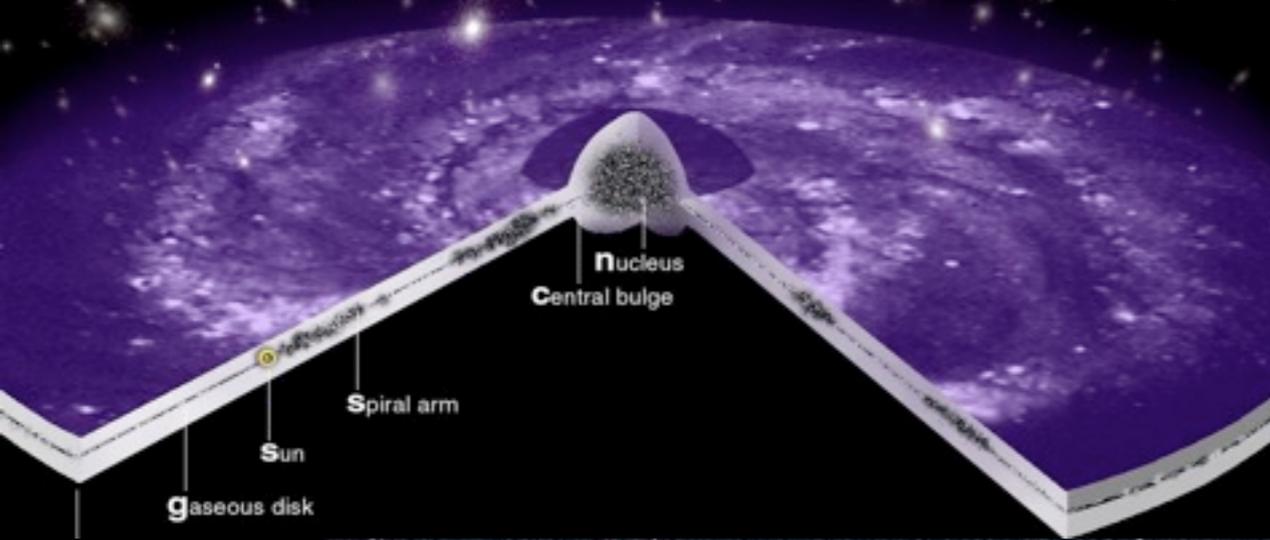
Per rispondere a queste domande gli astronomi:

- costruiscono nuovi telescopi e strumenti, sviluppando nuove tecnologie;
- osservano l'universo da Terra e dallo spazio;
- mettono a punto modelli teorici per interpretare i dati e comprendere i processi fisici alla base dei fenomeni osservati;

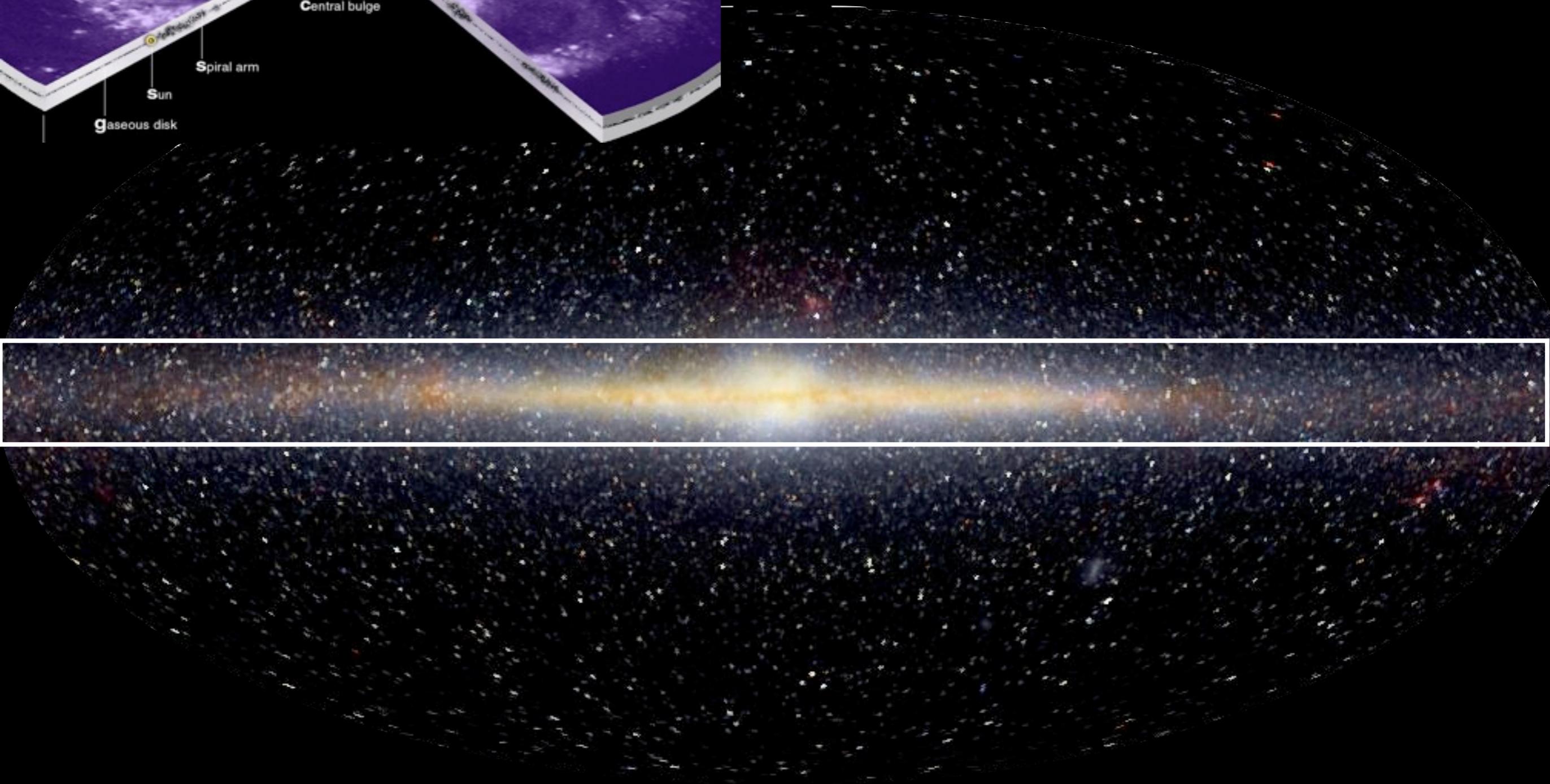
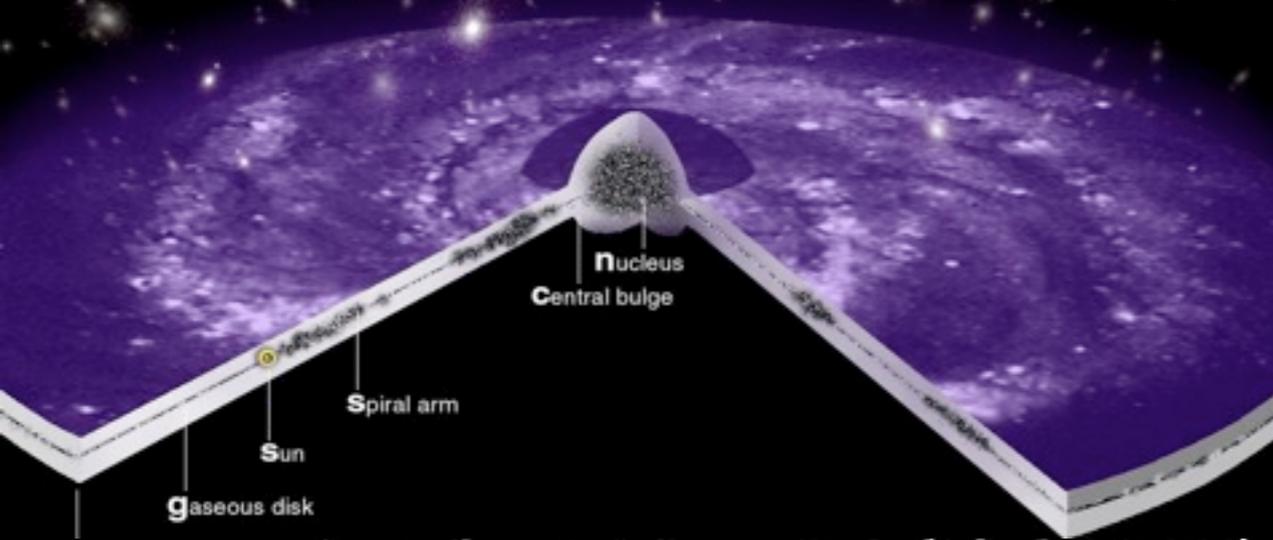
Importanza dell'approccio multi-wavelength (multi-banda) per avere una visione completa dei processi fisici in gioco.



La nostra galassia: la Via Lattea



La nostra galassia: la Via Lattea



... a diverse lunghezze d'onda!

