

Black holes and gravitational waves

Giornate di orientamento per le tesi

Andrea Placidi & Daniele Pica, Perugia 28/03/2025



Gruppo di ricerca

Prof. Gianluca Grignani & Prof. Marta Orselli



- **Dottorandi e Postdoc**

- Dr. Andrea Placidi

- Dr. Piero Rettegno

- Dr. Daniele Pica

- Dr. Marta Cocco

- Dr. Elisa Grilli



- Dr. Davide Panella

- **Laureandi Magistrali (attuali)**

- Luca Sebastiani, Daniele Siliquini, Francesco Marzocco

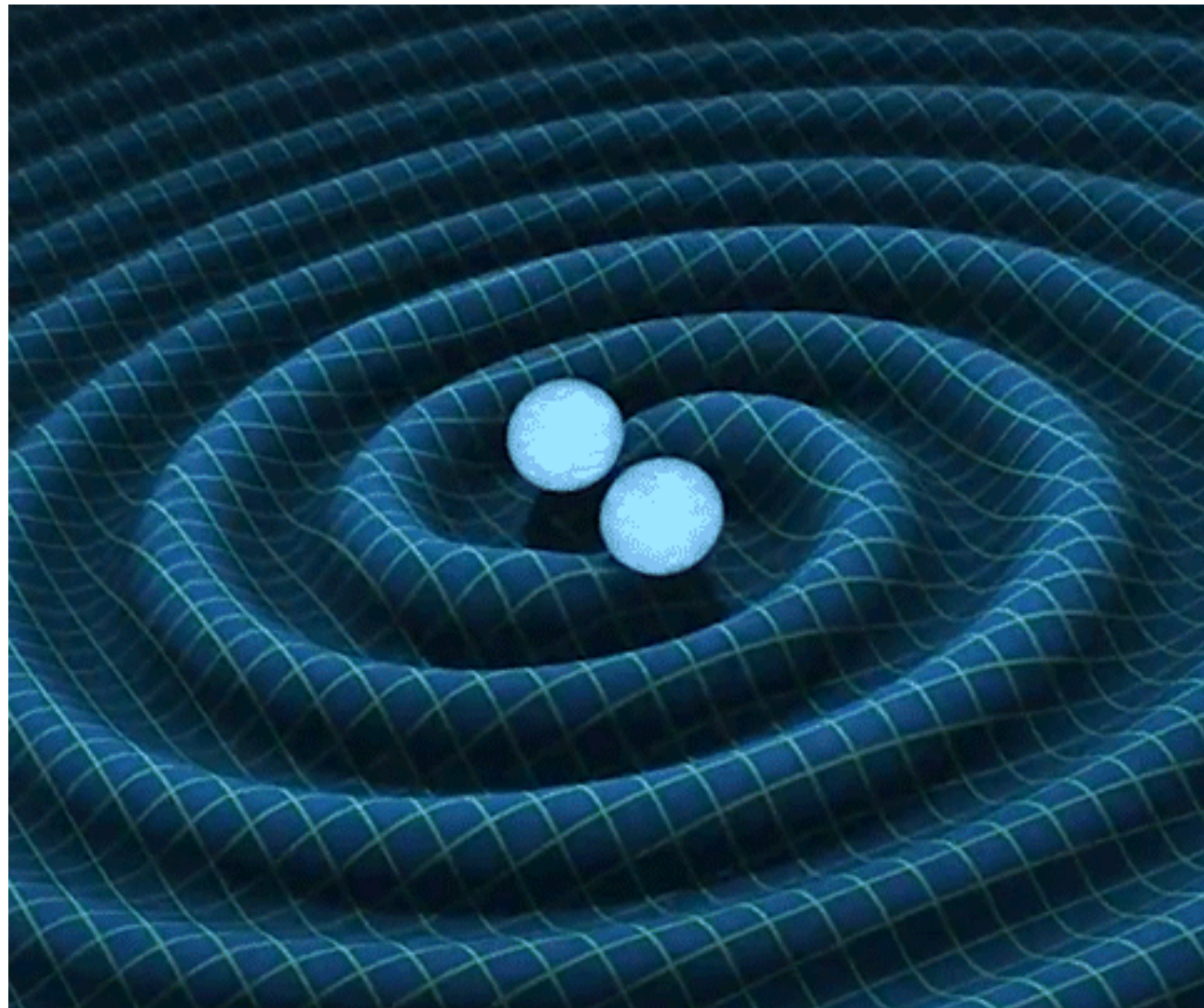
- **Collaborazioni**

- Troels Harmark (NBI), Filippo Camilloni (Frankfurt U.), Alessandro Nagar (Torino), Center of Gravity Group (NBI)

