



# PLASMI ASTROFISICI OTTICAMENTE SOTTILI: CORONE STELLARI E RESTI DI SUPERNOVA

Antonio Maggio

INAF

Osservatorio Astronomico di Palermo Giuseppe S. Vaiana

Visita Commissario INAF – Palermo, 10–11 Marzo 2004



# SOMMARIO



- Corone stellari: un ambito di ricerca storico per OAPA, oggi pienamente maturo
- Resti di supernova: linea di ricerca più recente, in forte crescita
- Interazioni con Fisica Solare e studi su popolazioni stellari e struttura della galassia
- Sinergia con attività' di sviluppo di strumentazione per raggi X e di calcolo ad alte prestazioni
- Risorse umane: nucleo storico di ricercatori OAPA e Dip.SF&A
- Risorse finanziarie: (in passato) ASI, CNAA, INAF/PRIN, (oggi) MIUR/PRIN, UE/Marie Curie



# STRUMENTI E DATI



- Einstein: banca dati stellari Palermo-CfA
- ROSAT:
  - Osservazioni GO
  - Costruzione e sfruttamento di un archivio delle osservazioni PSPC
    - Progetto *ROSAT pipeline* (CfA-OAPA)
    - *Distributed Italian Astronomy Network Archive* (DIANA) (OAPA, OA-Roma, OA-Brera)
- BeppoSAX
  - *Core Program* e programmi GO
- Chandra e XMM-Newton
  - Partecipazione a programmi PV, GTO e GO



# FISICA DELLE CORONE STELLARI



## Motivazione e metodo

- Emissione X/UV termica da plasmi caldi otticamente sottili, dipendente da parametri non canonici (rotazione, convezione, età stellare, metallicità)
- Diagnostiche per sorgenti individuali tramite spettroscopia e analisi di variabilità temporale
- Studi di campioni statisticamente completi tramite *survey* in raggi X
- Interpretazione tramite modelli statici e dinamici di plasmi confinati magneticamente, in analogia con il caso solare

