

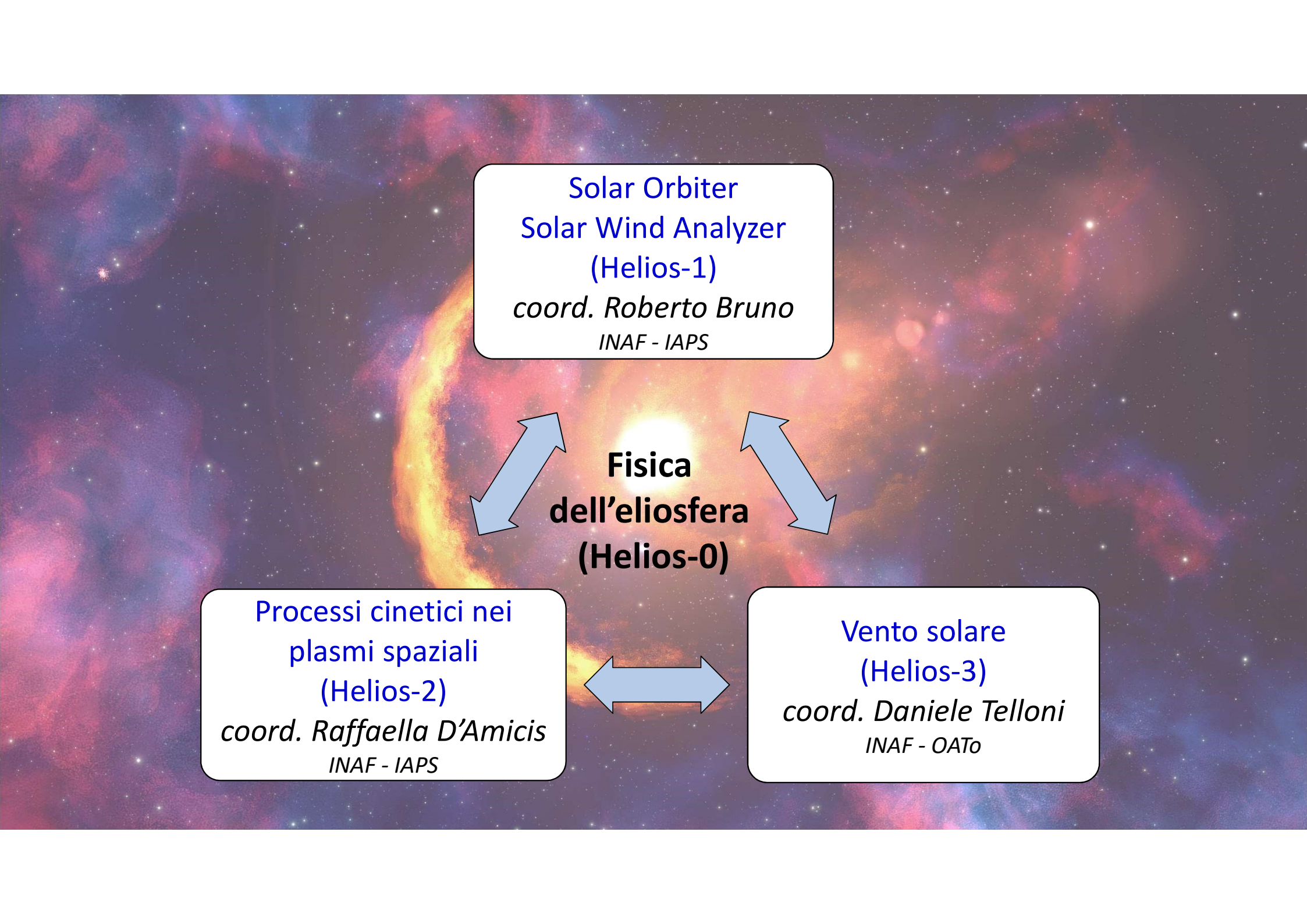
LA FISICA DELL'ELIOSFERA IN INAF

Raffaella D'Amicis

INAF - IAPS

a nome del team di Helios

Audizione schede INAF per Piano Triennale
27 maggio 2021



The diagram is set against a background of a colorful nebula with shades of purple, blue, and red, and a bright yellow-orange ring of light resembling a solar corona. In the center is the text 'Fisica dell'eliosfera (Helios-0)'. Three white rounded rectangular boxes are arranged around it. The top box is connected to the center by a double-headed blue arrow. The bottom-left box is connected to the center by a double-headed blue arrow. The bottom-right box is connected to the bottom-left box by a double-headed blue arrow.

