

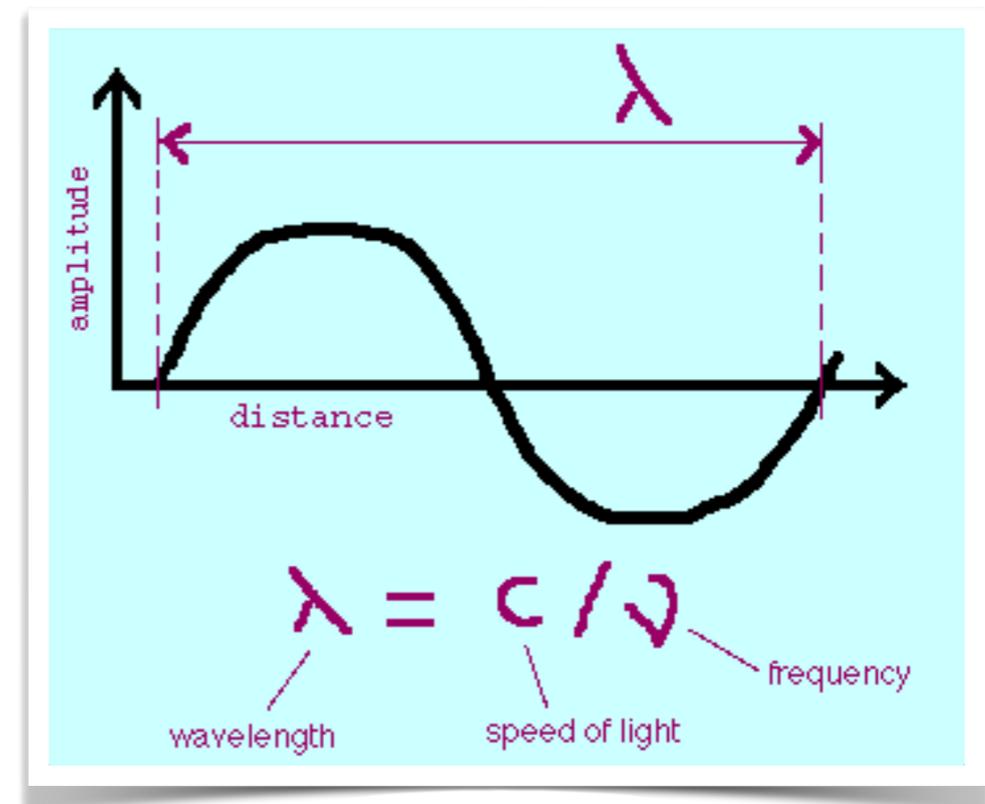
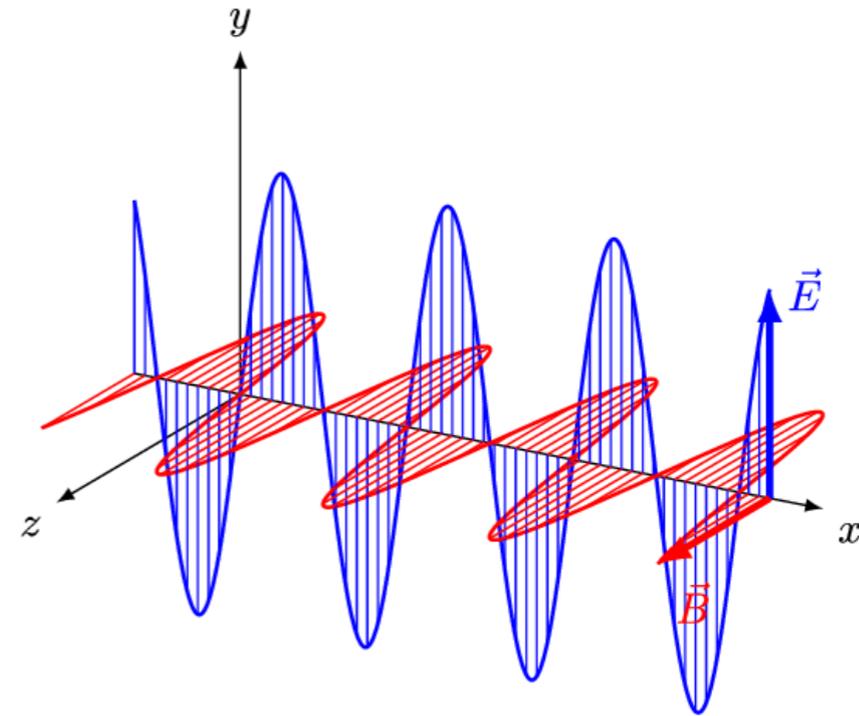


Il cielo visto dal telescopio spaziale Fermi-LAT

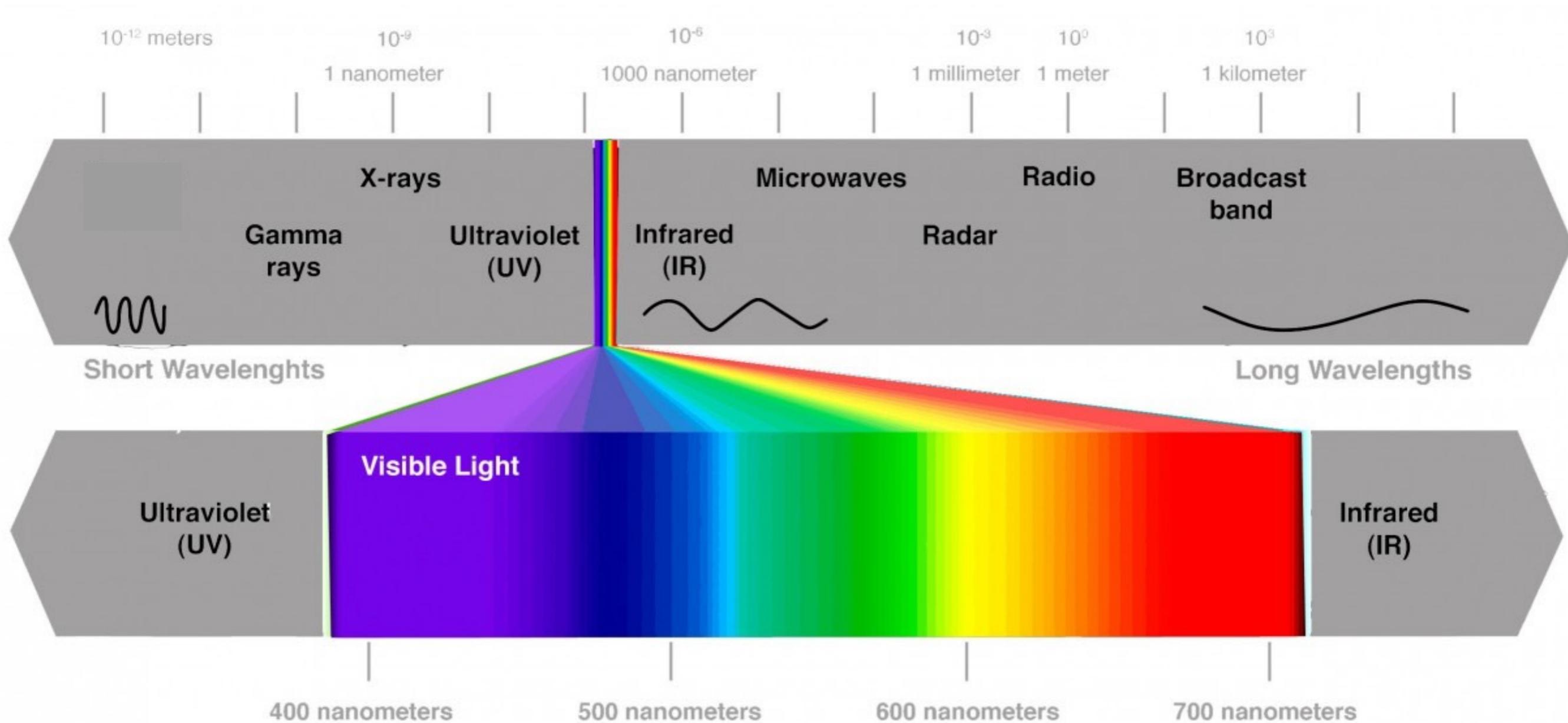
Raffaella Bonino
raffaella.bonino@unito.it

LE ONDE ELETTROMAGNETICHE

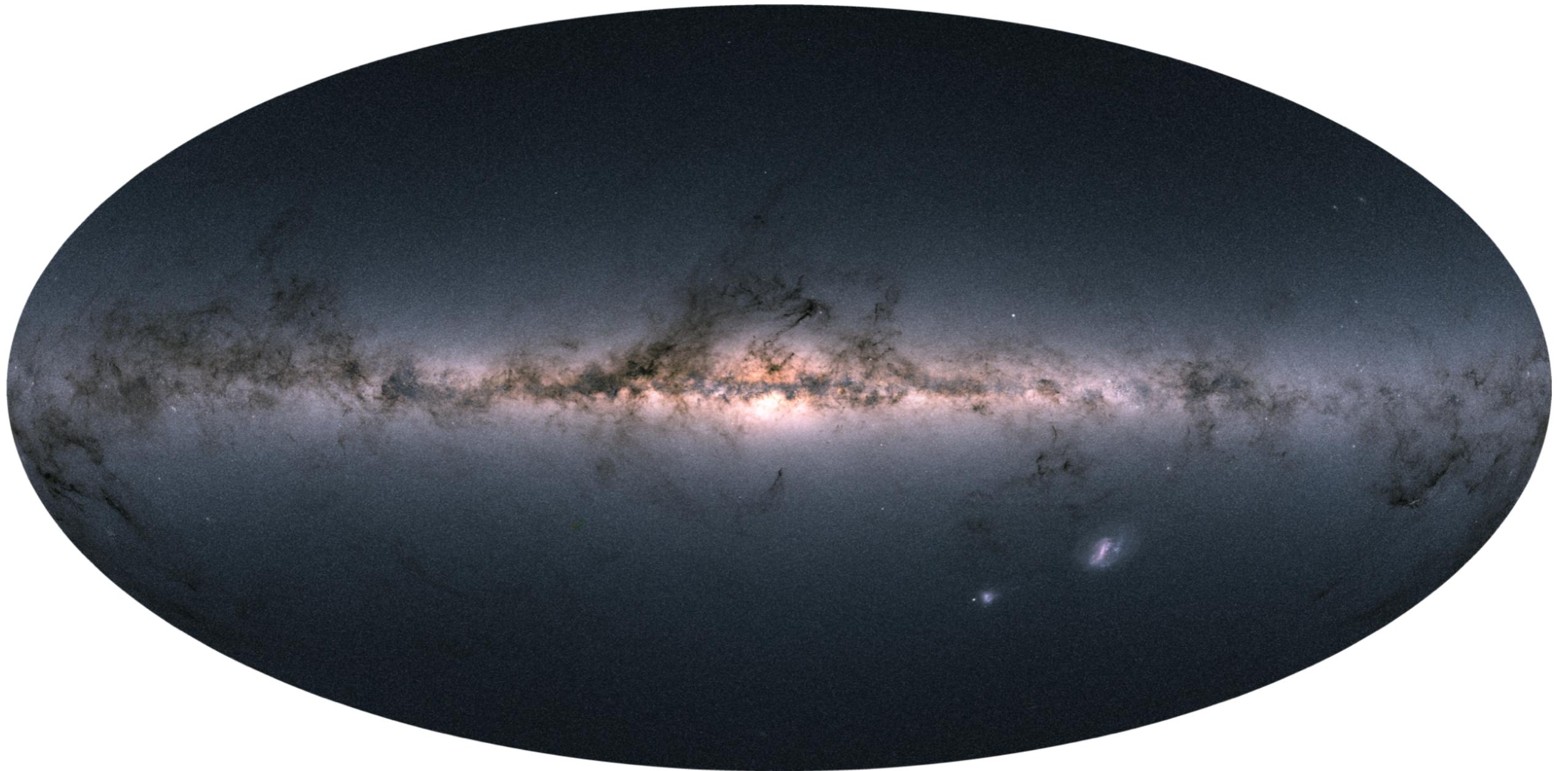
- Insieme di fotoni (particelle senza massa) che **si muovono come onde** e **viaggiano alla velocità della luce**
- Ogni fotone ha una certa **quantità di energia**
- L'unica differenza tra le varie radiazioni elettromagnetiche è l'energia dei fotoni
- L'energia di un fotone è tipicamente espressa in **elettron-volt** ($1\text{eV}=1.6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$)
- **Relazioni fondamentali:** $E = h \nu = h c / \lambda$
 $h = 4.1 \times 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s}$ (Costante di Planck)
 $c = 3 \times 10^8 \text{ m / s}$ (velocità della luce nel vuoto)



Lo SPETTRO ELETTROMAGNETICO

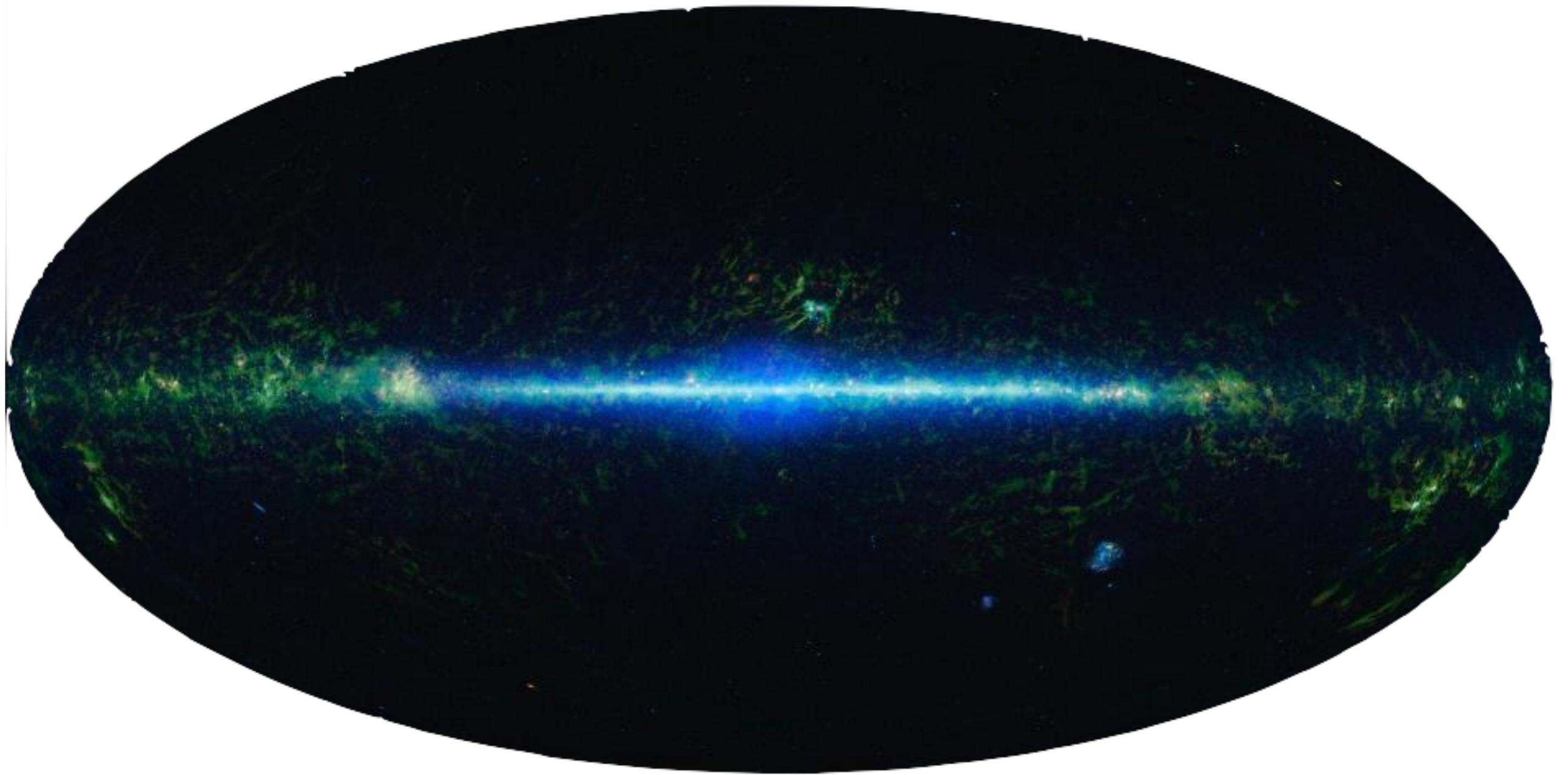


L'UNIVERSO...NEL VISIBILE



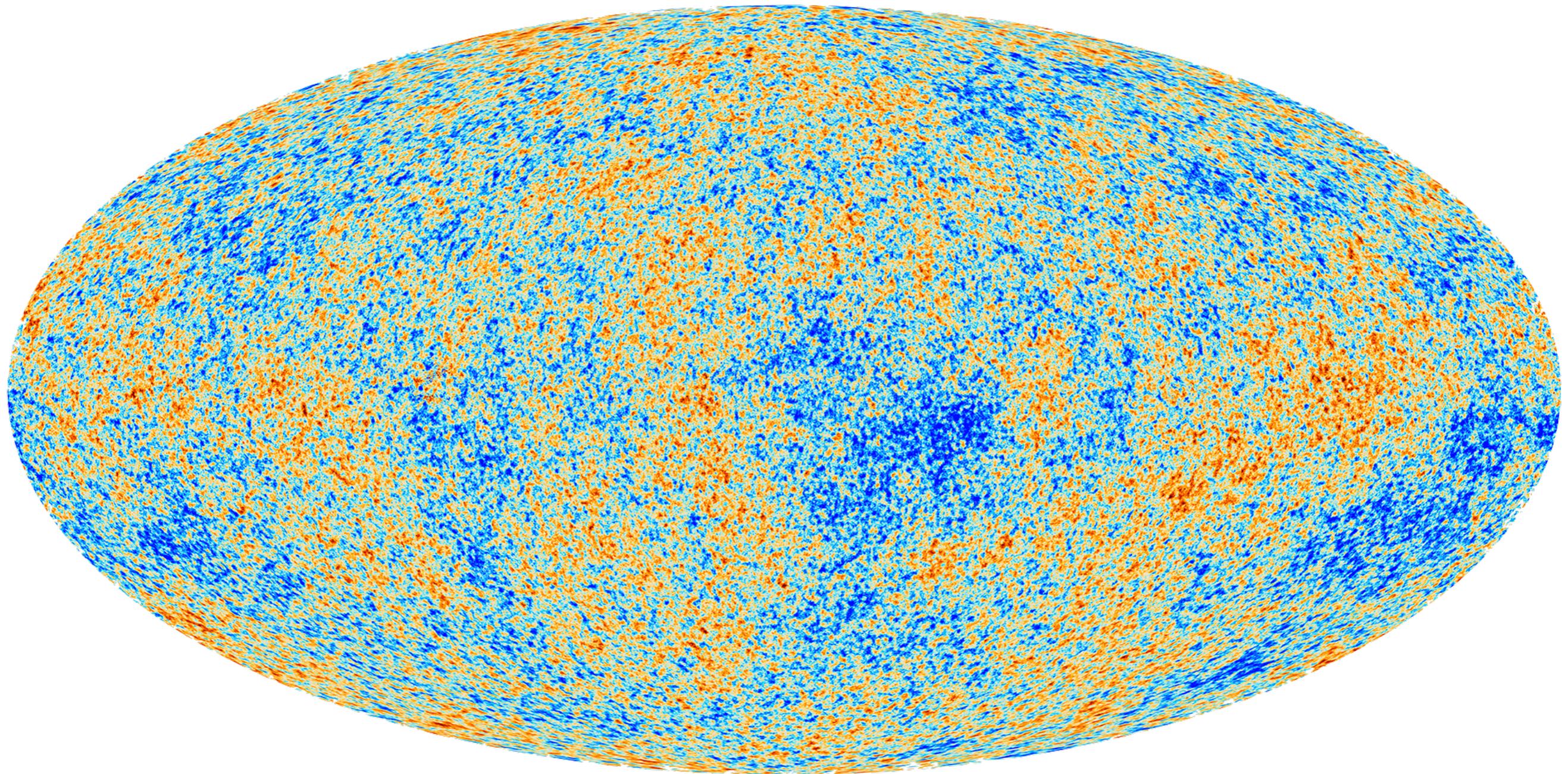
- L'unica radiazione visibile dai nostri occhi