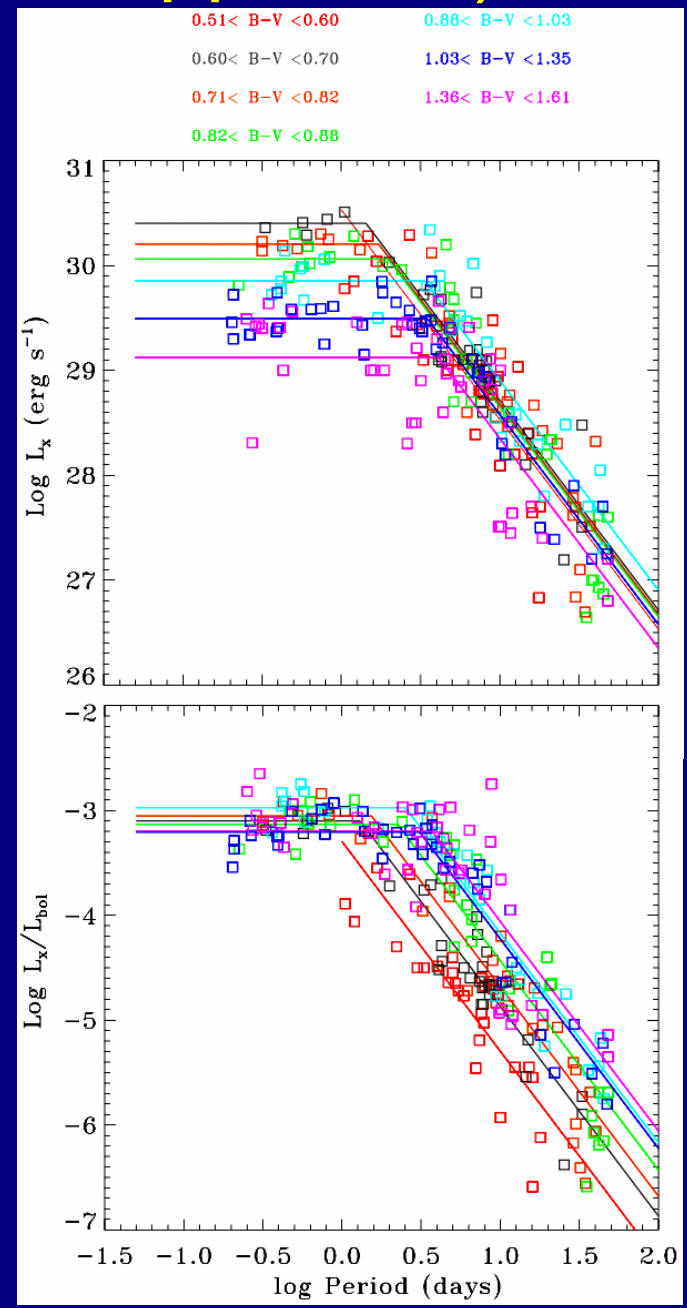


# CORONE STELLARI, IERI



## (Einstein, ROSAT, IUE, ASCA, BeppoSAX)

- Funzioni di luminosità in raggi X per stelle di diverso tipo spettrale, classe di luminosità, stadio evolutivo
- Spettroscopia X a bassa risoluzione ( $E/\Delta E \sim 0.5-1$ ), modelli termici multi-componente, modelli di plasma coronale confinato
- Analisi di variabilità dell'emissione coronale: brillamenti, modulazione rotazionale, attività magnetica a breve e lungo termine
- Studio della relazione attività-rotazione e confronto Sole-stelle; dinamo magnetica
- Studio del regime di saturazione dell' emissione in funzione di massa, rotazione, tempo di rimescolamento convettivo