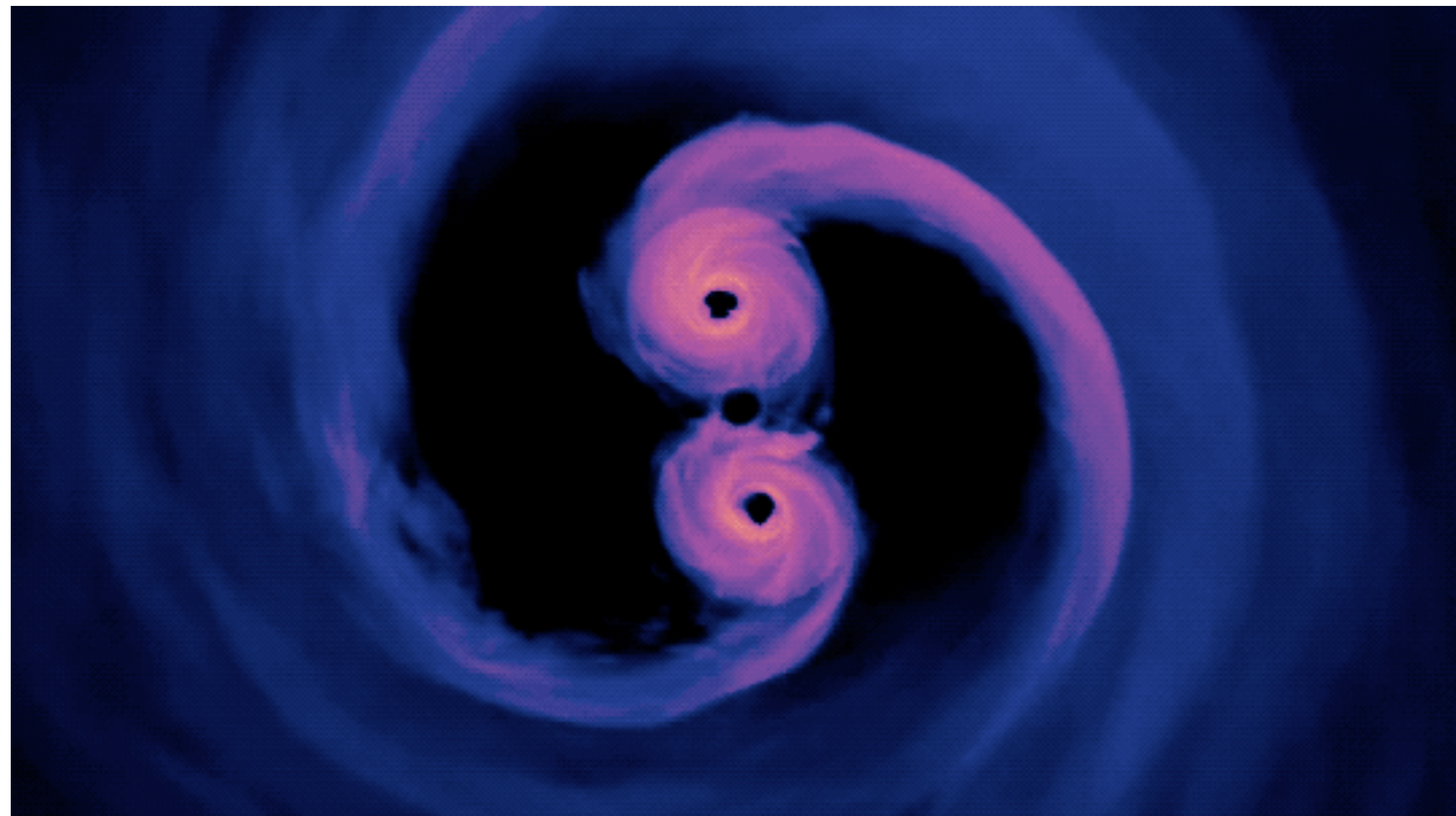
Research fields

Astrofisica Teorica

Onde Gravitazionali

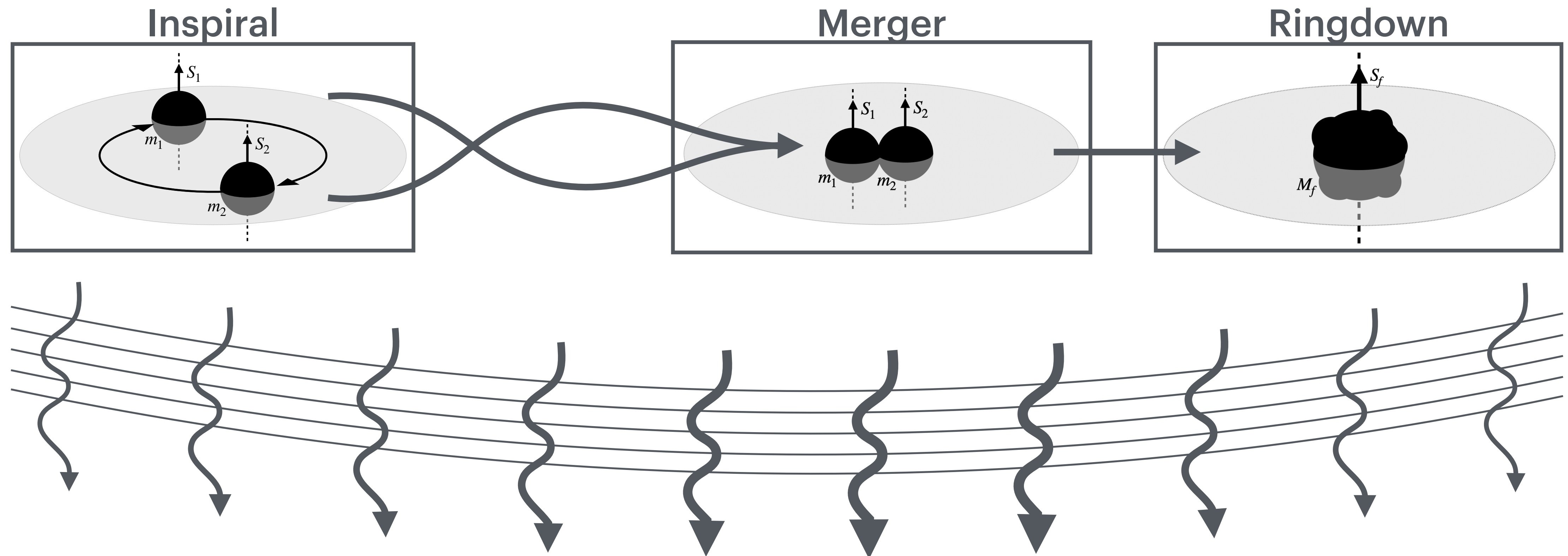


Effetti ambientali sulla dinamica di sistemi binari



Onde gravitazionali