L'UNIVERSO...NELL'INFRAROSSO



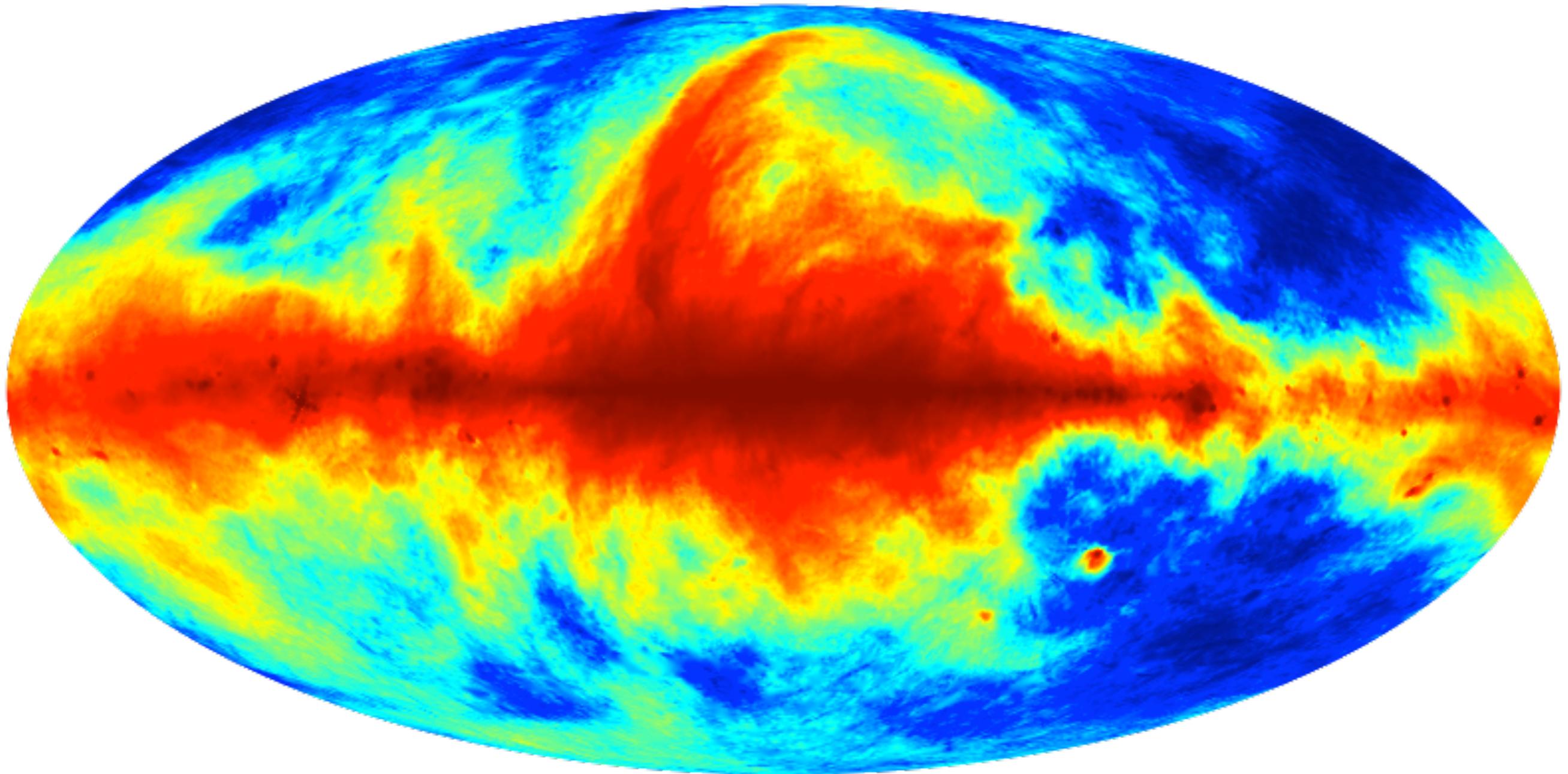
- Pianeti, stelle, polvere interstellare...soprattutto oggetti freddi

L'UNIVERSO...NEL MICROONDE



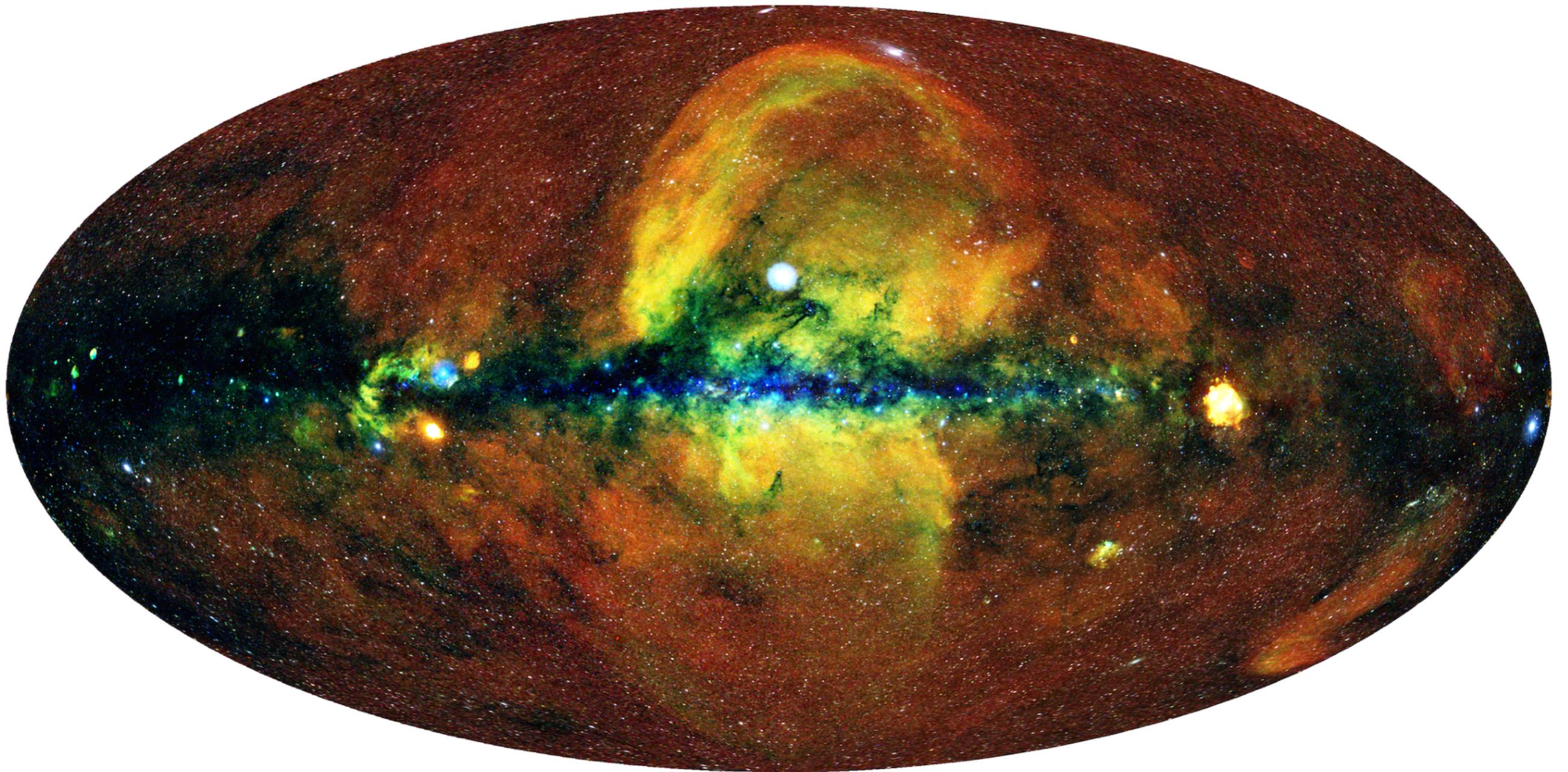
- Radiazione cosmica di fondo, residuo di luce fossile del Big Bang

L'UNIVERSO...NEL RADIO



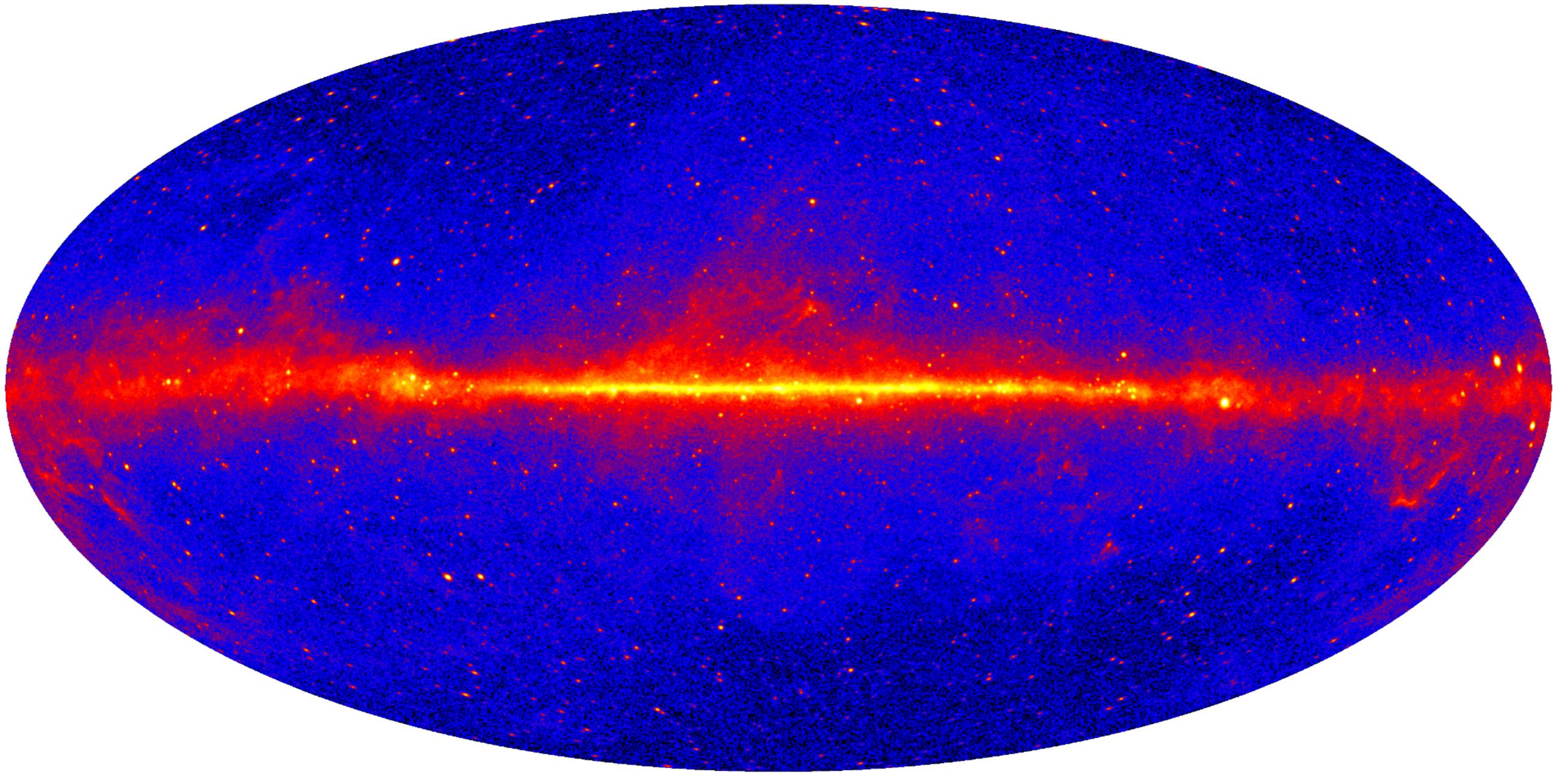
- Emissione da elettroni ultra-relativistici che si muovono all'interno di intensi campi magnetici

L'UNIVERSO...NEI RAGGI X

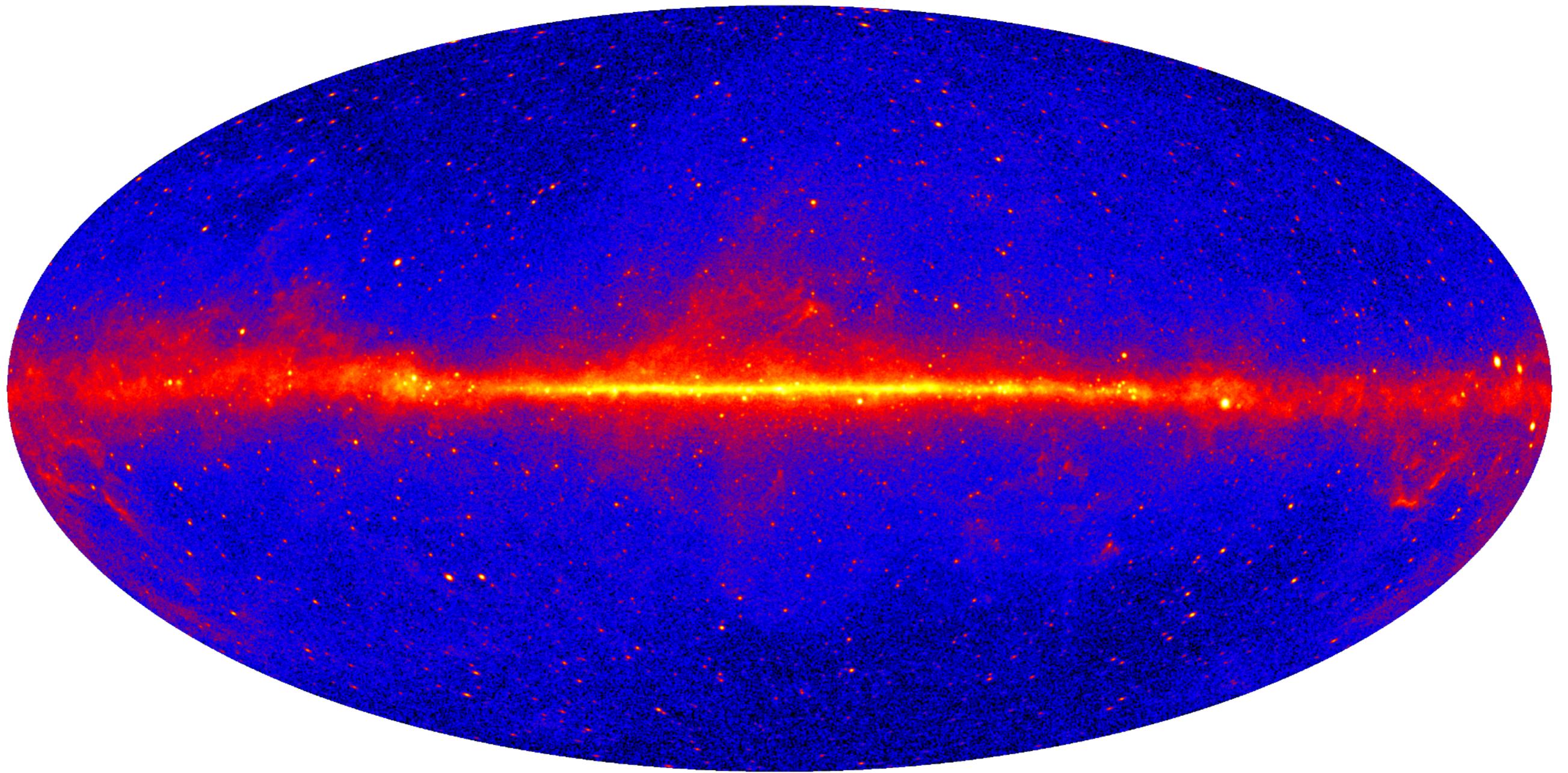


- Buchi Neri, Stelle di Neutroni, Resti di Supernovae, Sole, Dischi intorno ad oggetti compatti

L'UNIVERSO...NEI RAGGI GAMMA

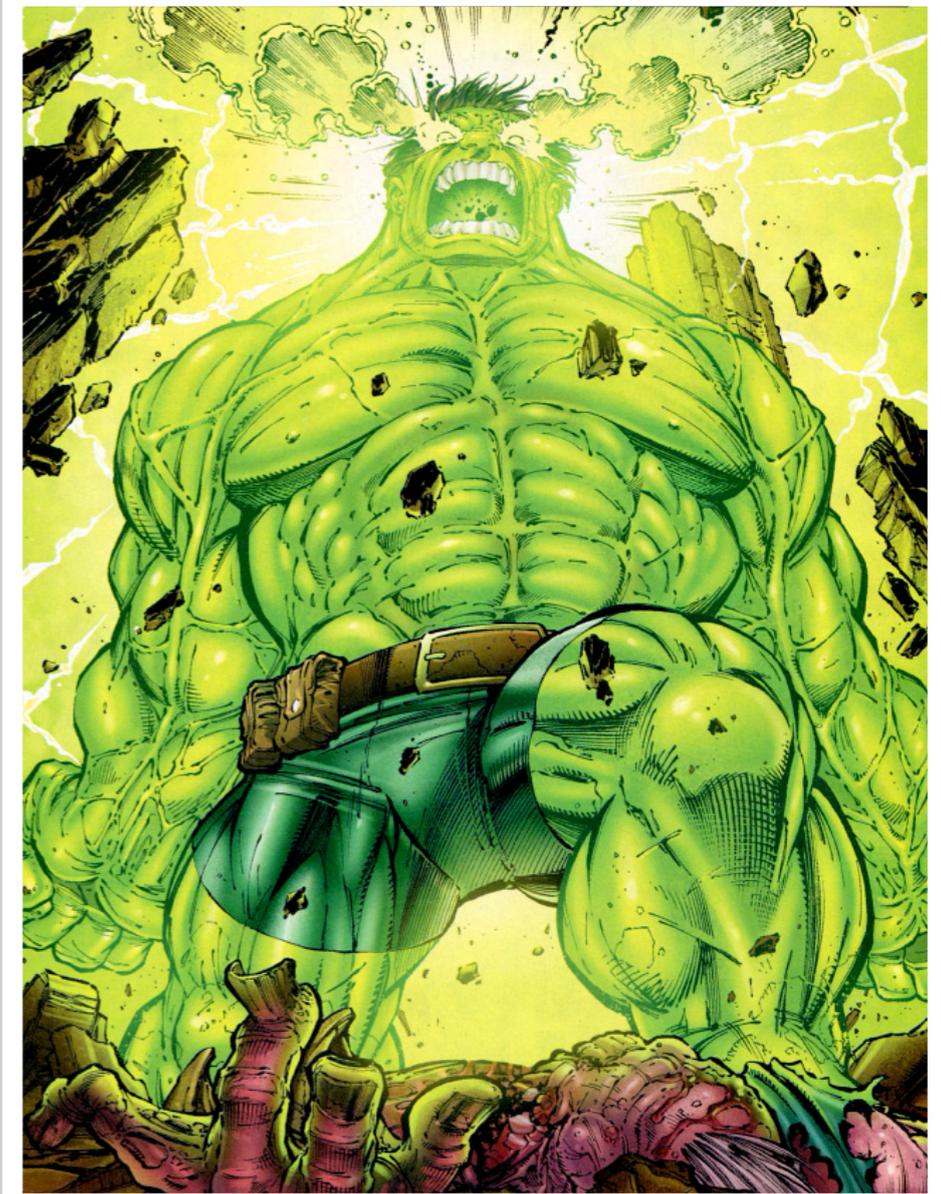


L'UNIVERSO...NEI RAGGI GAMMA



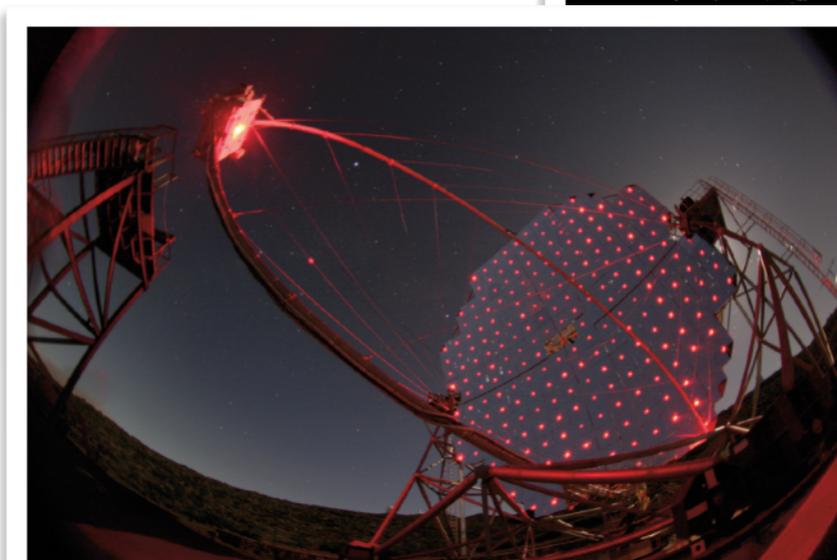
Ma cosa sono i raggi gamma ?

I RAGGI GAMMA... NON SOLO HULK!