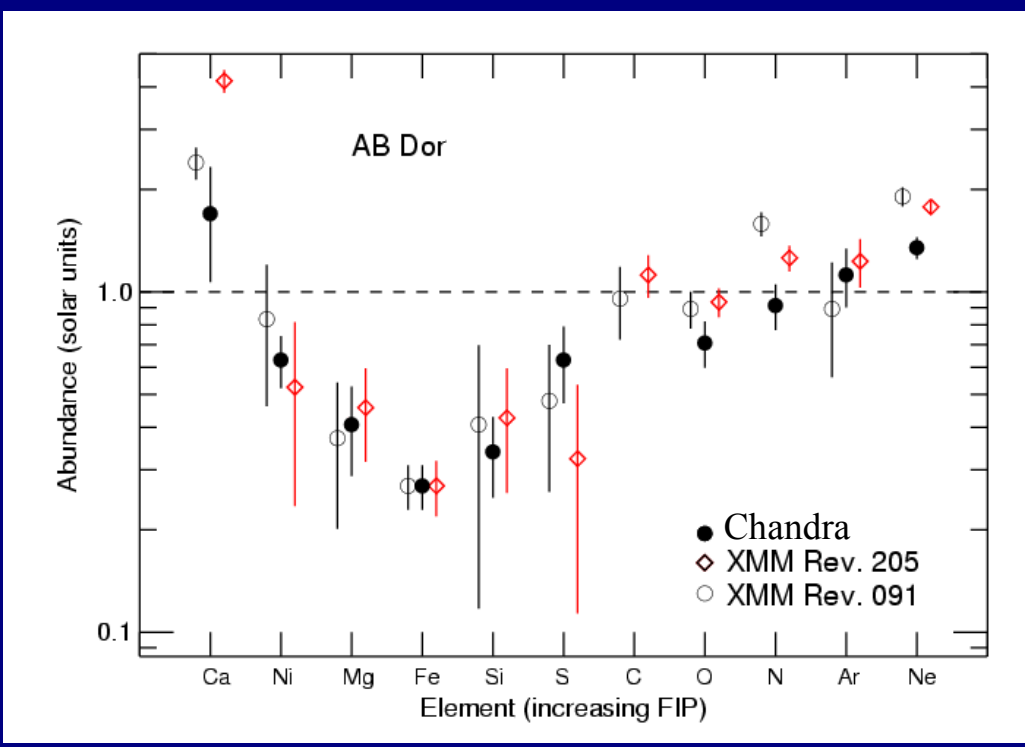






# CORONE STELLARI

## I. Abbondanze chimiche



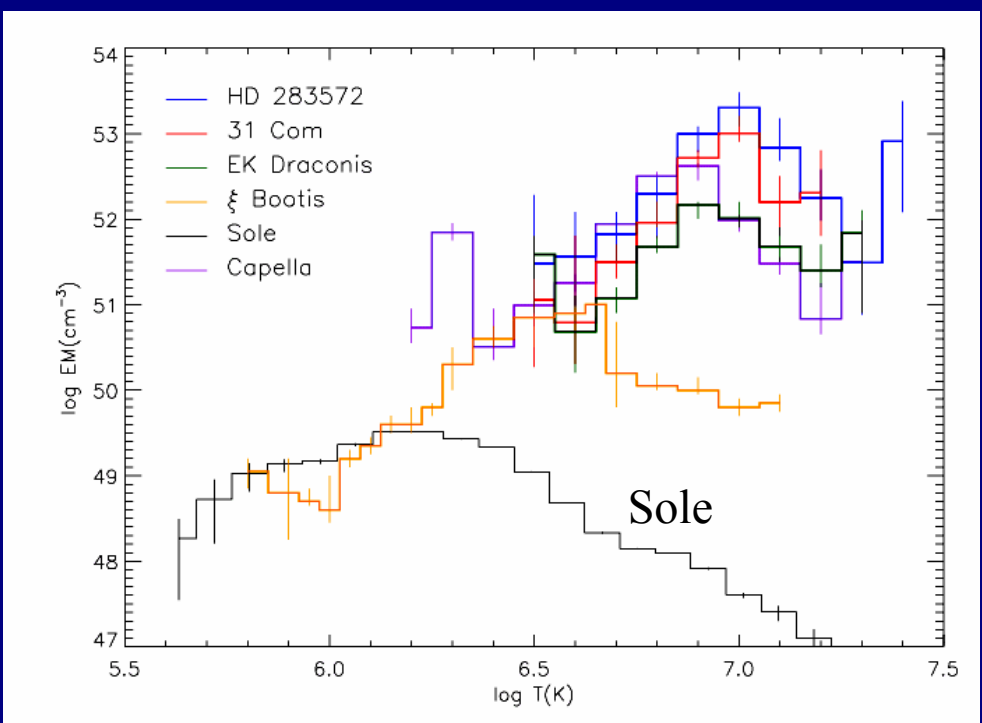
- Misure tramite spettroscopia ad alta risoluzione
- Determinazione delle abbondanze di gas nobili possibile solo da spettri X
- Confronto tra abbondanze coronali e fotosferiche
- Studio dei fenomeni di stratificazione dipendenti dal potenziale di prima ionizzazione (FIP).

Abbondanze chimiche nella corona di AB Dor (XMM-Newton PV e CAL target); confronto risultati XMM vs. Chandra



