



INAF

A circular logo for 'Sait 2004' featuring a globe with a grid of latitude and longitude lines. The text 'Sait 2004' is overlaid on the globe in a white, sans-serif font.

Sait 2004

Attività Magnetica Stellare

esplorando la connessione Sole-Stelle

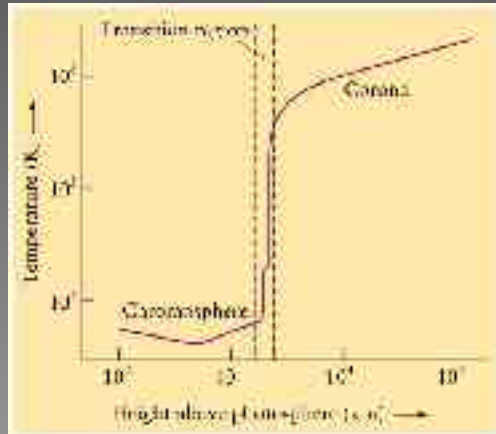


Osservatorio Astrofisico
di Catania

Isabella Pagano

INAF - Osservatorio Astrofisico di Catania

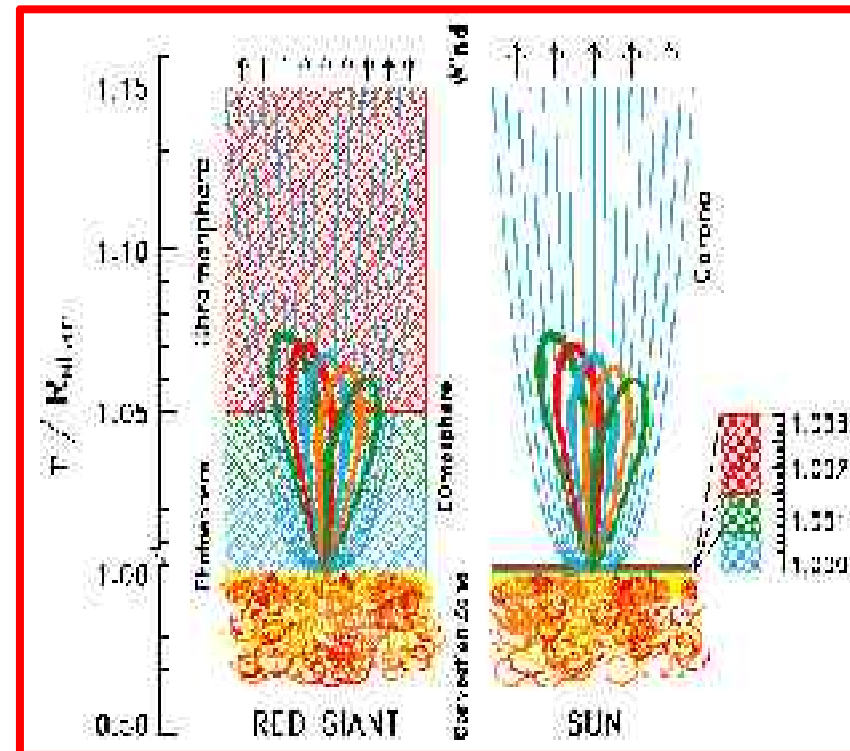
Cromosferere, RT e Corone nel Diagramma HR



Fotosfere Macchiate e Cromosfera: Tutte le stelle di classe spettrale più avanzata di F

Corona: Assente in giganti e supergiganti avanzate
Alcune Giganti mostrano righe che si formano nella RT ma non hanno emissione coronale
 corona sepolta

Chandra-HRC + HST-STIS



Perché studiare l'attività magnetica stellare

o Influenza sulla evoluzione stellare:

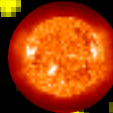
attività magnetica frenamento magnetico

o Connessione Sole-Stelle:

In sistemi binari di tipo RS CVn e in stelle di bassa sequenza (dMe) l'attività magnetica ha caratteristiche *estreme*:

regioni attive che coprono anche il 50% delle fotosfere

flussi di righe cromosferiche e TR saturati



Emissione X fino a $10^{-2} L_{bol}$

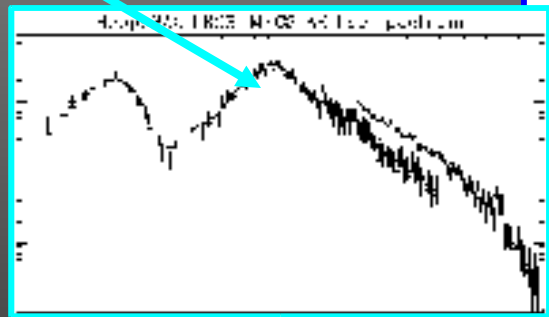
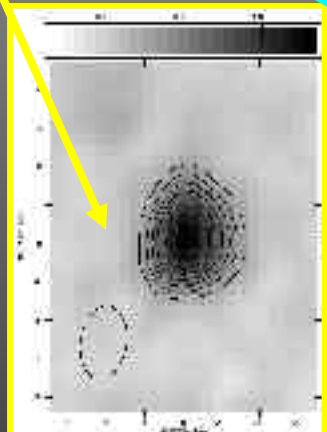
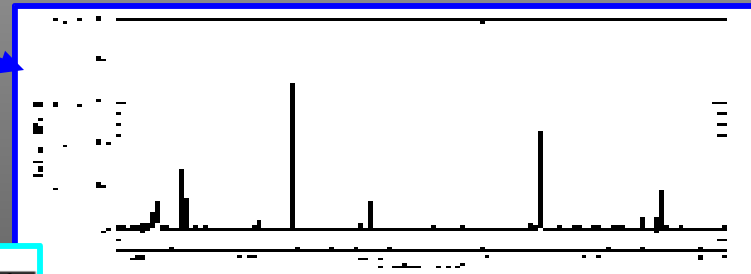
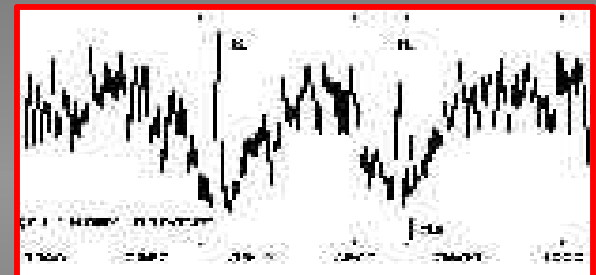
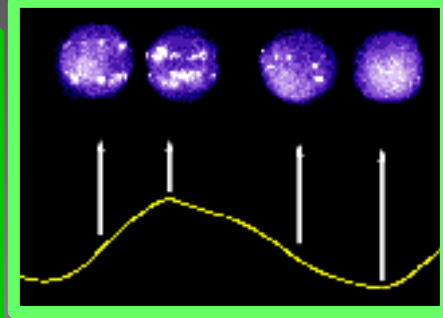
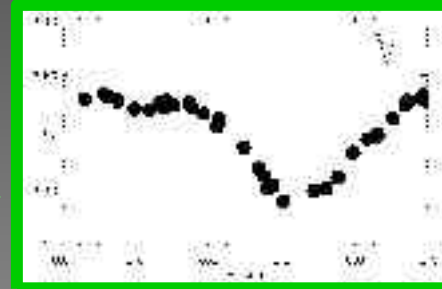
I modelli che spiegano le diverse fenomenologie dell'attività magnetica solare devono interpretare i fenomeni osservati nelle stelle attive.