I RAGGI GAMMA

- 📍 Radiazione più energetica, **fenomeni violenti**
- 📍 Le sorgenti gamma sono spesso **altamente variabili**
- 📍 I raggi gamma:
 - 📍 non possono essere riflessi dagli specchi: attraversano tutti i materiali!
 - 📍 ... si studiano attraverso l'interazione con la materia:
 - ✓ **Telescopi spaziali**
 - ✓ **Telescopi a terra**



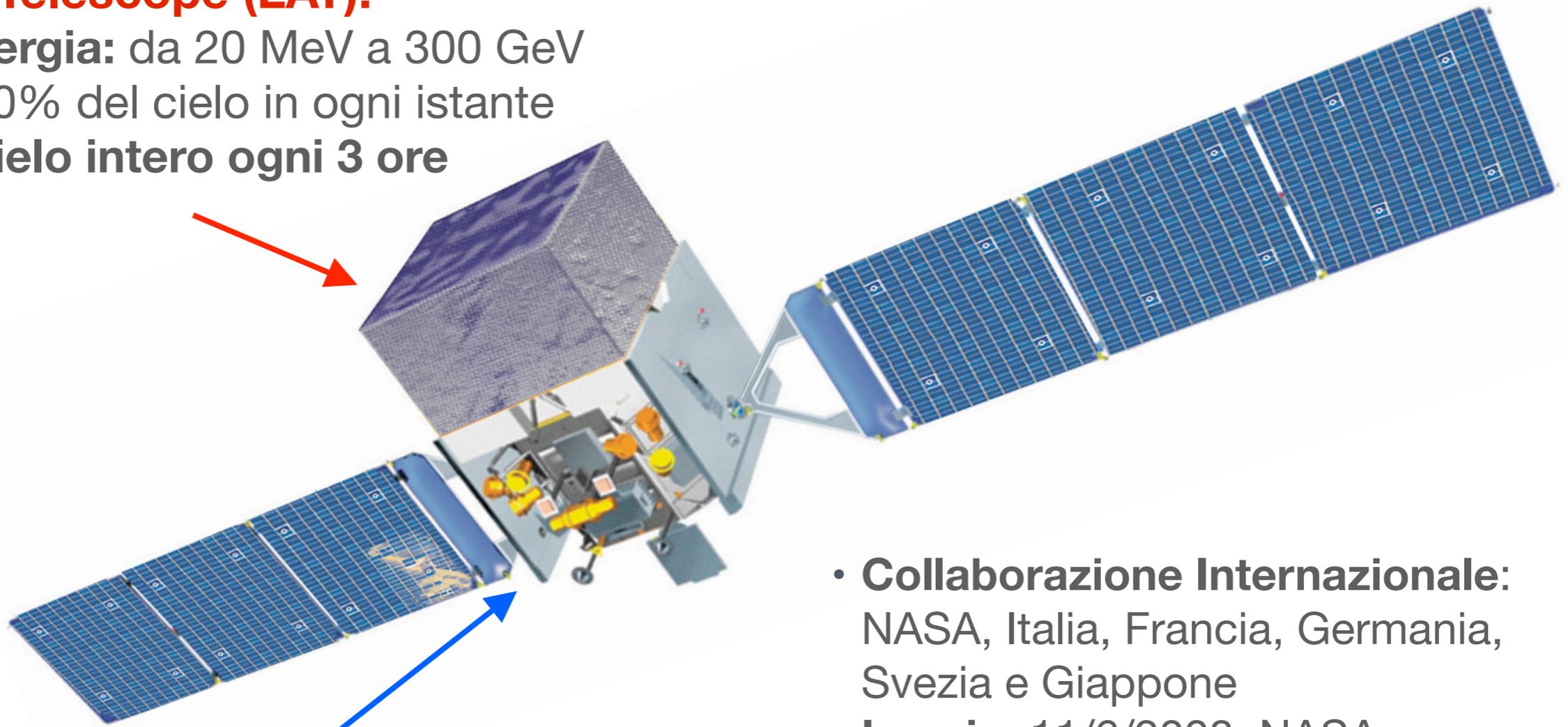
FERMI GAMMA RAY SPACE TELESCOPE



L'OSSERVATORIO FERMI

Large Area Telescope (LAT):

- Range energia: da 20 MeV a 300 GeV
- Osserva 20% del cielo in ogni istante
- Copre il cielo intero ogni 3 ore



Gamma-ray Burst Monitor (GBM):

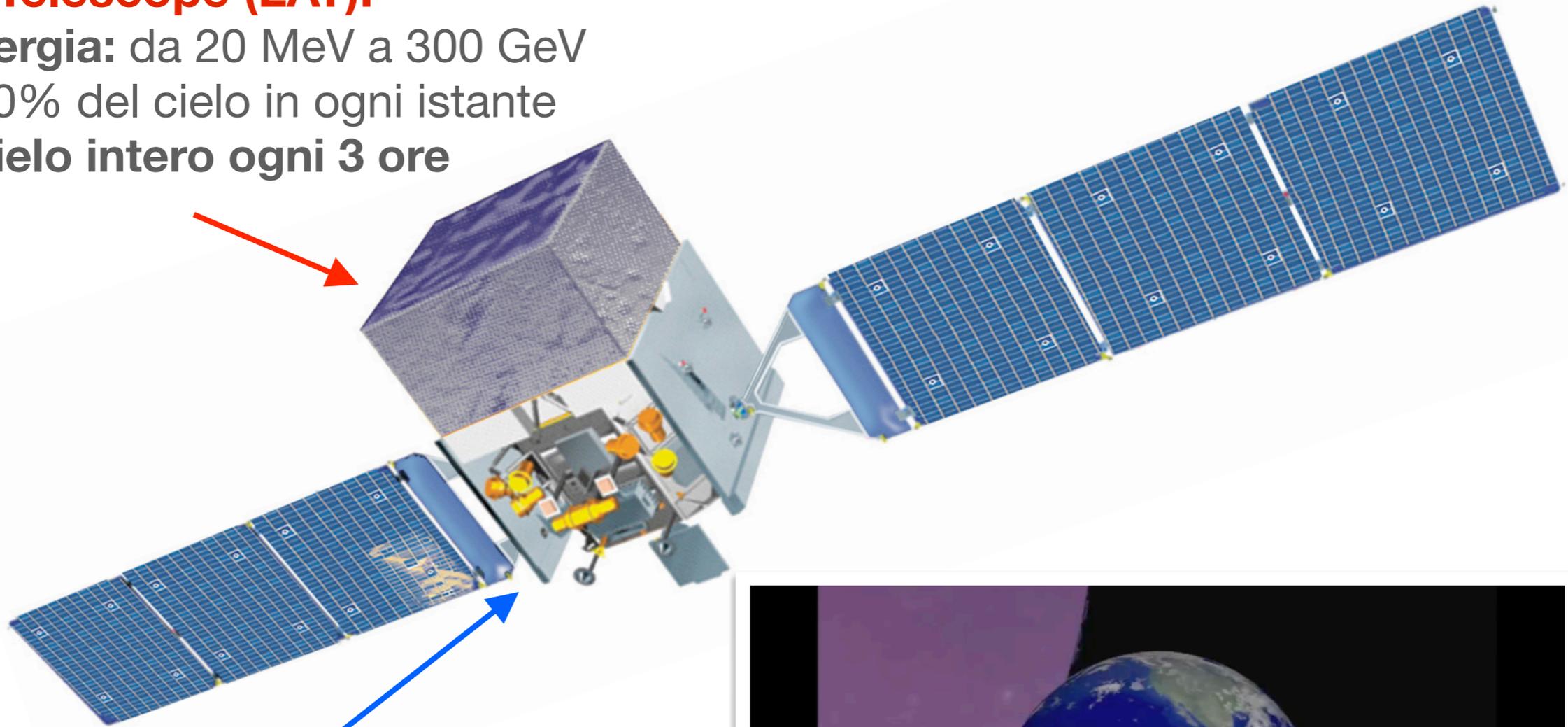
- Range energia: da 8 keV a 40 MeV
- Dedicato allo studio dei Gamma Ray Bursts

- **Collaborazione Internazionale:** NASA, Italia, Francia, Germania, Svezia e Giappone
- **Lancio:** 11/6/2008, NASA
- **Orbita:** circolare, ad altezza di 565 km e inclinazione di 25.6°

L'OSSERVATORIO FERMI

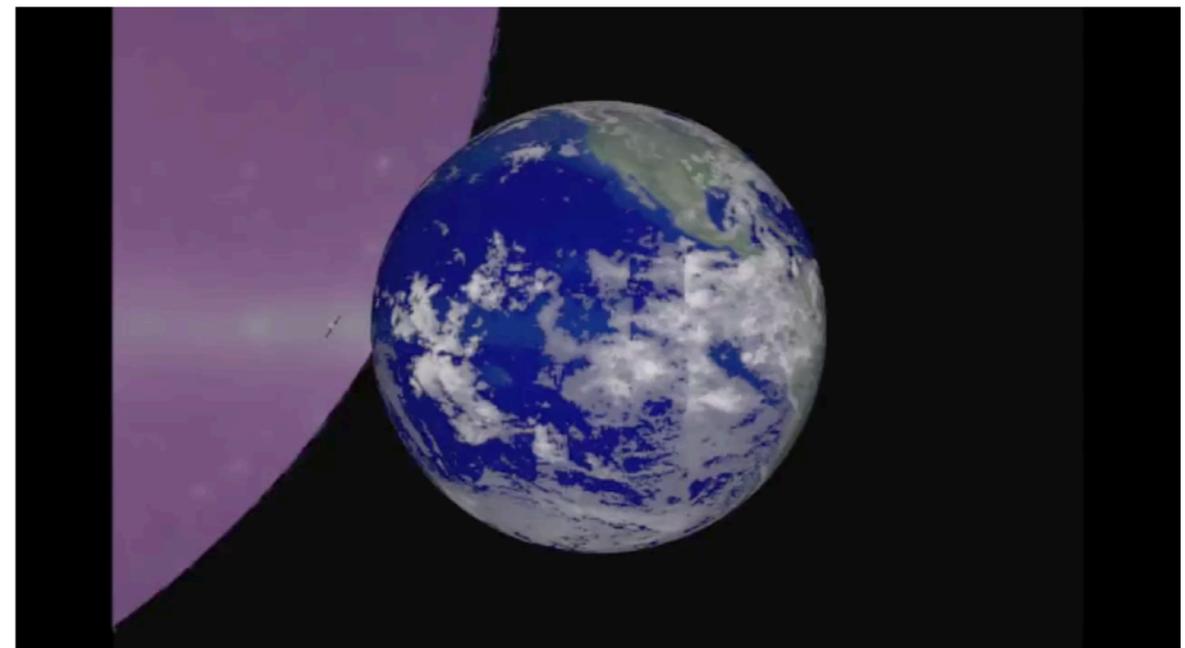
Large Area Telescope (LAT):

- Range energia: da 20 MeV a 300 GeV
- Osserva 20% del cielo in ogni istante
- Copre il cielo intero ogni 3 ore

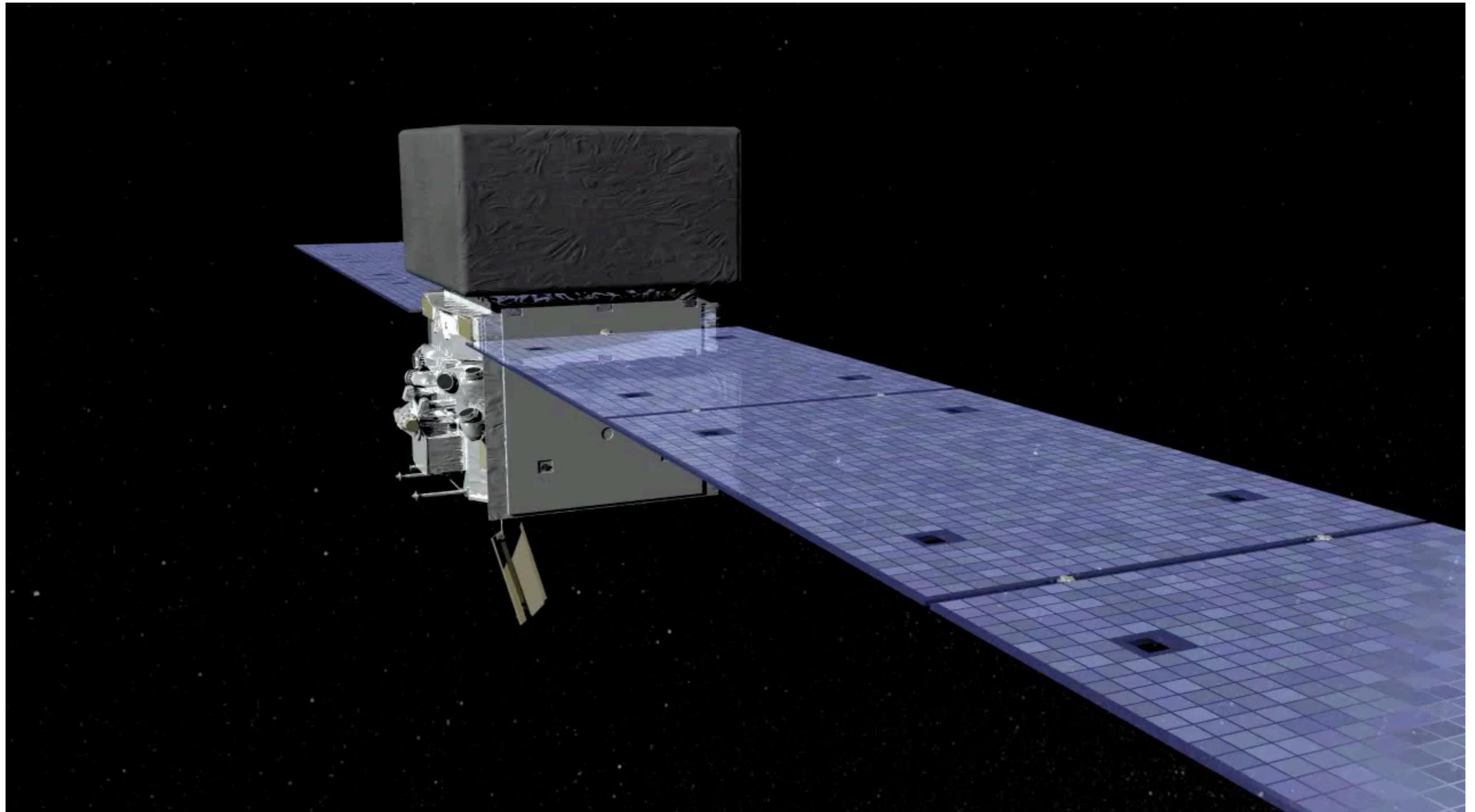


Gamma-ray Burst Monitor (GBM):

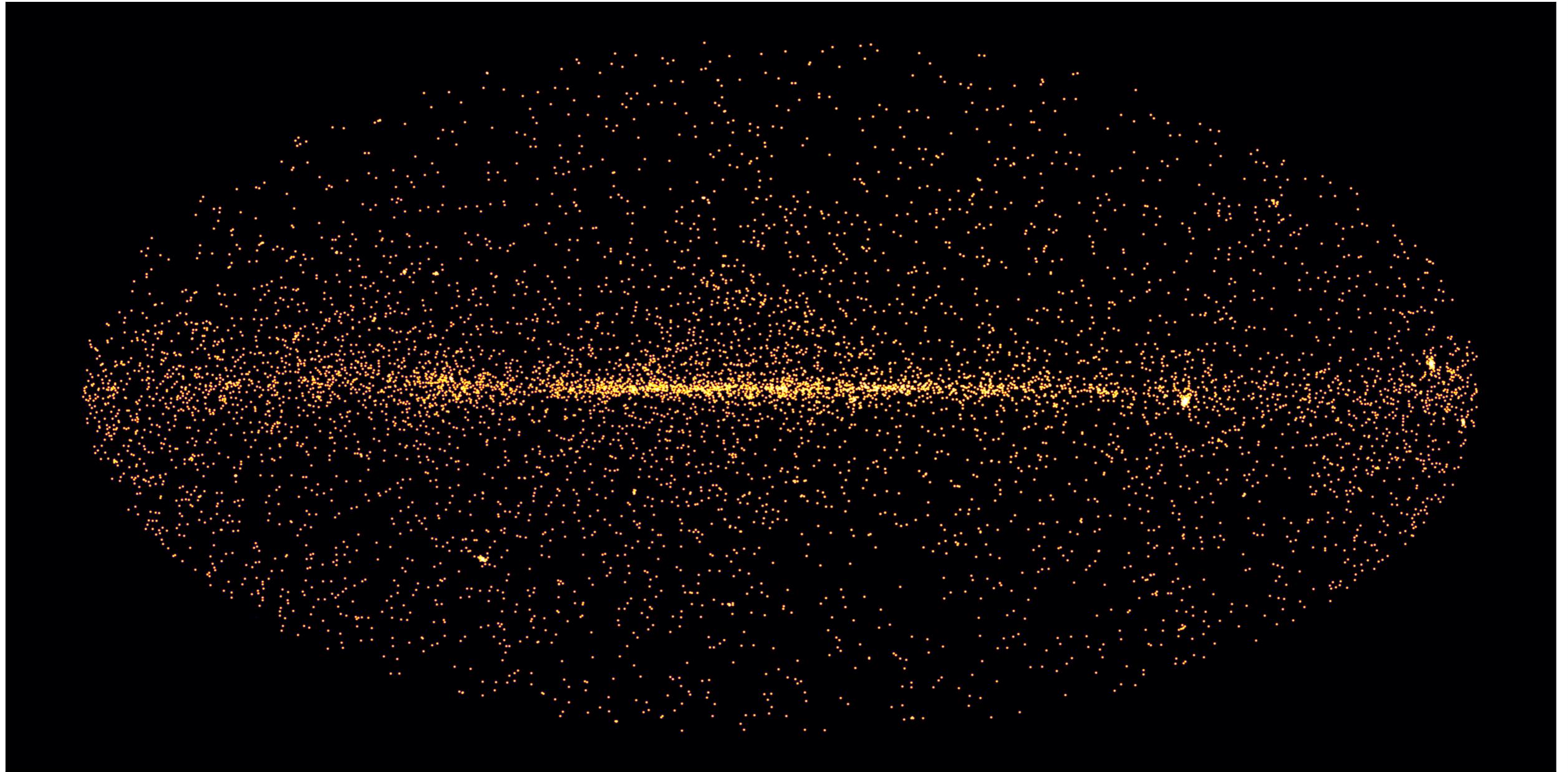
- Range energia: da 8 keV a 40 MeV
- Dedicato allo studio dei Gamma Ray Bursts



