

# COS'E' MASS?

MASS è un programma di studi biennale in

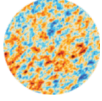
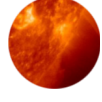

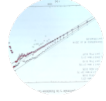


## Astrofisica e Scienze dello Spazio.

È un programma Erasmus Mundus finanziato dall'Unione Europea ed è da un gruppo di quattro università:

## Roma "Tor Vergata", Belgrado, Brema e Côte d'Azur.

Un certo numero di borse di studio Erasmus Mundus Joint Master (EMJM) sono finanziate dall'Unione Europea nell'ambito del programma Erasmus+ 2021-2027.

Il corso è incentrato su sei argomenti principali:

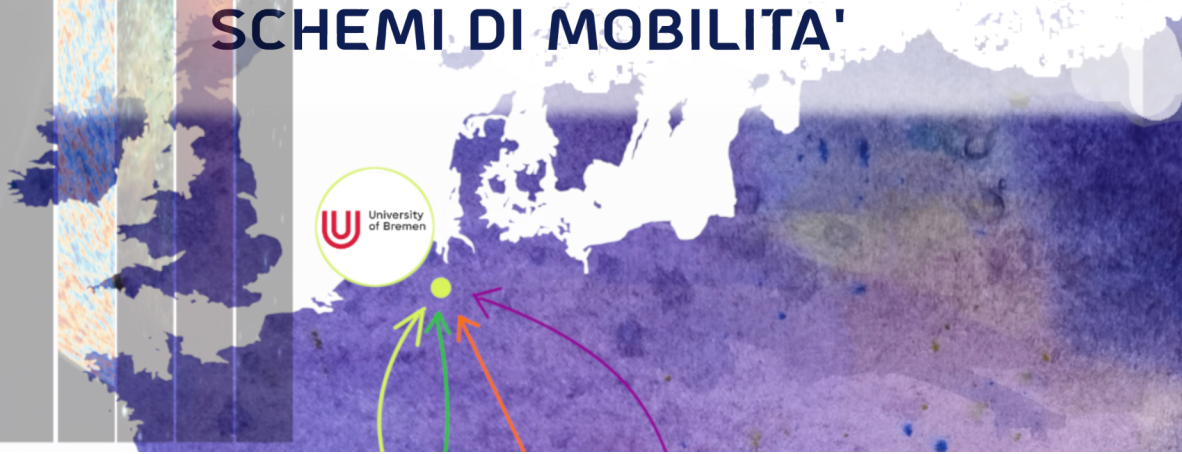
-  Gravità e cosmologia
-  Astrofisica stellare
-  Scienze spaziali
-  Tecniche astrofisiche
-  Astrofisica e big data
-  Scienze spaziali

Durante questi due anni, gli studenti hanno la possibilità di studiare in diverse università del consorzio, a seconda dei loro interessi specifici. Parte del programma include anche scuole invernali o estive e uno stage, grazie al supporto di enti di ricerca, agenzie spaziali e aziende del settore. Il corso si svolge interamente in inglese ed è aperto a studenti di tutto il mondo. Alla fine del percorso, gli studenti ottengono un titolo di Laurea Magistrale in Astrofisica e Scienze dello Spazio, accompagnato da un certificato che facilita il riconoscimento del diploma in altri paesi.

## Una borsa di studio EMJM copre:

- > i costi di partecipazione e le tasse universitarie;
- > un pacchetto assicurativo completo per tutta la durata del programma;
- > un'indennità mensile di 1.400 € pagata direttamente allo studente per tutta la durata del Master (fino a un massimo di 24 mesi), per coprire i costi di viaggio e di sussistenza.

# SCHEMI DI MOBILITA'



## ERASMUS MUNDUS JOINT MASTER PROGRAM



MASTER IN ASTROPHYSICS AND SPACE SCIENCE



unded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the granting authority European Education and Culture Executive Agency (EACEA). Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them.