Solar Orbiter
Solar Wind Analyzer
(Helios-1)
coord. Roberto Bruno
INAF - IAPS

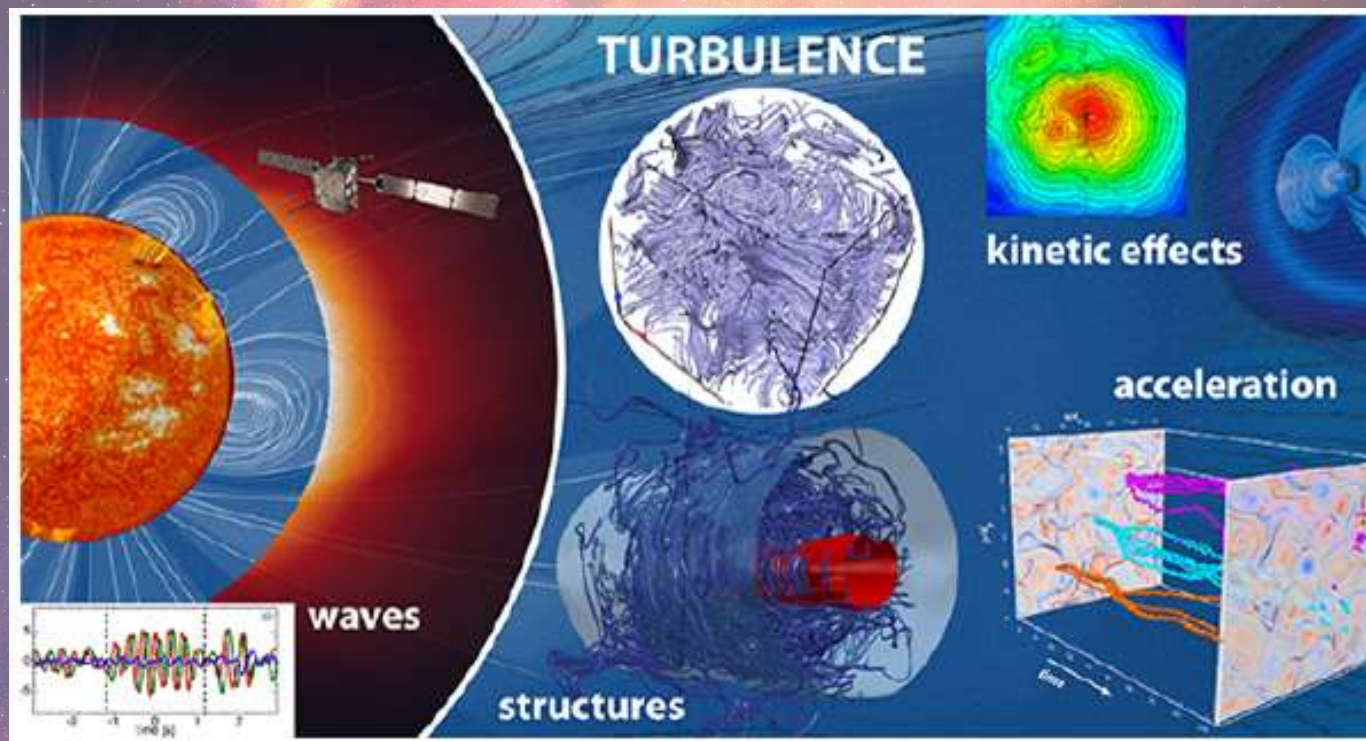
**Fisica
dell'eliosfera
(Helios-0)**

Processi cinetici nei
plasmi spaziali
(Helios-2)
coord. Raffaella D'Amicis
INAF - IAPS

Vento solare
(Helios-3)
coord. Daniele Telloni
INAF - OATo

L'eliosfera come laboratorio naturale

- L'eliosfera è un laboratorio naturale per studiare fenomeni fondamentali ancora poco compresi nella fisica dei plasmi come il riscaldamento, i meccanismi di conversione di energia e l'accelerazione, che interessano tutti i plasmi astrofisici.
- Condizioni non riproducibili in laboratorio.



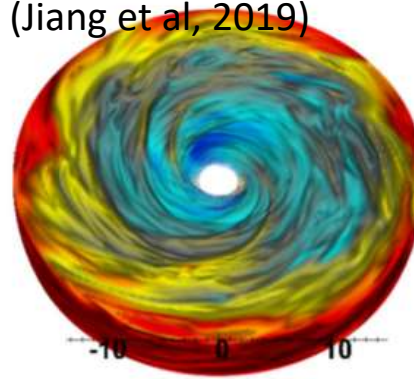
Turbolenza...



...il più importante
problema irrisolto della
fisica classica (Richard
Feynman)

Dischi di
accrescimento
attorno ai buchi neri

(Jiang et al, 2019)



Leonardo da Vinci

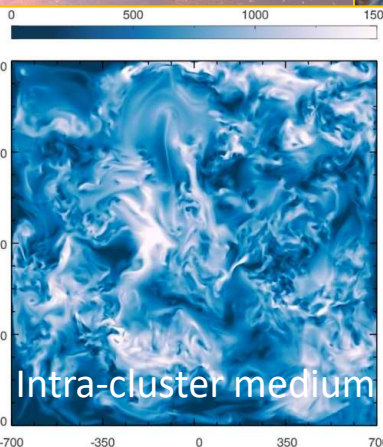


... nei plasmi astrofisici

Esplosioni di Supernova



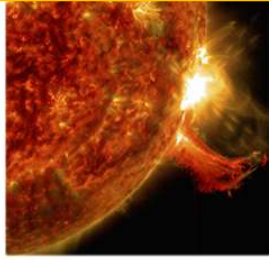
La grande macchia
rossa di Giove



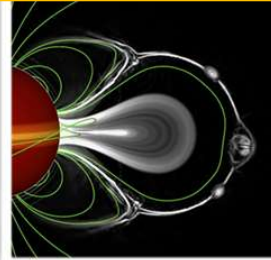
(Gaspari et al, 2019)

Riconnessione magnetica nei plasmi

(Hesse e Cassak, 2020)



Solar flares



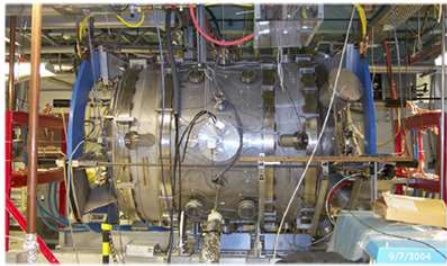
CMEs



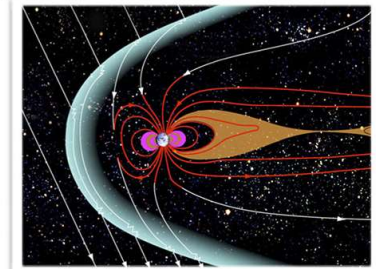
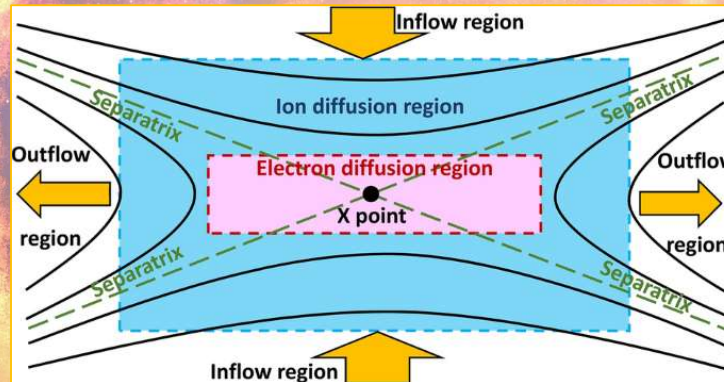
Prominence Eruptions