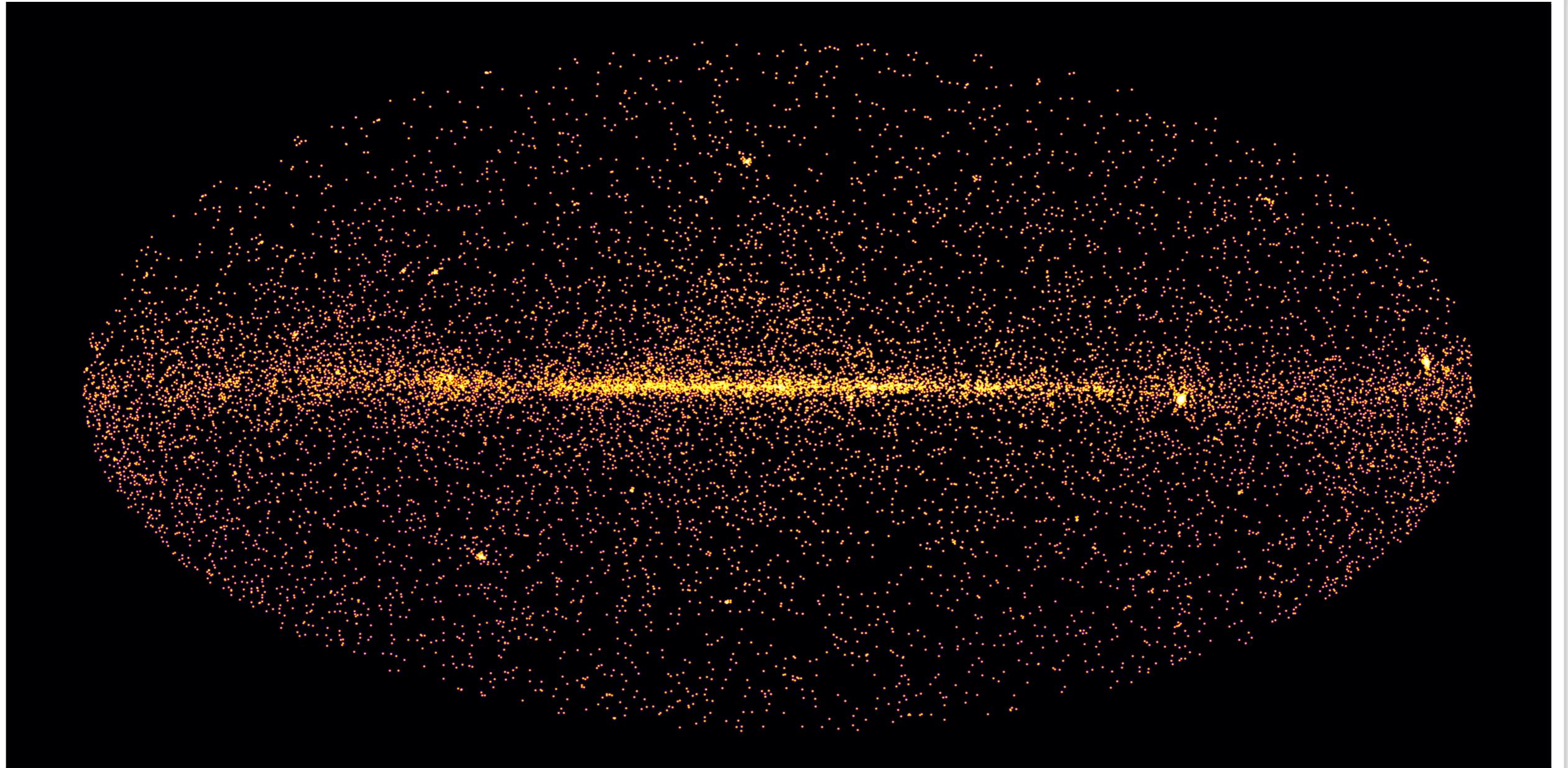
IL DETECTOR FERMI-LAT



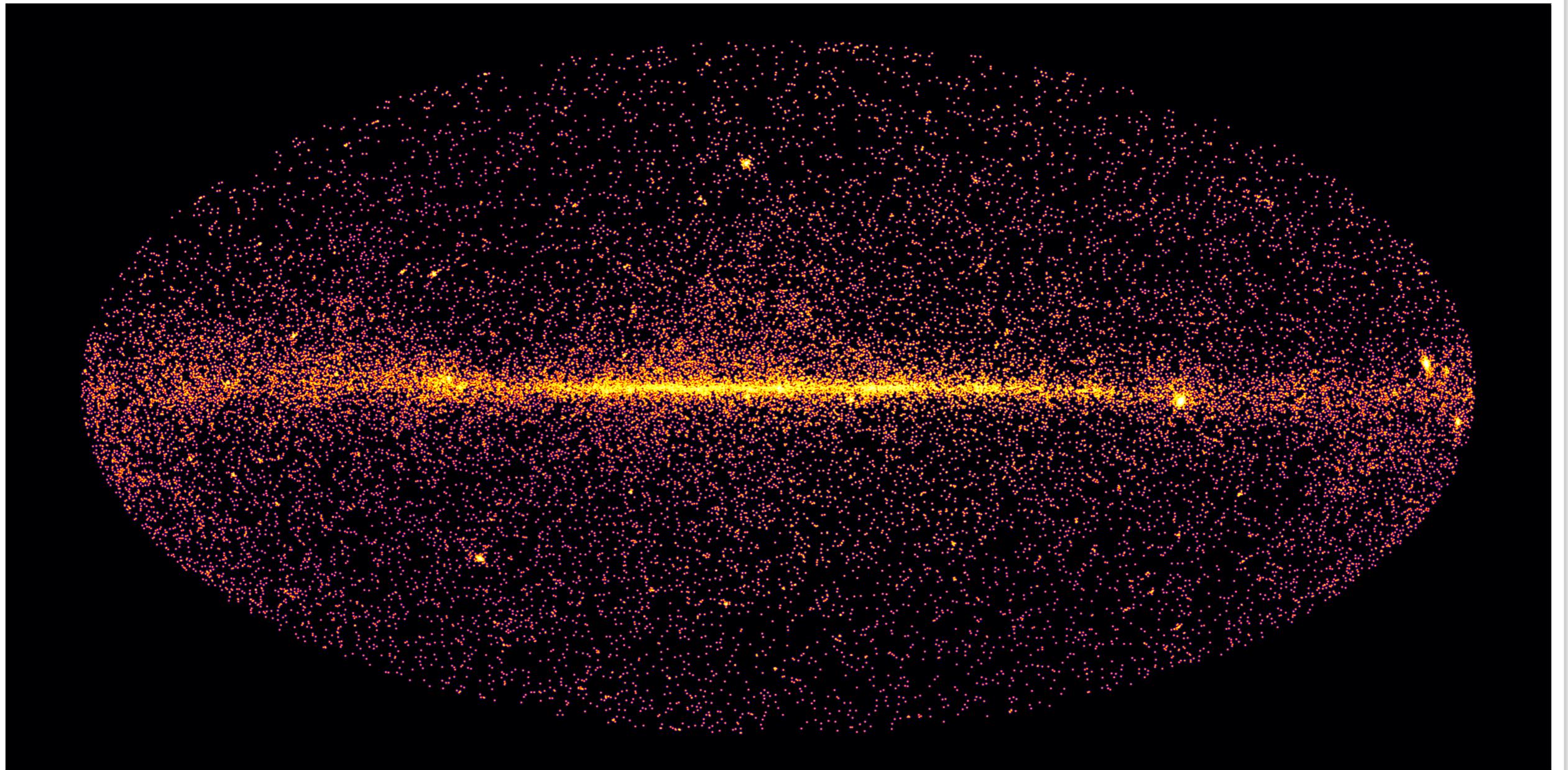
IL CIELO VISTO DA FERMI IN 30H



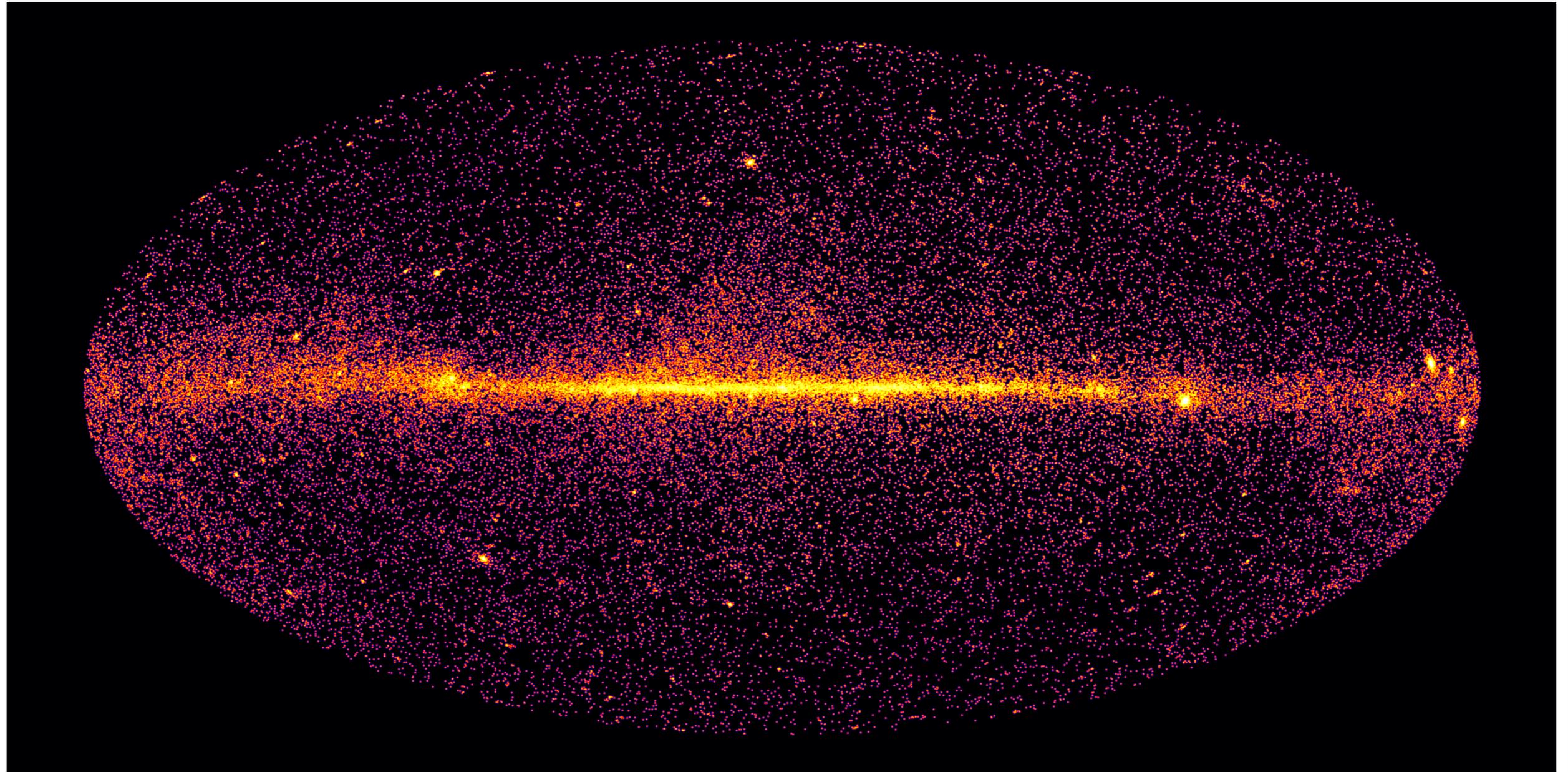
IL CIELO VISTO DA FERMI IN 60H



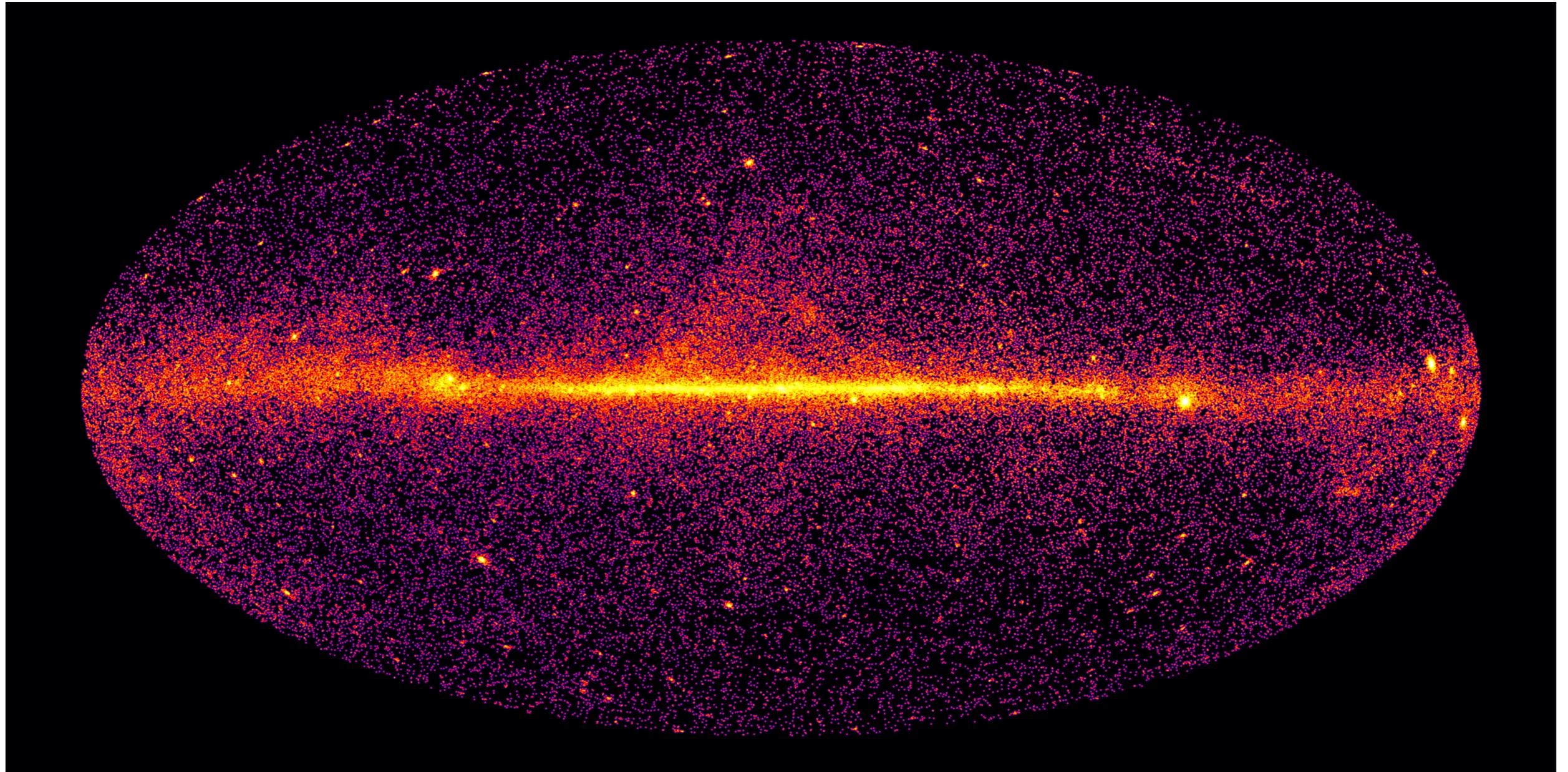
IL CIELO VISTO DA FERMI IN 5 GIORNI



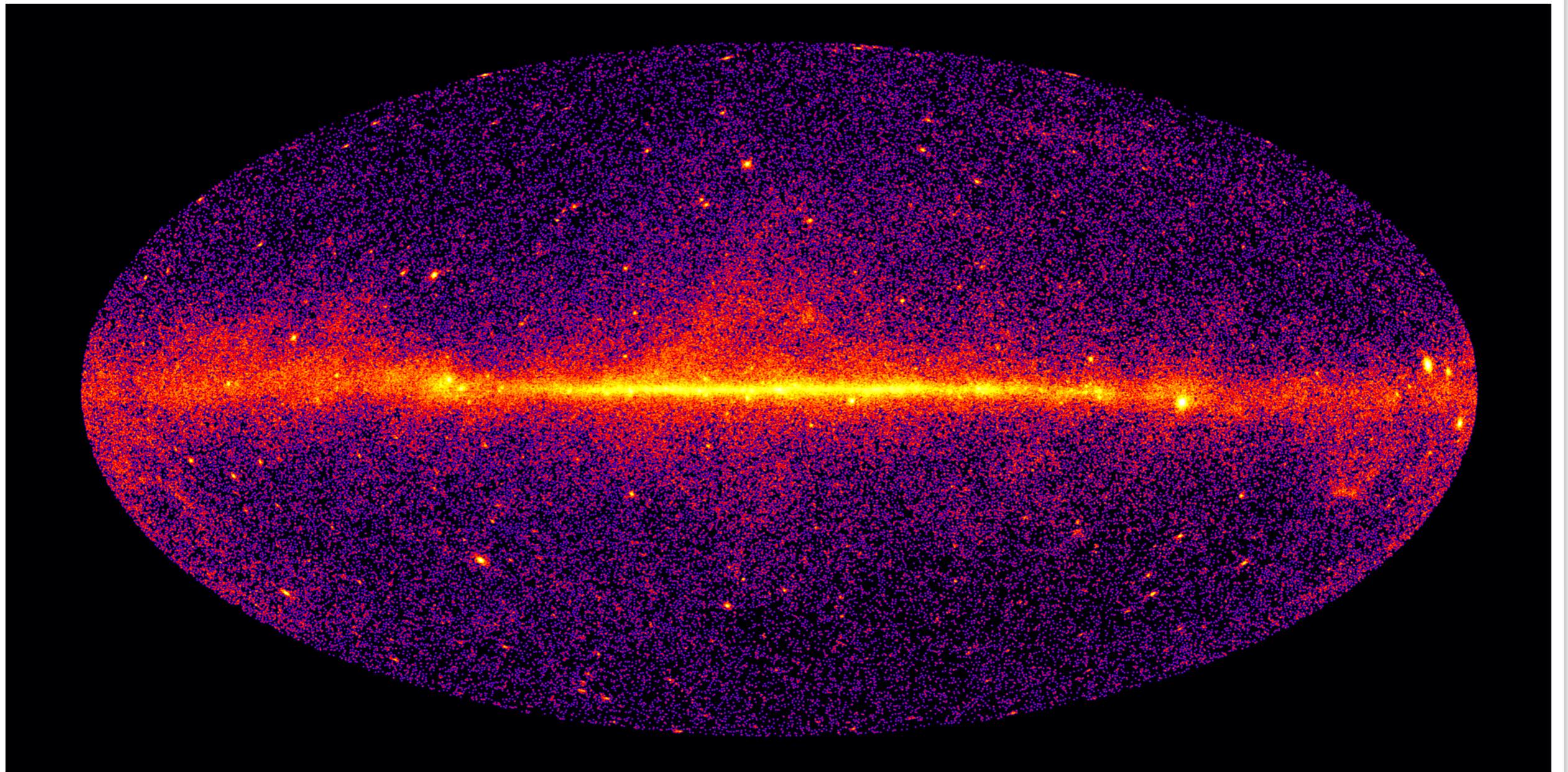
IL CIELO VISTO DA FERMI IN 10 GIORNI



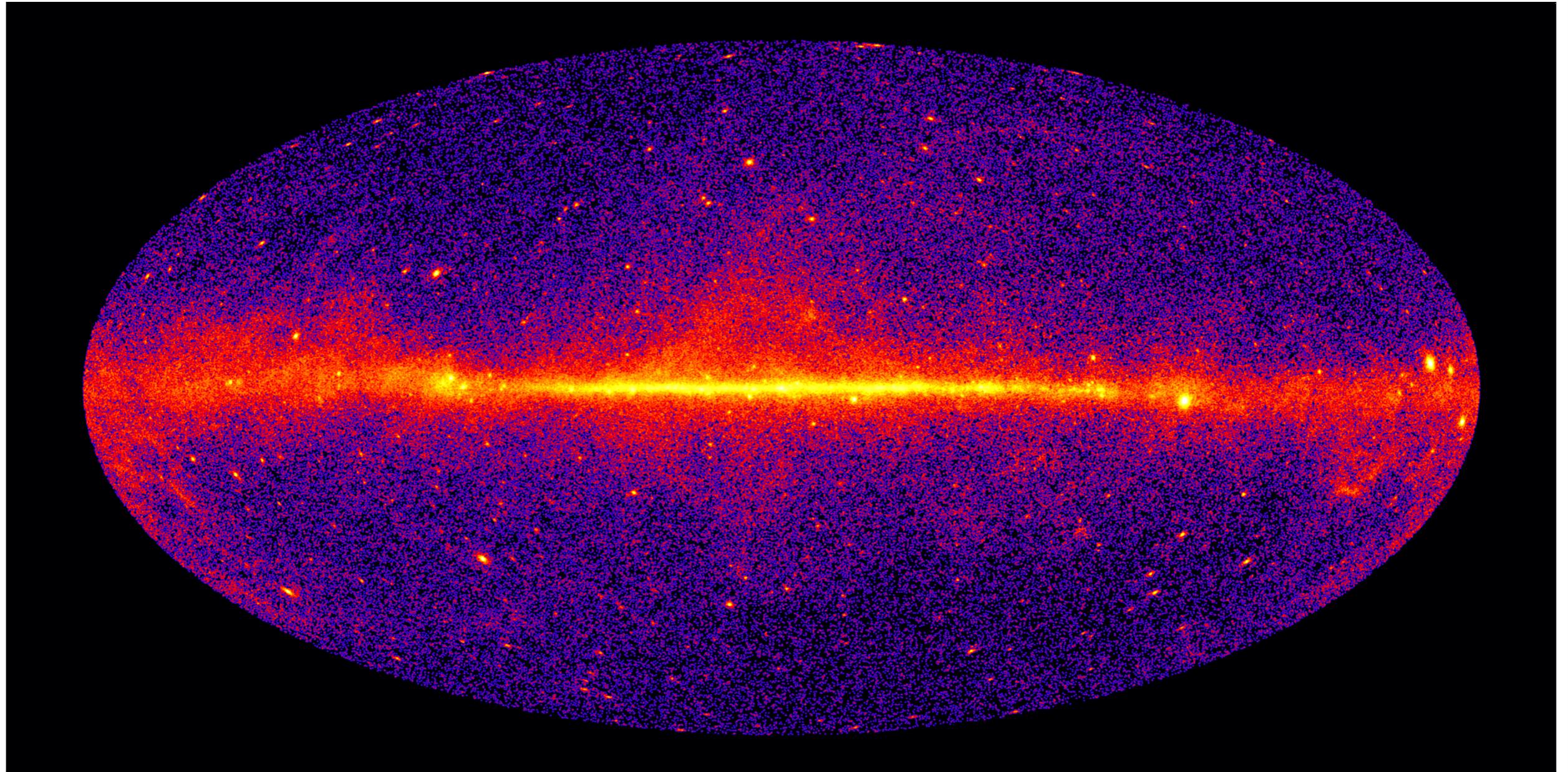
IL CIELO VISTO DA FERMI IN 20 GIORNI



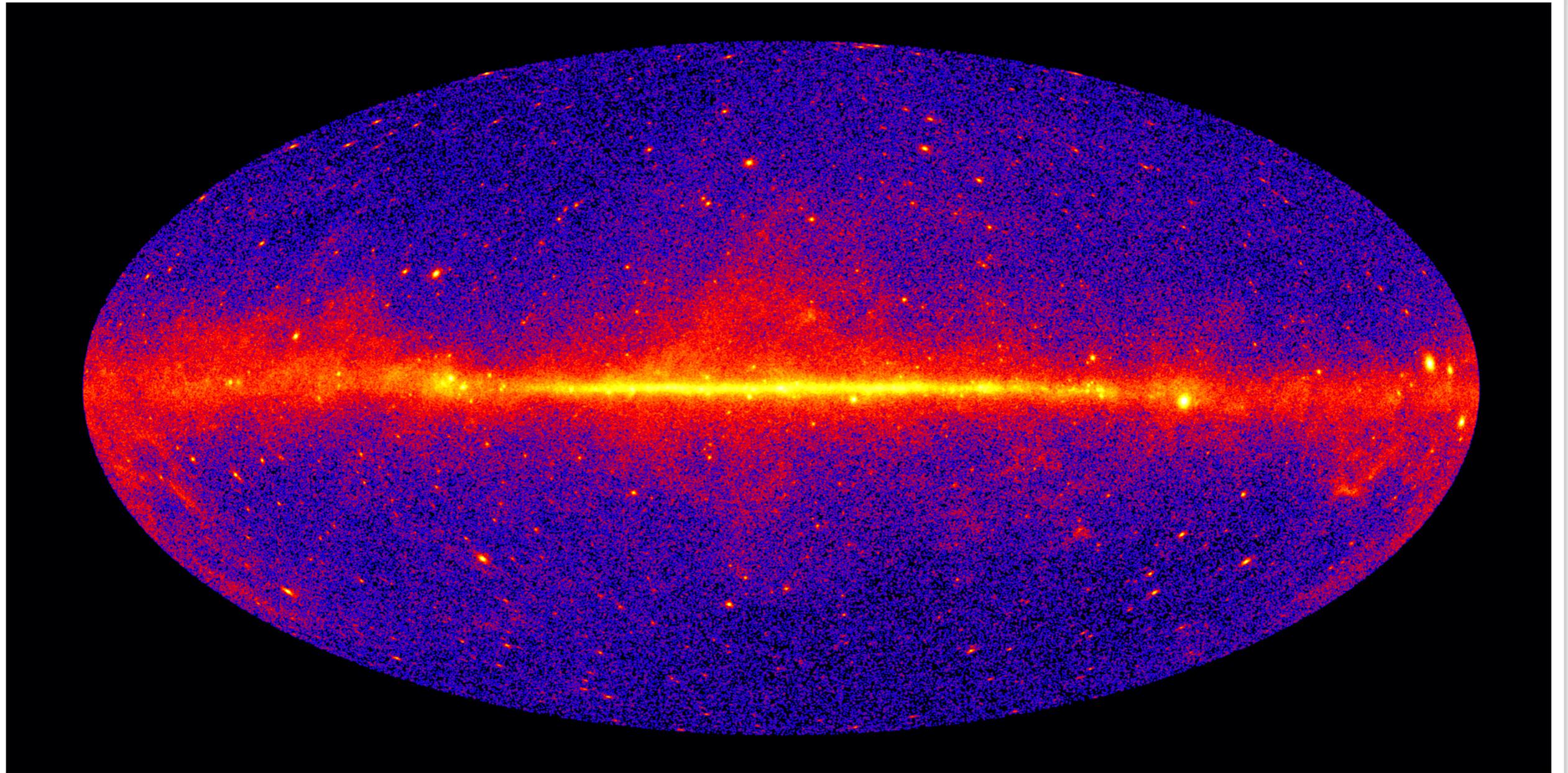
IL CIELO VISTO DA FERMI IN 40 GIORNI