WWW.MASTER-MASS.EU



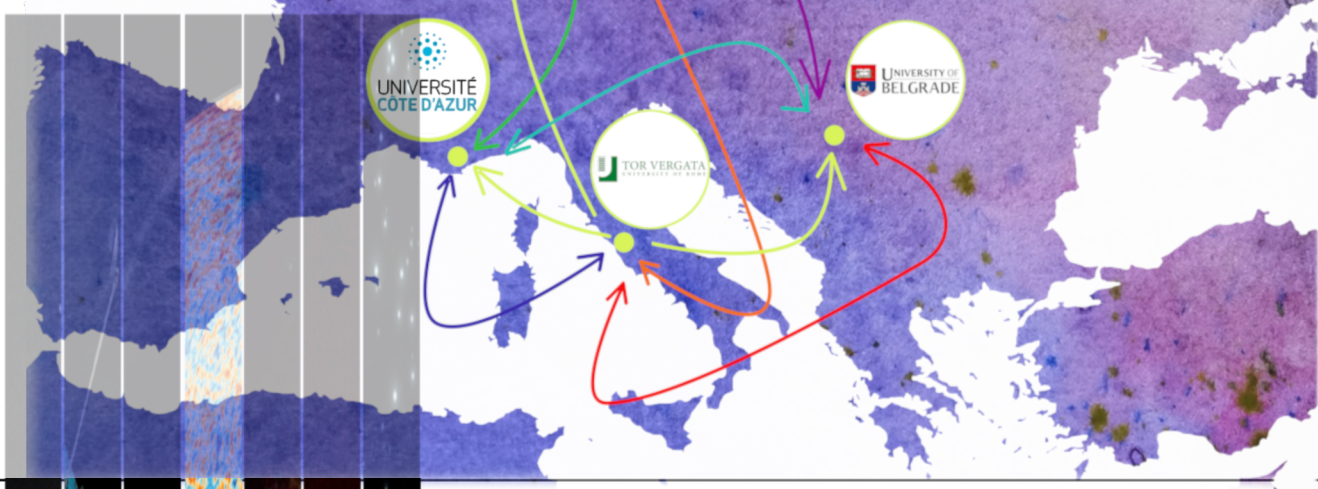
INFO@MASTER-MASS.EU



Department of Physics, University of Rome "Tor Vergata"

Via della Ricerca Scientifica 1

00133 Roma - Italy



# Collegare i Punti: Processi Neurali Latenti Attentivi

Aman Nadimpalli Raju

Andjelka Kovacevic, Francesco Tombesi, Dragana Ilic, Luka Popovic, Eric Slezak  
1: University of Belgrade, 2: University of Rome Tor Vergata, 3: Astronomical Observatory Belgrade, 4: Observatoire de la Côte d'Azur

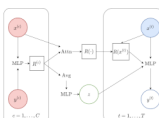
## Unisci i Punti



Collegare i punti può essere facile quando conosci il motivo

Ma cosa succede se non lo conosci?

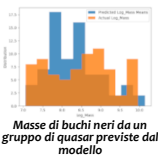
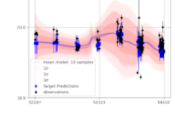
## Processi Neurali



Possiamo usare l'Intelligenza Artificiale (IA):

I Processi Neurali possono apprendere una struttura a partire da pochi dati e possono in seguito essere migliorati con: **Attenzione: Impara le relazioni (strutturali) tra i dati Spazio Latente: Impara come selezionare e prendere campioni. Li applichiamo a osservazioni di luce provenienti da luminosi nuclei di galassie lontane alimentati da buchi neri supermassicci (chiamati Quasar) e ne impariamo lo schema. Semplicemente dalle variazioni di luce, possiamo persino ottenere informazioni sulla loro massa e la loro struttura.**

Le osservazioni dei quasar e la curva di luce simulata.