Radio bassa ν

H atomico

Radio alta ν

H molecolare

Lontano IR

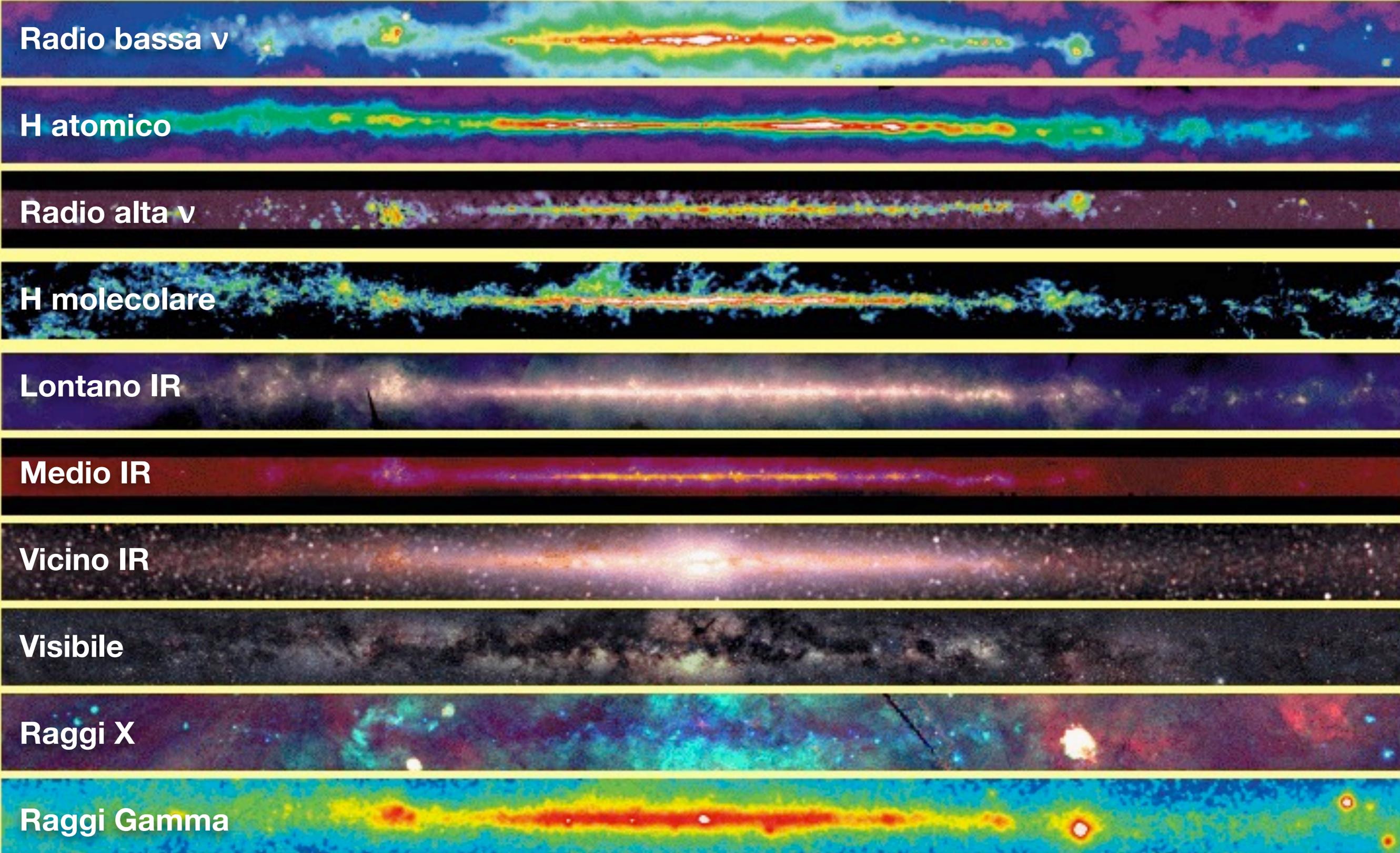
Medio IR

Vicino IR

Visibile

Raggi X

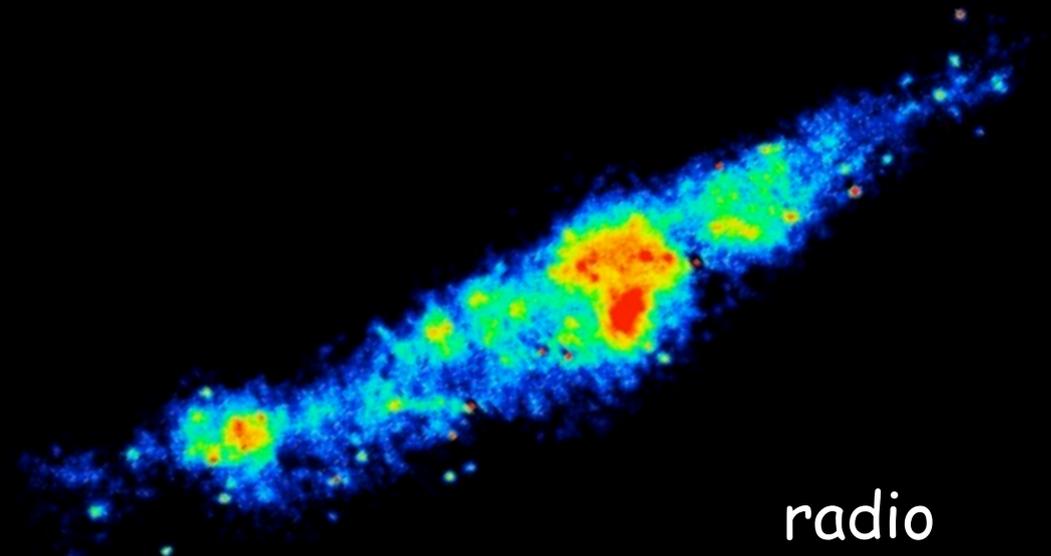
Raggi Gamma



Altre galassie: M82

Distanza; 11 milioni di anni luce

vicino IR



radio

raggi X



visibile + lontano IR

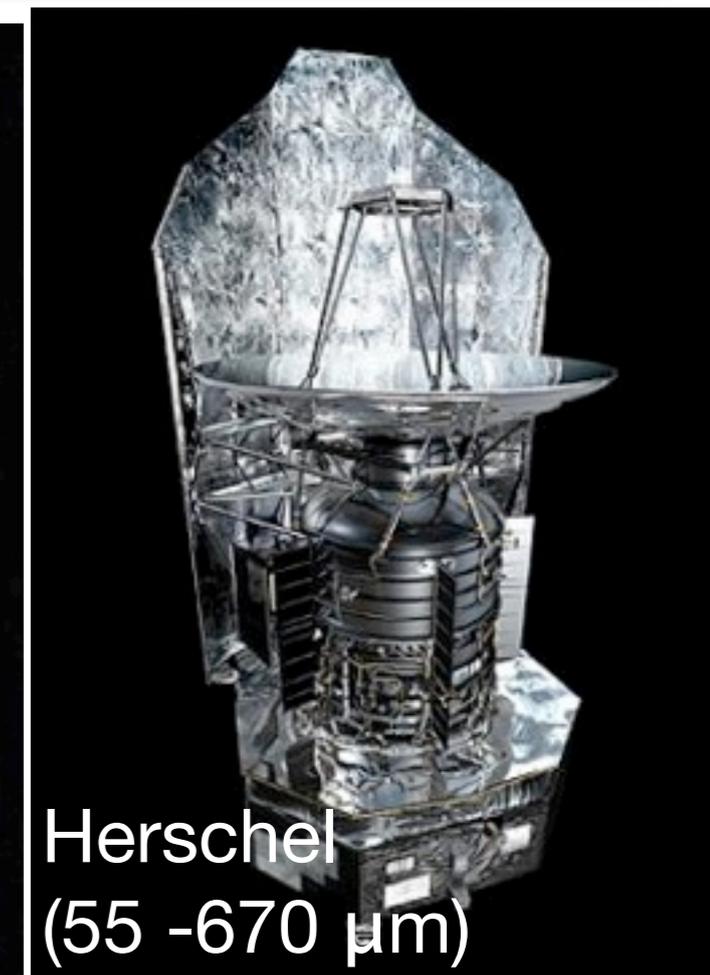
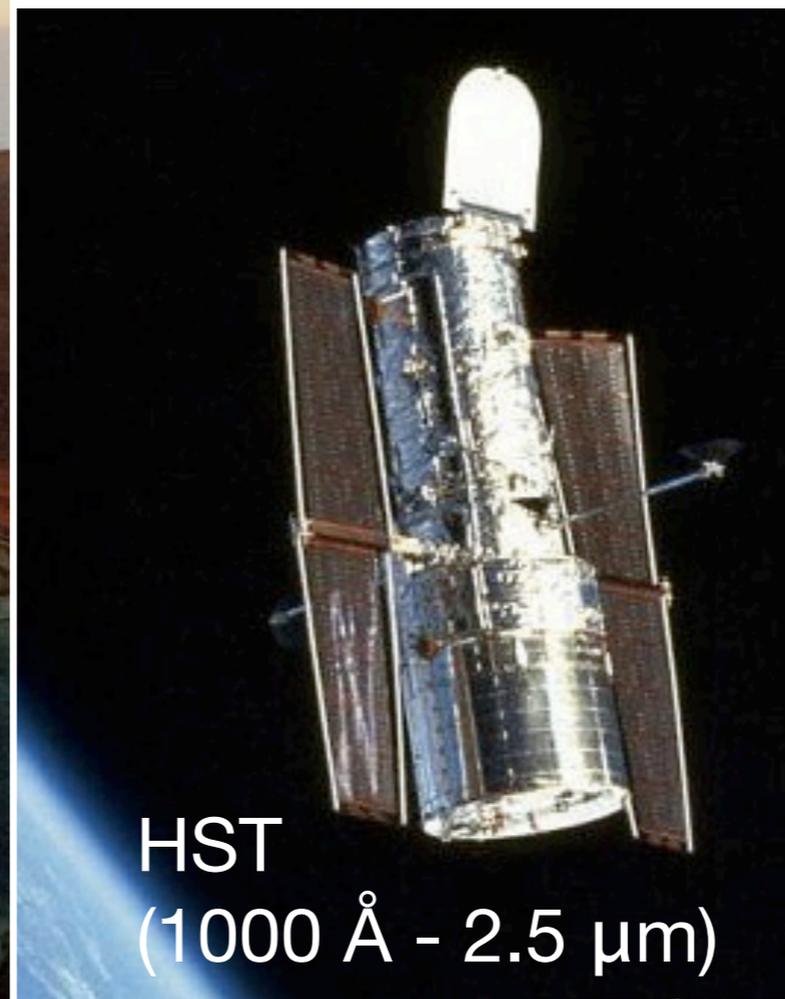


La ricerca astrofisica a Firenze

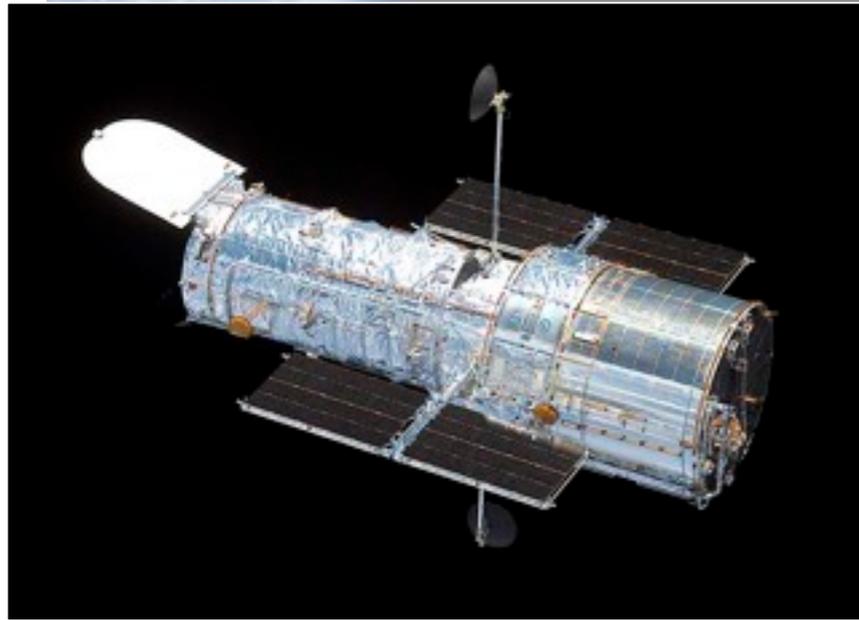
Circa 70 astronomi (Dipartimento+Osservatorio) che si occupano di

- ★ **Fisica Solare** (osservazioni e modelli di atmosfera e corona solare)
- ★ **Fisica dei Plasmi** (simulazioni numeriche di plasmi solari e relativistici)
- ★ **Formazione Stellare** (mezzo interstellare, formazione di stelle e pianeti)
- ★ **Astrobiologia** (dalla formazione dei pianeti alla vita)
- ★ **Galassie, Buchi Neri e Cosmologia** (nascita ed evoluzione delle galassie, nuclei galattici attivi e buchi neri supermassivi)
- ★ **Alte Energie** (processi radiativi e di accelerazione di particelle e raggi cosmici)
- ★ **Strumentazione astronomica** (telescopi, ottiche adattive, strumenti e rivelatori per osservazioni da terra e dallo spazio, studi di turbolenza atmosferica e caratterizzazione dei siti, rivelazione di onde gravitazionali)

Alcuni degli strumenti utilizzati ...

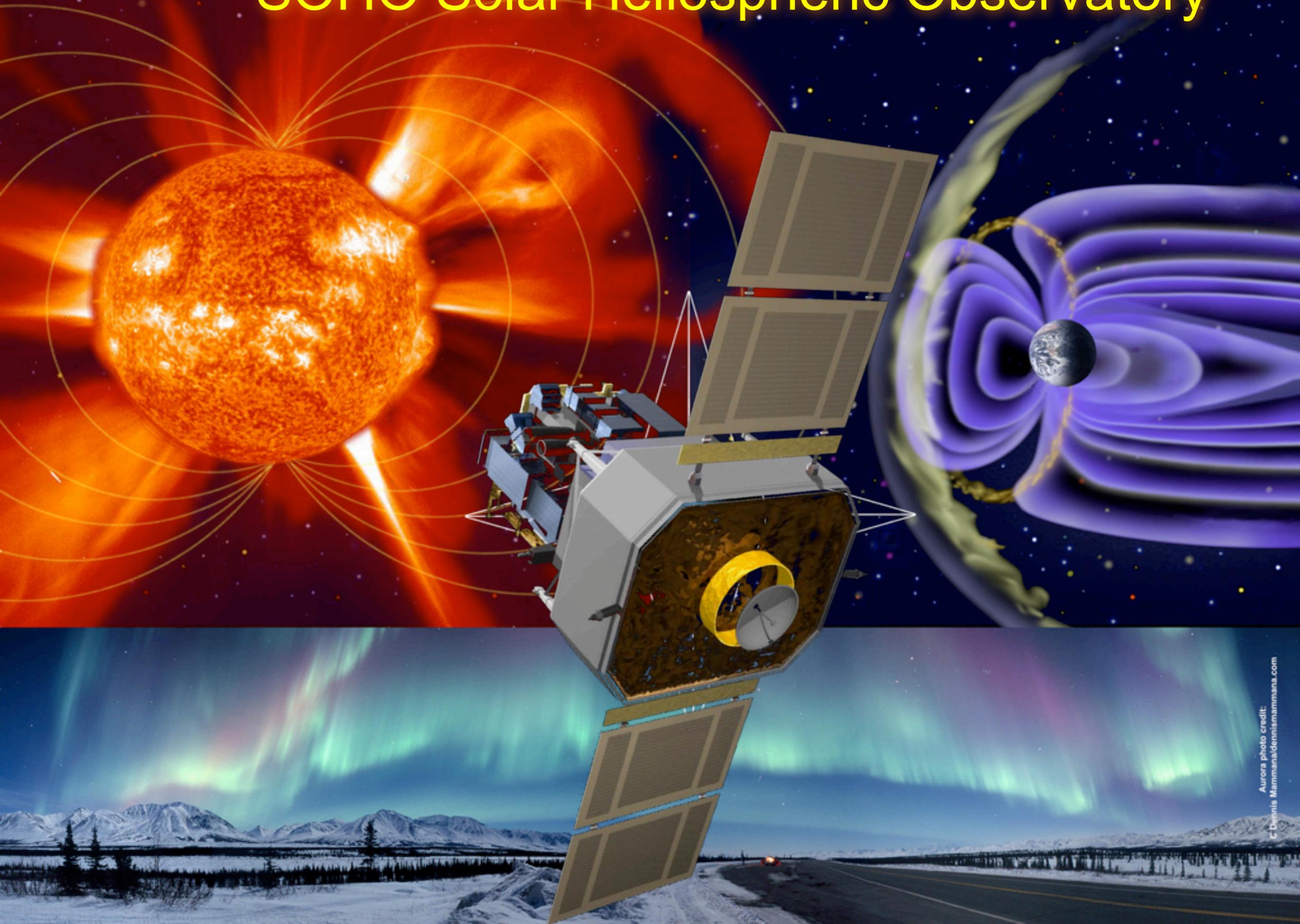


Il Telescopio Spaziale Hubble



Hubble Space Telescope (HST)
progetto congiunto NASA + ESA,
2.5m di diametro.