# CORONE STELLARI

## II. Strutturazione termica



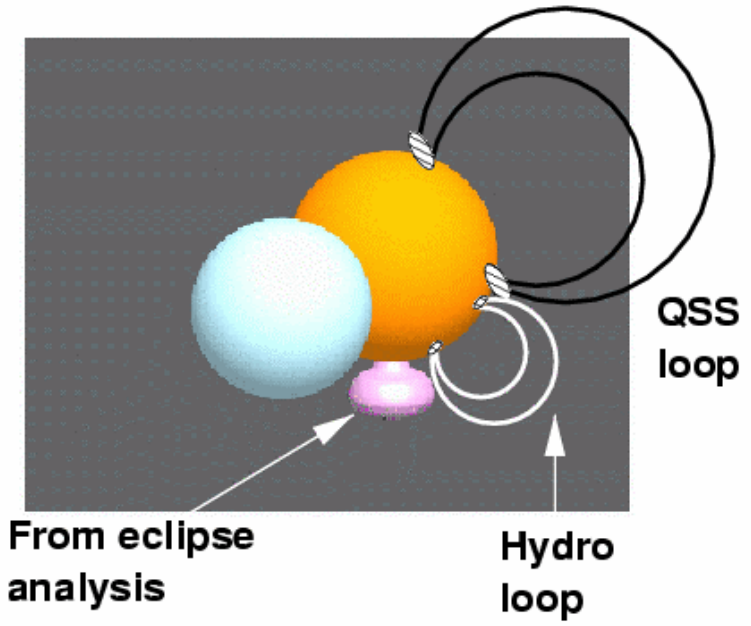
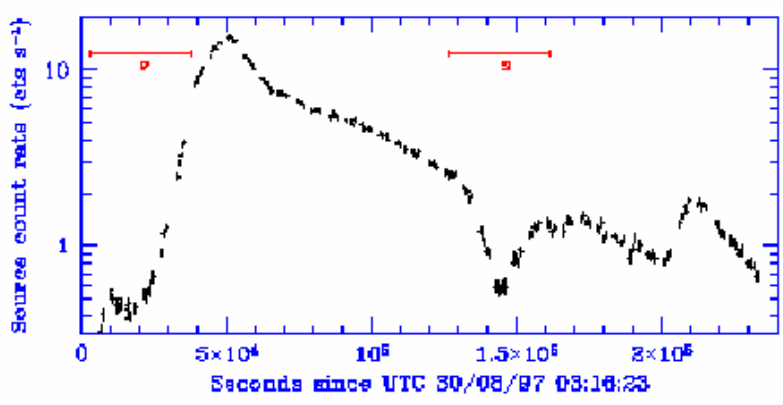
Distribuzioni della misura di emissione del plasma vs. temperatura per stelle di diversa luminosità X; confronto con la corona solare.

- Distribuzioni della misura di emissione (EMD) del plasma vs. temperatura e misure spettroscopiche della densità
- Dipendenza della EMD dal livello di emissione in raggi X
- Stima delle dimensioni caratteristiche e fattori di copertura superficiale
- Implicazioni su strutture magnetiche coronali, riscaldamento del plasma



# CORONE STELLARI

## III. Brillamenti



- Analisi di curve di luce per determinare le dimensioni caratteristiche delle strutture coronali coinvolte e i tempi scala del riscaldamento
- Confronto tra osservazioni e modelli idrodinamici dettagliati
- Confronto Sole–stelle

Curva di luce X di un brillamento su Algol, osservato con BeppoSAX; rappresentazione schematica della struttura coronale coinvolta



# FISICA DEI RESTI DI SUPERNOVA



- Osservazioni del mezzo interstellare (ISM) scioccato (resti nebulari), di plerioni (resti stellari) e di *ejecta*
- Studi su disomogeneità del mezzo interstellare, energetica e dinamica dello shock, abbondanze chimiche del ISM e degli *ejecta*, struttura e composizione del ISM (gas/polvere, nubi molecolari)
- Diagnostiche tramite *imaging* e spettroscopia multi-banda (X, UV, visibile)
- Modelli 2-D e 3-D idrodinamici di shock