Dallo studio delle stelle attive migliore comprensione della



Fotosfere, Cromosfere, RT e Corone

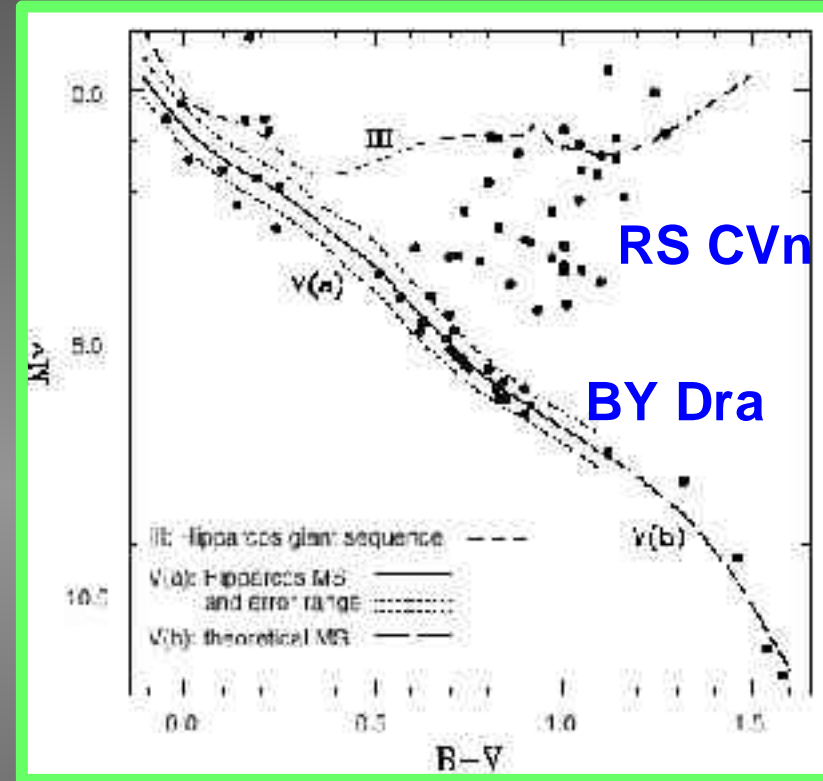
- Osservazioni **multiwavelength**
 - Continuo ottico
 - Ca II H&K e H α
 - UV, FUV
 - X
 - Radio



Attività magnetica stellare

Strutture fotosferiche e cicli di attività

- Osservazioni fotometriche nell'ottico di stelle attive:
 - Oggi prevalentemente ottenute con telescopi automatici. Es., **APT80/1**, **APT80/2**, **REM**



