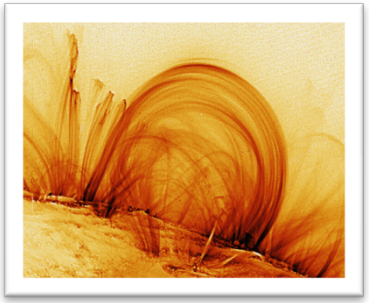
Gruppo Plasmi Astrofisici

Astrofisica dei plasmi relativistici e degli oggetti compatti

Dipartimento di Fisica e Astronomia
Sezione di Astronomia
Università di Firenze

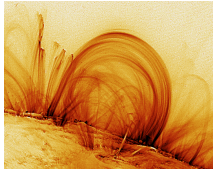
Luca Del Zanna

ASAP – Arcetri Space & Astrophysical Plasmas
http://www.astro.unifi.it/gruppi/plasmi/



Dipartimento di Fisica e Astronomia – Università di Firenze
Sezione di Astronomia e Scienza dello Spazio

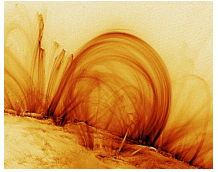
Gruppo Plasmi Astrofisici



Presentazione

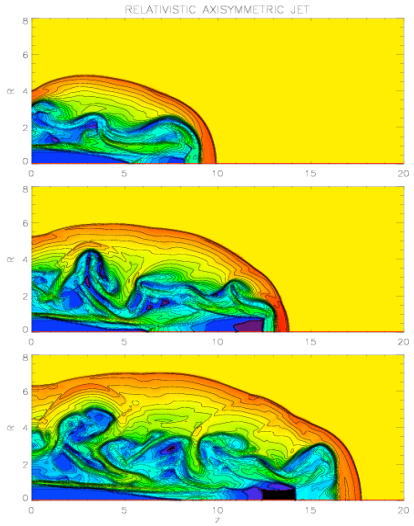
- Campo di ricerca: dinamica ed emissione non termica dei plasmi relativistici (principalmente tramite modelli numerici)
- Il gruppo è completato da:
  - E. Amato, N. Bucciantini, D. Volpi, O. Zanotti, L. Franci
- Collaborazioni:
  - Arcetri-INAF, UC Berkeley, Nordita, AEI Potsdam, Univ. Jena, Univ. Illinois, Torino (INAF e UniTo)
- Pubblicazioni: circa 20 dal 2002 su riviste internazionali con referee
- Finanziamenti:
  - PRIN MIUR 2006 (PI F. Pacini), ASI 2007 (PI R. Bandiera), PRIN INAF 2008 (PI G. Bodo)

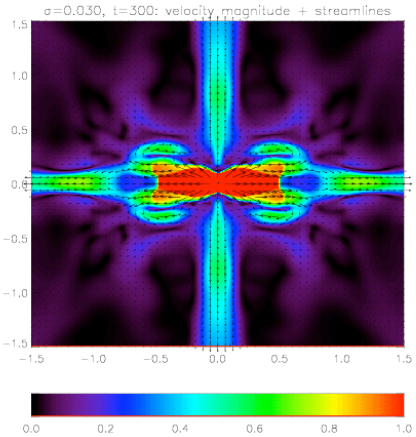
Gruppo Plasmi Astrofisici

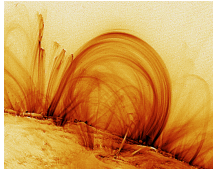


Simulazioni numeriche di plasmi relativistici

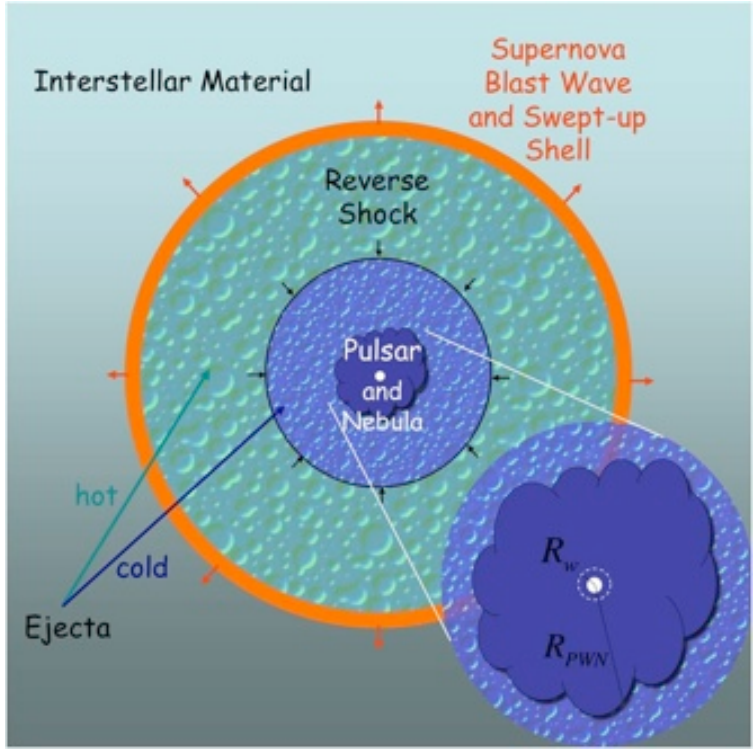
- E' stato sviluppato un codice per lo studio numerico dei plasmi relativistici, quali:
  - Getti da nuclei galattici attivi o microquasar
  - Sorgenti di Gamma Ray Burst
  - Venti di pulsar e resti di supernove
- Recente estensione a GR (ECHO code):
  - Accrescimento su buchi neri
  - Estrazione elettromagnetica di energia gravitazionale da buchi neri rotanti
  - Proto-stelle di neutroni e magnetar