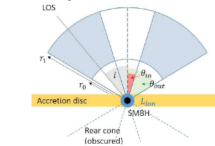
Masse di buchi neri da un gruppo di quasar previste dal modello

Possiamo fare una buona previsione della curva di luce e stimare le masse dei buchi neri grazie all'uso dell'IA!

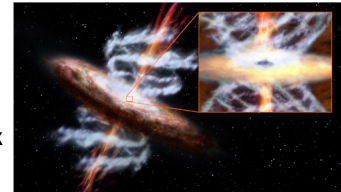
# Studio delle Proprietà Fisiche del Potente Vento del Disco di Accrescimento nella Galassia Attiva IRAS 13224-3809 con XMM-Newton

di Sreeparna Ganguly (UNITOV)  
Relatori: Dott. Francesco Tombesi (UNITOV), Prof. Luka Č. Popovic (Università di Belgrado)  
Collaboratori: Dr. Marco Laurenti (UNITOV), Sig. Pierpaolo Condò (UNITOV)

Questa galassia ha, al suo centro, un buco nero supermassiccio che, a causa dell'accumulo di materiale su di esso, genera un flusso di particelle altamente ionizzate (come atomi e molecole che hanno perso molti dei loro elettroni), che si muove a velocità molto elevate, vicine a quella della luce. In questo lavoro di tesi, abbiamo eseguito un'analisi spettrale dei Raggi - X mediata nel tempo per verificare se e come l'emissione del vento possa contribuire allo spettro di questa galassia.



Wind model geometry. Credits: https://balogh.inf.it/onisation/wine



Ultrafast Outflows. Credit: ESA/AOES Medialab

Conclusione: Abbiamo modellato i dati considerando due strati del vento. Ogni strato del vento è altamente ionizzato con una velocità di espulsione leggermente relativistica (cioè si avvicina leggermente alla velocità della luce).

# Ricerca di onde gravitazionali associate ai glitch delle pulsar delle Vele del 29 aprile 2024

Marco Immanuel Bayle Rivera  
Supervisori: Marie-Anne Bizouard (UCA) e Andjelka Kovacevic (Belgrado)

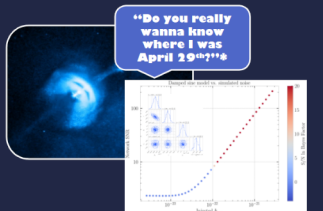


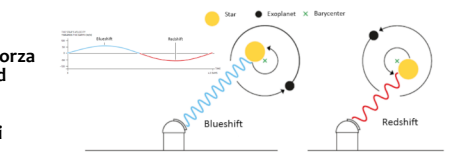
Image credit: X-ray: NASA/ESA; ESO; University of Durham et al.; Optical: DSO; Davide De Martin (High Energy Astrophysics Picture of the Week (happw.org)) Physics version by T. Smith and A. Doucet

Per rispondere a questa domanda ho utilizzato sia simulazioni che dati reali e ho trovato un limite inferiore da cui possiamo iniziare a osservare un tale segnale. Ho anche confrontato altri modelli di onde gravitazionali (GW) che potrebbero potenzialmente derivare da glitch nelle pulsar. Ci aspettiamo di essere in grado di trovare un certo segnale da questo evento. Ma se ciò non dovesse accadere non significherebbe necessariamente che non ci siano onde gravitazionali emesse, ma, forse, semplicemente il nostro metodo di rilevazione non è ancora abbastanza sensibile (da qui l'importanza del

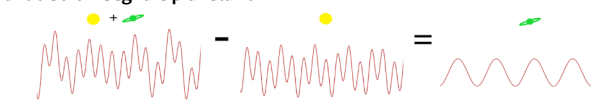
# Il Sole come Stella: Indagine sull'Influenza delle Caratteristiche dell'Attività Solare sui Segnali di Velocità Radiale di Brandon Rajkumar

Relatori: Prof. Francesco Berrilli (UTOV); Dr. Lionel Bigot (UCA)

Il metodo della Velocità Radiale (RV) aiuta gli scienziati a trovare esopianeti rilevando piccole oscillazioni nella luce di una stella causate dalla forza gravitazionale dei pianeti che orbitano attorno ad essa. Tuttavia, l'attività della stella stessa, come macchie solari o brillamenti, può a volte imitare questi segnali, rendendo più difficile individuare i pianeti.