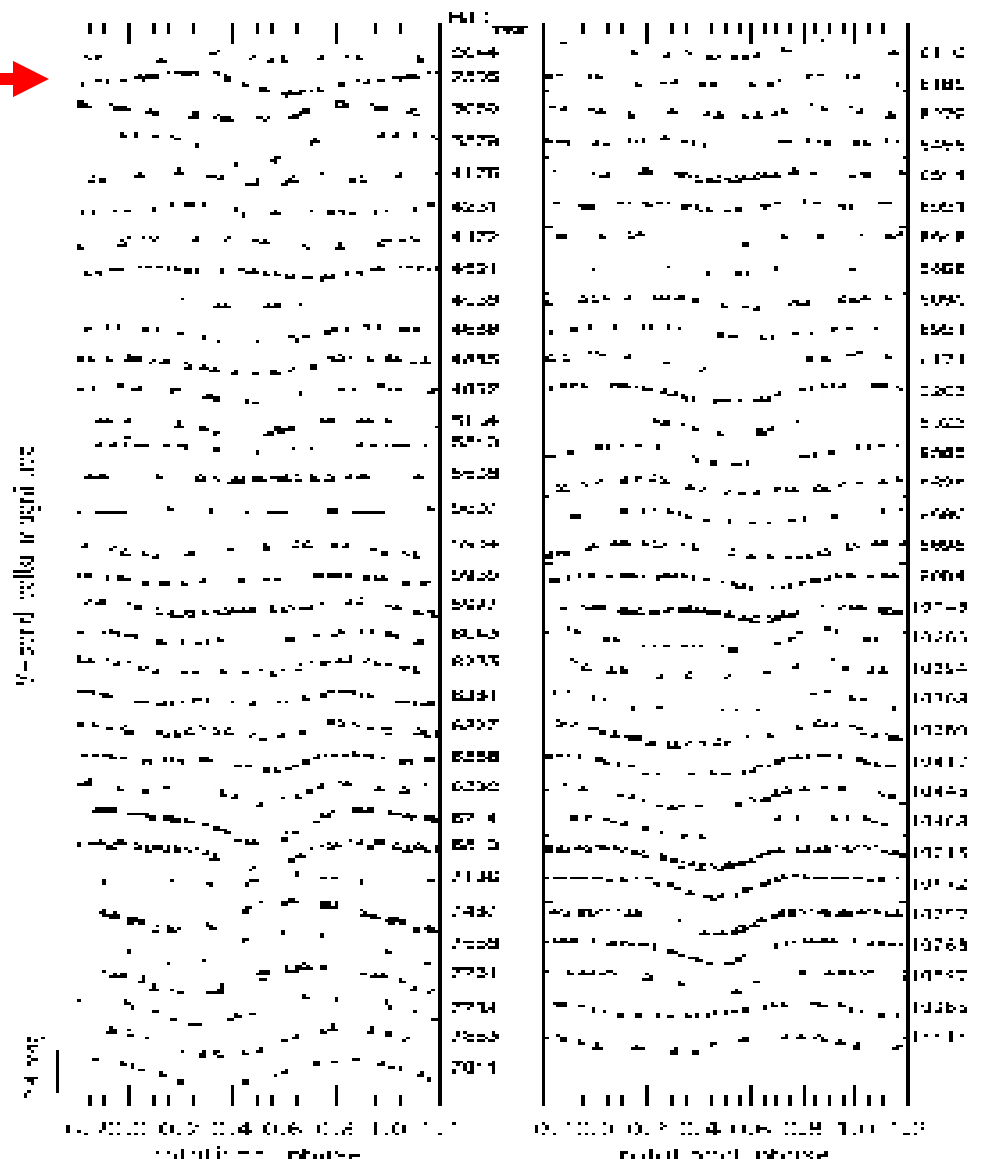
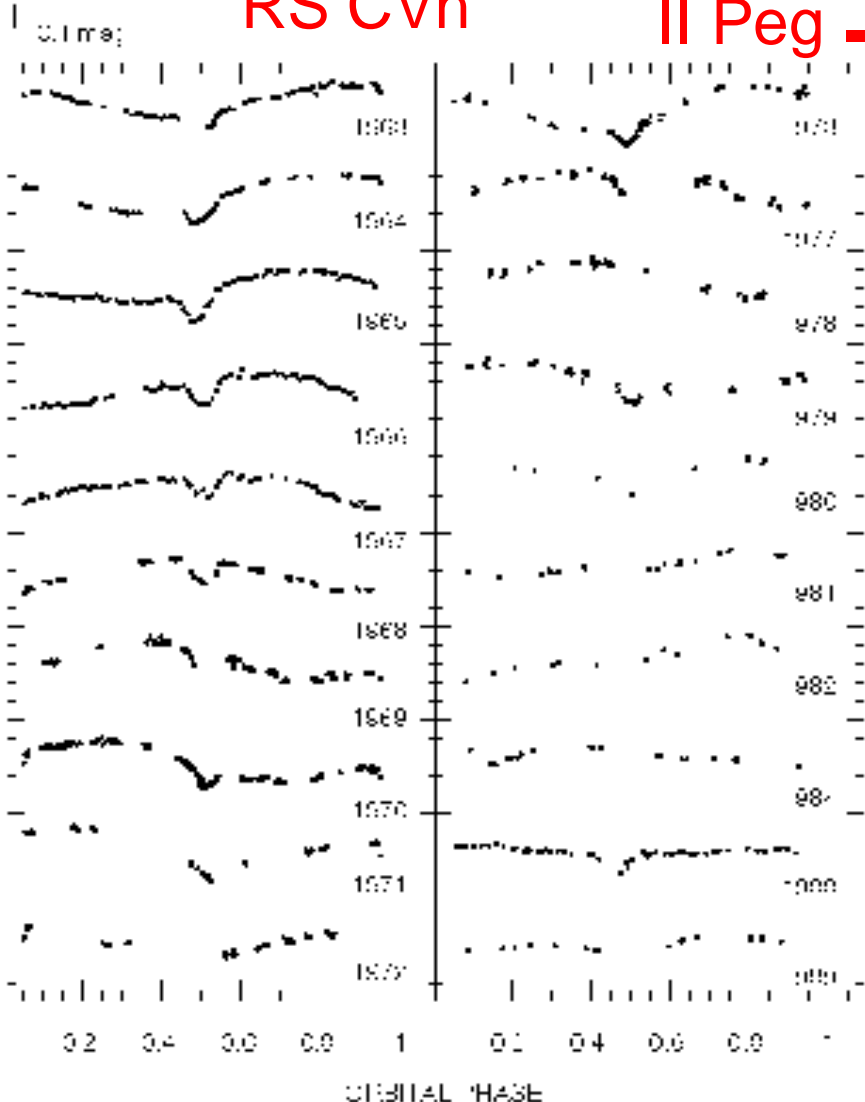
Rodonò, Cutispoto, Lanza, Messina, 2001, AN 322, 333

- Ampio database di osservazioni utili per lo studio dei cicli di attività.