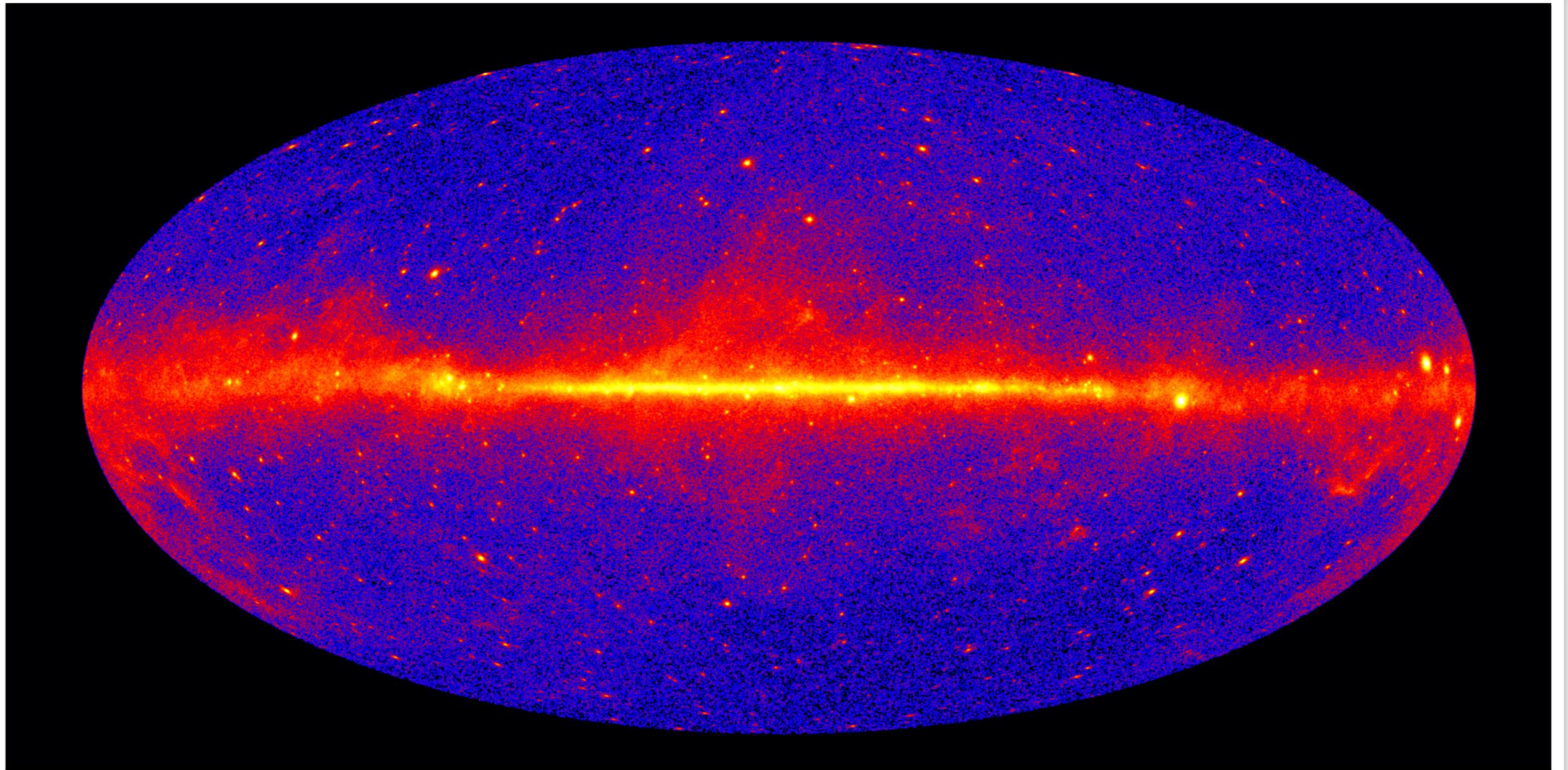
IL CIELO VISTO DA FERMI IN 80 GIORNI



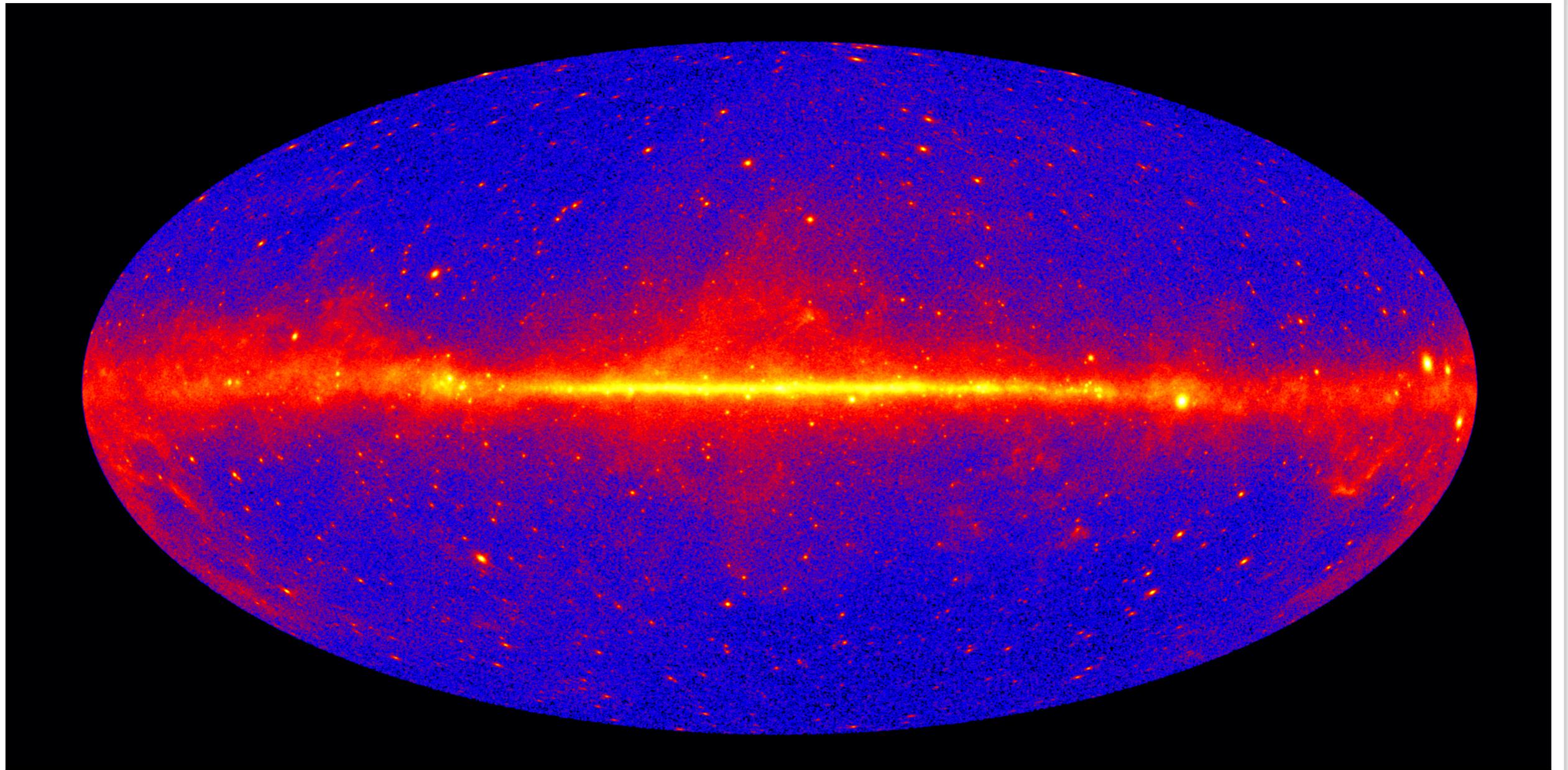
IL CIELO VISTO DA FERMI IN 160 GIORNI



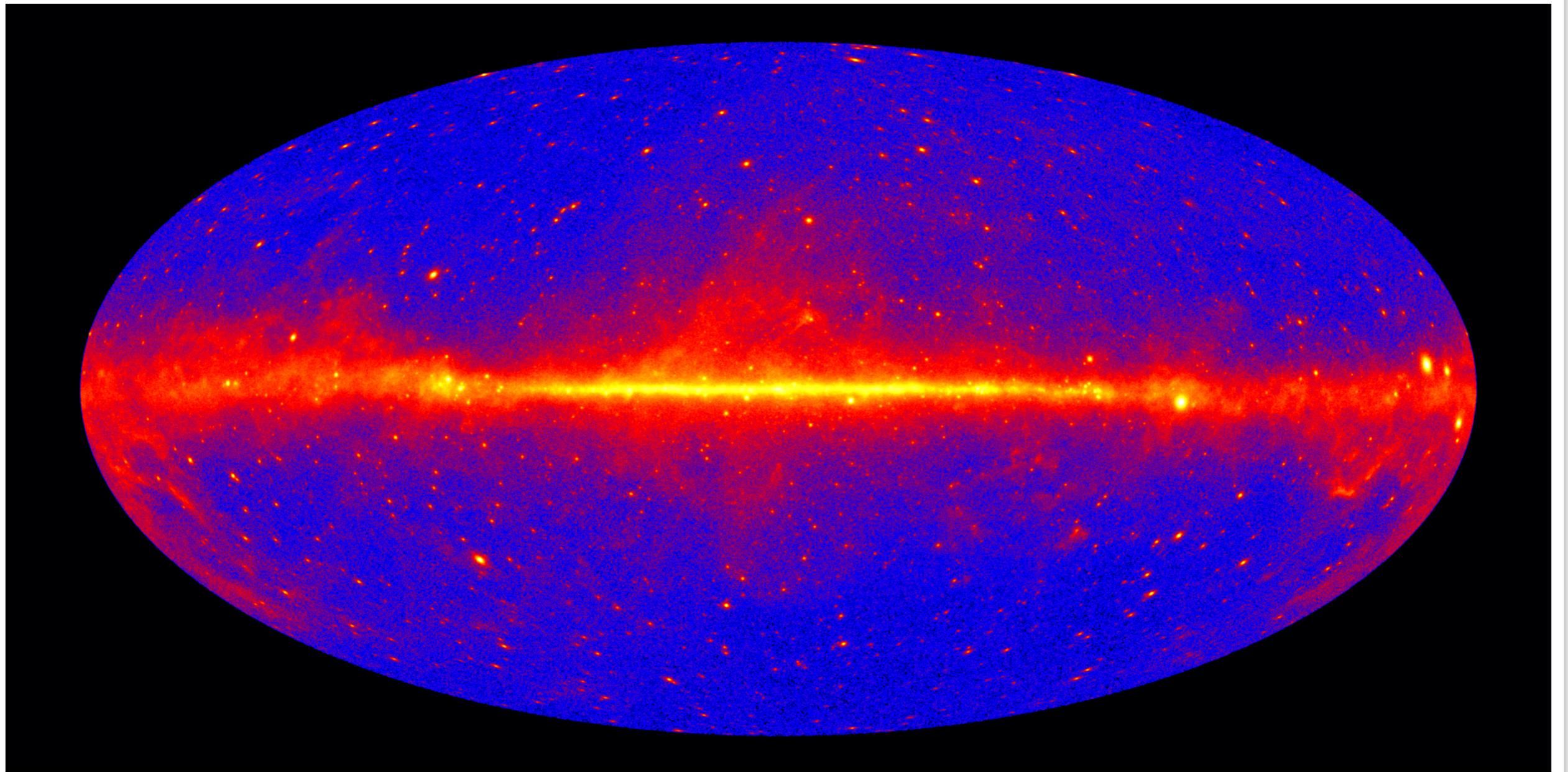
IL CIELO VISTO DA FERMI IN 320 GIORNI



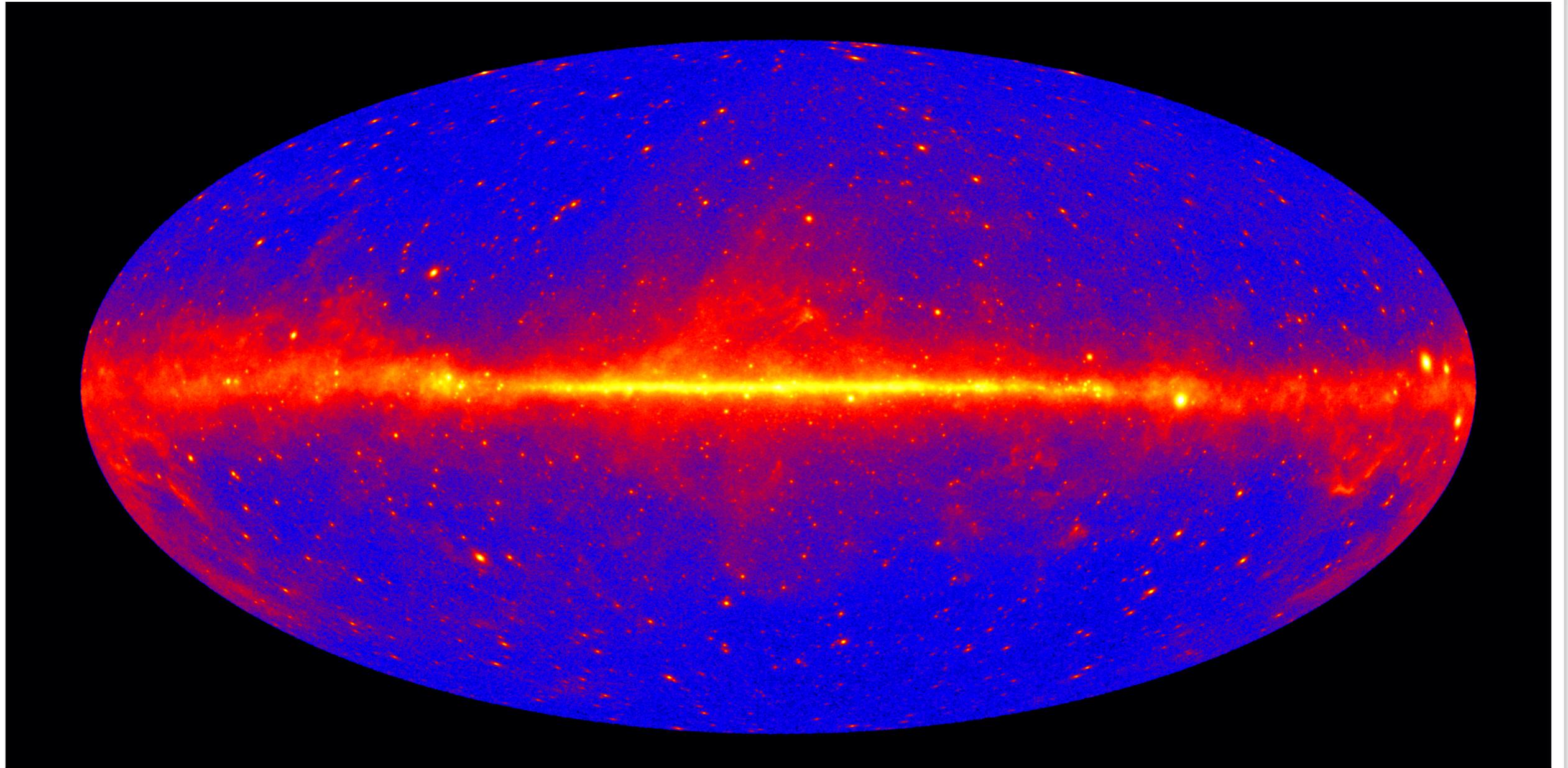
IL CIELO VISTO DA FERMI IN 640 GIORNI



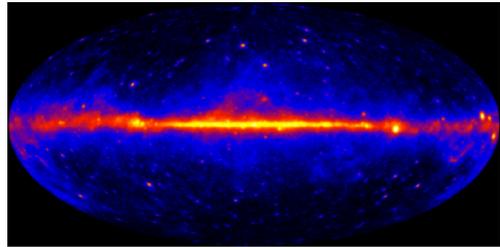
IL CIELO VISTO DA FERMI IN 1280 GIORNI



IL CIELO VISTO DA FERMI IN 7 ANNI



COME SI ARRIVA A QUESTA MAPPA?



=

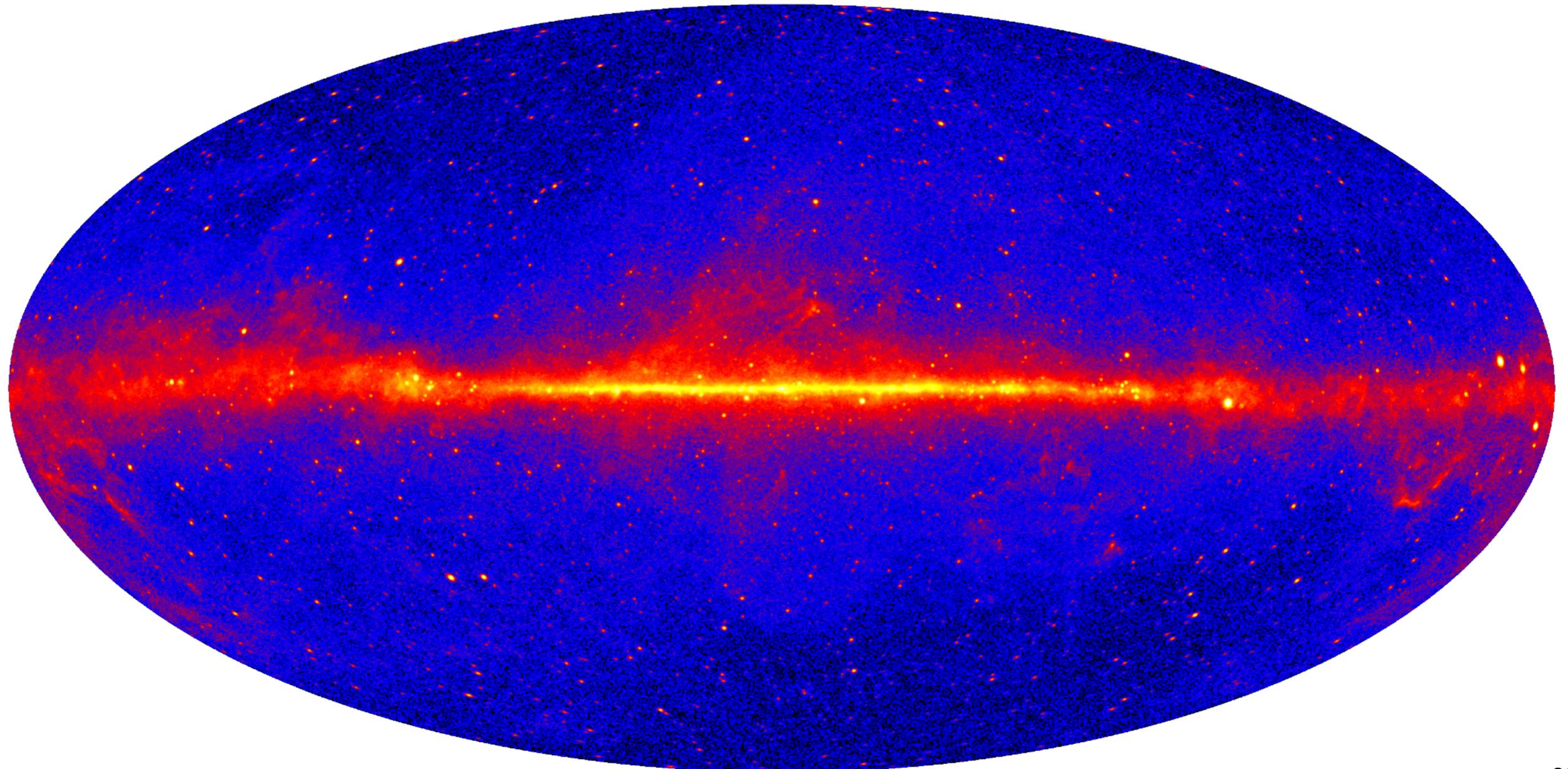
?