SOHO Solar Heliospheric Observatory



European Southern Observatory



Osservatorio di Cerro Paranal (Ande Cilene)



European Southern Observatory



Osservatorio di Cerro Paranal (Ande Cilene)

Very Large Telescope:
4 Telescopi da 8m di diametro



LBT: Large binocular telescope

2 x 8.4m

Nuova generazione:

1. Ottica adattiva
2. Interferometria

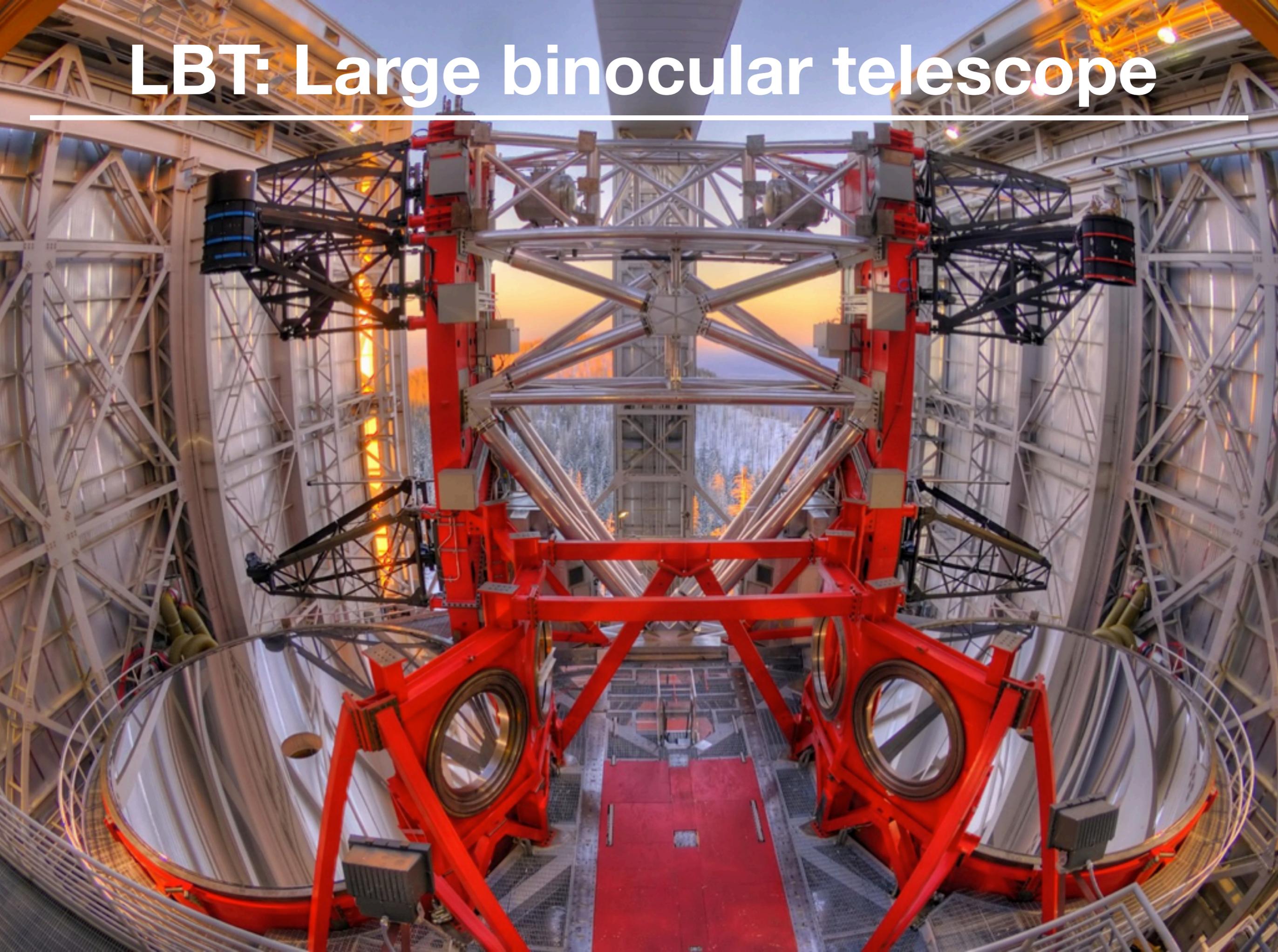
4 partner:

1. INAF – I
2. Max-Planck – D
3. Arizona – USA
4. RC – USA

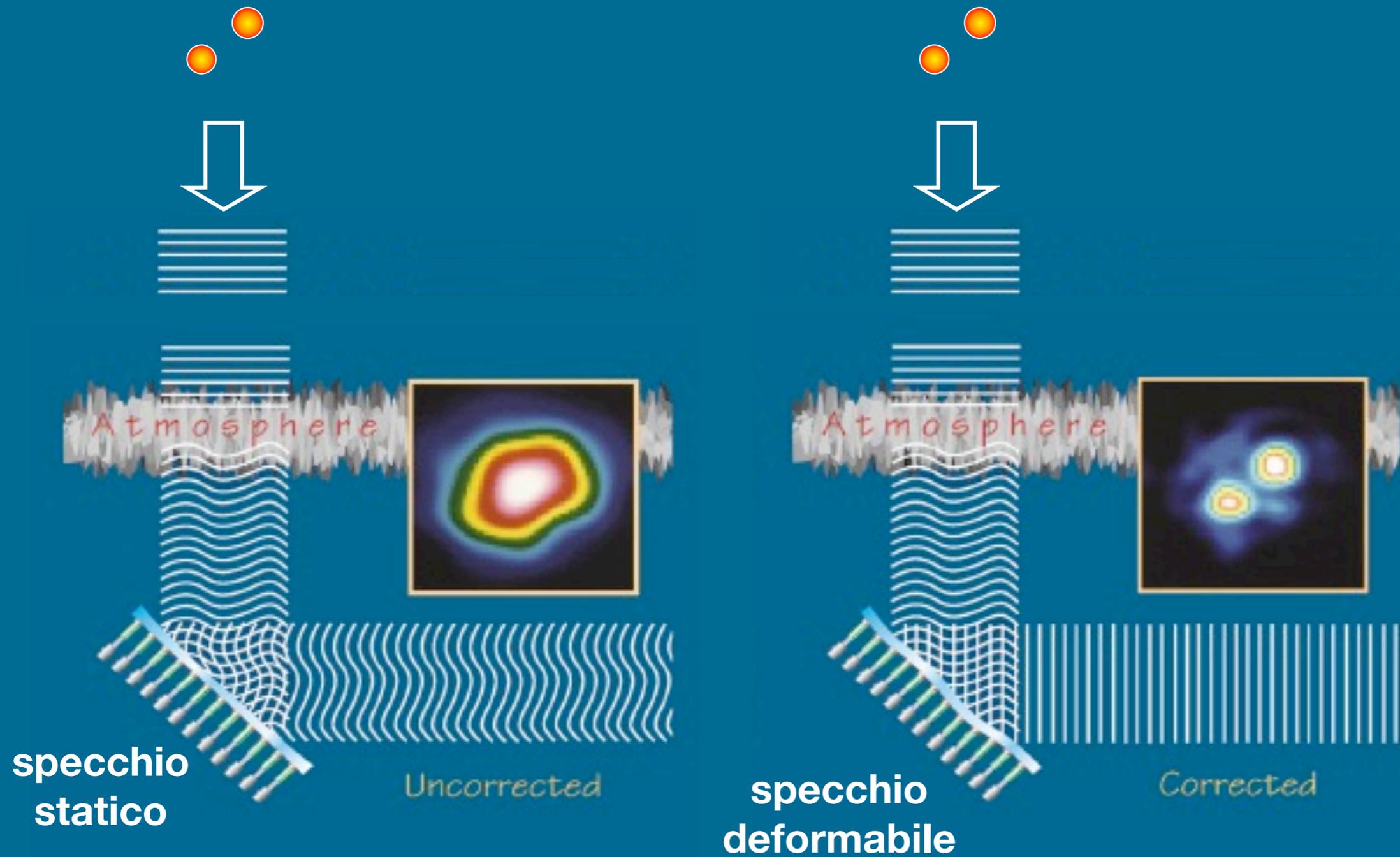


Mount Graham (Arizona)

LBT: Large binocular telescope



Ottica adattiva

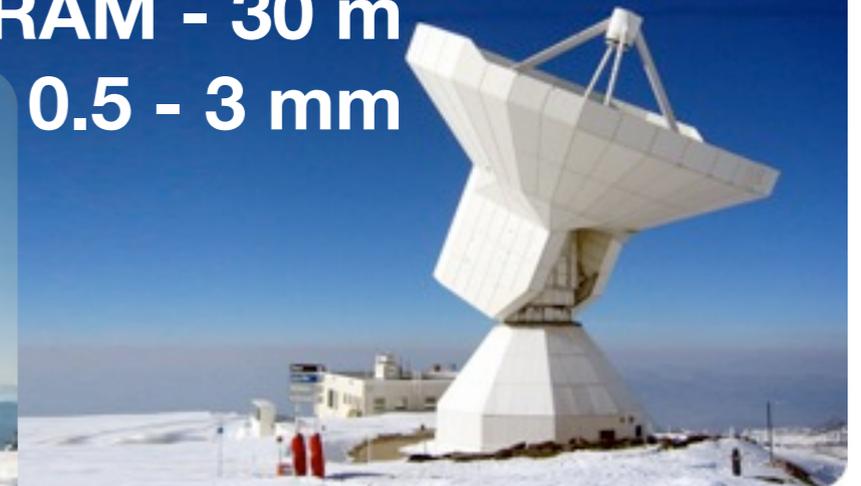


Osservatori sub-mm e radio

IRAM - Interferometro Plateau de Bure
0.5 - 3 mm



IRAM - 30 m
0.5 - 3 mm



Consortium for Very Long Baseline
Interferometry in Europe



Sardinia Radio
Telescope

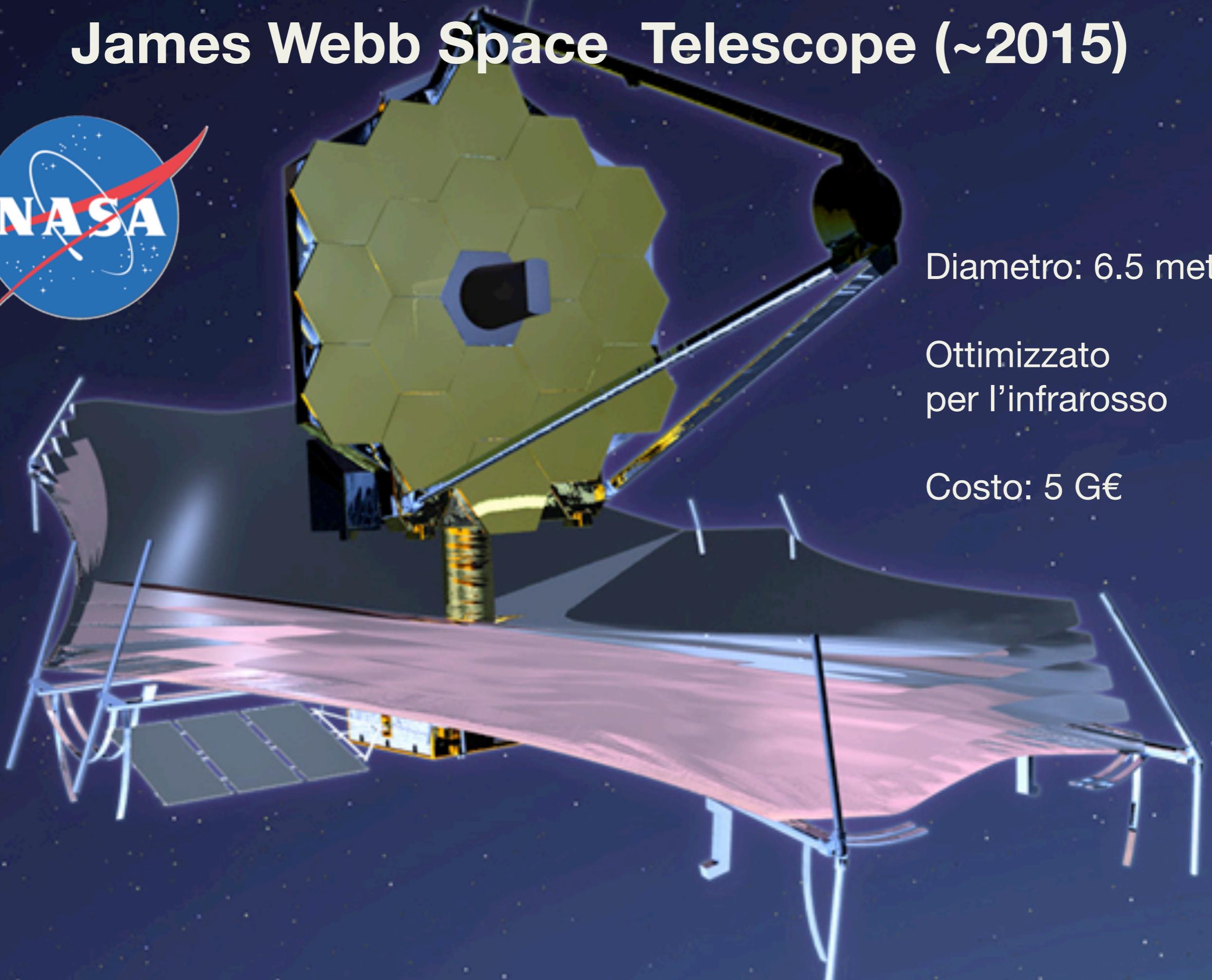
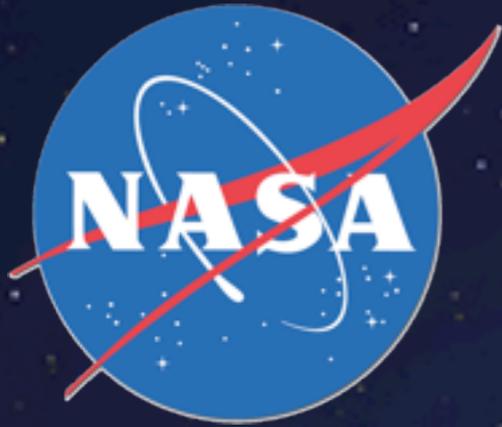


Sviluppi futuri: ALMA

Atacama Large Mm Array: osservatorio per $\lambda \sim \text{mm}$
Progetto da 1 miliardo €, collaborazione Europa+USA+Giappone
Early science: quest'anno!