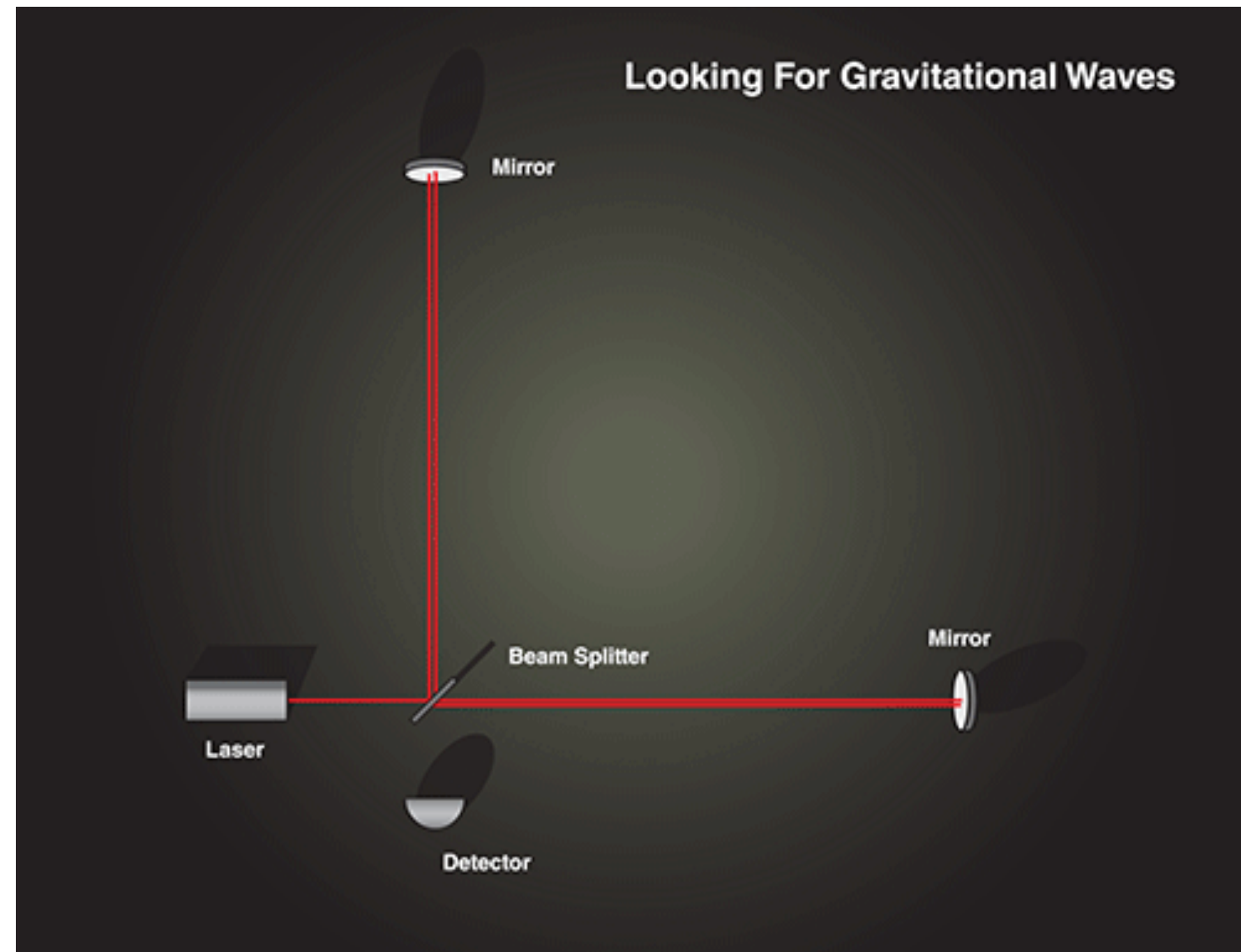
Coalescenze di sistemi binari



- Informazioni astrofisiche fondamentali su **buchi neri** e **stelle di neutroni**
- Test della **Relatività Generale**