# RESTI DI SUPERNOVA

## I. Mezzo interstellare scioccato

- Interazione shock–nube sovradensa nel ISM

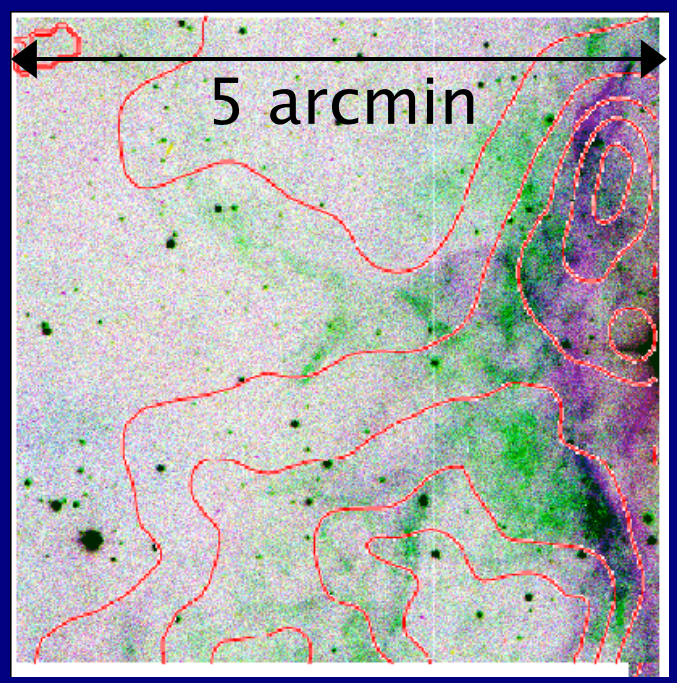
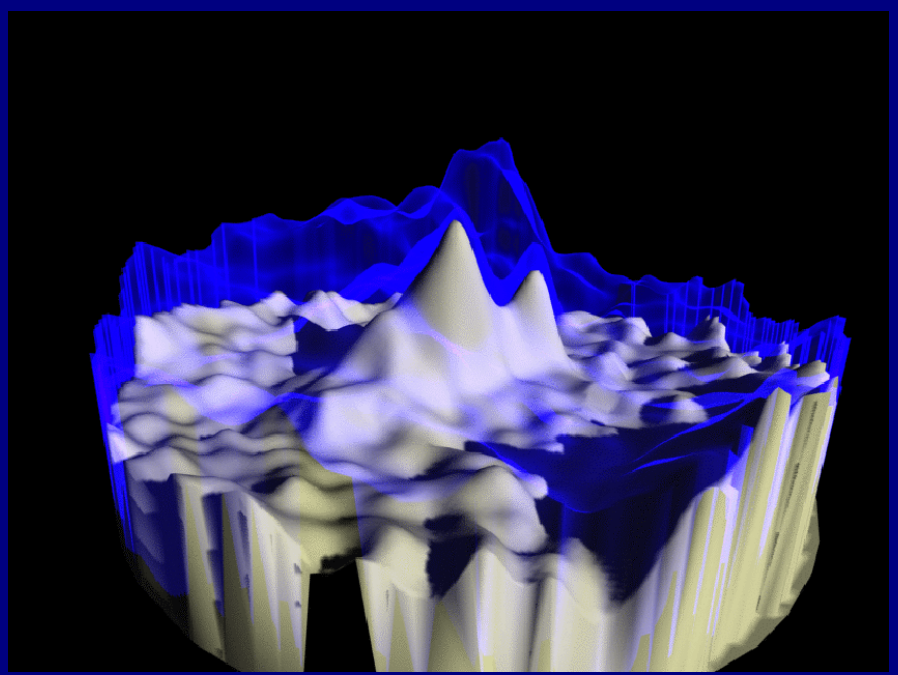


Immagine multi–banda del fronte N–E della Vela (H $\alpha$  verde, [O III] viola, raggi X contorni rossi da osservazioni GTO XMM–Newton)

- Studio morfologico, analisi spettrale, *modeling* dello shock



Mappa 3–D dello spessore delle strutture del ISM, da spettroscopia spazialmente risolta con XMM/EPIC