In questo lavoro di tesi si è utilizzato il Sole come esempio per determinare quali indicatori di attività stellare possono essere utilizzati per ricreare il segnale RV dovuto soltanto all'attività stellare, senza il contributo degli esopianeti. Il modello di questo segnale può poi essere rimosso dalle misurazioni RV reali, lasciando solo il segnale planetario.



# I lampi di Raggi Gamma (GRB) con il Telescopio Fermi: Precursori ed Evoluzione Spettrale

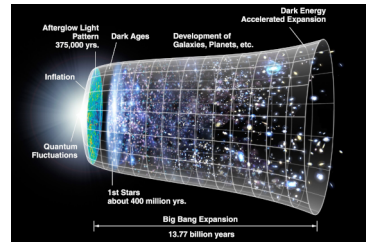
Ridha Fathima Mohideen Malik (1,2), Nelson Christensen(1), Eleonora Troja (2)  
(1)Observatoire de la Côte d'Azur, Nizza, Francia. (2)Università degli Studi di Roma Tor Vergata, Italia, Credito immagine: NASA/Goddard

I lampi di Raggi Gamma (GRB) sono gli eventi più energetici dell'universo, dopo il Big Bang. Per capirne la potenza: l'energia rilasciata da un GRB in un secondo è più di quella che il Sole libererebbe nei 10 miliardi di anni del suo intero ciclo di vita. Abbiamo inviato telescopi nello spazio per osservare la radiazione gamma, poiché la Terra ci protegge da questi raggi mortali. I GRB si verificano alla fine della vita di una stella, quando una stella massiccia collassa in un buco nero o due stelle dense collidono. Questa collisione scuote lo spaziotempo, producendo delle increspature chiamate onde gravitazionali. Misuriamo queste increspature sulla Terra attraverso osservatori quali LIGO e VIRGO. Nel 2017, per la prima volta, abbiamo osservato con LIGO le onde gravitazionali causate dalla collisione di stelle e, 1,7 secondi dopo, abbiamo osservato un lampo nel cielo. Questo è stato uno dei principali progressi dell'astronomia. Da allora, si sono aggiornate le strumentazioni di questi osservatori e altri osservatori si sono uniti agli sforzi per osservare nuovamente questo tipo di eventi. Il nostro contributo a questa ricerca è stato di verificare se sia possibile osservare sia i raggi gamma che le onde gravitazionali prima della collisione delle stelle. Questo potrebbe significare che le stelle vengono dilaniate dalla forte attrazione gravitazionale che esercitano l'una sull'altra. Finora, non abbiamo rilevato un tale evento. Abbiamo inoltre sviluppato uno strumento per misurare la differenza di tempo dei segnali dei GRB in diverse parti dello spettro luminoso, la cui analisi ci aiuterà a capire il motore centrale che alimenta queste esplosioni.

# Rilevamento dei "modi B" Primordiali nella Radiazione Cosmica di Fondo nelle Microonde: Affrontiamo la Sfida della Separazione delle Componenti

di Aliza Mustafa  
Relatori: prof. Marina Migliaccio (Università di Roma, Tor Vergata, Italia), dott. Alessandro Carones (Scuola Internazionale Superiore di Studi Avanzati, Italia), Dr. Simon Prunet (Università della Costa Azzurra, Francia)

La mia ricerca si concentra sul rilevamento dei segnali deboli provenienti dal cosmo primordiale, chiamati modi B primordiali, nascosti all'interno della radiazione cosmica di fondo nelle microonde (CMB). Questi segnali forniscono informazioni sui primi istanti dell'universo dopo il Big Bang. Tuttavia, sono mescolati con altri "rumori" nello spazio, come le emissioni di polveri e gas. La mia ricerca affronta la sfida di isolare questi segnali estranei dai dati, consentendo una comprensione più chiara dell'universo primordiale. Questo è fondamentale per convalidare teorie chiave sull'espansione rapida dell'universo nei suoi primissimi istanti.