Onde gravitazionali

Osservazione segnali



- **Presente**



- **Futuro**

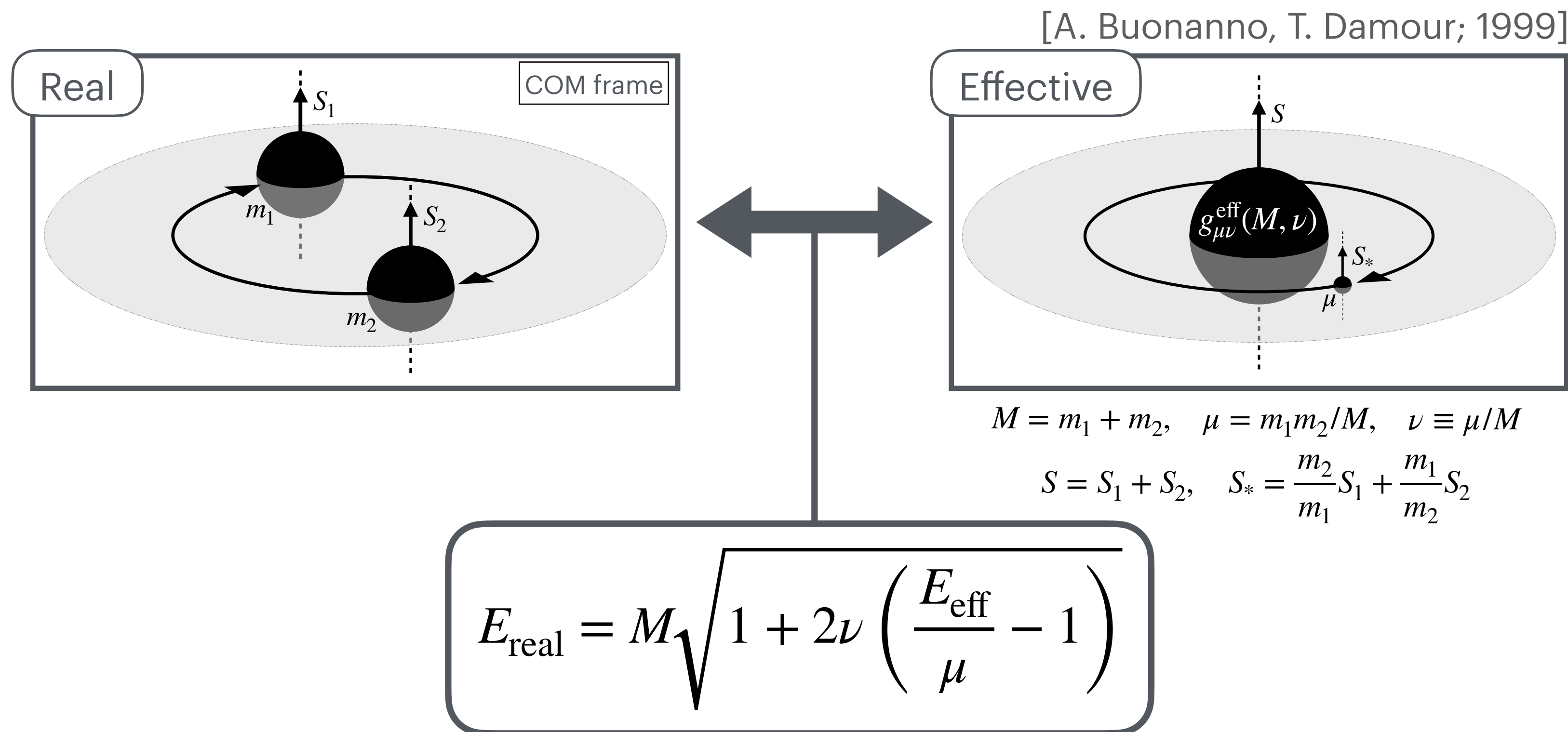
LIGO-India, Cosmic Explorer, Einstein Telescope, LISA, TianQuin, Taiji, Pulsar timing arrays