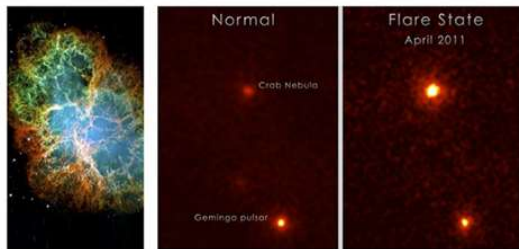
Coronal Jets



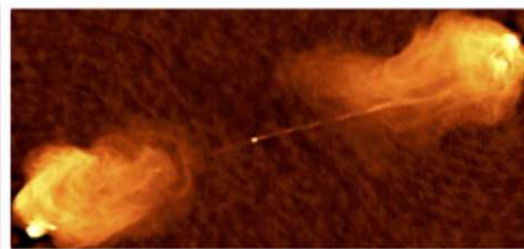
Laboratory Experiments/Fusion



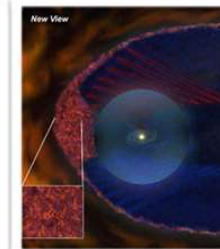
Earth's Magnetosphere



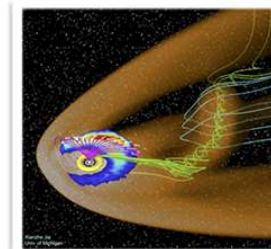
X-ray Flares in Pulsar Wind Nebulae



Active Galactic Nuclei Jets

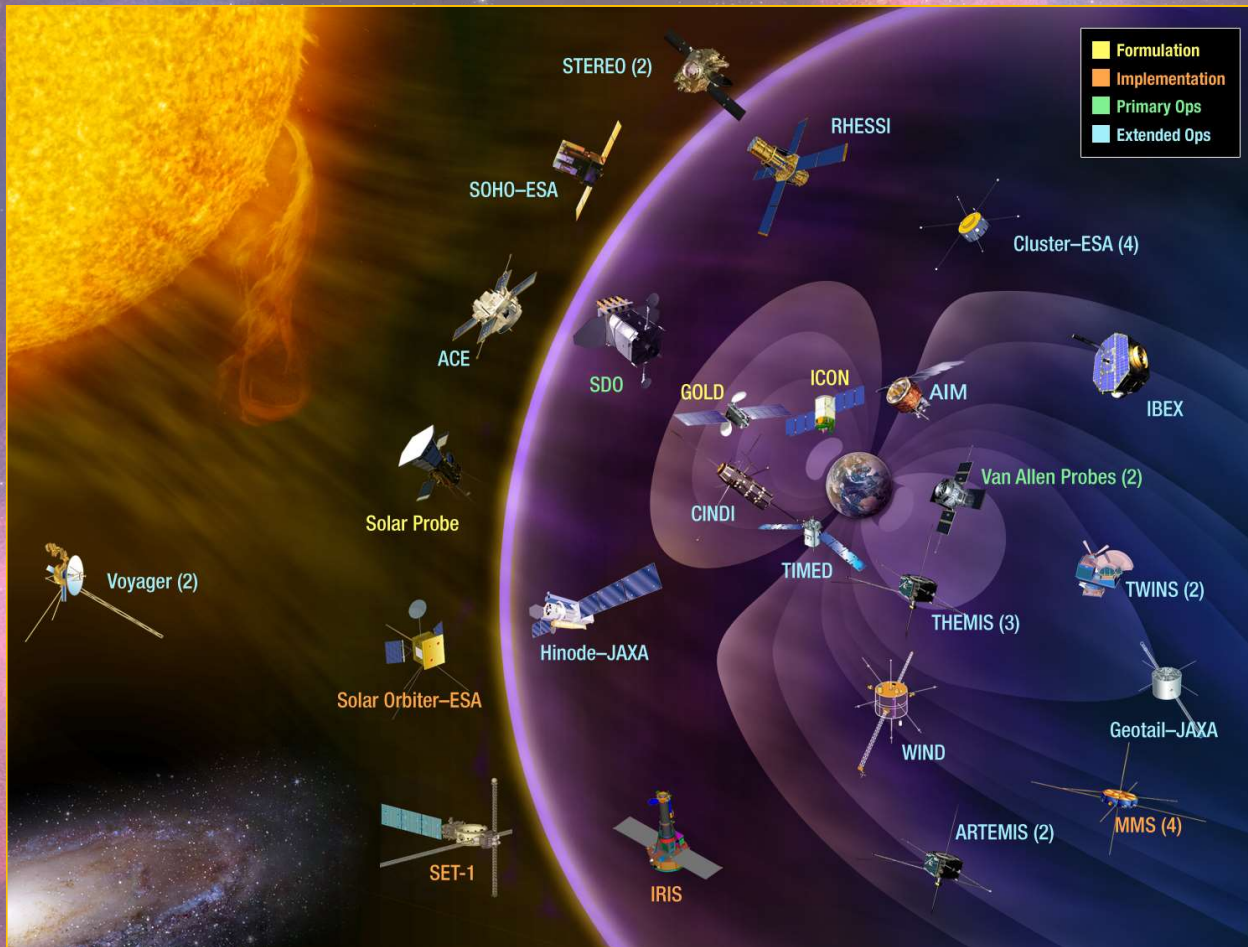


Edge of Heliosphere



Planetary Magnetospheres

La flotta eliosferica

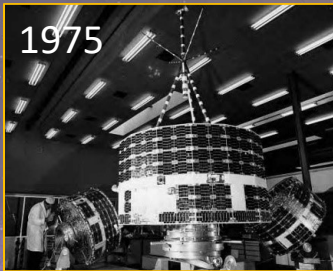


- Per capire questi fenomeni, la ricerca eliofisica si basa su una flotta di missioni interplanetarie posizionate in punti strategici dell'eliosfera, a diverse distanze dal Sole.
- Il team è composto da esperti di analisi dati da molte di queste missioni.