+

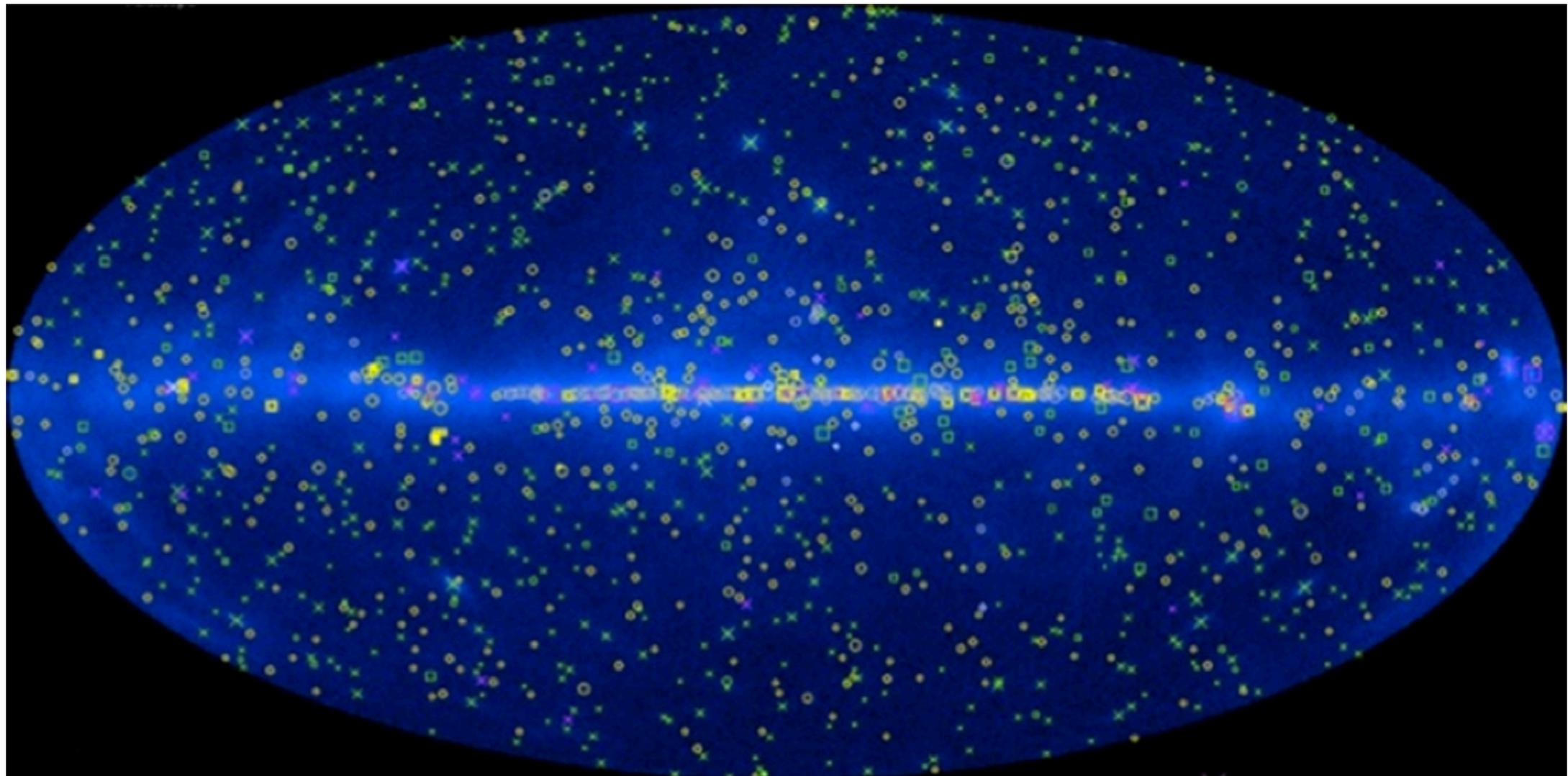
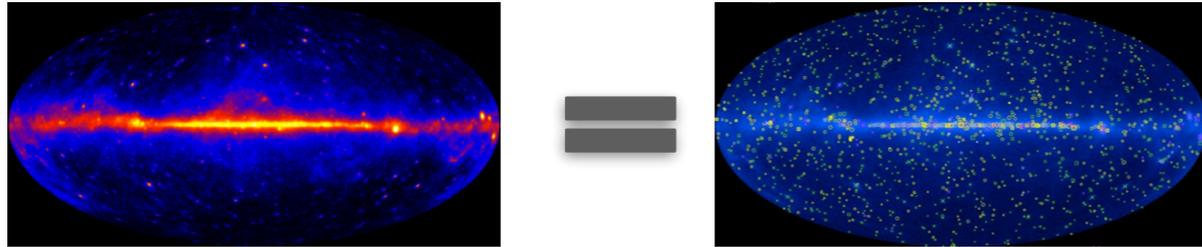
?

+

?

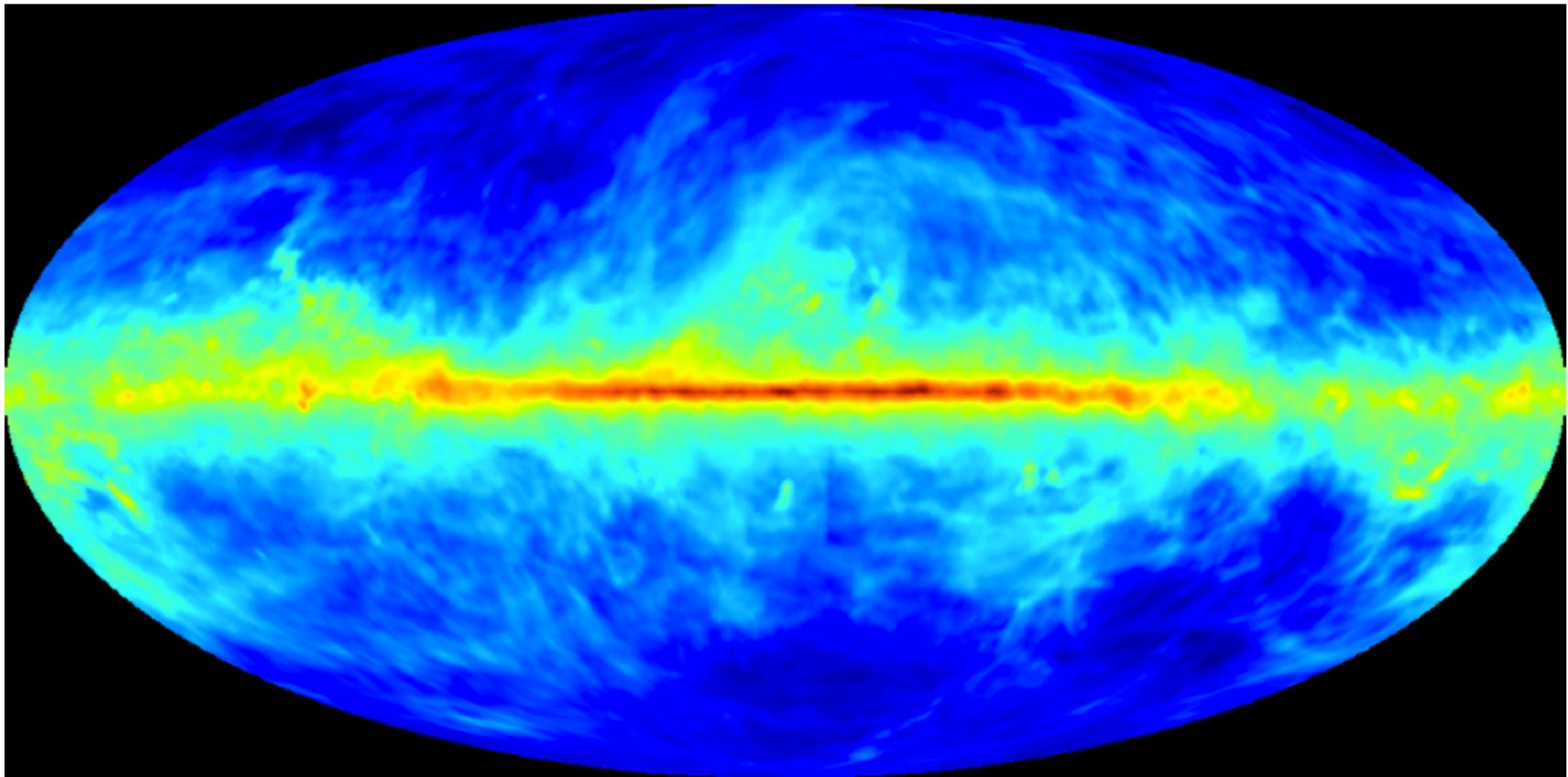
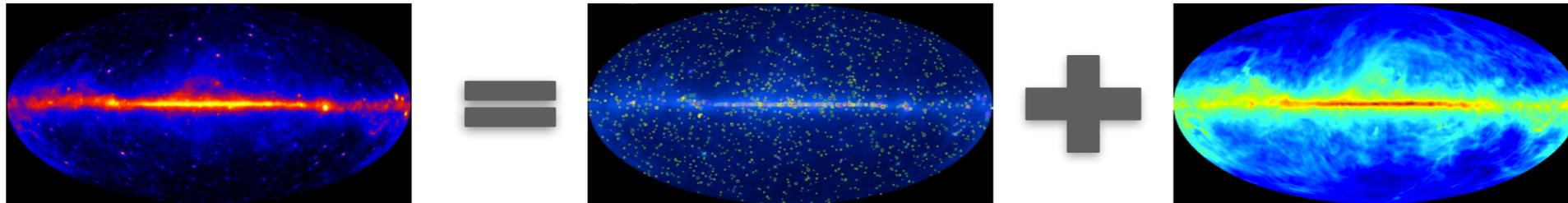


INGREDIENTI: SORGENTI PUNTIFORMI



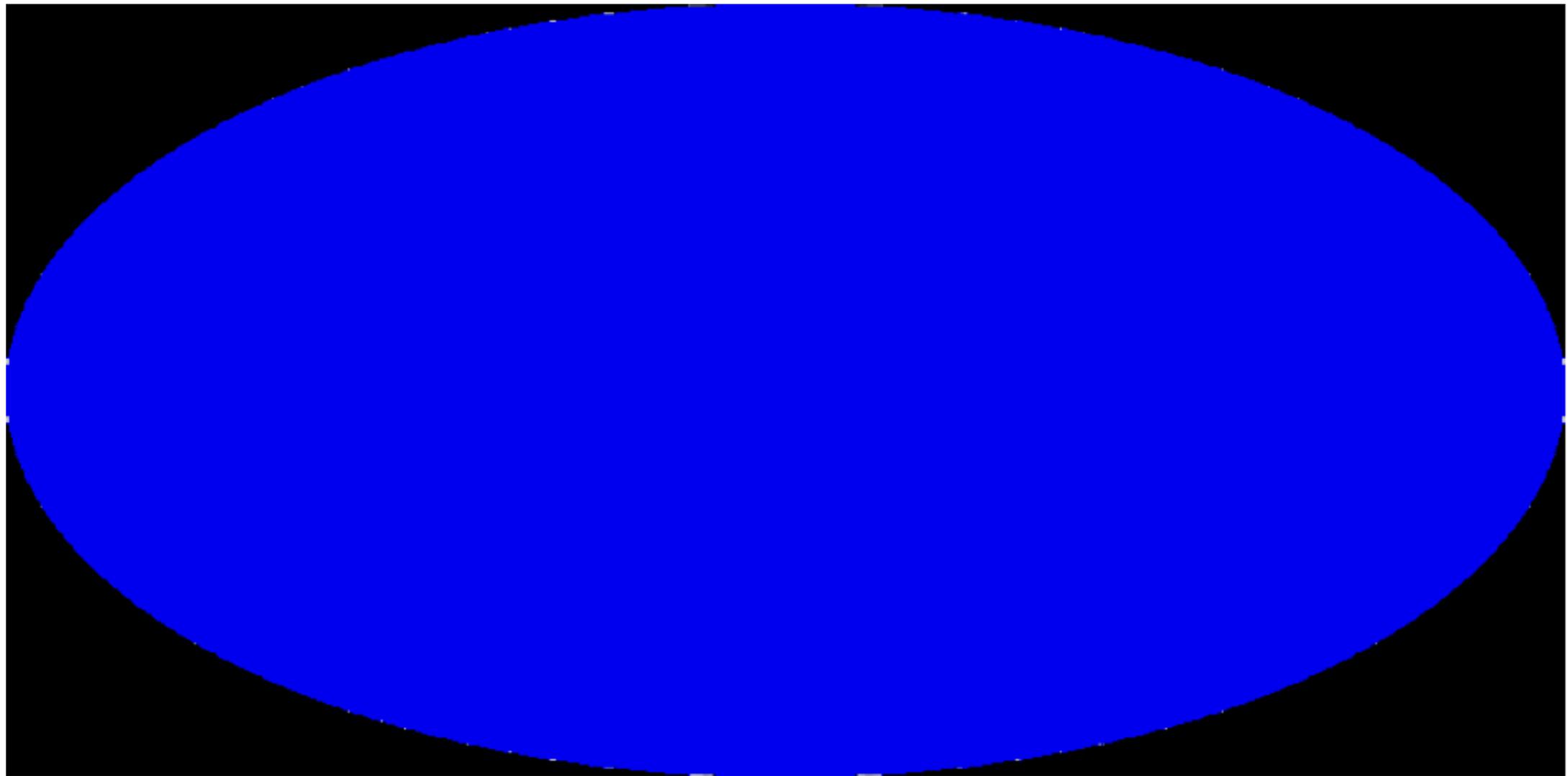
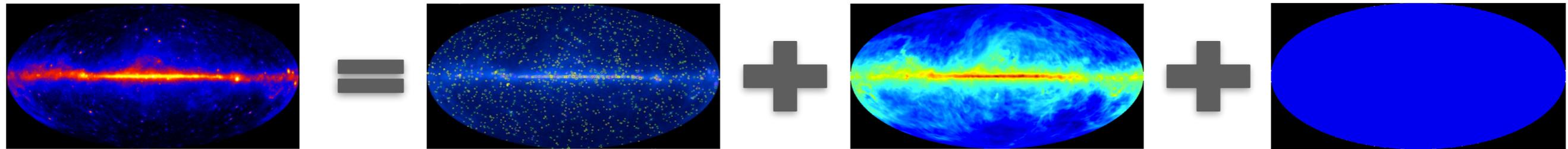
- Più di **6600 sorgenti** tra cui Galassie Attive, Pulsars, Resti di Supernova, etc. etc.

INGREDIENTI: EMISSIONE DIFFUSA



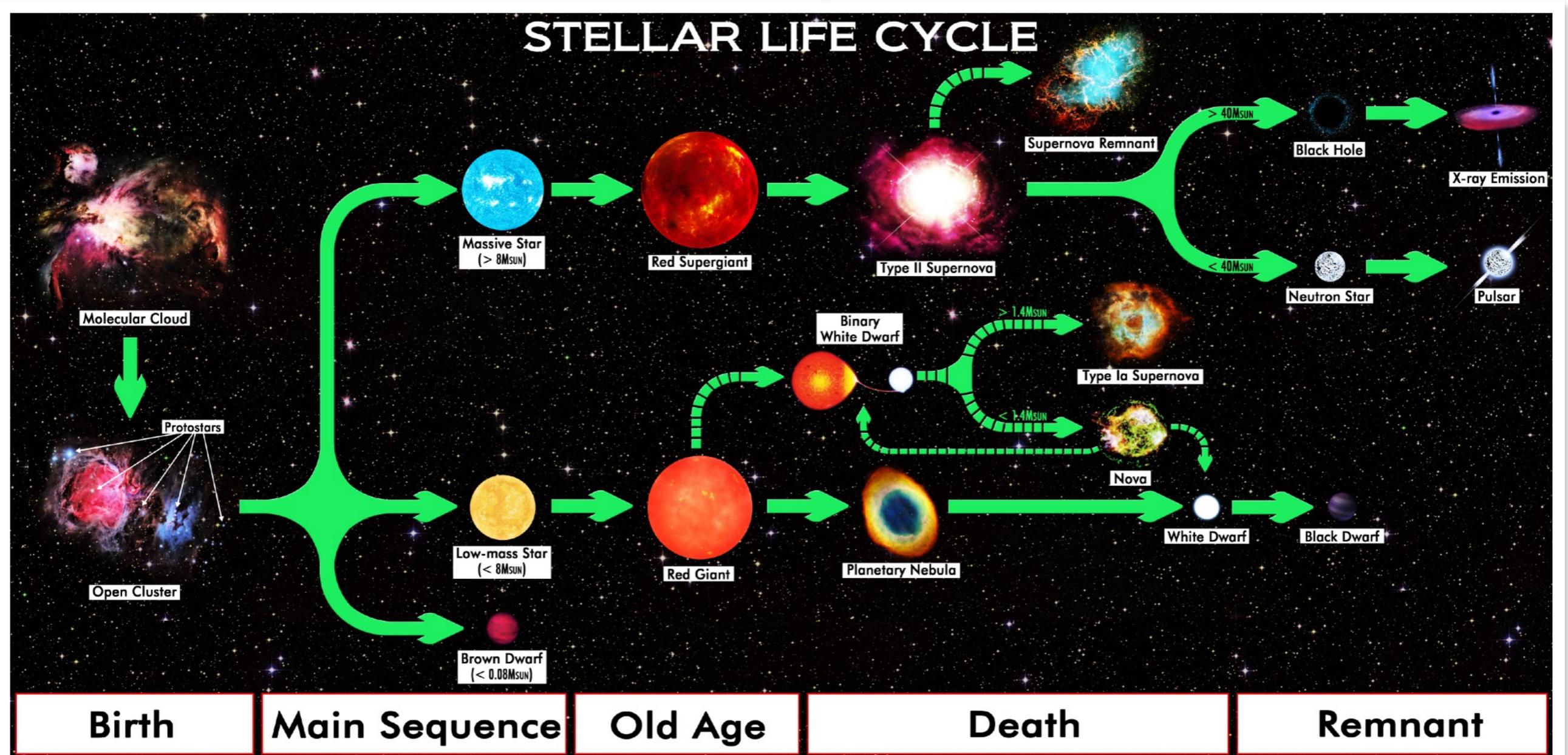
- **Emissione diffusa galattica:** dall'interazione di raggi cosmici di alta energia con polveri, gas e radiazione presenti nella Galassia

INGREDIENTI: EMISSIONE ISOTROPA



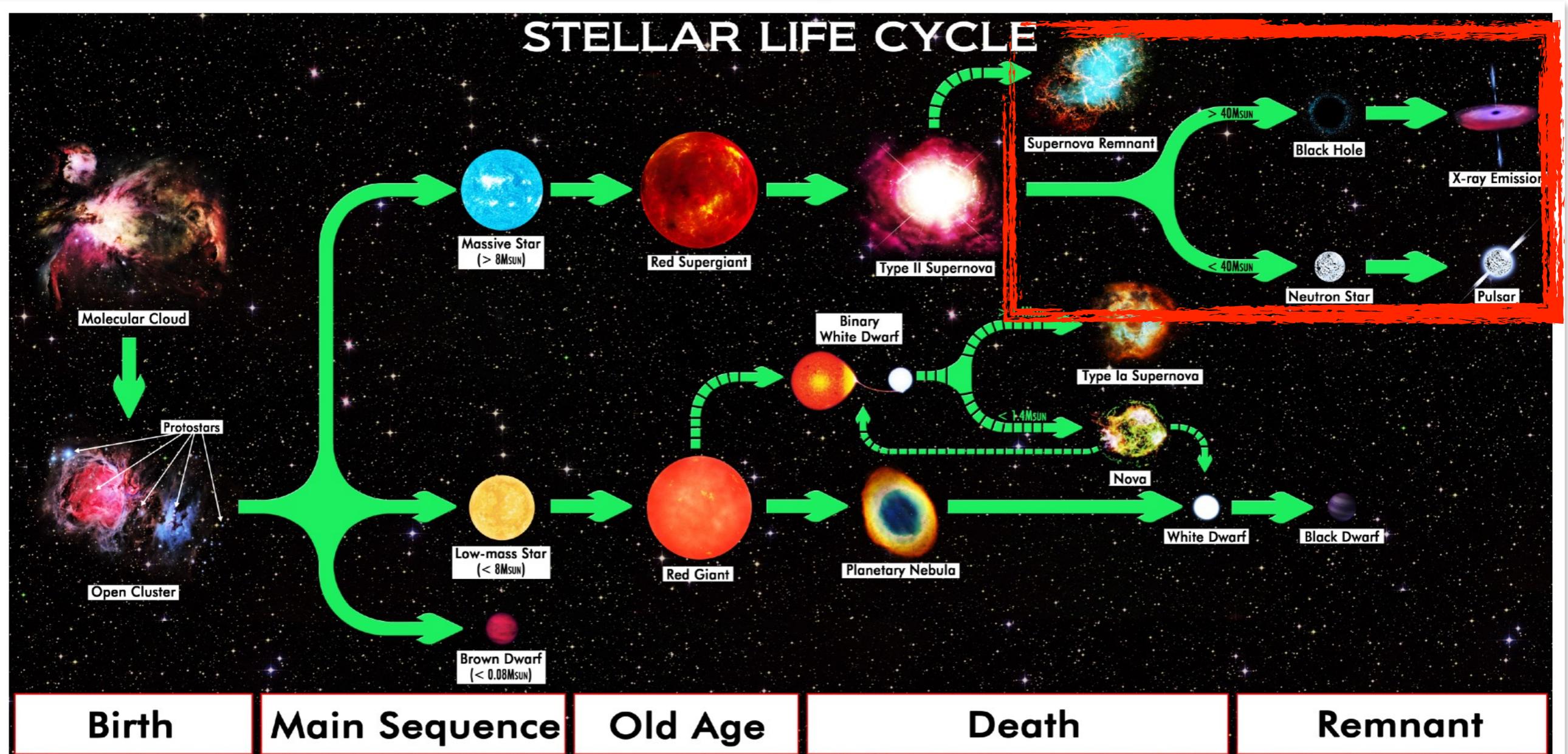
- **Emissione** proveniente principalmente **da sorgenti extra-galattiche non risolte**

SORGENTI DI RAGGI GAMMA



By R.N. Bailey - Own work, CC BY 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=59672008>

SORGENTI DI RAGGI GAMMA



By R.N. Bailey - Own work, CC BY 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=59672008>