- Nuove sorgenti di GWs: sistemi binari con buchi neri supermassivi
- Grande numero di segnali rivelati
- Misura di effetti ad oggi inaccessibili

Onde gravitazionali

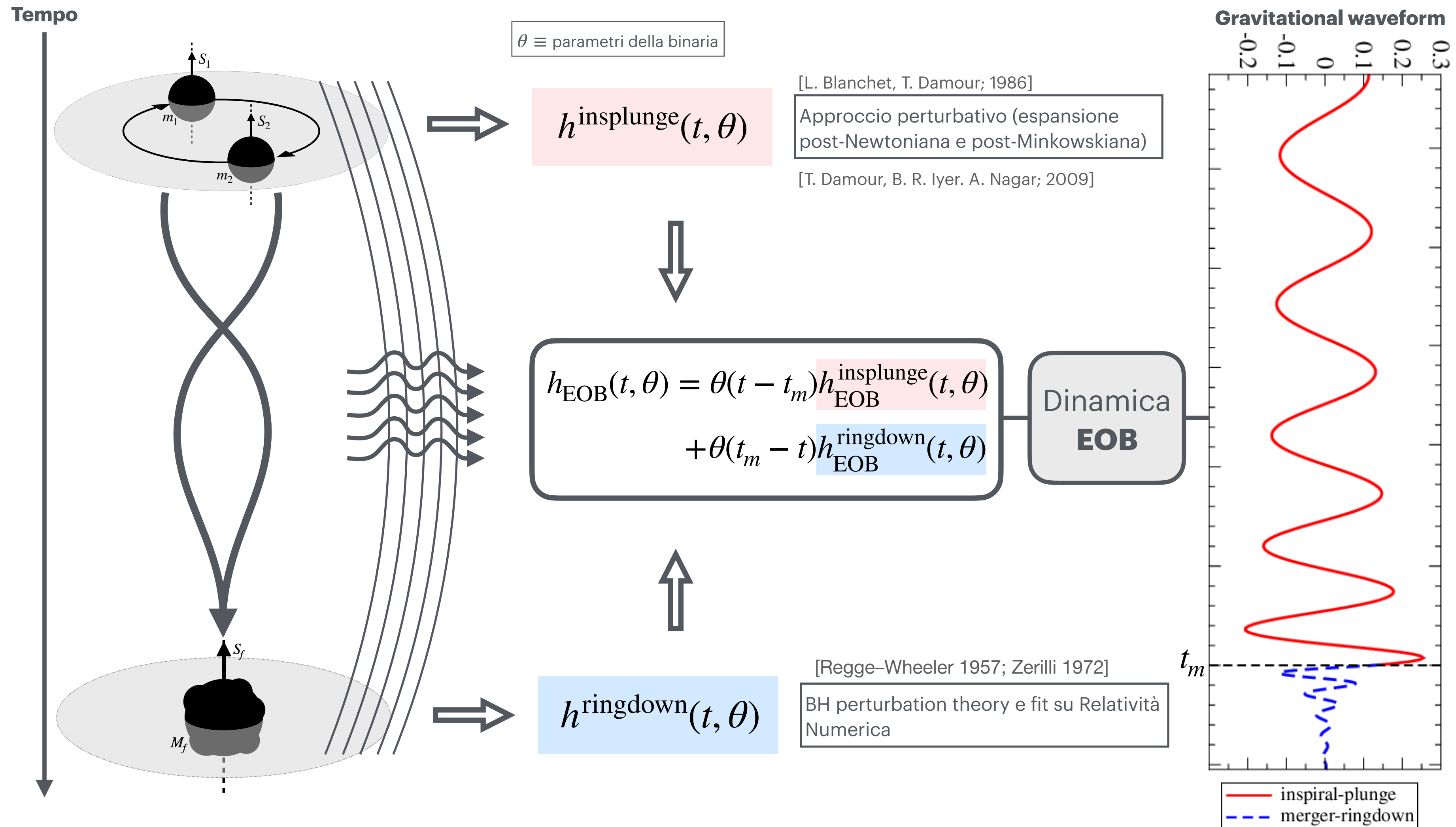
Servono modelli! Approccio effective one-body