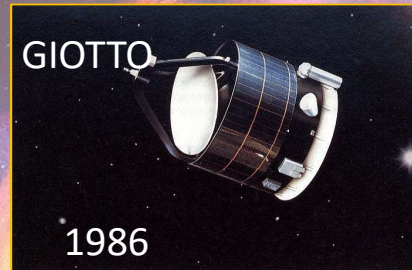
Esperienza maturata dal nostro Istituto

Laboratorio
di Fisica di
Plasma
Spazio

HEOS 1 e 2



GIOTTO



TSS 1 e 2



Double Star

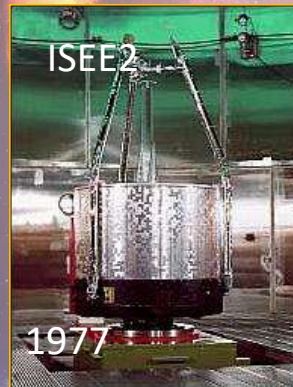


Anni '60

Helios 1 e 2



ISEE2



Cluster 1 e 2



2020

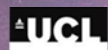
Solar Orbiter

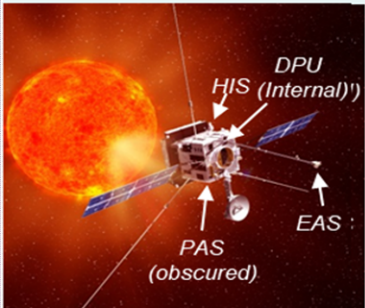
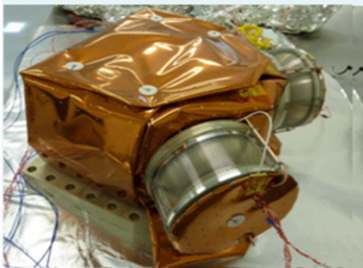
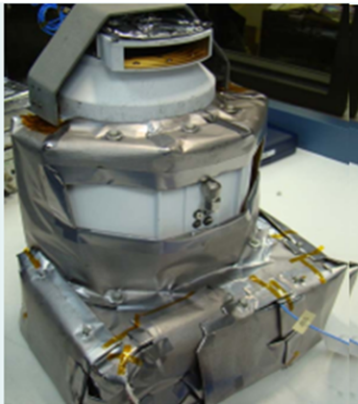
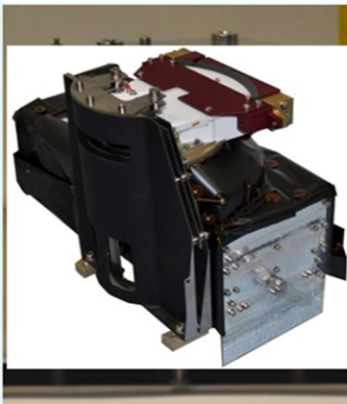


Diverse sono state anche le partecipazioni a livello di PI/co-PI in risposta alle call di ESA per missioni di classe M (Cross-Scale, THOR) e di classe F (Debye, Prospero).



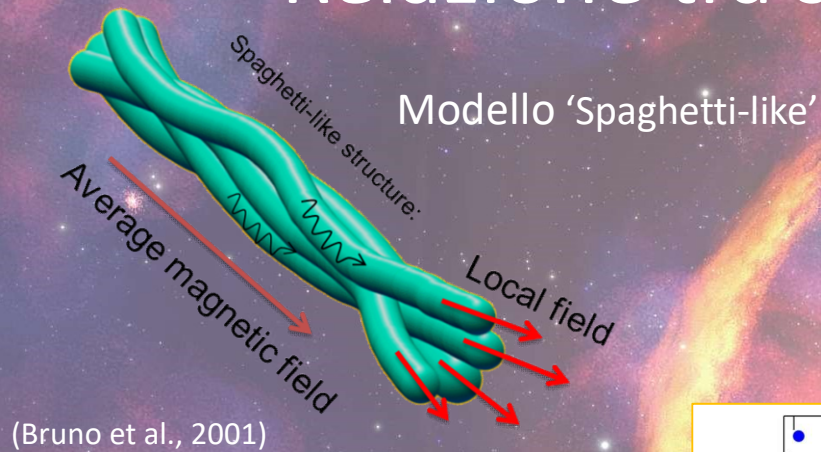
SWA Consortium



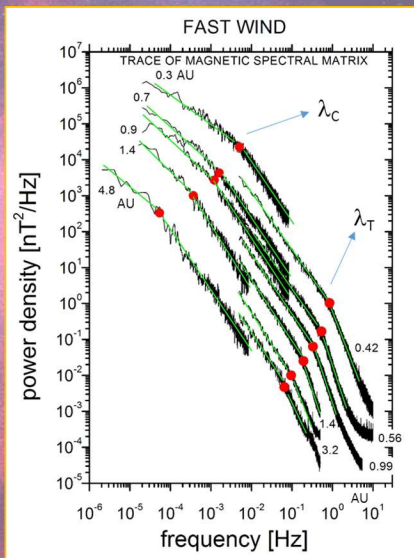
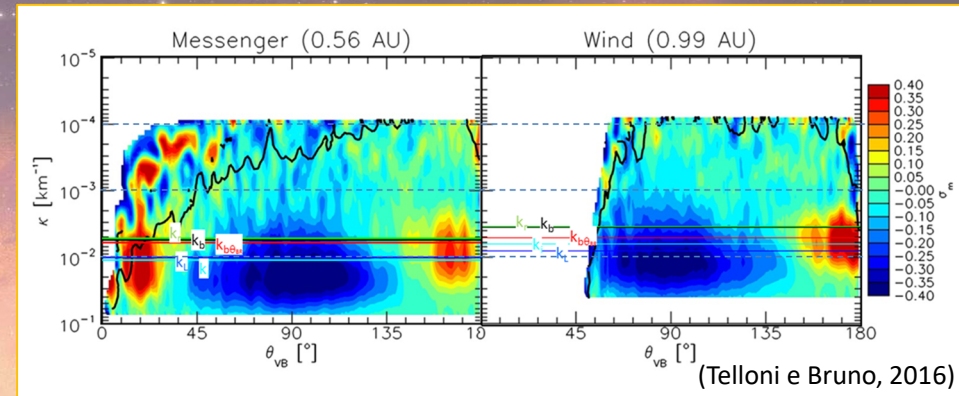
Subsystem	EAS	HIS	PAS	DPU
				
Main Agency				
Lead Institute	UCL/MSSL	SwRI, Texas	IRAP, Toulouse	IAPS, Rome
PI/co-PI	C.J. Owen (PI)	S. Livi (USA PI)	P. Louarn (CoPI)	R. Bruno (CoPI)