NASA/WMAP Science Team

# Acquisizione di immagini ad Alto Contrasto di Sistemi Esoplanetari con Telescopi Molto ed Estremamente Grandi

Macarena Vega<sup>1,2</sup>, Gael Chauvin<sup>1,2</sup>, Valentina D'Orazi<sup>1,2</sup>

In questa tesi, utilizziamo osservazioni effettuate con alcuni dei telescopi più grandi disponibili oggi - come il VLT in Cile e il LBT negli USA - per catturare immagini dei "dischi circumstellari" (dischi di polvere e gas attorno a stelle giovani) che sono i luoghi di formazione dei sistemi planetari, al fine di apprendere come nascono i pianeti e come evolvono. All'interno dei nostri risultati, nelle immagini dei dischi, troviamo bracci di spirale e pianeti. Di questi ultimi calcoliamo alcune proprietà, come i parametri orbitali, la temperatura, ecc. Inoltre, possiamo trarre conclusioni sulle prestazioni degli strumenti che utilizziamo. Ciò fornirà conoscenze per sfruttare al meglio la futura generazione di telescopi estremamente grandi.

Disco protoplanetario che circonda la giovane stella HL Tauri  
Credito immagine: ESO/AFLA

<sup>1</sup>Observatoire de la Côte d'Azur, Nizza, Francia  
<sup>2</sup>Università degli Studi di Roma Tor Vergata, Italia  
<sup>3</sup>Max Planck Institute for Astronomy, Heidelberg, Germania

# Coppie strette di buchi neri supermassicci e forme aspettate delle righe spettrali larghe nelle Galassie Attive

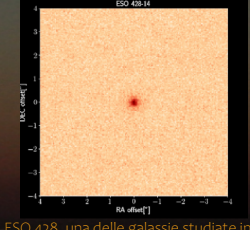
Aurelilia Deandra  
Prof. Luka Popovic, Prof. Francesco Tombesi e Prof.ssa Dragana Ilic.

Anche i buchi neri possono esistere in sistemi binari (ossia in coppie), proprio come le stelle! Questi buchi neri binari sono molto interessanti poiché emettono onde gravitazionali. Alcuni dei più grandi si trovano persino al centro delle galassie! I buchi neri supermassicci che compongono questi sistemi binari possono essere molto lontani o molto vicini tra loro. Alcuni sistemi di buchi neri binari supermassicci, specialmente se le componenti sono molto vicine tra loro, non possono essere osservati direttamente. Ma possiamo comunque rilevare il modo in cui i buchi neri orbitano l'uno attorno all'altro provoca perturbazioni nella luce emessa dalla materia circostante. Studiando queste perturbazioni, siamo stati in grado di individuare 54 candidati per sistemi binari di buchi neri supermassicci

# Riduzione dei dati e modellazione delle emissioni di polvere in tre Nuclei Galattici Attivi vicini

Josiah Faniyi Supervisori: Dr. Dragana Ilic, Dr. Marko Stalevski Dr. James Leftley

Al centro di ogni galassia c'è qualcosa di davvero potente: si chiama buco nero. Attorno al buco nero si accumulano grandi quantità di gas e polvere, queste possono disporsi a formare strutture diverse e possono trovarsi vicino o lontano dal buco nero. Questo influisce sulla nascita delle stelle e su come la galassia cambia man mano che cresce. Quando una galassia ha un buco nero supermassiccio e molto attivo, la chiamiamo galassia attiva. Gli scienziati hanno un'idea semplice per spiegare come è disposta la polvere intorno al buco nero. Immagmano che la polvere sia disposta come un grande anello o ciambella attorno al centro della galassia. Ma ora, grazie a telescopi più avanzati, abbiamo scoperto che alcune galassie hanno polvere non solo al centro, ma anche intorno alla parte superiore e inferiore, come ai poli di un pianeta. In questo studio, confrontiamo queste due idee. In due delle galassie, troviamo che il modello con la disposizione delle polveri a ciambella riproduce meglio le caratteristiche osservate.