James Webb Space Telescope (~2015)



Diametro: 6.5 metri

Ottimizzato
per l'infrarosso

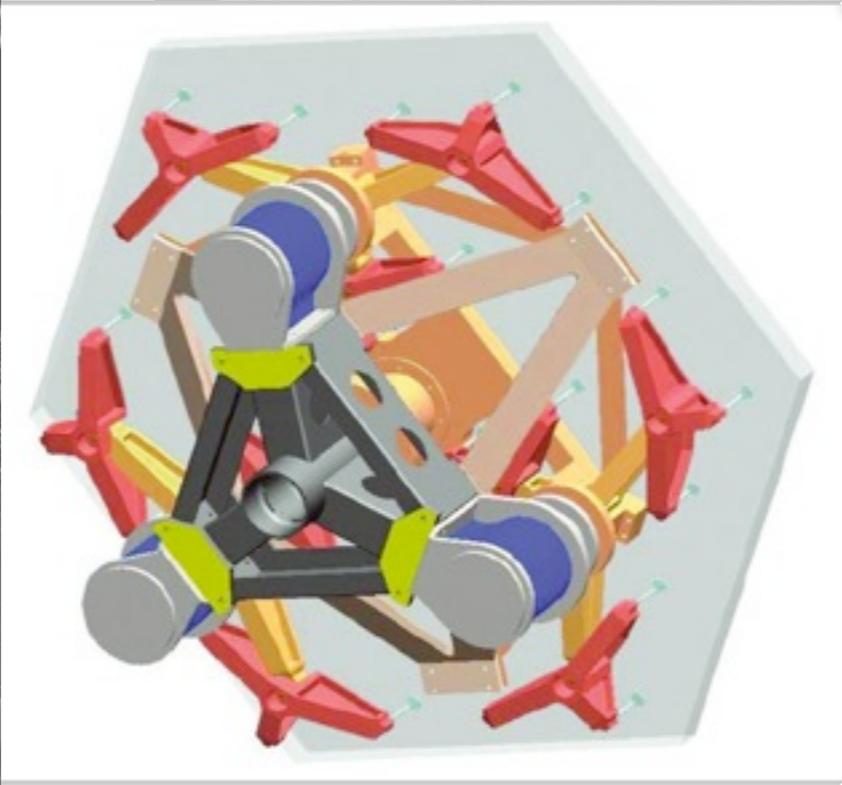
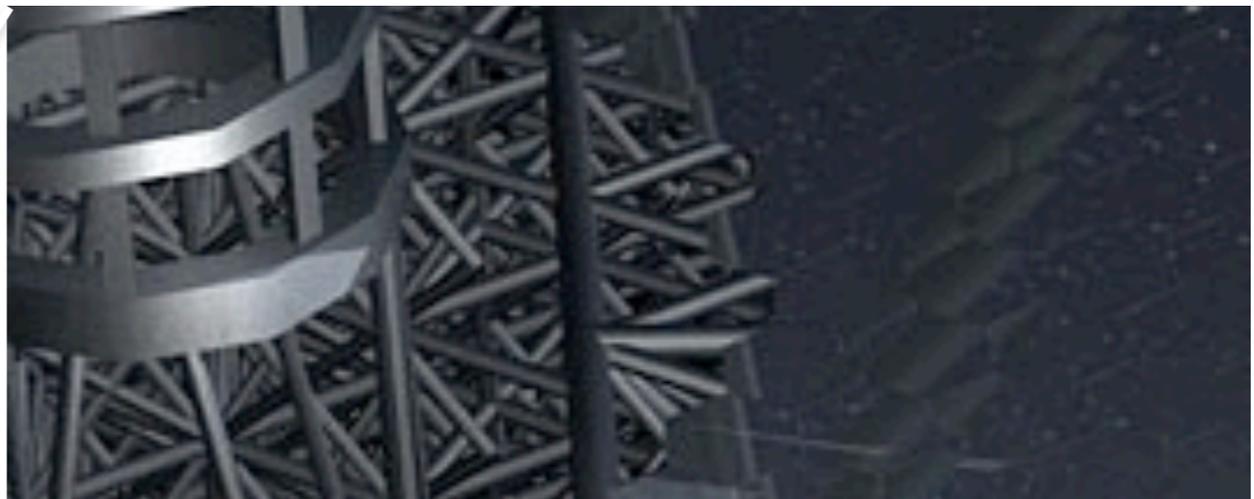
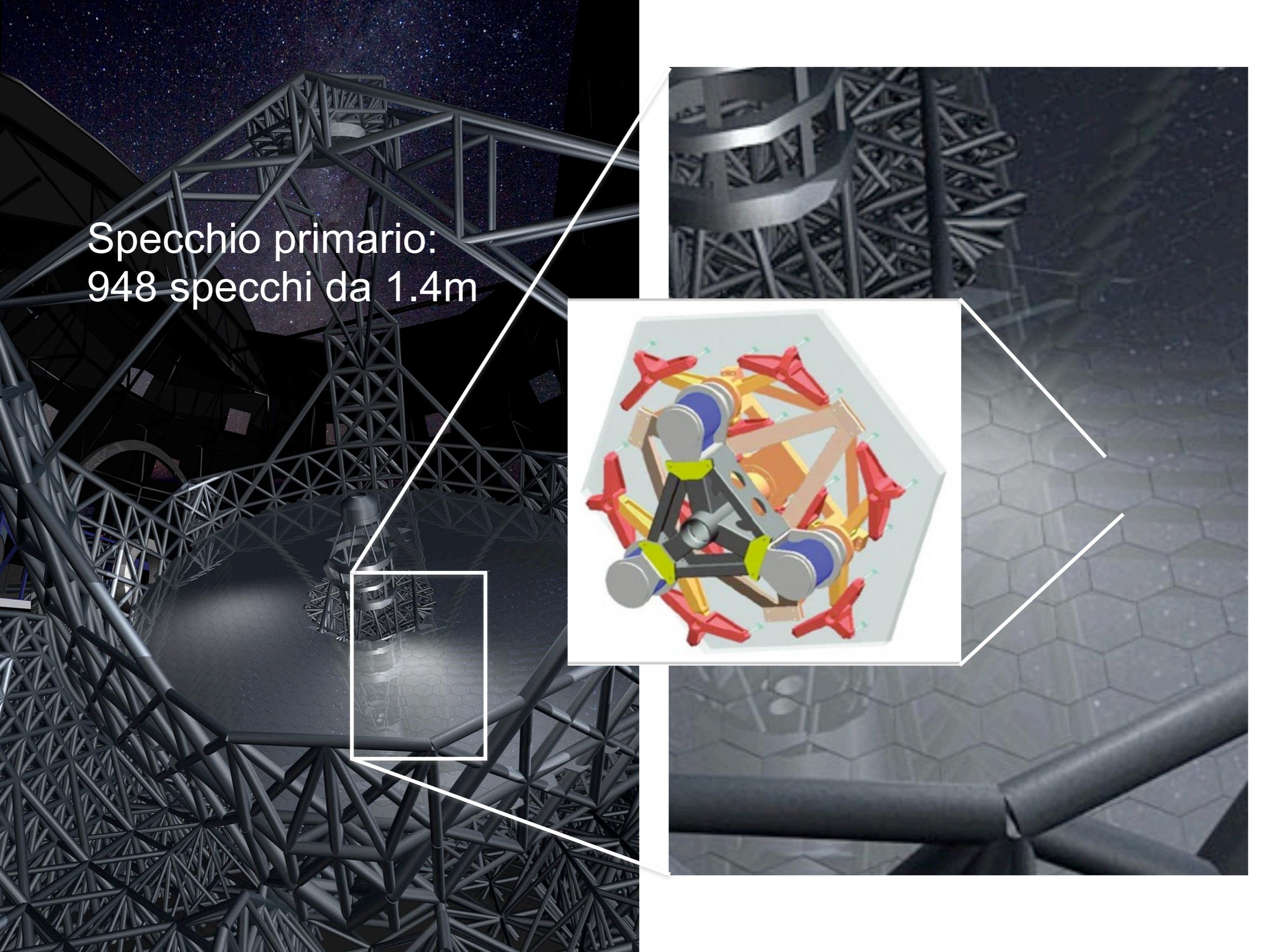
Costo: 5 G€

E-ELT: European Extremely-Large Telescope

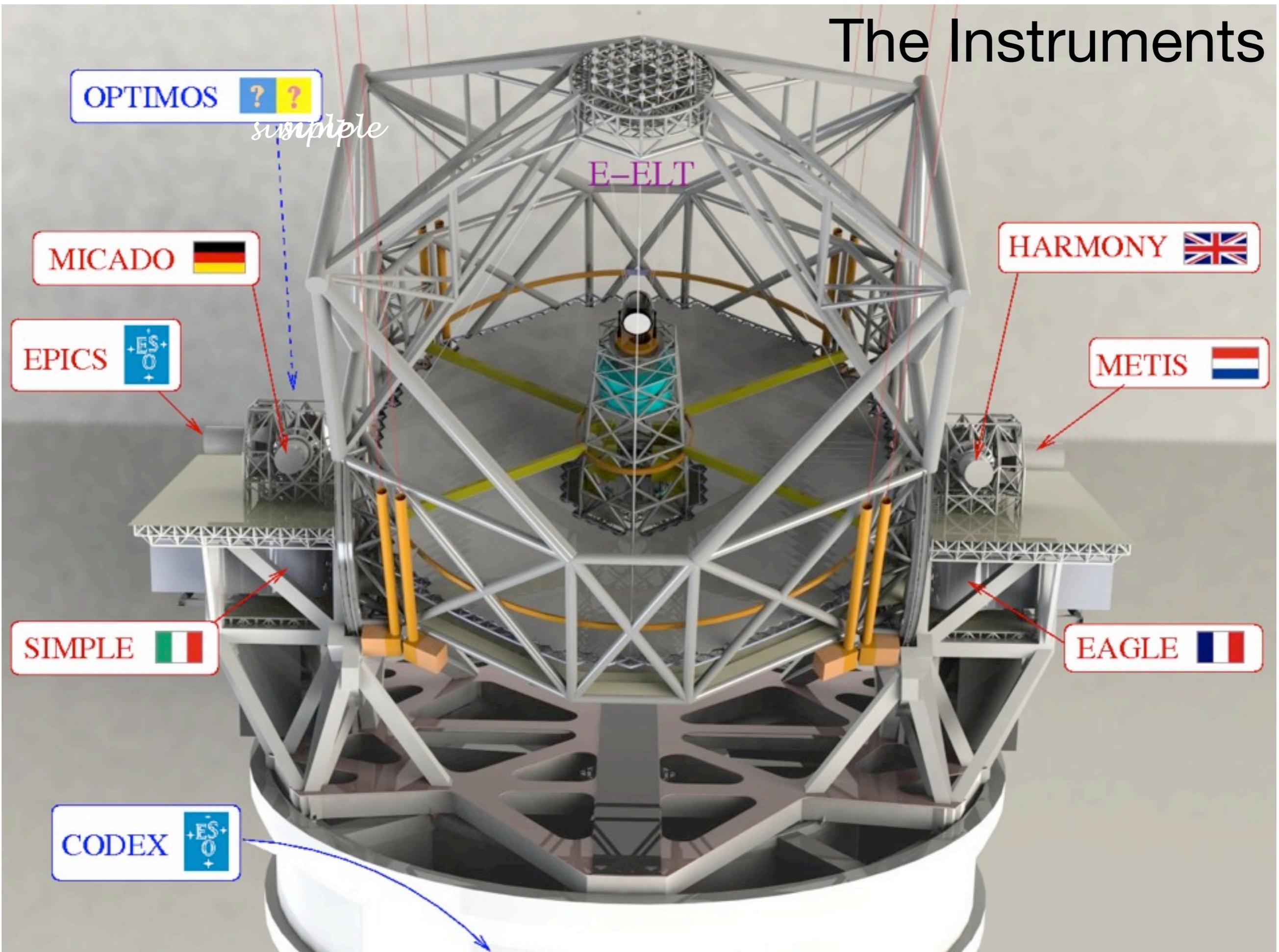
A 3D cutaway rendering of the European Extremely-Large Telescope (E-ELT). The image shows the massive, segmented primary mirror structure in the foreground, with the secondary mirror and its support structure visible in the background. The telescope is mounted on a large, circular base. The background is a dark blue sky.