- INAF – IAPS : Coinvolgimento a livello di CoPI
 - DPU che gestisce i 4 sensori

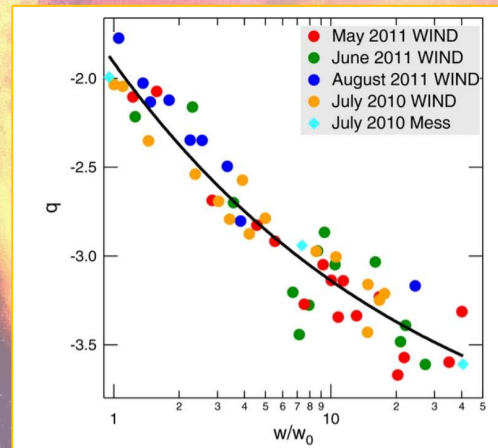
Relazione tra scale fluide e scale cinetiche



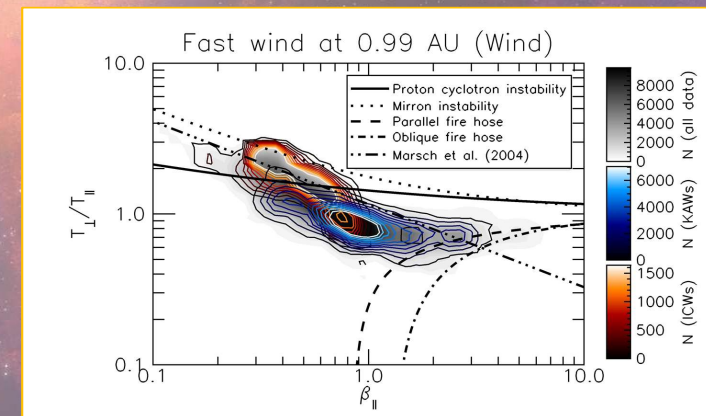
Prima osservazione di ICWs e KAWs durante un allineamento radiale



Prima evidenza evoluzione radiale dell'intero spettro della turbolenza (Telloni et al 2015)

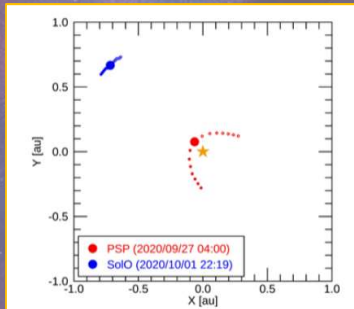


(Bruno et al., 2014)

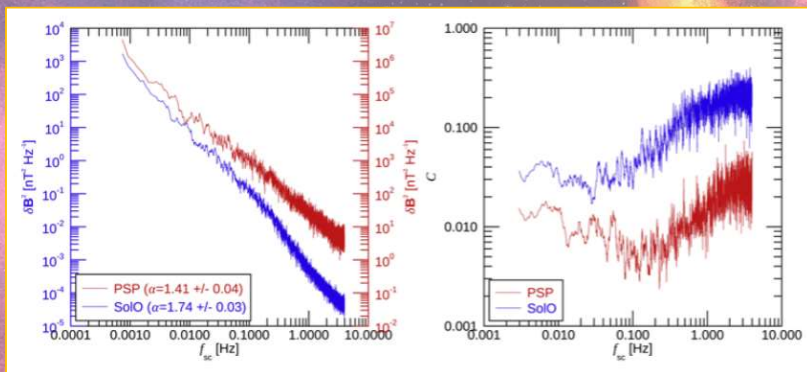


Prima evidenza di ICWs e KAWs nel piano delle instabilità (Telloni and Bruno 2016)

Primi risultati ottenuti da Solar Orbiter

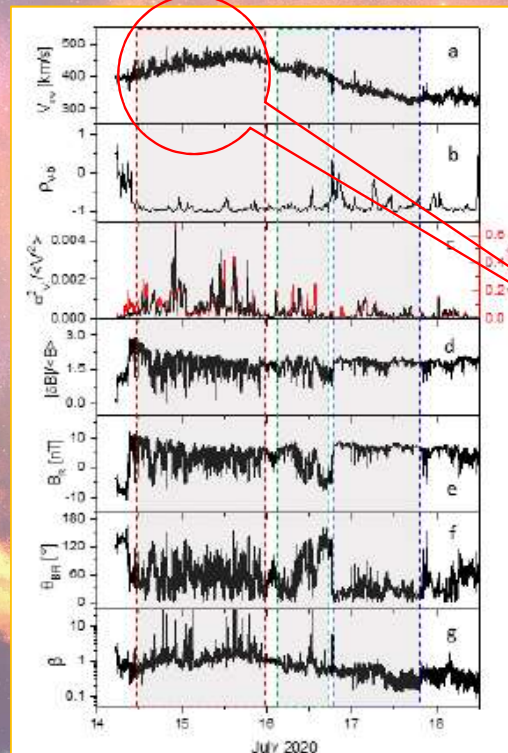


Evoluzione della turbolenza
nel primo allineamento PSP
(0.1 AU) – Solar Orbiter (1 AU)

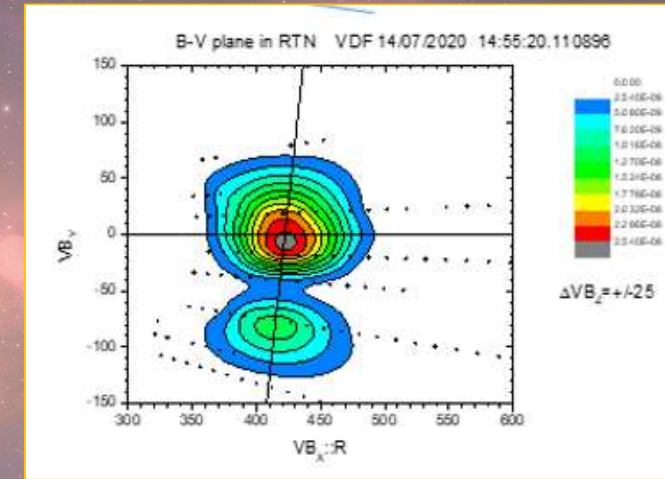


(Telloni et al, 2021)