Curve di luce di stelle attive

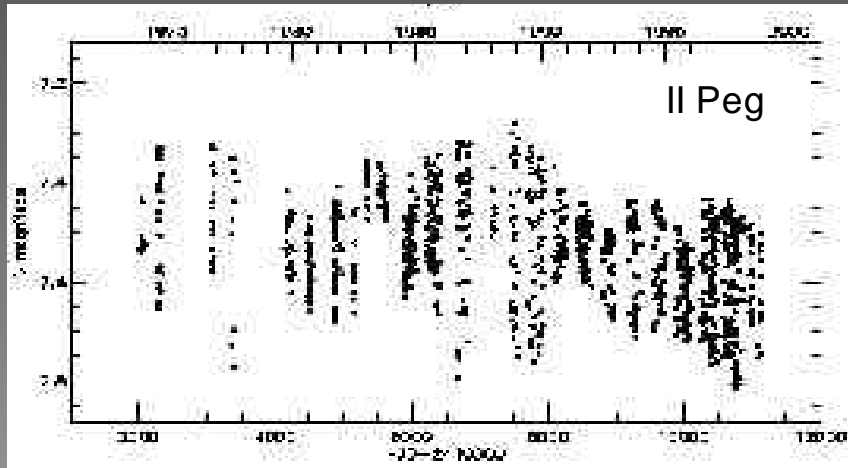
RS CVn

II Peg →

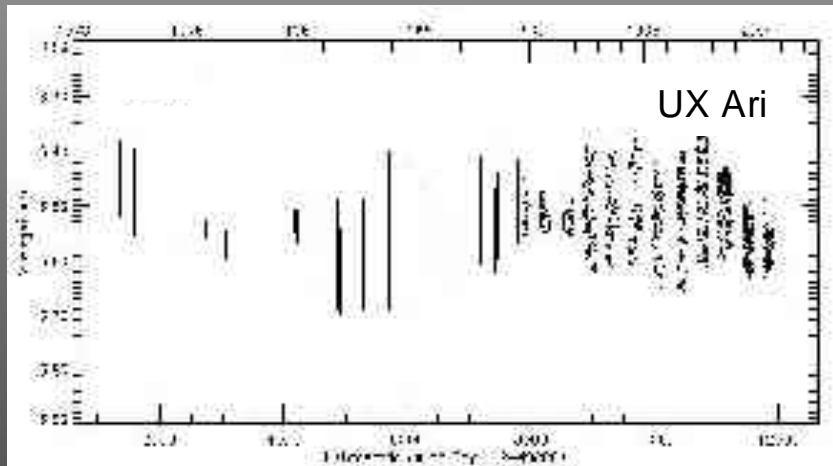
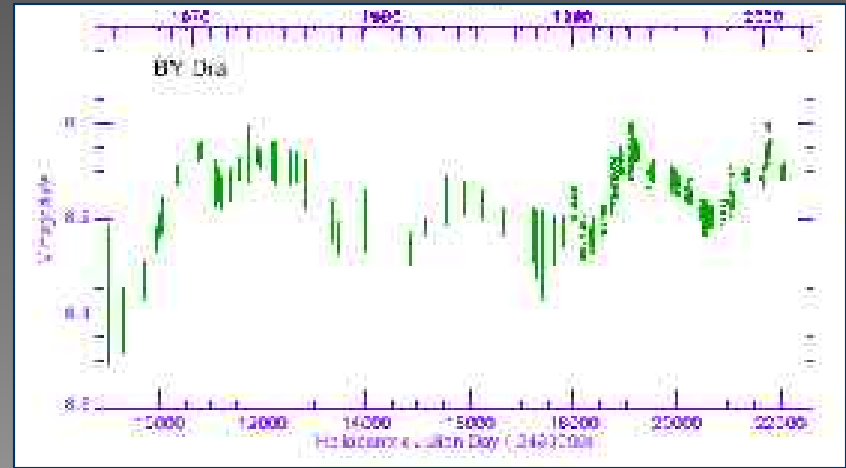