- **Diametro : 42m**
- **2 caratteristiche:**
 - Grande superficie di raccolta (oggetti deboli)**
 - Grande risoluzione angolare**
- **Progetto ESO**
- **Costo ~1.3 miliardo di €**
- **Inizio operazioni: ~2018**

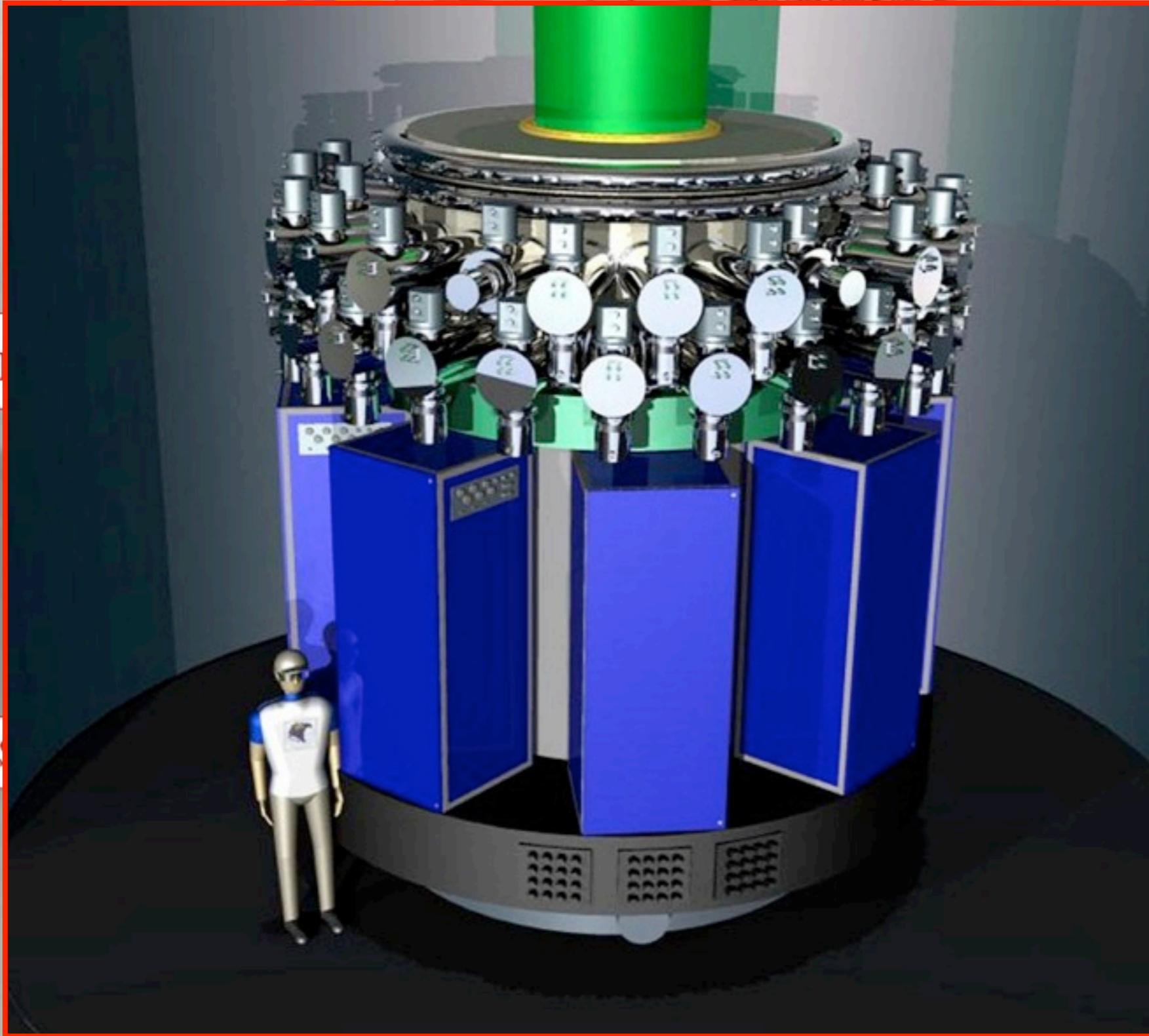
Specchio primario:
948 specchi da 1.4m



The Instruments



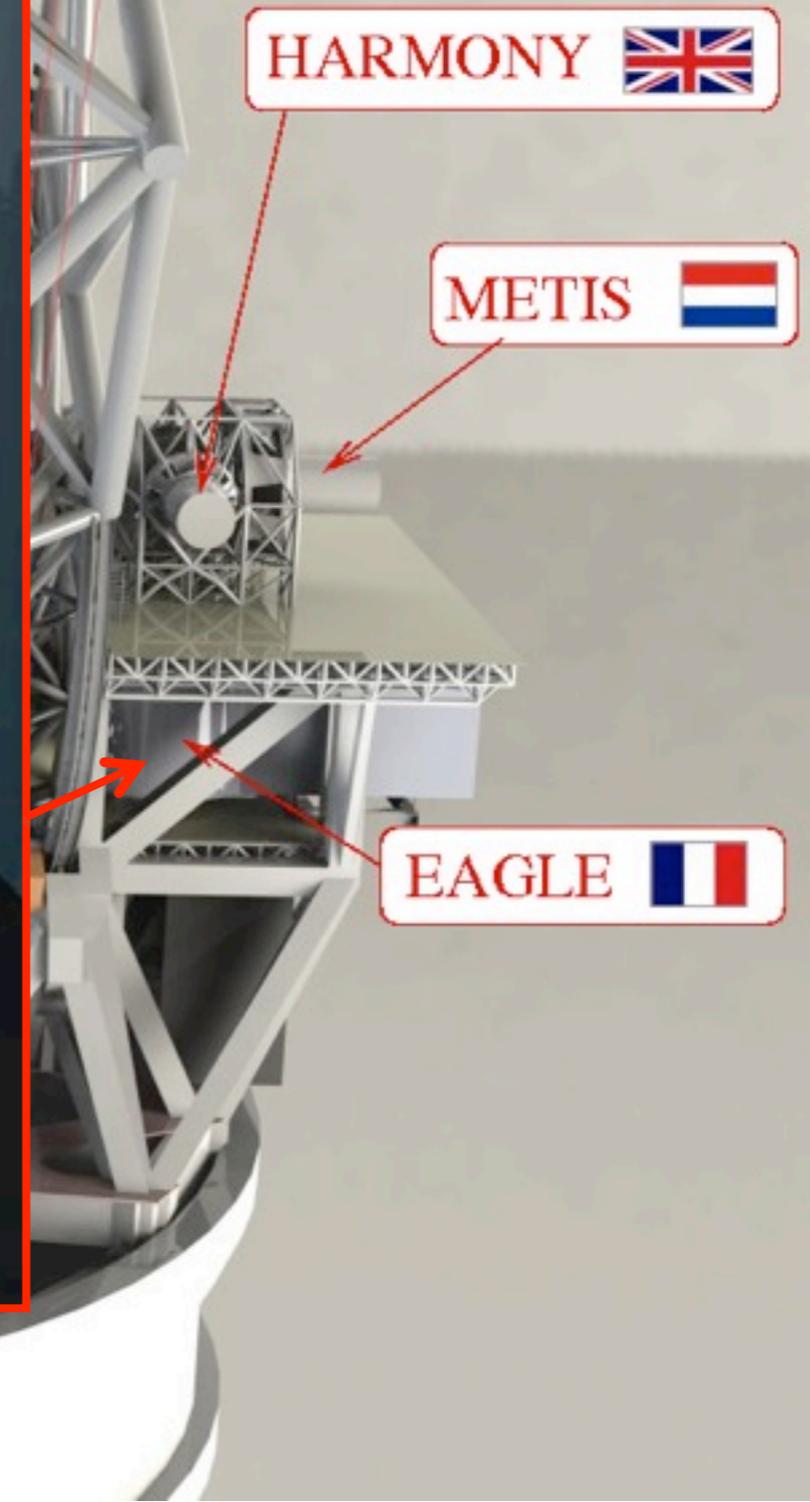
The Instruments



HARMONY 

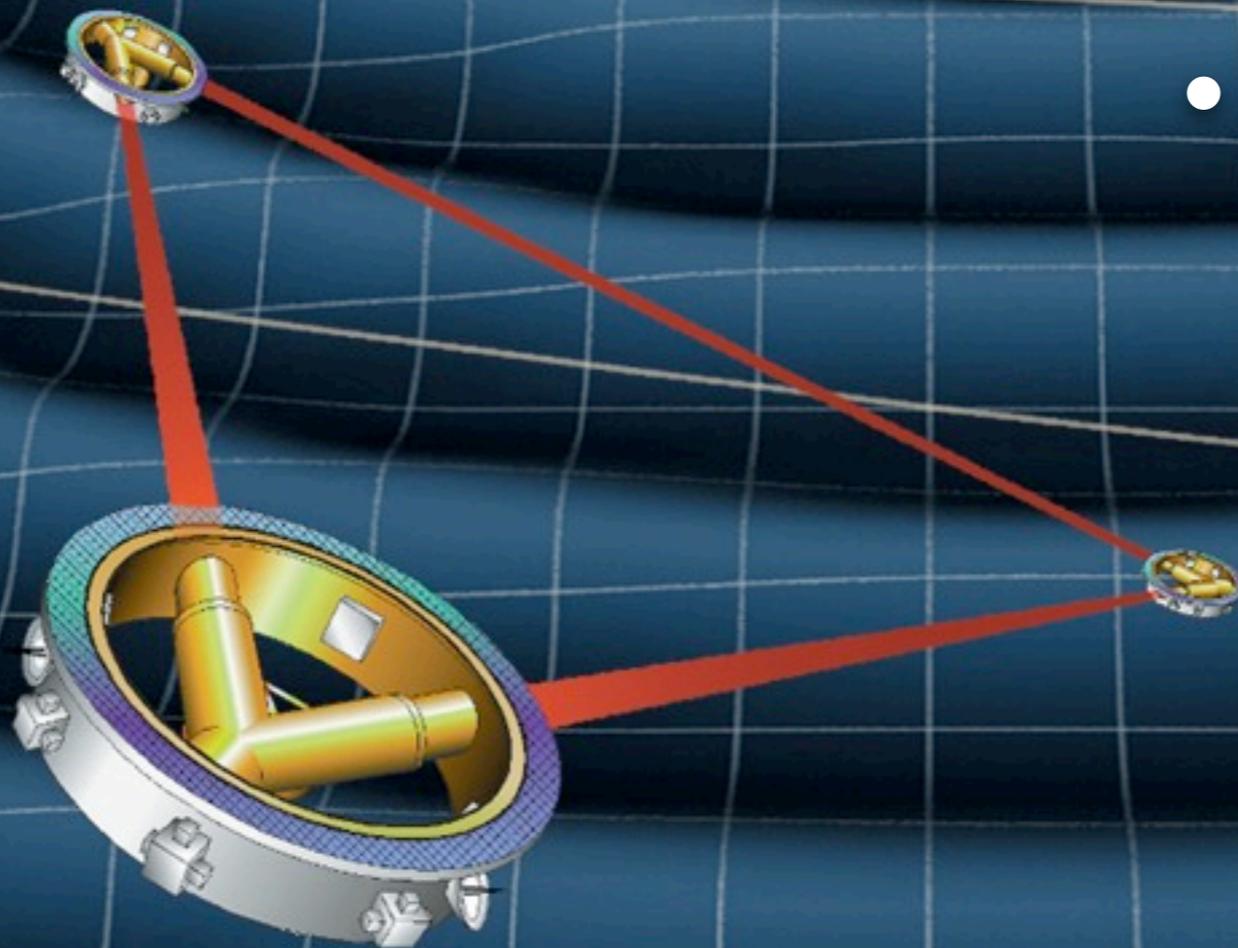
METIS 

EAGLE 



LISA

- Tre satelliti per la rivelazione e l'utilizzo delle onde gravitazionali per lo studio delle sorgenti astrofisiche
- orbita di 1 AU a 20 gradi di distanza dalla Terra
- lancio previsto: dopo il 2020