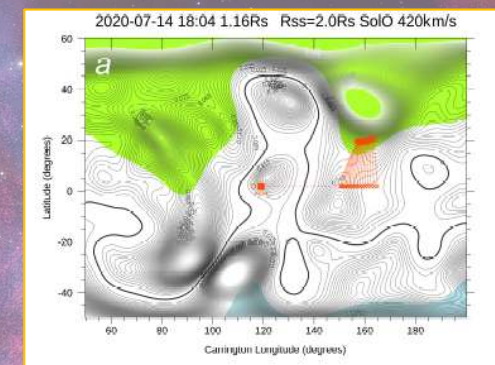
Prima osservazione di un
vento lento Alfvénico e sua
origine solare



(D'Amicis et al, submitted)

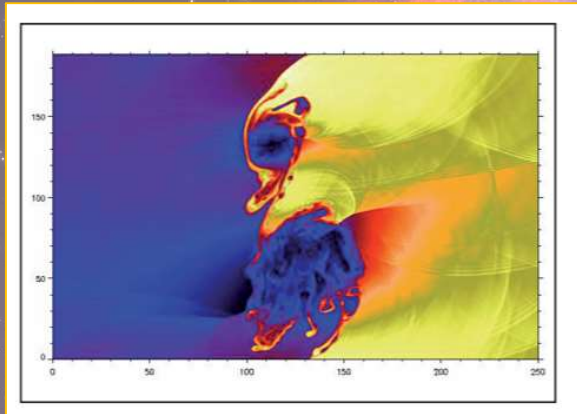


Prime VDF protoni + beam



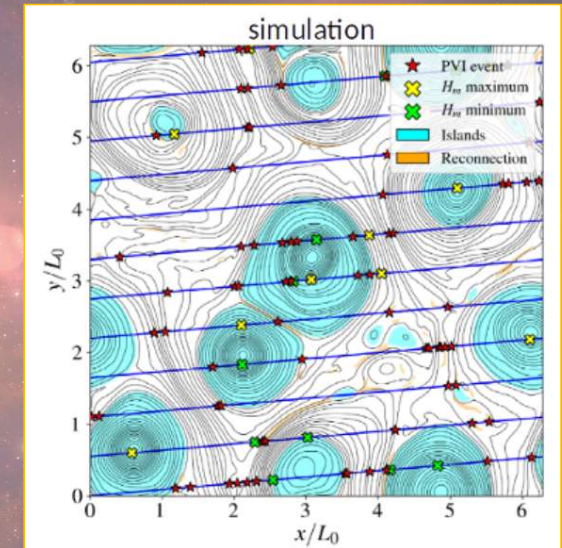
Simulazioni numeriche

Instabilità di Kelvin Helmholtz in regime cinetico
(Califano et al)



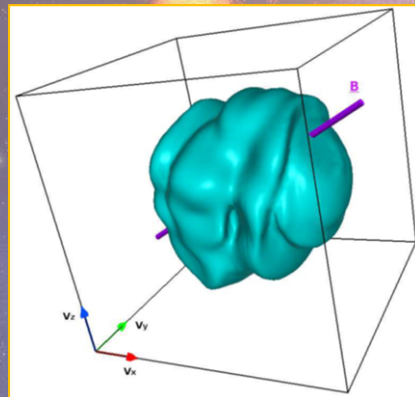
Strutture magnetiche e riconnessione magnetica

(Pecora et al, 2020)

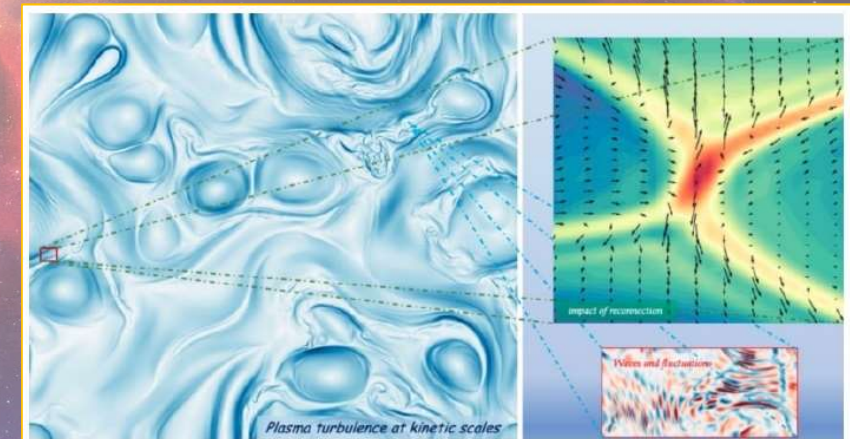


Simulazioni di VDF dei protoni nello spazio delle fasi

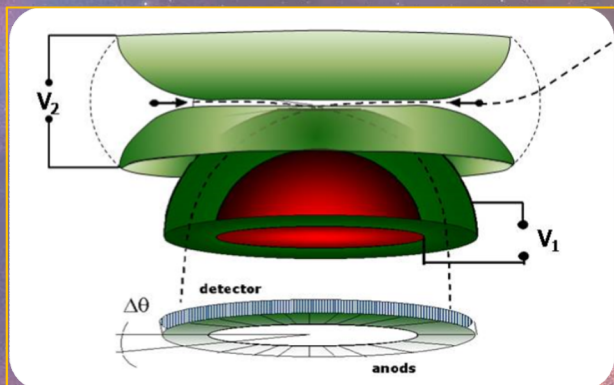
(Valentini et al., 2018)



Simulazioni numeriche ad alta risoluzione



Attività di laboratorio per nuovi sensori di plasma



Principio di funzionamento

Studi numerici per
analizzatori Top-Hat 3D
(Cluster e Solar Orbiter)