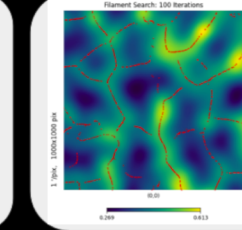
ESO 428, una delle galassie studiate in questo progetto

Nella terza galassia, il modello con la polvere ai poli sembra essere più adatto a spiegare le osservazioni. Pensiamo di dover continuare a migliorare i modelli e studiare un maggior numero di sorgenti per comprendere ancora meglio queste galassie.

# Rete Cosmica: Ricostruzione dei Filamenti e Cosmologia

Gauri Shankar Hari (UTOV)  
Prof.ssa Marina Migliaccio (UTOV), Dr. Javier Carrón Duque (IFT) e Prof. Simon Prunet (OCA)

Osservando lontano nello spazio e nel tempo, notiamo che la materia nell'universo osservabile è distribuita in un intricato schema a rete chiamato rete cosmica. Questa struttura a rete ha quattro sottostutture: filamenti, fogli, aloni e vuoti. In questo lavoro di tesi, ci concentriamo sui filamenti (contrassegnati dai punti rossi nella figura), che sono strutture allungate simili a filamenti all'interno della rete cosmica.



Filamenti cosmici ricostruiti su una piccola zona del cielo.

Utilizziamo un algoritmo specifico chiamato Subspace Constrained Mean Shift (SCMS) per identificare e ricostruire i filamenti nelle nostre simulazioni (DEMNUi) che sono basate su diversi modelli cosmologici. Abbiamo identificato e ricostruito i filamenti per diversi scenari cosmologici. Inoltre, abbiamo sviluppato un metodo migliore e alternativo per la ricostruzione dei filamenti. Questo ci permetterà di studiare diversi modelli cosmologici e definire con maggiore precisione i valori e le caratteristiche che descrivono l'universo.

# Timing delle pulsar attorno a un buco nero supermassiccio by Ifeoma Mavis Akpuogwu

Supervisori: PD. Dr. Eva Hackmann, Prof. Bojan Arbituna

Varie osservazioni indicano che al centro della nostra galassia si trova un buco nero supermassiccio. Particolari stelle che si muovono intorno ad esso possono essere utilizzate per comprendere le caratteristiche del buco nero, esplorare il suo campo gravitazionale e confermare la teoria della gravitazione di Einstein. Si tratta delle "pulsar" (sorgenti radio pulsanti), stelle di neutroni fortemente magnetizzate che ruotano ad alta velocità emettendo con estrema regolarità un fascio di radiazione elettromagnetica in direzione della Terra. In questo studio, abbiamo cercato di capire come le pulsar si muovono nelle loro orbite, come il buco nero produca forti effetti relativistici sull'orbita delle pulsar e influenzzi il modello del pulsar "timing" ottenuto dalla misura del tempo di arrivo alla Terra degli impulsi emessi dalle pulsar.



Stella di neutroni rotante (pulsar)



Abbiamo osservato che possiamo misurare solo la differenza tra il tempo impiegato da un segnale per viaggiare dal punto in cui si trova una pulsar a un altro punto di riferimento. Abbiamo cercato di capire come la luce si propaga nello spazio attorno al buco nero e abbiamo derivato una formula per il calcolo dell'angolo con cui la pulsar emette il segnale. Abbiamo poi confrontato il nostro risultato con quello ottenuto con metodi di calcolo usati da altri scienziati.