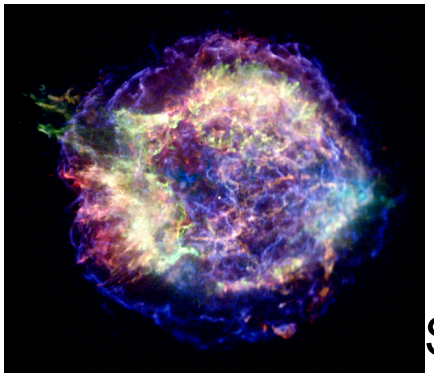




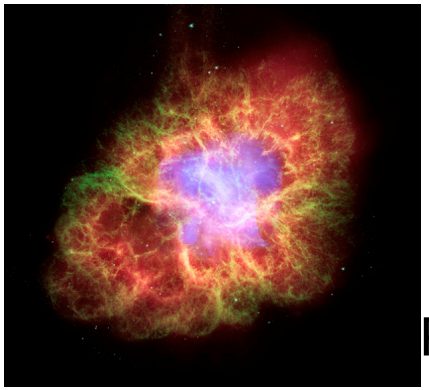


Modelli di Pulsar Wind Nebulae e loro emissione non termica



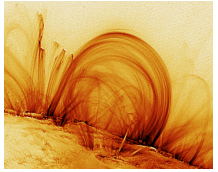


Shell-type



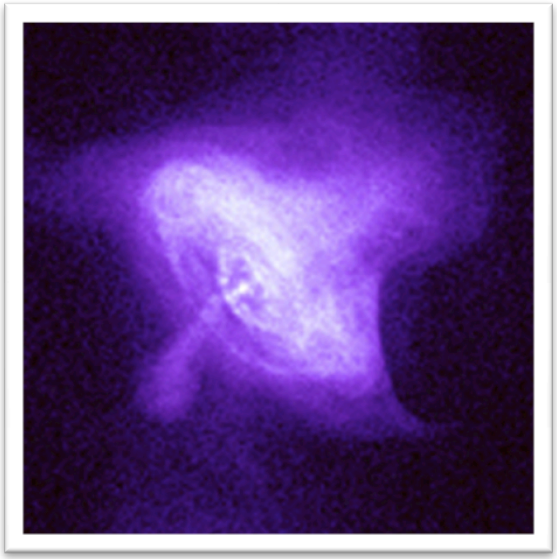
PWN

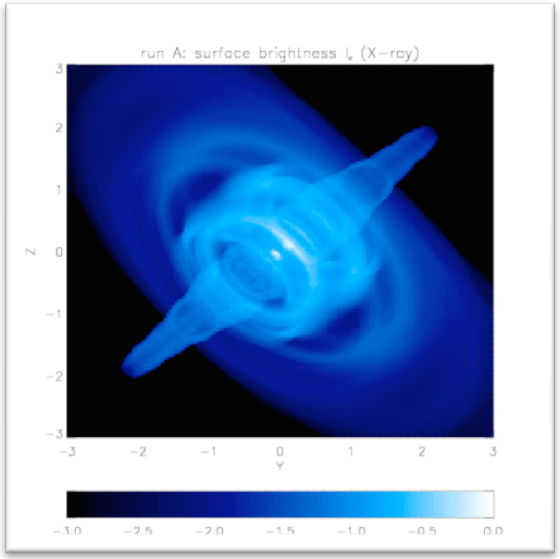
Gruppo Plasmi Astrofisici

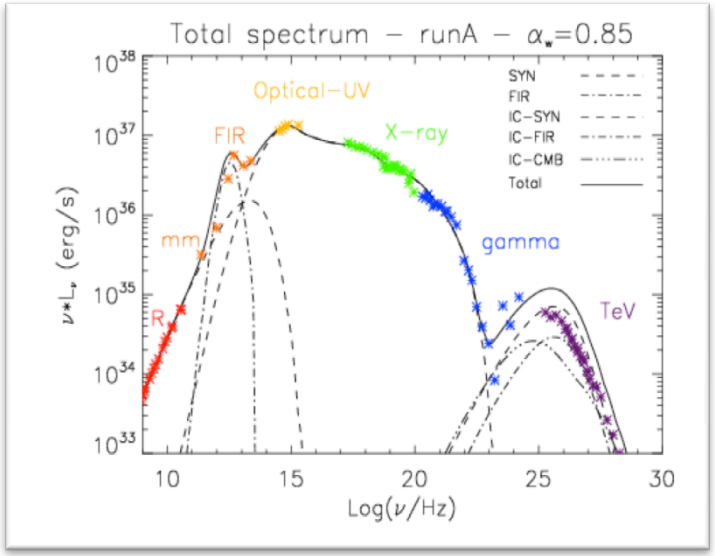


Modelli di Pulsar Wind Nebulae e loro emissione non termica

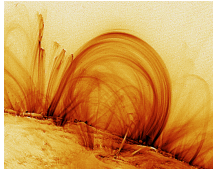
- Mappe di brillanza in X (Chandra e risultati del codice), spettro globale non termico dal radio al gamma (sincrotrone e Compton inverso di elettroni ultrarelativistici)