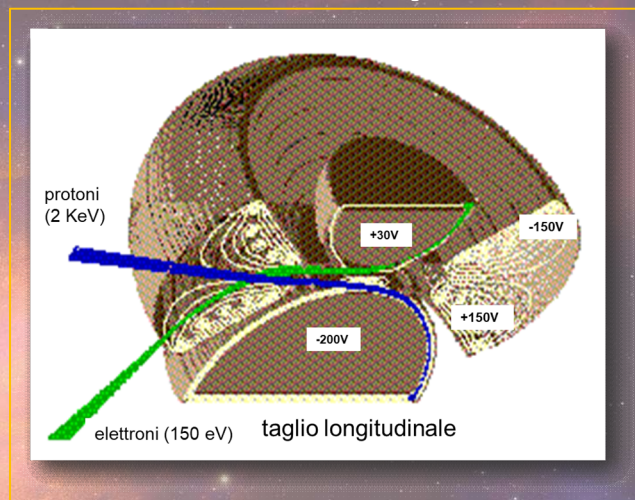
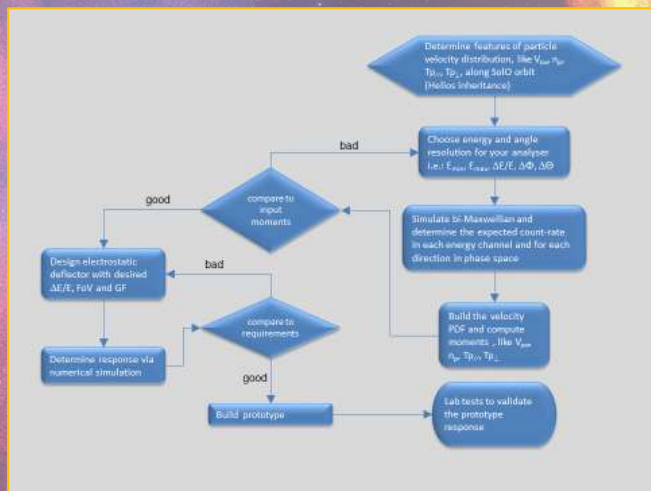


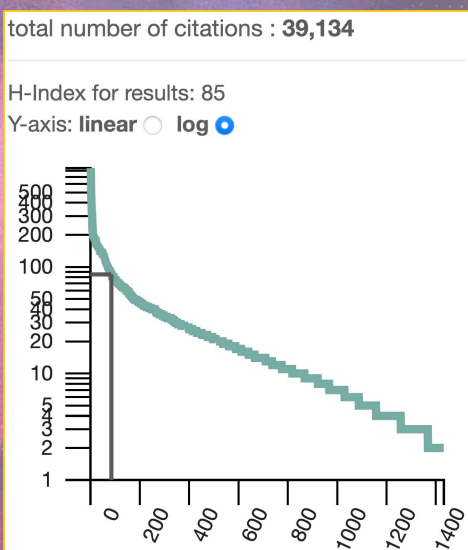
Diagramma di flusso
dell'attività legata
agli studi numerici



Test di prototipi di analizzatori di
plasma nella camera di plasma



Produzione scientifica



Nonostante la comunità sia relativamente piccola, la produzione scientifica è molto ricca con un numero totale di pubblicazioni con referee di 1923, 39134 citazioni e un H index medio di 85 (NASA ADS).

- Punto di riferimento per la comunità internazionale per l'analisi dei dati da missioni eliosferiche.
- Punto di riferimento per lo sviluppo di Tecniche innovative (es. LIM, PVI, Wavelet per studio di CME, Machine Learning), di simulazioni numeriche e modelli teorici.
- Ruoli chiave all'interno dell'ESA: ESA Science Committee e Chairs nei Working Group ESA.
- Conferimento del premio 'Space Weather and Nonlinear waves and Processes' dall'American Geophysical Union nel 2018.

Prospettive

- Prossimo decennio di nuovi dati da Solar Orbiter, Parker Solar Probe e BepiColombo.
- Impatto scientifico anche nei decenni successivi analogamente a quanto accaduto alla missione Helios, lanciata negli anni 70, i cui dati producono ancora importanti risultati scientifici a distanza di più di 40 anni.
- Attraverso la Plship o la co-lship dei membri del team in quasi tutti gli strumenti a bordo delle missioni eliosferiche di ultima generazione, il team avrà accesso diretto alle misure di queste sonde.
- Il team intende collaborare anche alle future missioni eliosferiche, come PUNCH (Polarimeter to Unify the Corona and Heliosphere) e HelioSwarm.
- Il team partecipa a nuove idee per future missioni come il White Paper sulla fisica degli elettroni guidato da UCL-MSL di Londra.



Team: Staff INAF + Associati (1/2)

Personale INAF

Roberto Bruno – IAPS
Raffaella D'Amicis – IAPS
Rossana De Marco – IAPS
Vamsee Jagarlamudi – IAPS
Monica Laurenza – IAPS
Federica Marcucci – IAPS
Giuseppe Pallocchia - IAPS
Daniele Telloni – OATo
Ester Antonucci – OATo
Silvio Giordano – OATo
Salvatore Mancuso – OATo
Luca Zangrilli – OATo
Stavro Ivanoswki – OATs

10 TI, 1 TD, 1 AdR,
 1 quiescente

Associati INAF



Università della Calabria: *V. Carbone, A. Greco, F. Malara, L. Primavera, S. Servidio, F. Valentini, G. Zimbardo*