Gruppi e attività di ricerca

Fisica Solare ed Eliosferica

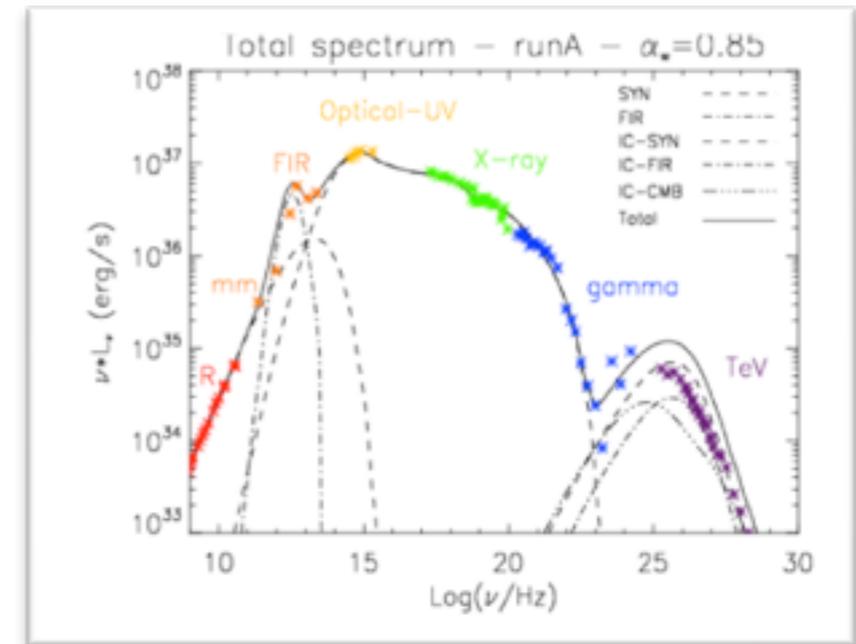
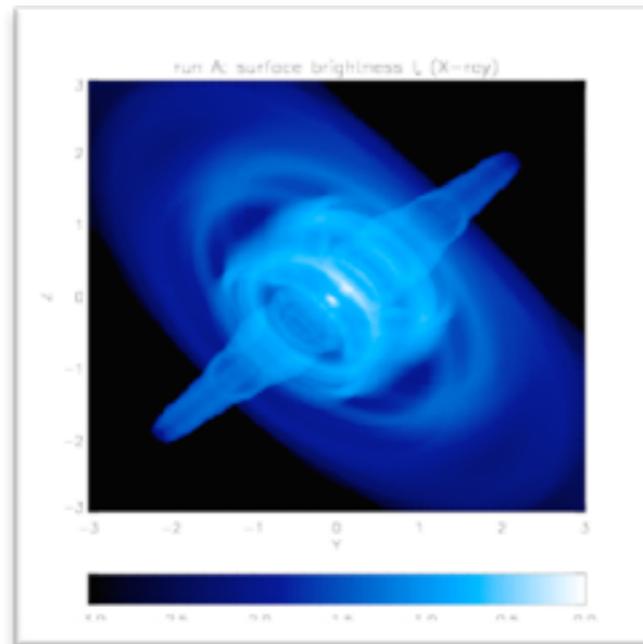
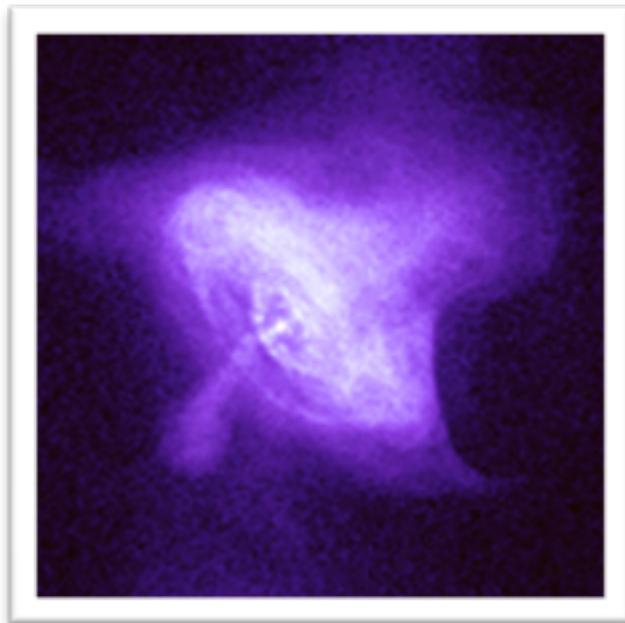
- ★ Studio teorico e osservativo dell'atmosfera solare dalla fotosfera alla corona solare e oltre, effettuato per mezzo di:
 - Modelli MHD di plasma della corona e del vento solare
 - Spettro-polarimetria dell'atmosfera solare
 - Diagnostica spettroscopica X e UV per lo studio del vento solare e per lo studio dei fenomeni dinamici del Sole
- ★ Sviluppo di strumentazione per lo studio dell'atmosfera, della corona solare e dell'eliosfera
 - ruolo rilevante in missioni spaziali ESA/NASA (SOHO, Solar Orbiter, Solar Probe Plus)



UNIFI: C. Chiuderi, S. Landi, M. Velli, E. Landi Degl'Innocenti, M. Landini, G. Noci, G. Poletto, M. Romoli, **INAF:** F. Cavallini, G. Cauzzi, K. Reardon

Astrofisica dei Plasmi

- ★ Studio teorico della fisica del plasma (quarto stato, 99% materia barionica)
 - Plasmi solari ed eliosferici
 - Processi cinetici nel vento solare
 - Plasmi relativistici in astrofisica delle alte energie
- ★ Sviluppo tecniche computazionali innovative per calcolo parallelo.
- ★ Proposta e del management scientifico di missioni spaziali dedicate all'eliosfera (ADAHELI ASI, Solar Orbiter ESA, Solar Probe Plus NASA)



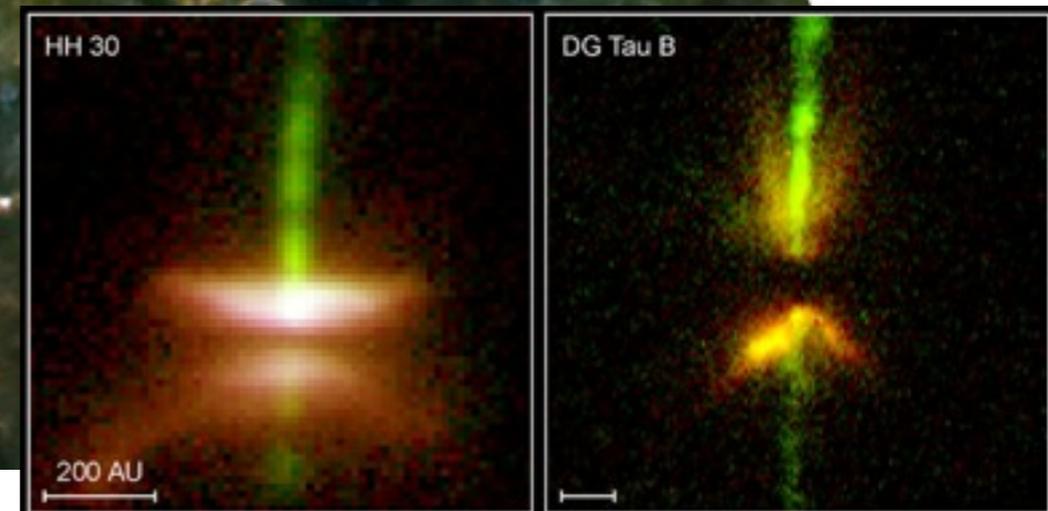
La Nebulosa del Granchio: confronto tra modelli numerici e osservazioni: la presenza dei due getti polari dovuta secondo il modello numerico alla presenza di un campo magnetico toroidale.

Formazione Stellare

- ★ Studio della formazione stellare e dei sistemi planetari
 - Gas molecolare nella Galassia (distribuzione, spettroscopia)
 - Modelli teorici di collasso delle nubi in presenza di campi magnetici
 - Origine dei sistemi planetari: modelli e osservazioni di dischi circumstellari
 - Ricerca di stelle giovani, dischi circumstellari e getti bipolari
 - Ammassi stellari e loro composizione chimica



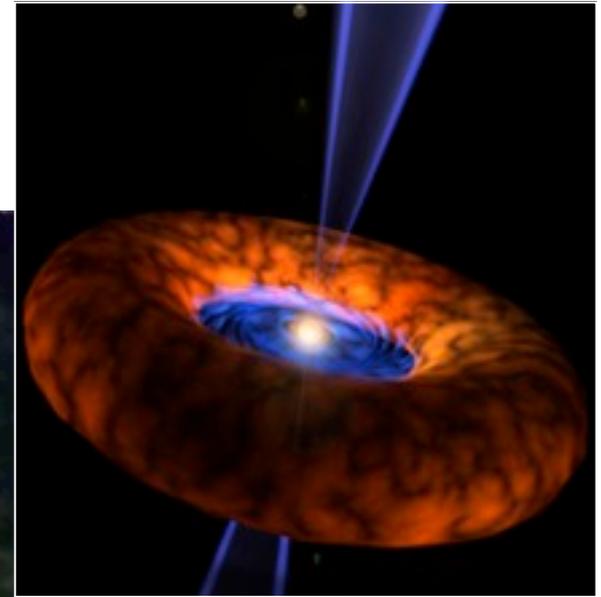
Stella giovane,
disco e getto
bipolare



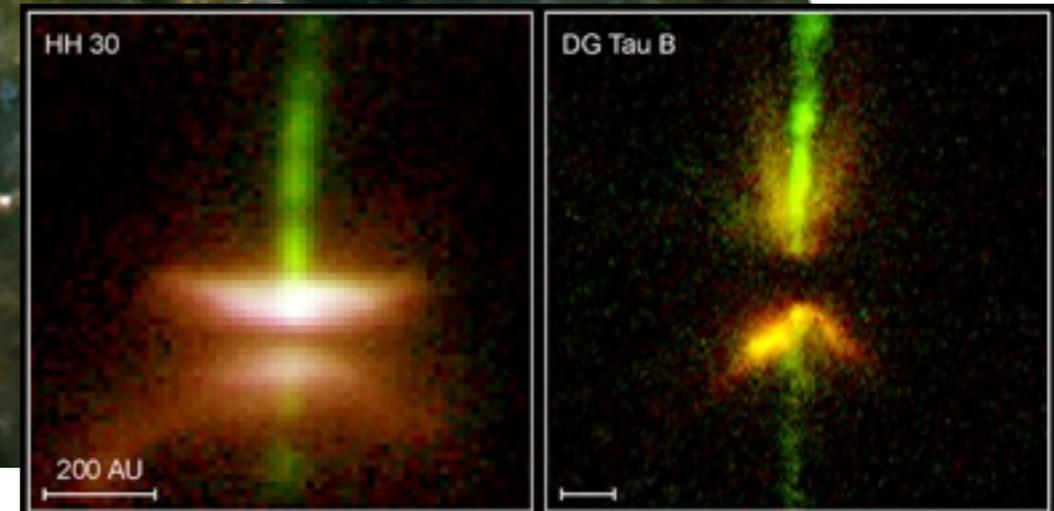
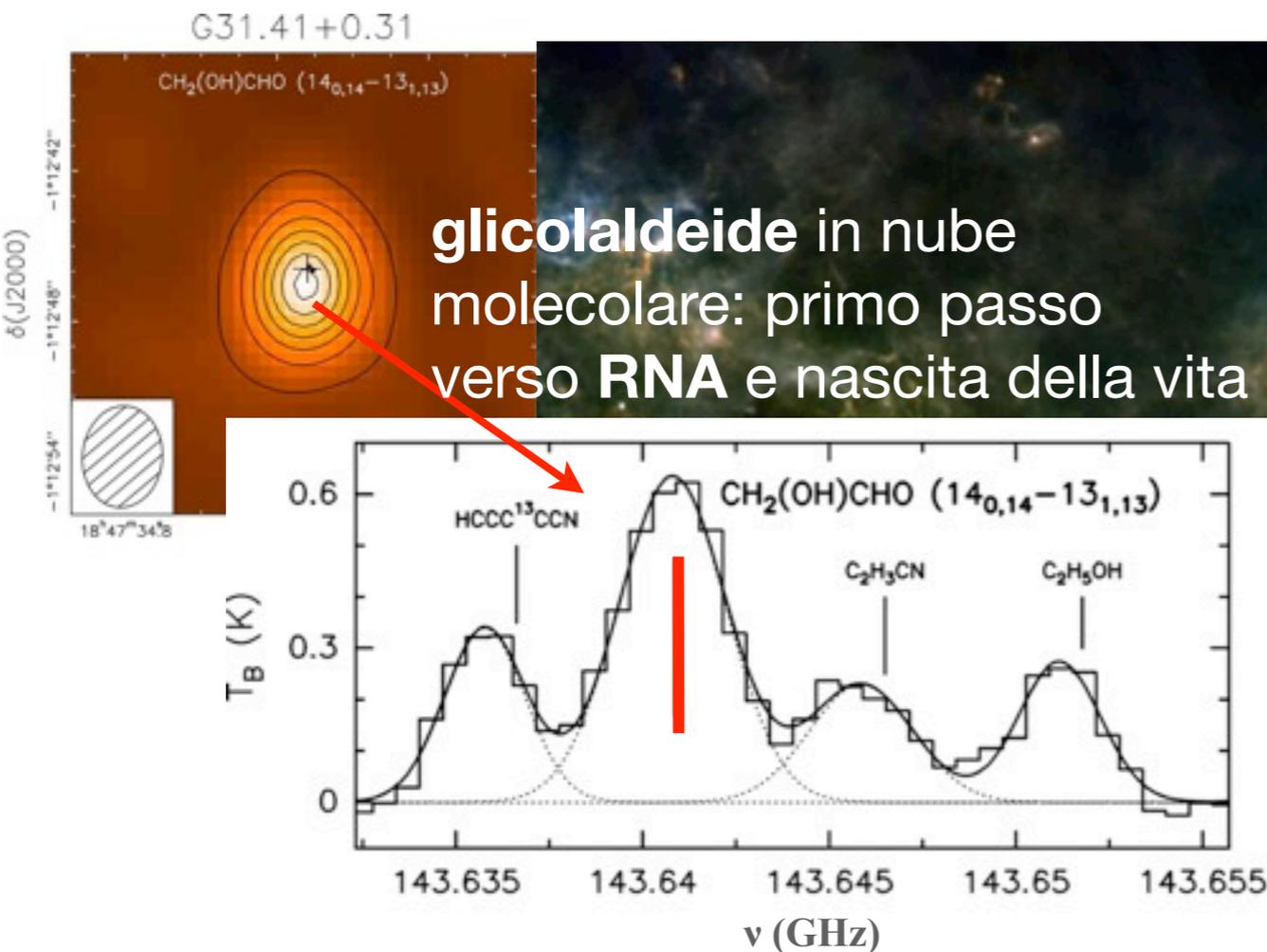
INAF: F. Bacciotti, M. T. Beltrán, R. Cesaroni, C. Codella, E. Franciosini, D. Galli, A. Lorenzani, F. Massi, L. Moscadelli, A. Natta, L. Olmi, F. Palla, S. Randich, L. Testi, R. Valdetaro, C.M. Walmsley