Idea di base: descrivere l'evoluzione del sistema binario in termini del moto di una **particella effettiva** in una **metrica di buco nero deformata**



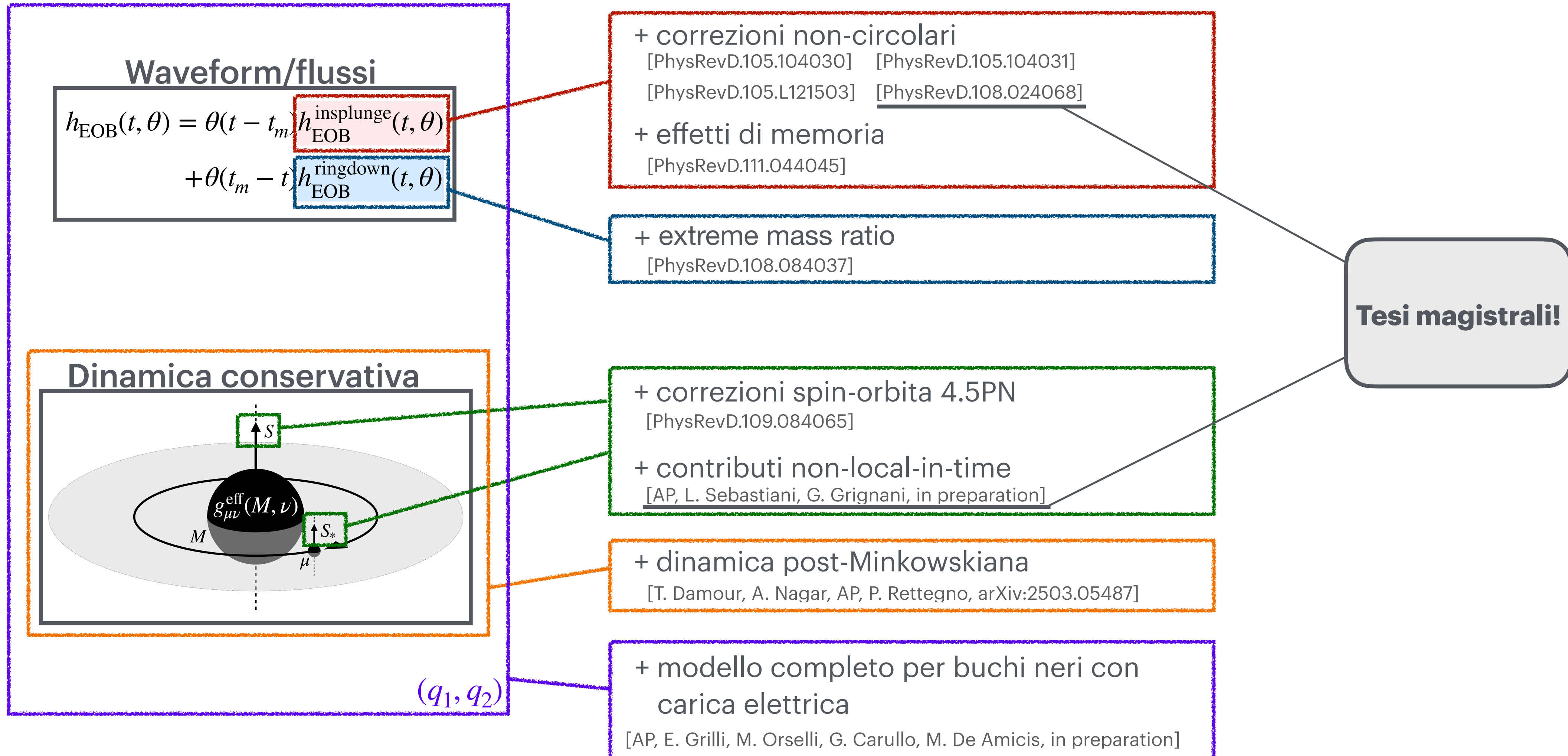
Onde gravitazionali