- La Crab Nebula e' un acceleratore cosmico al PeV!







Gruppo Plasmi Astrofisici



Modelli di sorgenti GRB

- Long duration GRBs potrebbero essere generati da getti collimati dovuti al vento ultrarelativistico di proto-magnetar, in alternativa al modello di collapsar.
- Stesso meccanismo MHD come avviene nelle PWNe?
- Simulazioni numeriche dei primi 10s di evoluzione di una ms proto-magnetar con B~10^15 G sembrano confermare queste ipotesi (getto con Lorentz ~10).

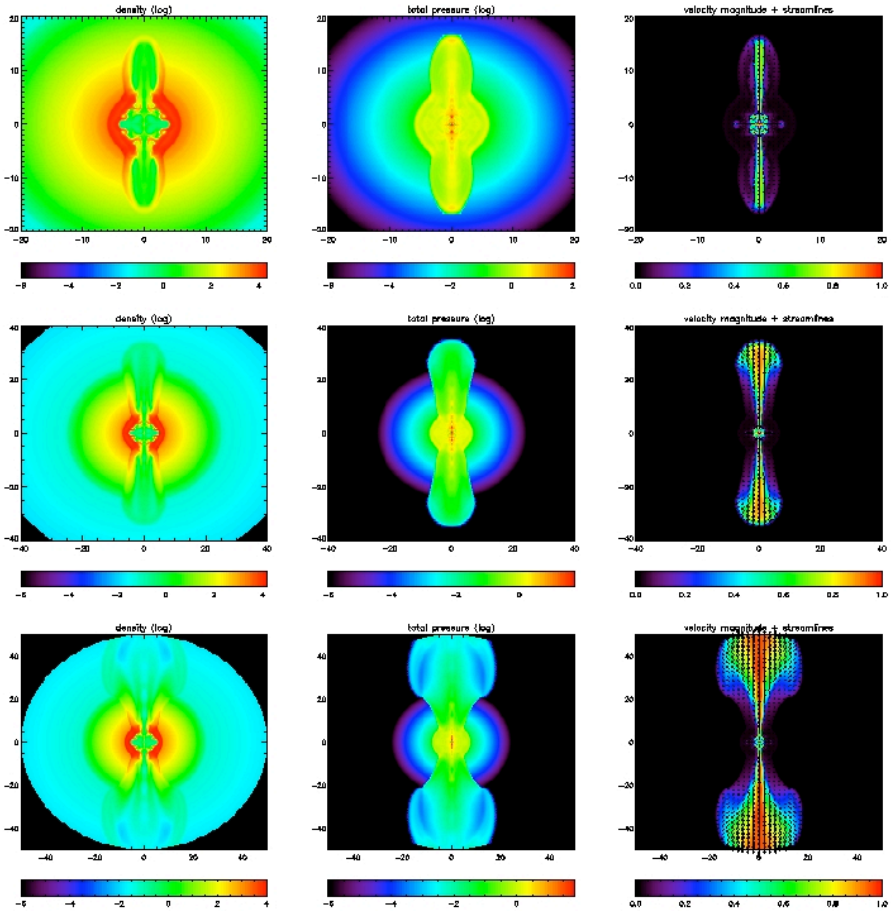
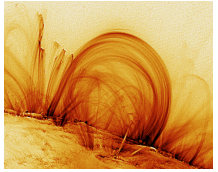