Formazione Stellare

- ★ Studio della formazione stellare e dei sistemi planetari
 - Gas molecolare nella Galassia (distribuzione, spettroscopia)
 - Modelli teorici di collasso delle nubi in presenza di campi magnetici
 - Origine dei sistemi planetari: modelli e osservazioni di dischi circumstellari
 - Ricerca di stelle giovani, dischi circumstellari e getti bipolari
 - Ammassi stellari e loro composizione chimica



Stella giovane,
disco e getto
bipolare



INAF: F. Bacciotti, M. T. Beltrán, R. Cesaroni, C. Codella, E. Franciosini, D. Galli, A. Lorenzani, F. Massi, L. Moscadelli, A. Natta, L. Olmi, F. Palla, S. Randich, L. Testi, R. Valdetaro, C.M. Walmsley

★ Attività scientifica e tecnologica

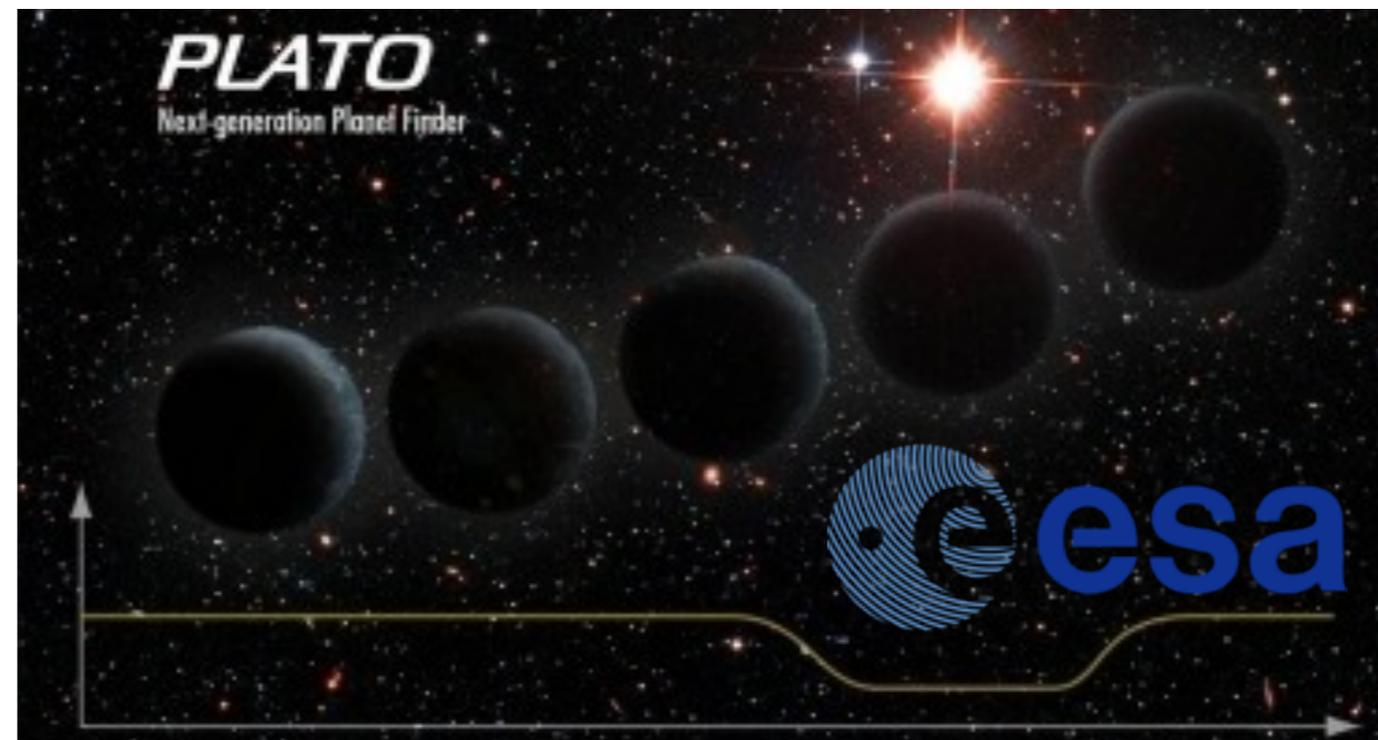
- Origine ed esplorazione del sistema solare
- Ricerca e studio dei pianeti extrasolari
- Ricerca sulle origini della vita
- Interazioni materiali organici - inorganici - radiazioni
- Produzione di analoghi di polveri cosmiche
- Sviluppo di dosimetri a diamante e di rivelatori organici
- Tecniche di indagine ottica con luce di sincrotrone

★ Partecipazione a Missioni Spaziali

- **PLATO** (M-mission ESA)
Ricerca di pianeti extrasolari
- **ECHO** (M-mission ESA)
Atmosfere pianeti extrasolari
- **MarcoPolo R** (M-mission ESA)
Sample Return da asteroide
- **ExoMars**
Rover su Marte
- **3DISS su ISS**
Danni da radiazione su DNA



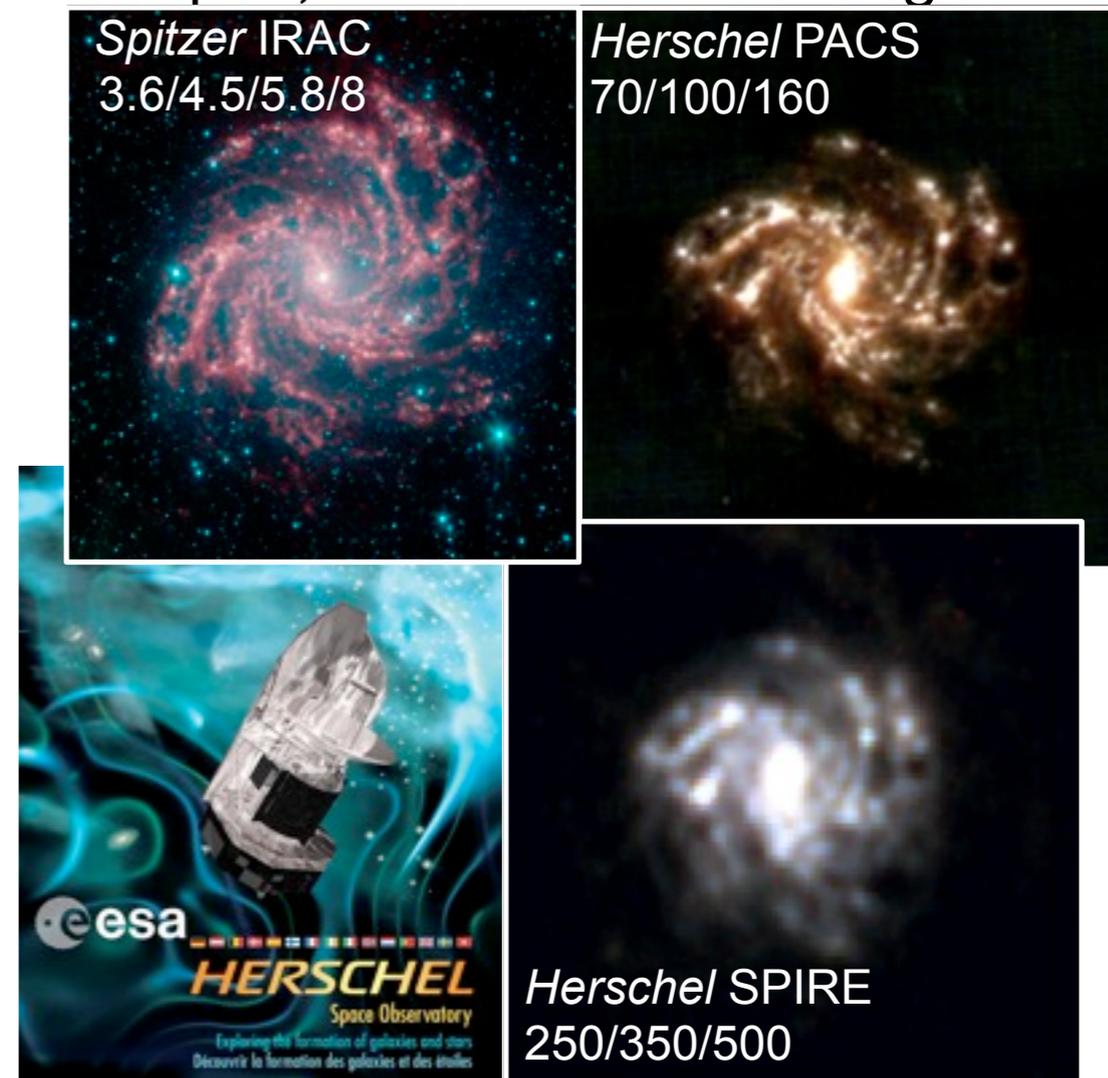
ISS
3DISS/BIOKIS
Shuttle Endeavour, 19/4/2011



Galassie, Buchi Neri e Cosmologia

★ Formazione ed evoluzione delle galassie

- **Galassie locali** (mezzo interstellare, formazione stellare, processi dinamici)
- **Galassie ad alto redshift** (formazione ed evoluzione, formazione stellare, processi dinamici, abbondanze degli elementi)
- **Nuclei Galattici Attivi e Buchi Neri** (processi fisici e di emissione della radiazione, masse dei buchi neri e loro relazione con galassia ospite, evoluzione cosmologica dei nuclei attivi e dei buchi neri)



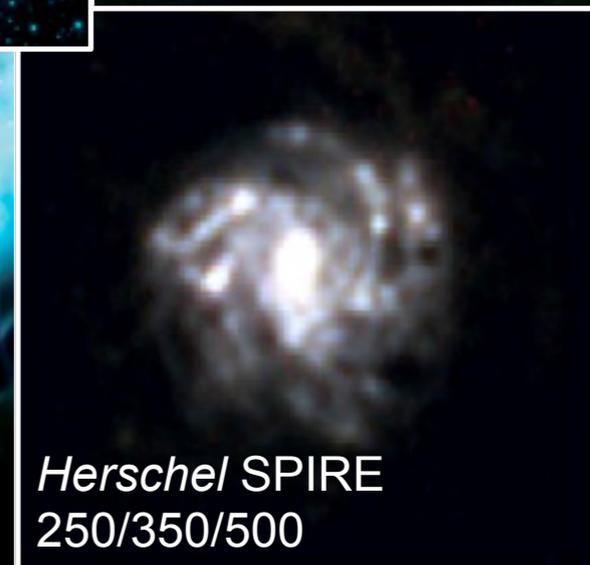
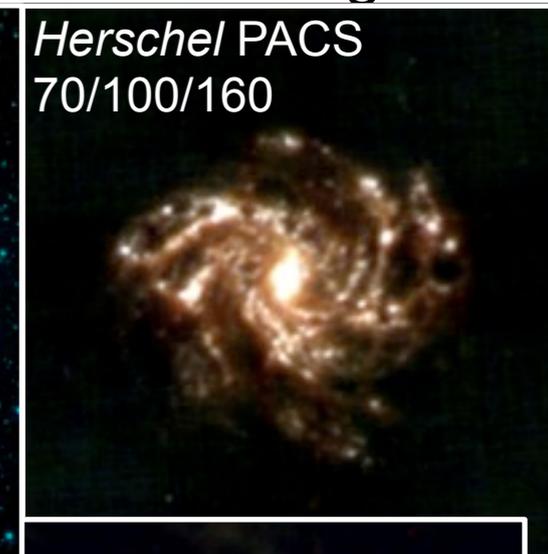
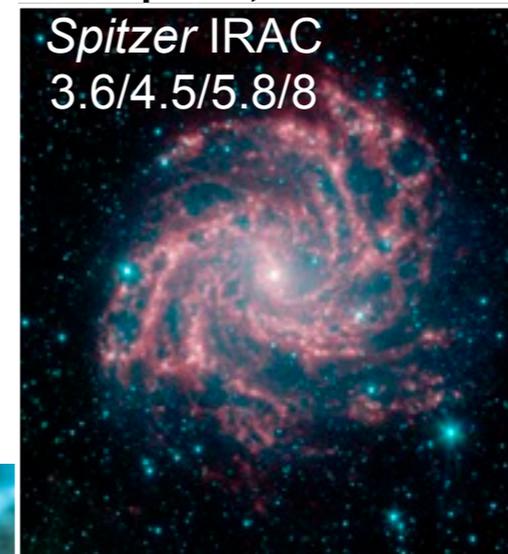
UNIFI: A. Marconi, P. Pietrini, S. Bovinelli, A. Gnerucci, E. Nardini, M. Sirigu, R. Valiante,
INAF: M. Salvati, S. di Serego, C. Giovanardi, L. Hunt, F. Mannucci, S. Bianchi, E. Corbelli,
G. Risaliti, G. Torricelli, L. Magrini, C. Pappalardo, E. Sani, V. Sommariva