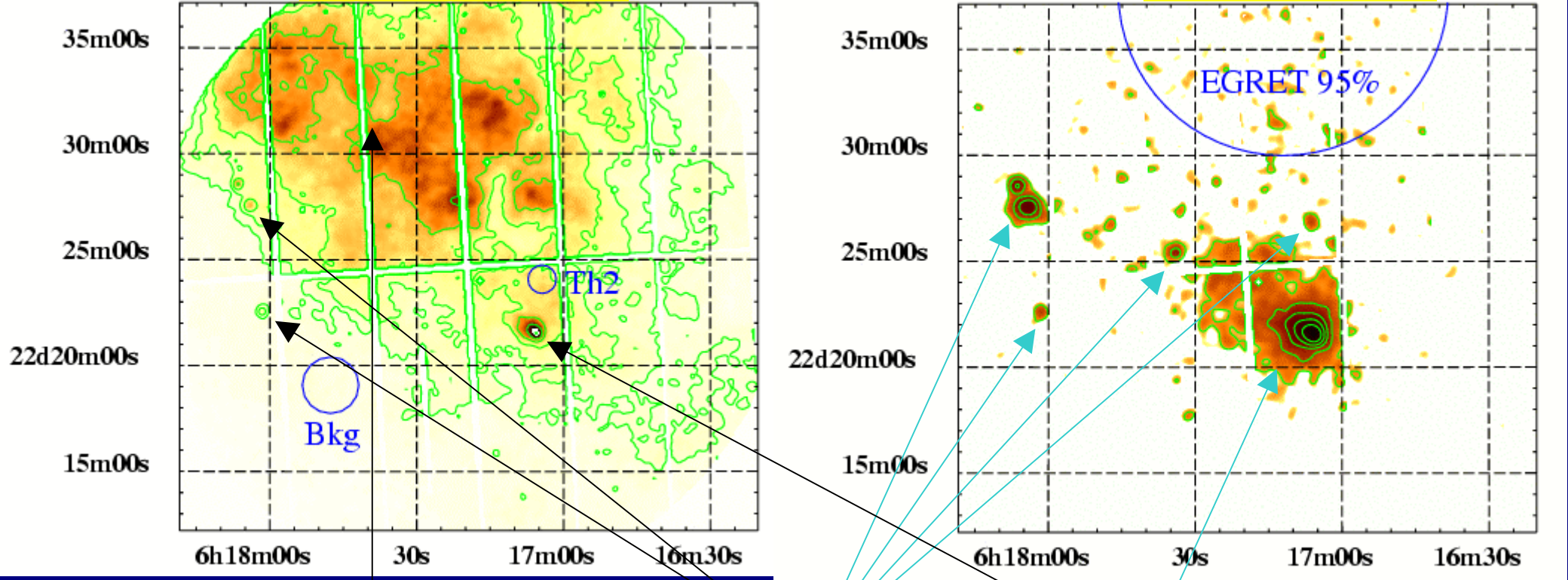


# RESTI DI SUPERNOVA

## II. Interazione con nubi molecolari

EPIC PN 0.5-2.0 keV

EPIC PN 3-10 keV



Osservazione XMM-Newton di IC 443

EMISSIONE DIFFUSA  
(ISM E NUBI POCO DENSE)

SORGENTI PUNTIFORMI  
NELLA REGIONE DI  
INTERAZIONE  
(NUBI MOLTO DENSE O  
FRAMMENTI DI EJECTA  
SUPERSONICI)

PLERIONE E  
PULSAR WIND NEBULA

- Obiettivi: struttura delle nubi, densità, campo magnetico, abbondanze degli ejecta, accelerazione di raggi cosmici





# CHI SIAMO

Presso OAPA, nell'ultimo triennio, hanno partecipato a questi studi

- Gruppo stellare:
  - ~ 4 ricercatori, 3 borsisti, 4 dottorati di ricerca
- Gruppo SNR:
  - ~ 2 ricercatori, 1 dottorato di ricerca

## Collaborazioni:

UniPA: Dip.S.F.&A. – Sez. astronomia

INAF: OA Monte Porzio, OA Arcetri, OA Brera

EU: PSI (CH), ESA/ESTEC (NL), Uni. Leicester (UK),  
Max Planck Inst. & Uni. Hamburg (D)

USA: CfA (MA), Uni. Colorado (CO)



# RISORSE FINANZIARIE

- Programmi ASI/Osservazione dell'Universo (fino al 2001)
- MIUR/PRIN (1998–1999, 2000–2001, 2003–2004)
- CNAA (borse post-doc 1999, 2001)
- INAF/PRIN (2003)
- UE / Marie Curie (2000–2004)

Per lo più risorse esterne per progetti specifici



# PROSPETTIVE



- Chandra e XMM
  - Osservazioni su lunga scala temporale
- Futuri osservatori spaziali (banda X)
  - ASTRO-E2 (2005 -), Constellation-X (> 2015), XEUS ( precursori ? )
- Strumenti di nuova generazione
  - Rivelatori criogenici
- Esperimenti di plasmi in laboratorio
  - Spettroscopia con Electron Beam Ion Trap (EBIT)
- Osservazioni in altre bande (radio, ottico, FUV)
  - Approccio *multi-wavelength*