SORGENTI DI RAGGI GAMMA

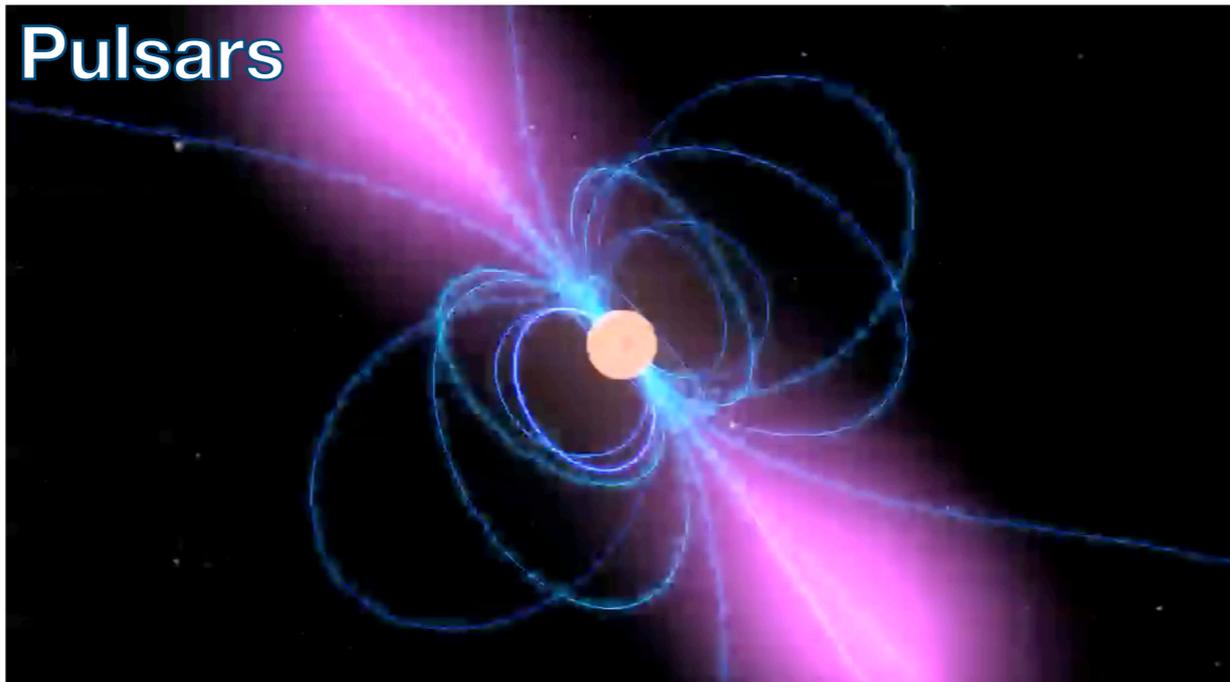
Esplosioni (SN, GRB)



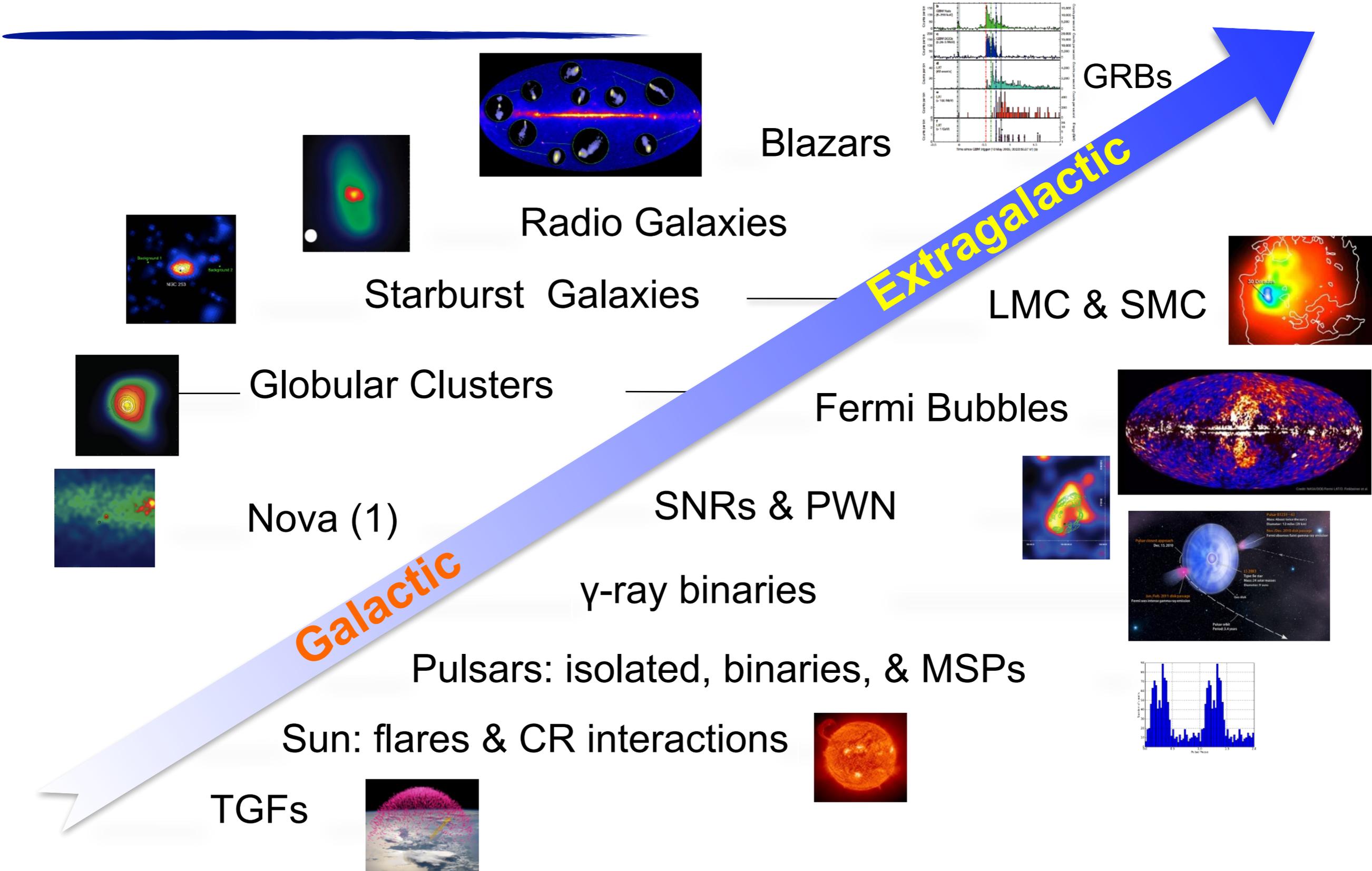
Nuclei Galattici Attivi



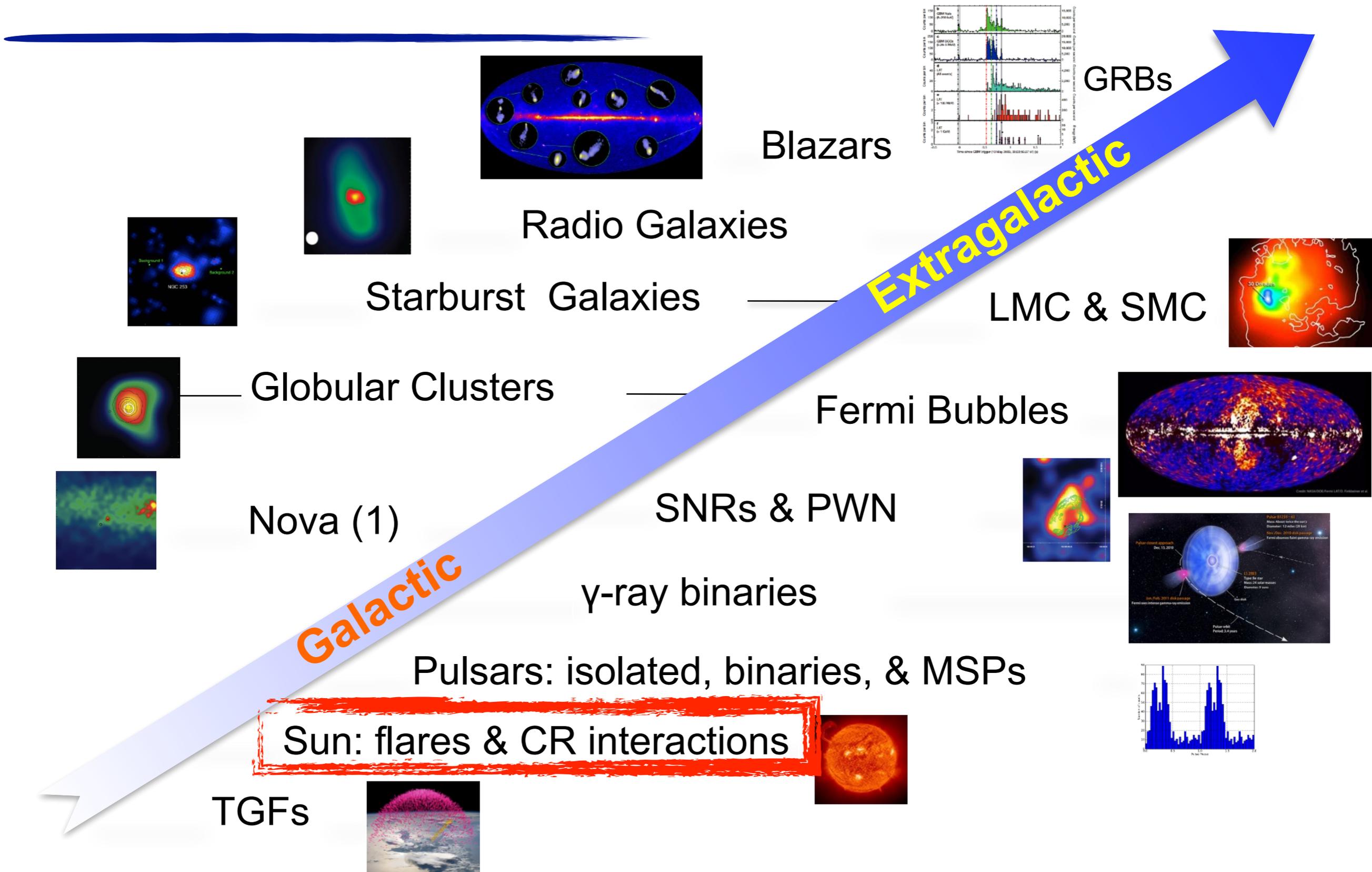
Pulsars



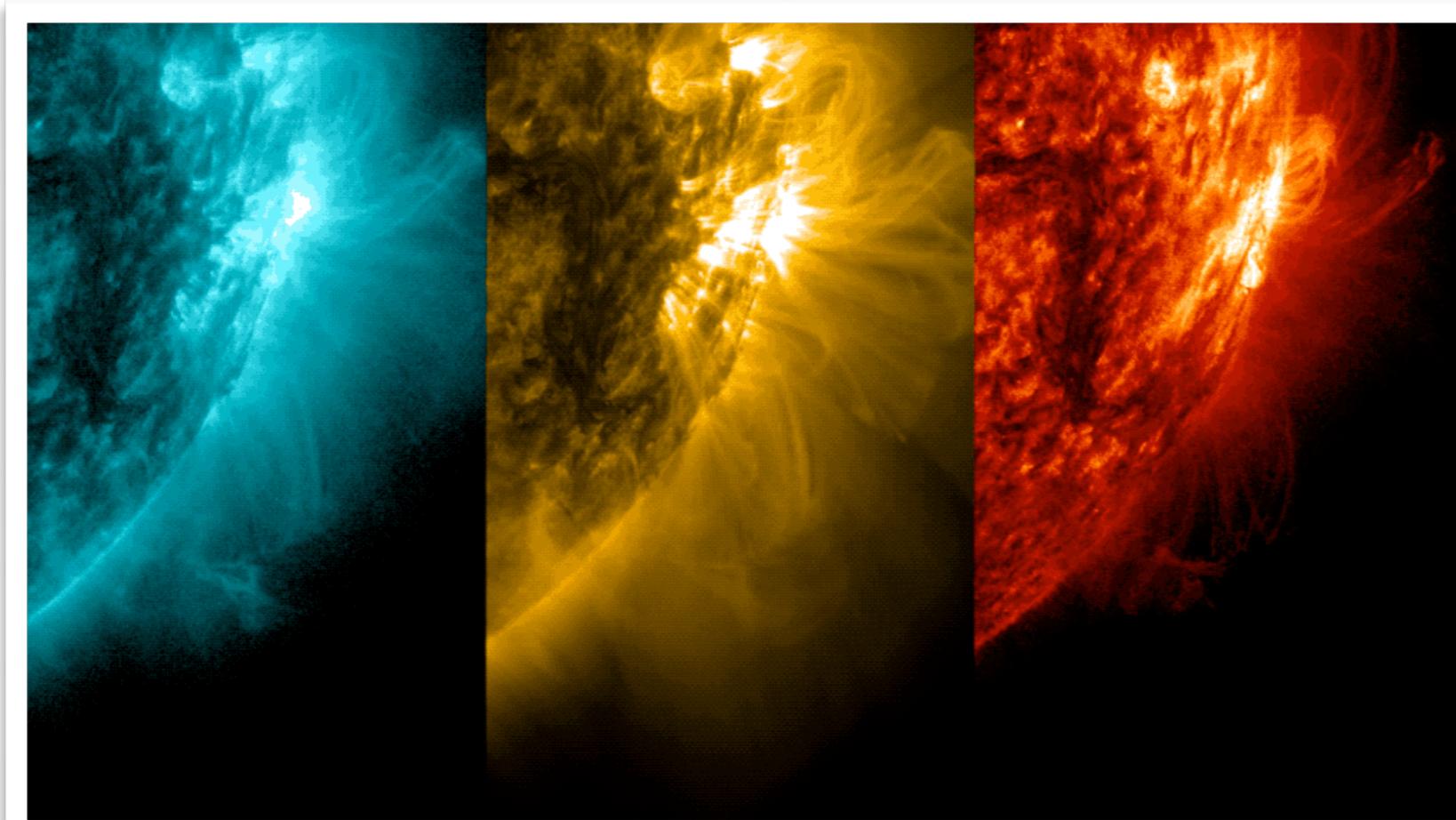
CLASSI DI SORGENTI VISTE DA FERMI



CLASSI DI SORGENTI VISTE DA FERMI

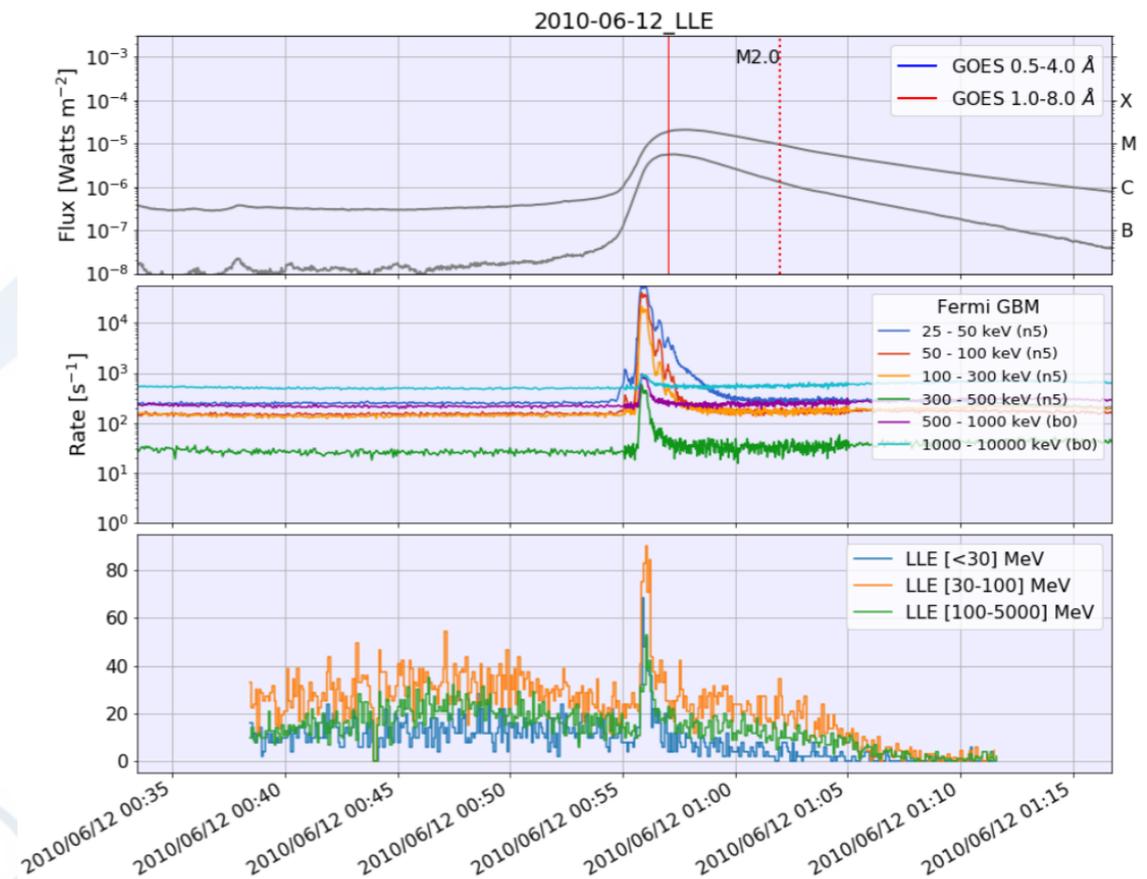
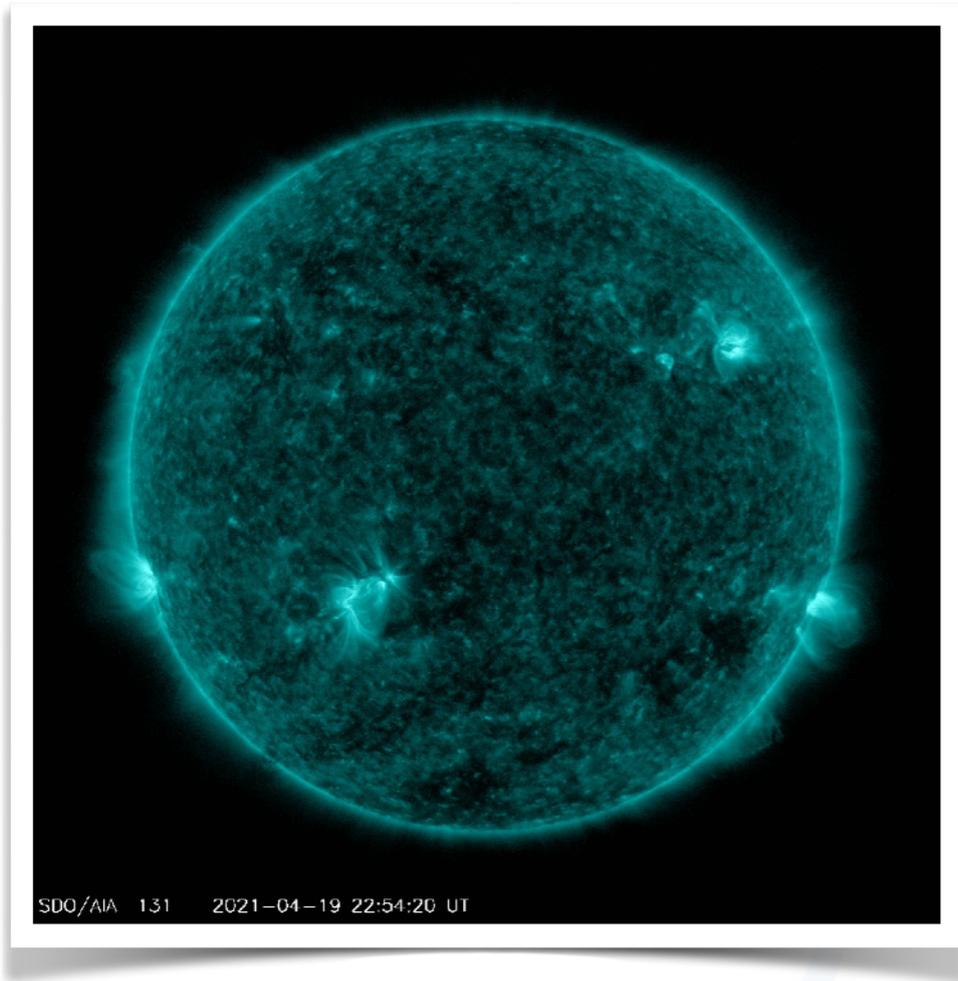


BRILLAMENTI SOLARI



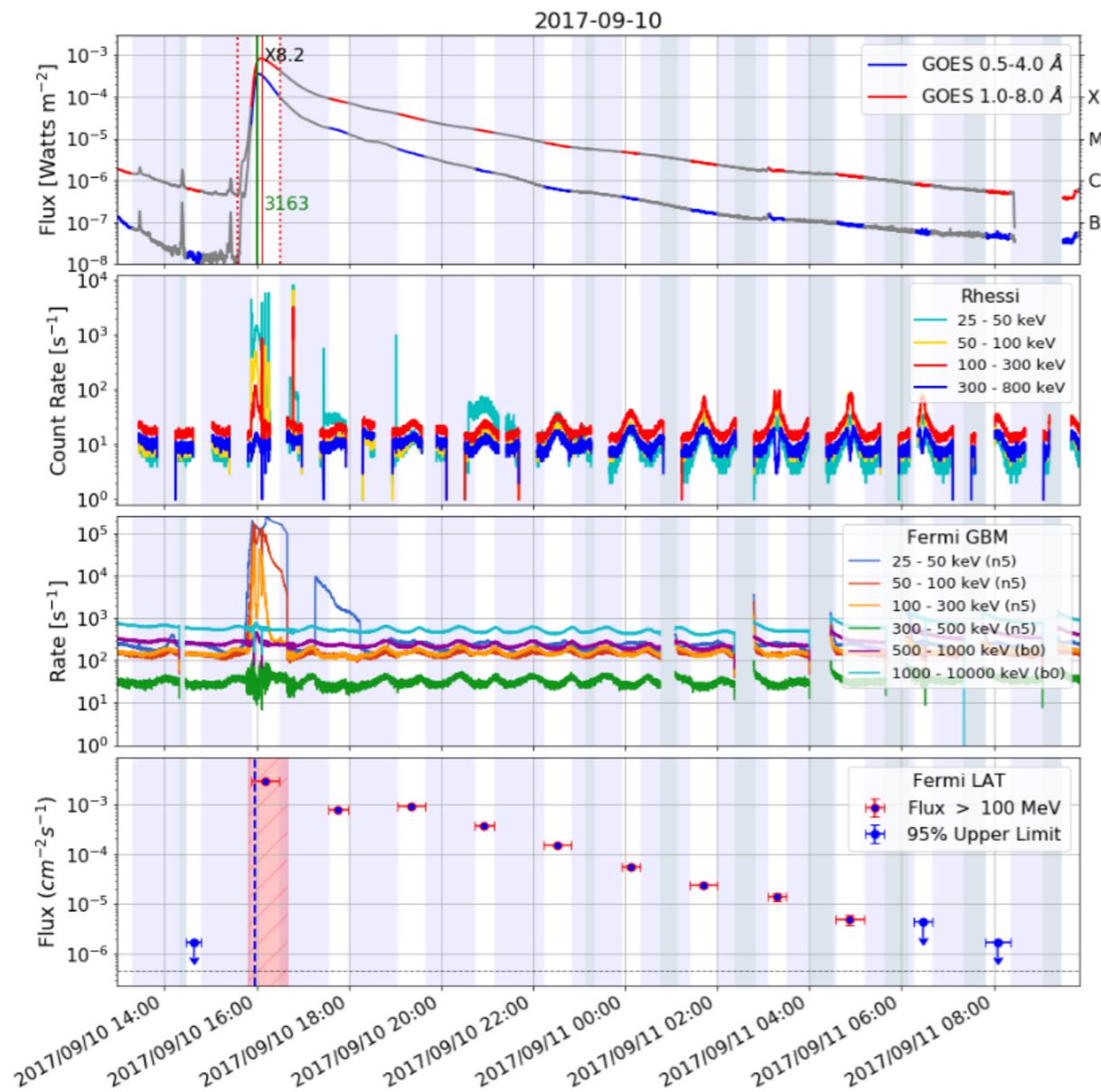
- ▶ Quando le linee di campo magnetico si saldano tra di loro, l'energia magnetica viene convertita in energia cinetica, termica e accelerazione delle particelle. Fenomeno noto come *riconnesione magnetica*
- ▶ Possono sprigionare una energia equivalente a varie decine di milioni di bombe atomiche in pochi minuti
- ▶ Emettono luce su tutto lo spettro elettromagnetico