Galassie, Buchi Neri e Cosmologia

★ Formazione ed evoluzione delle galassie

- **Galassie locali** (mezzo interstellare, formazione stellare, processi dinamici)
- **Galassie ad alto redshift** (formazione ed evoluzione, formazione stellare, processi dinamici, abbondanze degli elementi)
- **Nuclei Galattici Attivi e Buchi Neri** (processi fisici e di emissione della radiazione, masse dei buchi neri e loro relazione con galassia ospite, evoluzione cosmologica dei nuclei attivi e dei buchi neri)

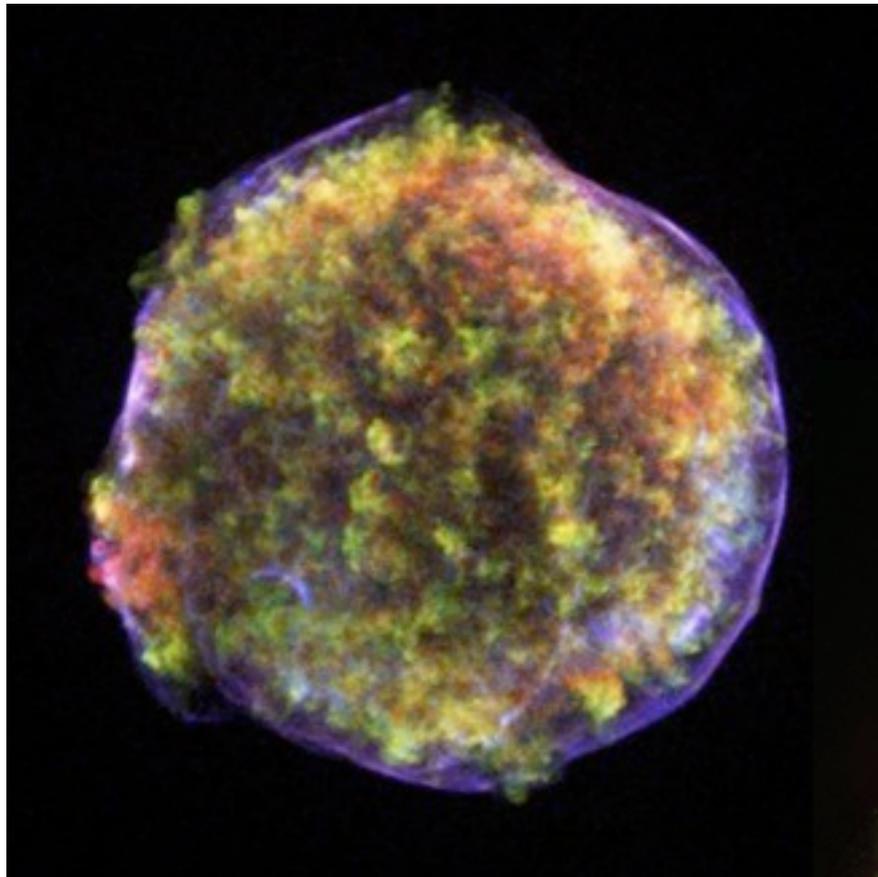
Abbondanze di elementi pesanti ad alto redshift: prima evidenza diretta che la formazione stellare è alimentata da accrescimento di gas primordiale (2010, Nature)



UNIFI: A. Marconi, P. Pietrini, S. Bovinelli, A. Gnerucci, E. Nardini, M. Sirigu, R. Valiante,
INAF: M. Salvati, S. di Serego, C. Giovanardi, L. Hunt, F. Mannucci, S. Bianchi, E. Corbelli,
G. Risaliti, G. Torricelli, L. Magrini, C. Pappalardo, E. Sani, V. Sommariva

Astrofisica delle Alte Energie

- ★ Accelerazione di particelle in sorgenti astrofisiche
- ★ Origine e propagazione dei raggi cosmici
- ★ Resti di Supernova e Nebulose di Pulsar
- ★ Materia Oscura non barionica



Accelerazione di Raggi Cosmici in resti di supernova: meccanismo di Fermi non lineare
ruolo di primo piano nella comprensione teorica e nello studio delle conseguenze osservative

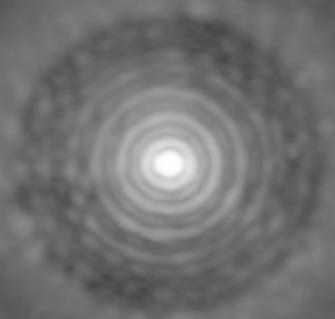


(Filamenti X sottili, amplificazione del campo magnetico, spettri dei raggi cosmici, righe Balmer anomale, etc)

Strumentazione Astronomica

- ★ **XUVLAB (UNIFI):** Interface Control Units (PLATO, ECHO, METIS/SOLAR ORBITER), rivelatori UV e X basati su diamante sintetico, Dosimetri per radioprotezione basati su diamante sintetico, Polarimetria UV
E. Pace, M. Romoli, A. De Sio, F. Landini, M. Focardi, M. Pancrazzi, L. Tozzetti
- ★ **Onde gravitazionali (UNIFI):** sviluppo di strumentazione per la rivelazione di onde gravitazionali (missione LISA)
R. Stanga, L. Marconi, S. di Franco, G. Marcucci
- ★ **Ottiche Adattive (INAF):** sviluppo per ESO, LBT, E-ELT
S. Esposito, A. Riccardi, G. Agapito, C. Arcidiacono, R. Briguglio, L. Busoni, L. Fini, A. Gherardi, J. C. Guerra, F. Quirós-Pacheco, F. Pieralli, E. Pinna, A. Puglisi, P. Ranfagni, P. Salinari, P. Stefanini, A. Tozzi, M. Xompero, L. Miglietta, C. Del Vecchio
- ★ **Atmosfera e Turbolenza Ottica (INAF):** studi atmosferici e di turbolenza ottica e dei loro effetti sulla scelta dei siti astronomici
E. Masciadri, F. Lascaux
- ★ **Strumentazione Astrofisica (INAF):** sviluppo di strumentazione per ALMA, TNG, E-ELT con particolare riguardo ai pianeti extrasolari
C. Baffa, G. Comoretto, C. Del Vecchio, E. Giani, L. Miglietta, R. Nesti, E. Oliva, A. Tozzi, D. Ferruzzi, B. Biliotti, L. Cresci, G. Falcini, A. Margaglio, M. Sozzi

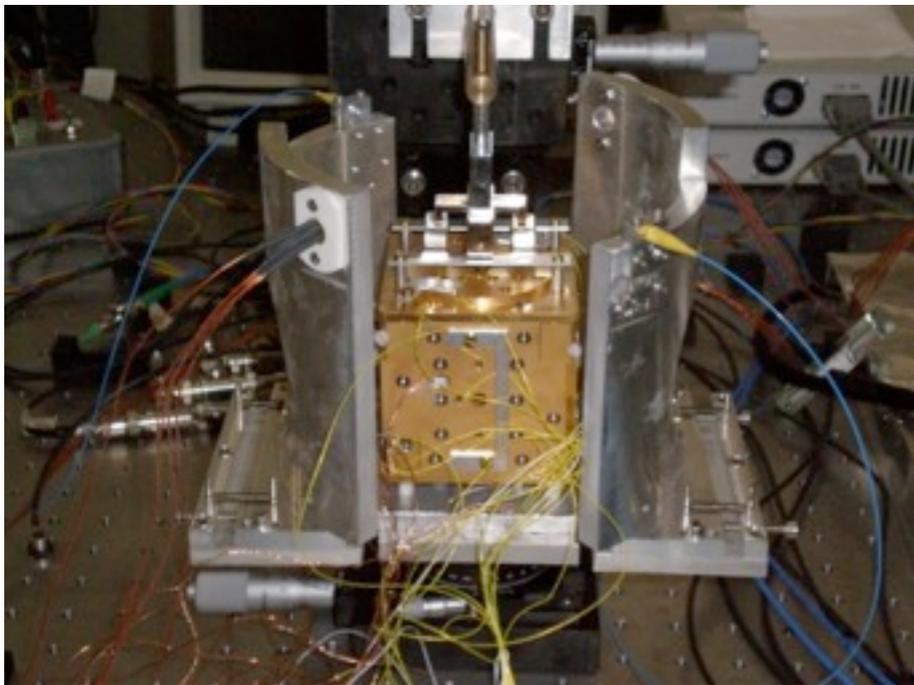
SR@1.65 μ m > 90%, FWHM=40mas
EE>73% in 100 μ m diameter



La migliore immagine mai ottenuta a terra con un sistema di ottica adattiva ed un telescopio da 8-10m



Spettrometri infrarossi ad alta risoluzione spettrale per rivelare bio-markers nelle atmosfere dei pianeti extrasolari in transito davanti alla stella madre (GIANO@TNG, SIMPLE@E-ELT)

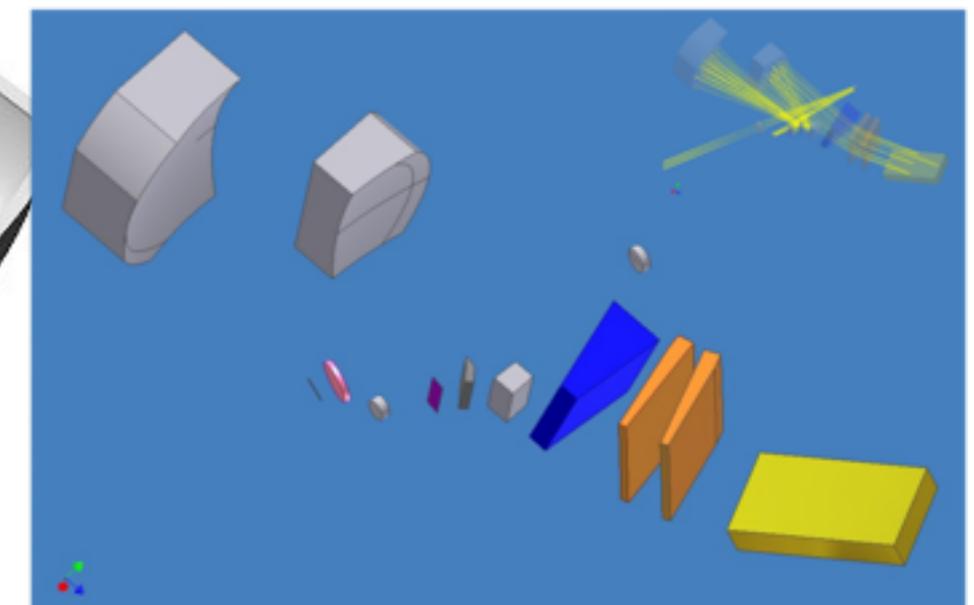


Simulazione di caduta libera su 2 gradi di libertà (LISA): raggiunto il rumore termico!



GIANO

simple a high resolution near-IR spectrograph for the E-ELT



Astronomia per tutti!

- Studi di **Storia dell'Astronomia**, con particolare riguardo a Galileo ed alla Fisica Solare
- **Visite guidate all'Osservatorio** e osservazioni con il telescopio Amici (~10000 persone/anno)
- **Lezioni al Planetario di Firenze** per scuole e pubblico (~13000 persone/anno)
- Collaborazione con **OpenLab, Conferenze di Astronomia** e di storia dell'Astronomia nelle scuole e presso associazioni culturali, **festivals** e ogni anno ...
la **“Bambineide”**



*Da dove diavolo
viene tutto
questo?*