Servono modelli! Approccio effective one-body



Onde gravitazionali

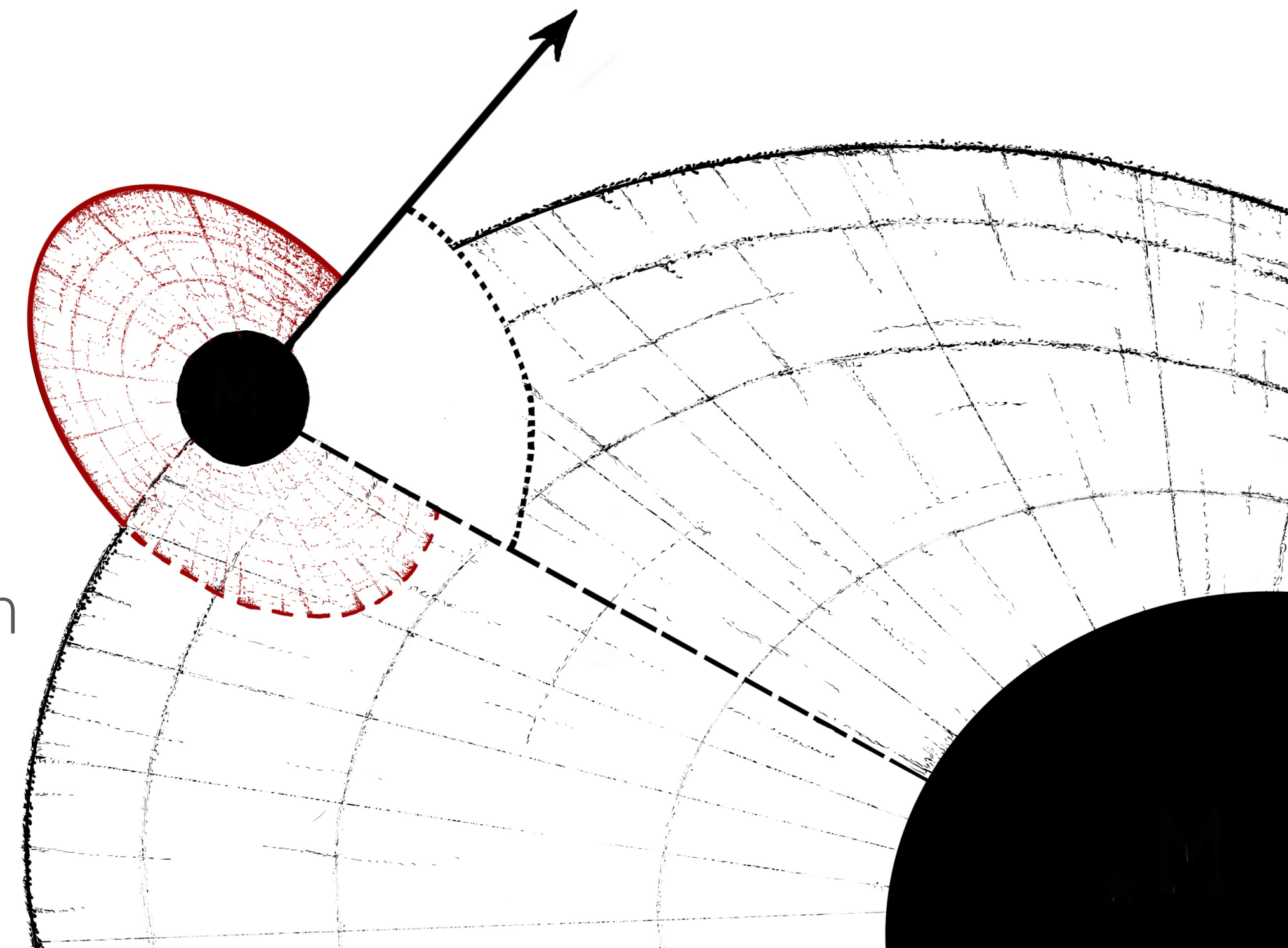
Lavori del gruppo su modelli EOB



Effetti ambientali sulla dinamica di sistemi binari

Importanti per gli interferometri futuri!