Università di Firenze: *L. Del Zanna, S. Landi, E. Papini, A. Verdini*

Università di Pisa: *F. Califano*

Consiglio nazionale delle Ricerche: *L. Sorriso-Valvo, F. Pucci*



University of California: *M. Velli*

Imperial College: *L. Matteini*



Ecole Centrale de Lyon: *R. Marino*



Université de Lorraine: *D. Del Sarto*



University of Texas: *A. Tenerani*



17 TI, 1 TD, 1 AdR

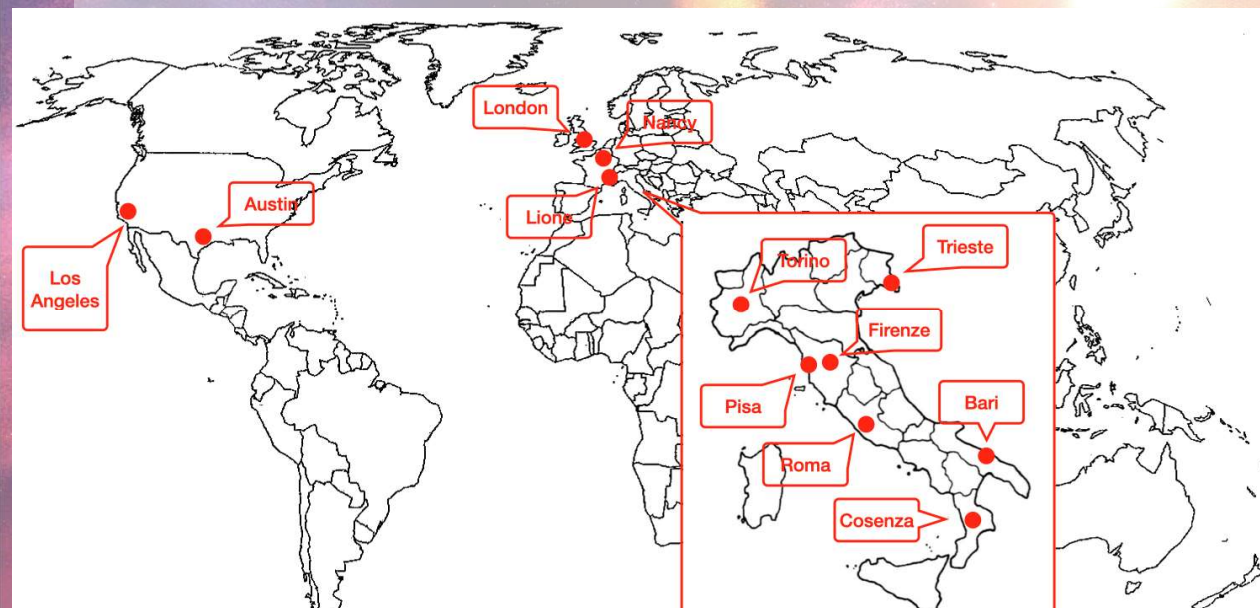
Inviluppo complessivo di FTE INAF dall'inizio a fine attività	12.95
FTE INAF a tempo indeterminato dall'inizio a fine attività	7.55
Inviluppo complessivo di FTE inclusi associati dall'inizio a fine attività	27.05



Team: Staff INAF + Associati (2/2)

Nel team sono attive diverse 'anime' con esperti di:

- **analisi dati** (INAF/IAPS, INAF/OATo, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Imperial College of London, Ecole Centrale de Lyon),
- **modelli teorici** (University of California, Università degli studi di Firenze, Université de Lorraine, Università della Calabria, INAF/OATs)
- **simulazioni numeriche** (Università della Calabria, Università di Pisa, Consiglio Nazionale delle Ricerche, University of Texas),
- **sensori di plasma** per uso spaziale (INAF/IAPS).



Il gruppo risulta molto eterogeneo, con competenze diverse e sinergiche, che ricoprono tutto lo spettro delle expertise richieste per poter avanzare significativamente la nostra conoscenza dei processi fondamentali della fisica dei plasmi.

Collaborazioni nazionali e internazionali

- Università degli Studi di L'Aquila (IT)
- Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (IT)
- Mullard Space Science Laboratory (UK)
- Institut de Recherche en Astrophysique et Planétologie (F)
- Queen Mary University of London (UK)
- Ruhr-Universität Bochum (D)
- Laboratoires de Physique des Plasmas (F)
- Katholieke Universiteit Leuven (B)
- Laboratoire d'Etudes Spatiales et d'Instrumentation en Astrophysique (F)

- SouthWest Research Institute (USA)
- University of Michigan (USA)
- University of Alabama (USA)
- NASA Goddard Space Flight Center (USA)
- Advanced Heliophysics (USA)
- Jet Propulsion Laboratory (USA)
- Princeton University (USA)
- Forman Christian College (PK)
- University of Mumbai (IN)
- Indian Institute of Geomagnetism (IN)

Programmazione

- Attività del consorzio internazionale Solar Orbiter SWA e di attività collegate al contratto ASI-INAF. L'attività legata alle *operations* terminerà nel 2030.
- In ambito nazionale, coordinamento dei Working Group scientifici (*'Multiscale Physics'*, *'Kinetic Physics'*, *'Particle Energization'*, *'Machine Learning'*) legati al contributo italiano a Solar Orbiter SWA.
- In ambito internazionale, coordinamento dei WG ESA *'Kinetic Physics'* e *'CMEs, CIRs, HCS and large scale structure'*. Inoltre, tutti i membri del team partecipano attivamente alle attività dell'*In-situ Working Group* (ISWG), del *Science Operations Working Group* (SOWG), del *Science Working Team* (SWT) e ai *Team Meeting di SWA*.
- Coordinamento e sinergia tra le varie 'anime' del team:
 - ✓ Continuo scambio di informazioni e collaborazioni tra esperti di simulazioni e modelli teorici e di osservazioni in situ;
 - ✓ Riduzione dei dati di SWA (IAPS).

Fondi a sostegno

- L'attività generale si basa prevalentemente sulla ricerca di base.
- I finanziamenti provenienti da ASI (limitatamente al contratto Solar Orbiter SWA) sono legati prevalentemente alla scheda Helios-1 e sono iniziati nel 2010. Attualmente è attivo l'accordo ASI –INAF 2018-30-HH.O 'Supporto scientifico per la realizzazione degli strumenti Metis, SWA-DPU e STIX nelle fasi D/E' che copre il triennio 2018-2021. Si prevede estensione a costo zero per i primi mesi del 2022.
 - La stima dell'inviluppo complessivo di questi fondi ammonta a k€ 940 (dal 2010).
 - Fondi certi per il 2021: 60 k€
 - Presunti per il 2022 e il 2023: totale 100 k€
 - Di questi fondi, l'85% è stato impegnato per il personale.
 - Non sono compresi i vari contratti industriali che si sono succeduti negli anni.
- Ovviamente il proseguimento delle attività future in presenza relative alle 'Operations' dei sensori, al nostro contributo nel SOWG, nell'ISWG e nel SWT dipenderà fortemente dalla presenza o meno di fondi dedicati.

Criticità

- Negli anni, lo storico gruppo di Roma ha visto perdere figure chiave (e relative expertise), dedicate allo studio del vento solare, a causa principalmente dei pensionamenti e del mancato turnover.
- Alla fine del 2021, anche il co-PI di SWA diventerà quiescente. Con la sua quiescenza perderemo una unità di primo ricercatore.
- Mancanza di posizioni apicali nella fisica dello spazio interplanetario.
- Mancanza di finanziamento stabili per la scienza.



Grazie per l'attenzione!