OSSERVAZIONI IN BANDA X E GAMMA



- ▶ I brillamenti si manifestano principalmente come brevi lampi di luce
- ▶ Questa caratteristica si vede anche nella loro curve luce sia nella banda dei raggi X che nei raggi gamma
- ▶ Quando le curve luce sono così simili, sia nel tempo che nella forma, si può dedurre che abbiano origini comuni

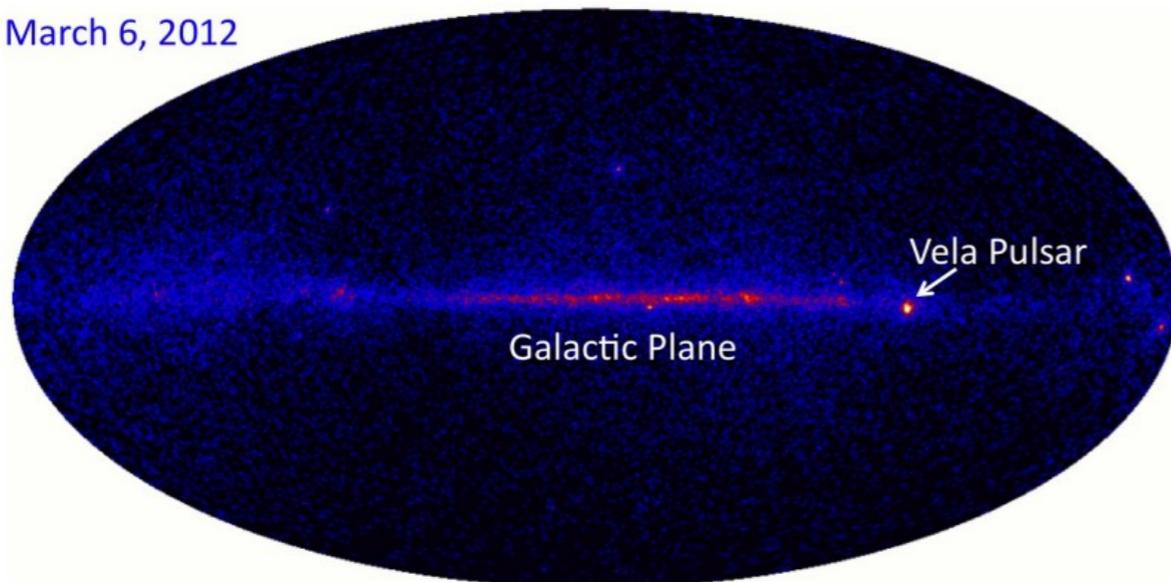
OSSERVAZIONI IN BANDA X E GAMMA



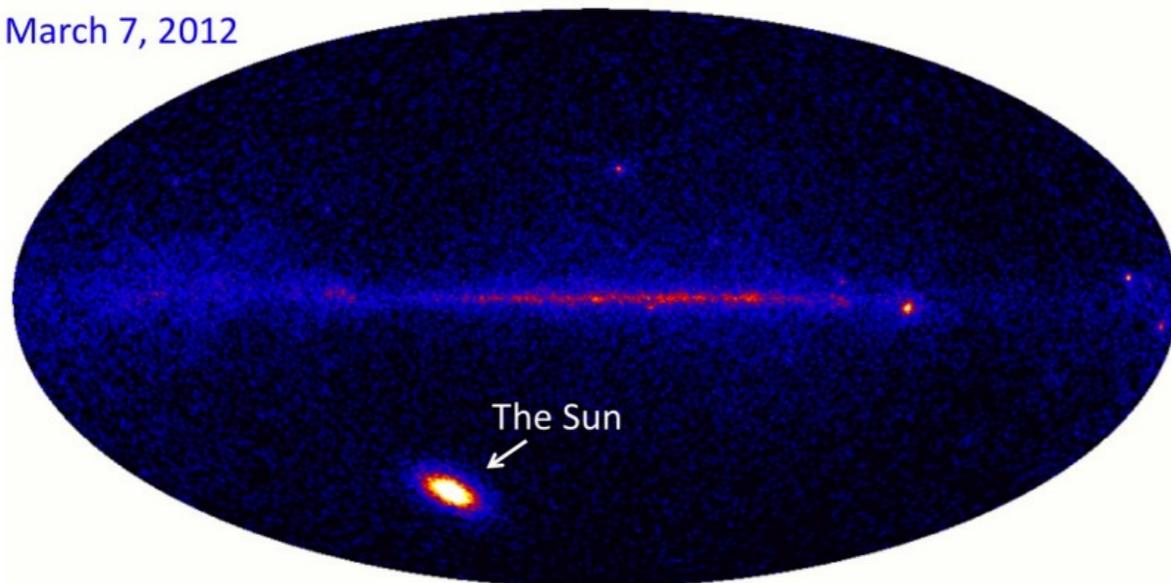
- ▶ Alcuni brillamenti invece mostrano un comportamento molto diverso tra la banda dei raggi X e i raggi gamma
- ▶ Dopo la fase impulsiva, l'emissione in raggi gamma continua per ore
- ▶ Mentre tutte le altre lunghezze d'onda non mostrano alcuna attività
- ▶ Cosa sta causando l'emissione gamma per ore?

OSSERVAZIONI IN BANDA X E GAMMA

March 6, 2012

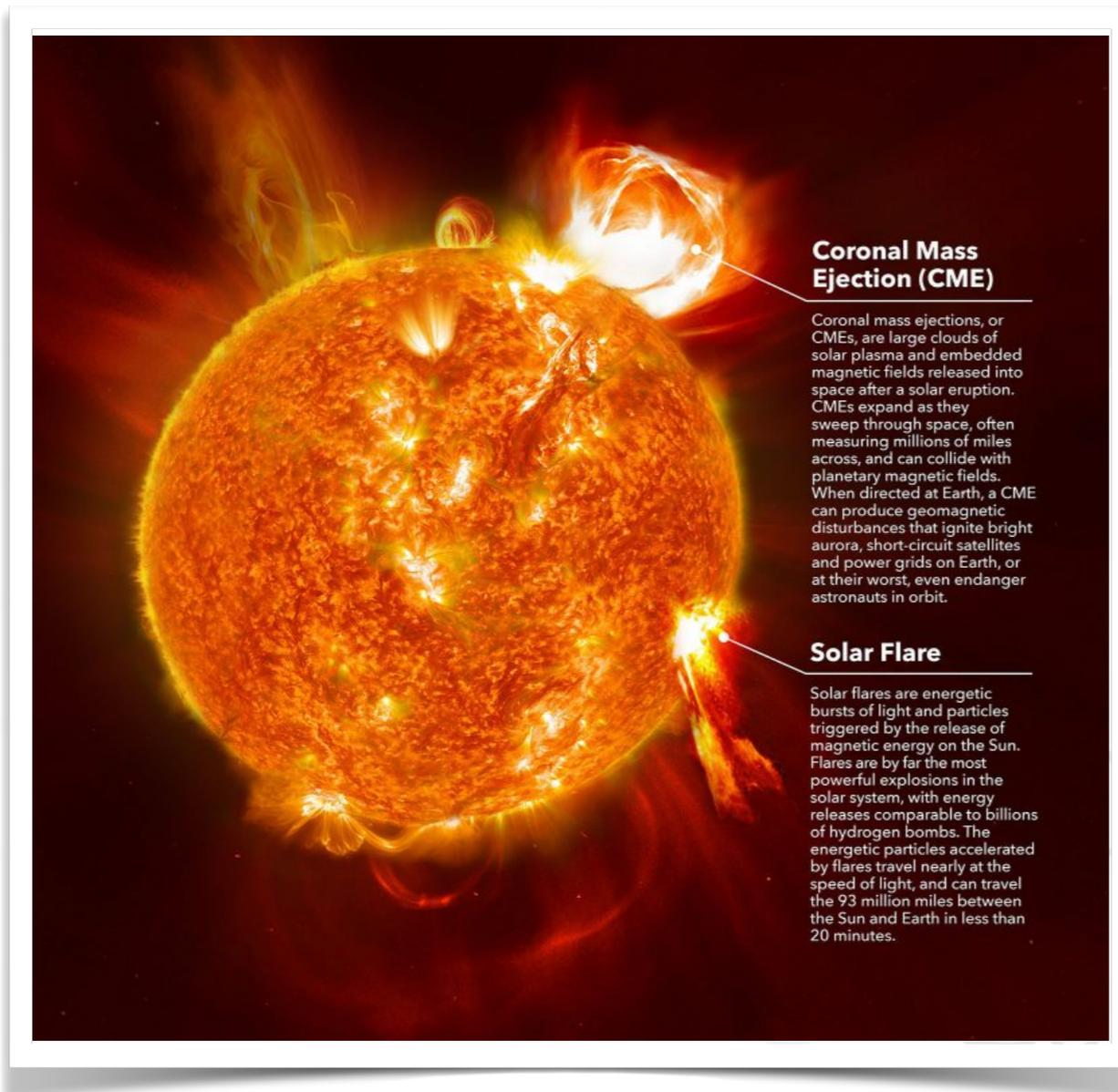


March 7, 2012



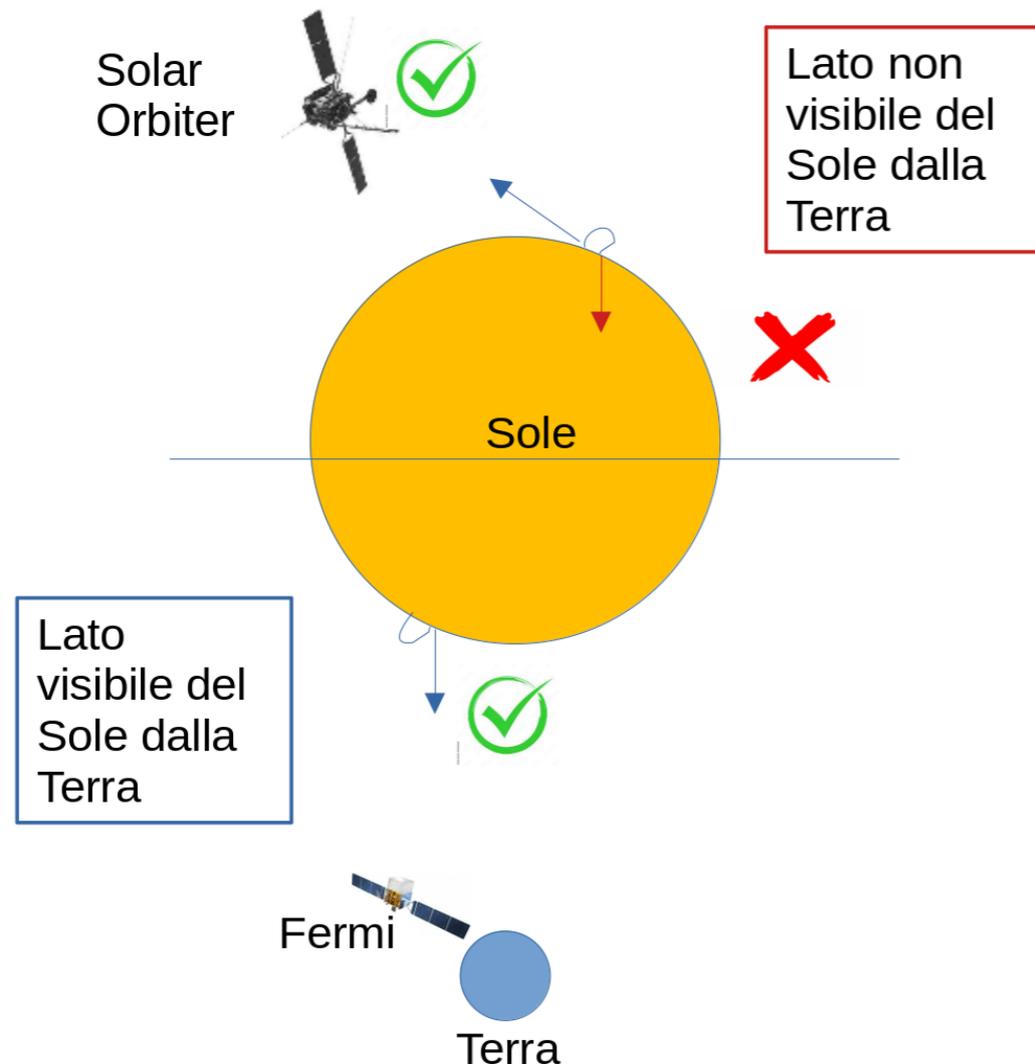
- ▶ Alcuni brillamenti invece mostrano un comportamento molto diverso tra la banda dei raggi X e i raggi gamma
- ▶ Dopo la fase impulsiva, l'emissione in raggi gamma continua per ore
- ▶ Mentre tutte le altre lunghezze d'onda non mostrano alcuna attività
- ▶ Cosa sta causando l'emissione gamma per ore?
- ▶ Durante questa attività il sole può diventare la sorgente più luminosa nel cielo gamma!

PECULIARITÀ EMISSIONE GAMMA



- ▶ Serve qualcosa di molto grande e capace di contenere un numero elevato di particelle per ore
- ▶ Le espulsioni di massa coronali (CME) si espandono nello spazio ed emettono nella banda radio per decine di ore
 - ▶ Abbiamo osservato che la durata dei brillamenti solari è correlata con la durata dei fenomeni radio causati dei CME→Indizio importante!

ALTRA PECULIARITÀ EMISSIONE GAMMA

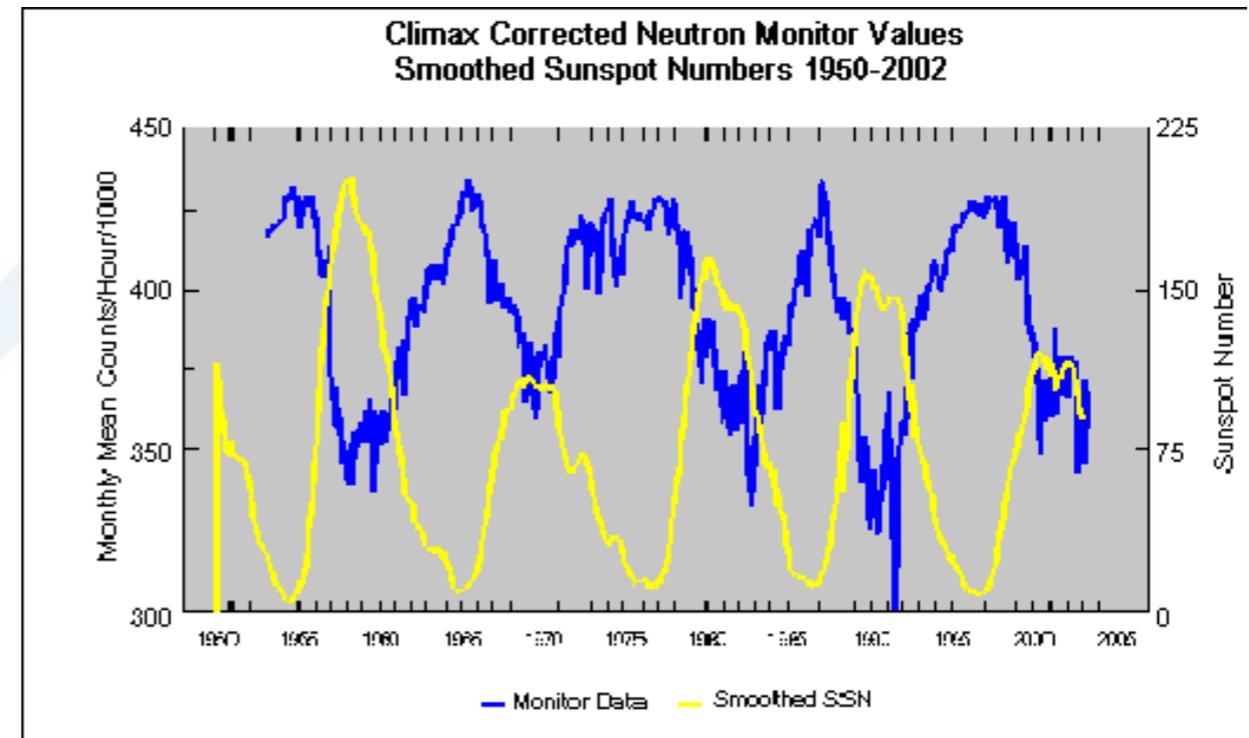
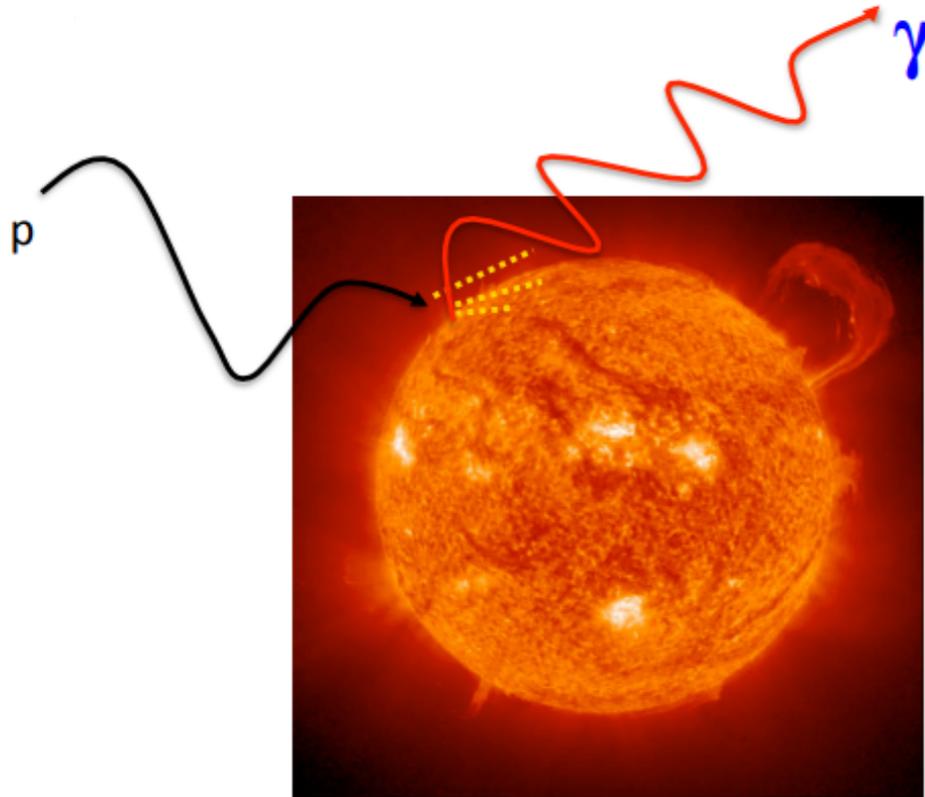


► Osservazioni di emissioni da brillamenti solari provenienti da macchie solari posizionate sul lato non visibile del sole

- Ma come è possibile? Tutto dovrebbe avvenire in una zona compatta, no?
- L'emissione gamma non può attraversare il Sole – È troppo denso!
- Allora, come è possibile che osserviamo questi brillamenti?

- Abbiamo scoperto che ci sono ben due modi per far sì che le particelle accelerate possano essere trasportate dal lato non visibile a quello visibile
 - Le *onde coronali* si espandono dalla zona del brillamento come delle vere e proprie onde
 - Gli *anelli coronali* possono essere molto estesi, unendo la zona del brillamento solare fino al lato visibile del Sole

IL SOLE QUIETO IN RAGGI GAMMA



- ▶ Il Sole è una sorgente di raggi gamma anche quando non emette brillamenti solari
- ▶ Flusso di raggi cosmici galattici interagiscono con il Sole producendo raggi gamma
 - ▶ I raggi cosmici sono particelle energetiche provenienti dallo spazio cosmico
- ▶ Questo flusso viene influenzato dal ciclo solare
 - ▶ Il Sole brilla di più durante i periodi di minima attività e vice versa



**GRAZIE PER
L'ATTENZIONE!**