- Studio delle **proprietà di sistemi binari**
 - Proprietà dei buchi neri durante il merger
- Meccanismi che **velocizzano il merger** dei due oggetti
 - Interazione con l'ambiente esterno
 - Interazione con un terzo oggetto → **sistemi tripli!**
 - **Risonanze** e von Zeipel - Lidov - Kozai (**ZLK**) mechanism



Effetti ambientali sulla dinamica di sistemi binari

Sistemi tripli - due approcci!

Weak - field regime



Grandi distanze fra i tre oggetti



Fisica Newtoniana

Strong - gravity regime



Tre oggetti vicini fra di loro



Relatività Generale → ***Nuova fisica!***

Effetti ambientali sulla dinamica di sistemi binari

Pubblicazioni

Tesi Magistrali!

- **“Event horizon of a charged black hole binary merger”**, D. Marin Pina, M. Orselli, D. Pica, Phys. Rev. D 106 (2022), DOI: **106.084012**
- **“Tidal deformations of a binary system induced by an external Kerr black hole”**, F. Camilloni, G. Grignani, T. Harmark, R. Oliveri, M. Orselli, D. Pica, Phys. Rev. D 107 (2023), DOI: **107.084011**
- **“Binary mergers in strong gravity background of Kerr black hole”**, F. Camilloni, G. Grignani, T. Harmark, M. Orselli, D. Pica, Mon. Not. Roy. Astron. Soc. 531 (2024), DOI: **10.1093**
- **“Charged binaries in gravitational tides”**, E. Grilli, M. Orselli, D. Pereñiguez, D. Pica, JCAP 02 (2025), DOI: **10.1088**
- **“Strong-gravity precession resonances for binary systems orbiting a Schwarzschild black hole”**, M. Cocco, G. Grignani, T. Harmark, M. Orselli, D. Pica, in preparation
- **“Magnetic tidal moments contribution to precession resonances in triple systems”**, M. Cocco, G. Grignani, T. Harmark, M. Orselli, D. Panella, D. Pica, in preparation

Tesi Magistrali

- **Post-Newtonian and Post-Minkowskian Two-Body Potentials From Scattering Amplitudes** (Placidi, 2019)
- **Near-extreme Kerr Magnetospheres** (Pompili, 2021)
- **Light surfaces in force free electrodynamics** (Fabri, 2021)
- **Event horizon of charged black holes binary systems** (Pica, 2021)
- **Gravitational and electromagnetic radiation from binary black holes with charges** (Becchetti, 2021)
- **Effective One Body Waveform Model for Eccentric Black Hole Binary Systems** (Stella, 2021)
- **Effective One Body gravitational waveforms** (Gliorio, 2022)
- **Tidal deformations of a slowly spinning binary system** (Cocco, 2023)
- **Tidal deformations of a binary system in Kerr - MOG background** (Grilli, 2023)
- **Dynamics of a binary system around a supermassive black hole** (Panella, 2024)
- **A relativistic Formulation of the Magneto-Rotational Instability** (Vasallucci, 2024)

Tesi Triennali

- **Fasi geometriche in meccanica quantistica: fase di Berry ed effetto di Aharonov-Bohm** (Segaricci, 2022)
- **Generazione di onde gravitazionali da sorgenti post-newtoniane** (Castellani, 2022)
- **Transizioni di fase in modelli di spin** (Alunno, 2022)
- **Cosmologia e modelli inflazionari** (Allegrini, 2022)
- **Derivazione della precessione di Lense-Thirring dal gravitoelettromagnetismo** (Vescovi, 2023)
- **Decorrenza quantistica e l'emergere del mondo classico** (Qoku, 2023)
- **Entanglement e informazione quantistica** (De Angelis, 2024)
- **Numeri di Love in Relatività Generale** (Rossetti, 2024)
- **Kozai-Lidov Effect in Hierarchical Triple Black Hole Systems** (Marzocco, 2024)
- **Energia del vuoto e Effetto Casimir** (Mobilia, 2024)

Proposte di tesi

- **Tesi Triennali**

- **Approfondimenti di argomenti trattati a lezione** (entanglement quantistico, effetti topologici in MQ, approssimazione semiclassica in MQ)
- **Relatività generale & astrofisica** (approssimazione post-newtoniana, approccio effective one-body, fluido-dinamica in spazitempi curvi, dinamica di sistemi tripli)

- **Tesi Magistrali**

- **Onde gravitazionali**
 - Modellizzazione del segnale di onde gravitazionali
- **Dinamica dei sistemi binari**
 - Evoluzione di sistemi binari in ambienti astrofisici

**Argomenti di ricerca attuali e
rilevanti nella comunità scientifica!**