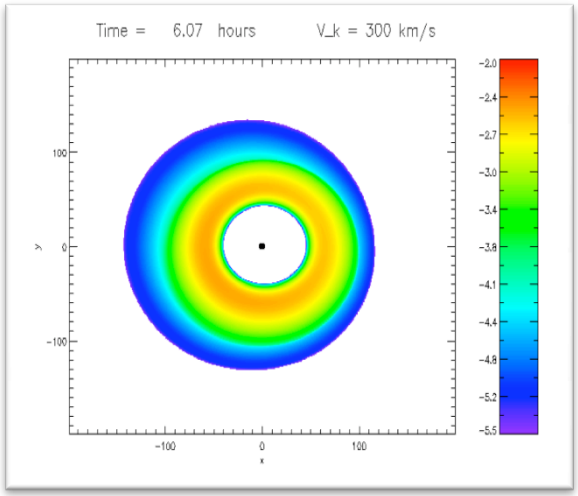
Figure 1. Evolution of a magnetized bubble inflated by a magnetar wind with $\dot{E} = 10^{51}$ erg s^{-1}, $\gamma_w = 10$ and $\sigma = 0.1$, inside a 35-$M_\odot$ progenitor star. From left to right: density (g cm^{-3}), pressure (g cm^{-3} c^2) and velocity (in units of c). From top to bottom: snapshots at 4, 5 and 6 s after core bounce. Distances are in 10^9 cm; the radius of the progenitor star is 2.5×10^{10} cm. By $t = 5$ s (middle panel) the jet has escaped the progenitor star.

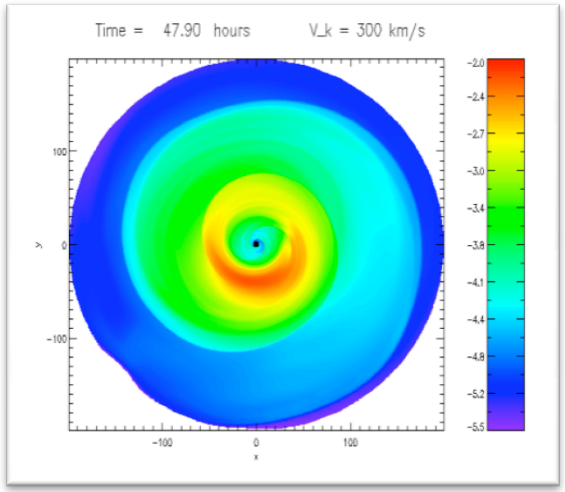
Gruppo Plasmi Astrofisici

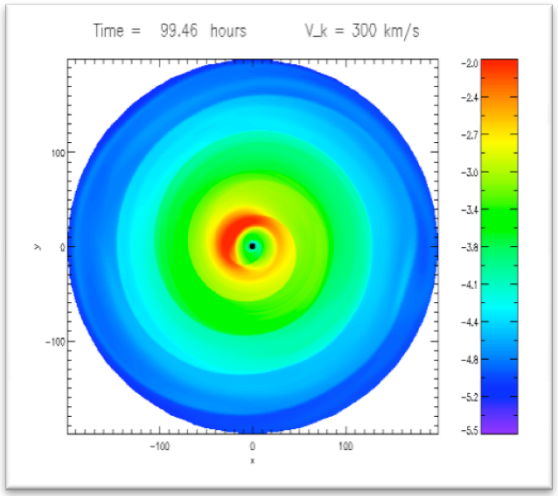


Modelli di accrescimento asimmetrico su buco nero

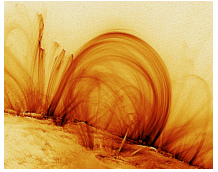
- Due buchi neri supermassicci possono subire un evento di merging e fondersi in un unico buco nero circondato da un disco di accrescimento dotato di moto relativo: emissione di onde gravitazionali (LISA).
- Il tasso di accrescimento, la luminosità e l'emissione dalle regioni di gas *shockato* possono fornire preziose informazioni sull'evento.







Gruppo Plasmi Astrofisici



Astrofisica computazionale: il codice ECHO

- La ricerca è rivolta anche ad aspetti computazionali: sviluppo di tecniche innovative per schemi shock-capturing di ordine elevato per MHD classica e relativistica.
- Il codice ECHO (*Eulerian Conservative High Order code*):
  - Differenze finite, integrazione temporale Runge-Kutta
  - Ricostruzione spaziale *upwind* di ordine elevato
  - Solver di Riemann approssimati (LLF, HLL, HLLC)
  - Moduli fisici diversi: MHD, RMHD, GRMHD
  - Geometria arbitraria (es. cartesiana, sferica, Kerr, numerica)
  - *Upwind Constrained Transport* per il campo B solenoidale
  - Parallelizzazione tramite libreria MPI (*Messing Passing Interface*)