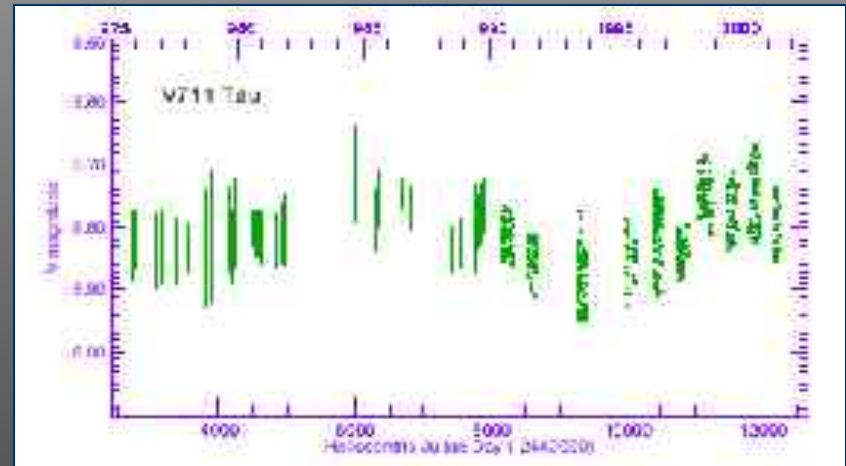
Cicli di attività



Rodonò, Messina, Lanza, Cutispoto, Teriaca, 2000, A&A 358, 624



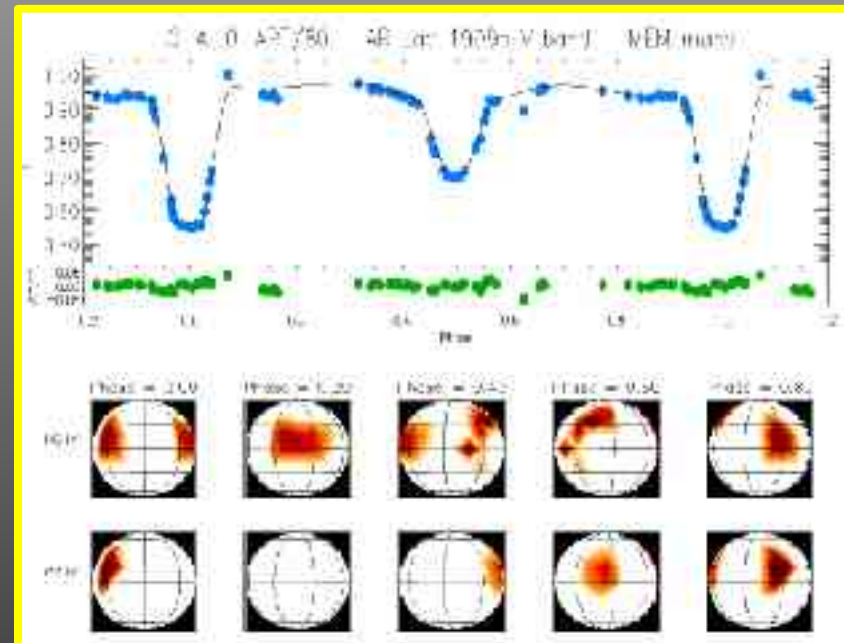
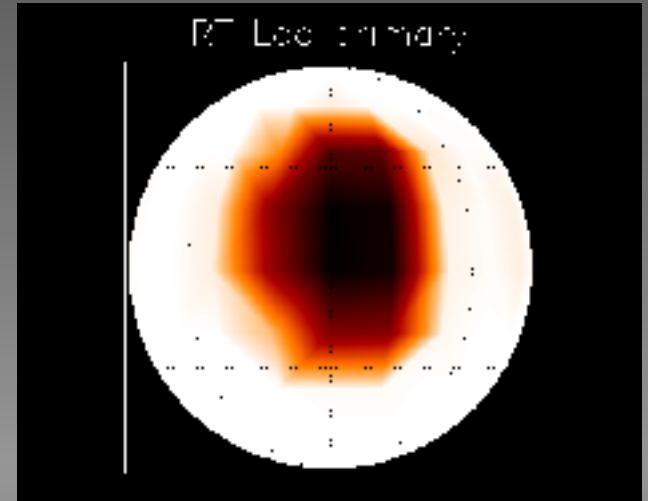
Messina, Rodonò, Cutispoto, 2002, 1st Postdam thinkshop poster proceedings, p. 73



Modelli di fotosfere macchiate

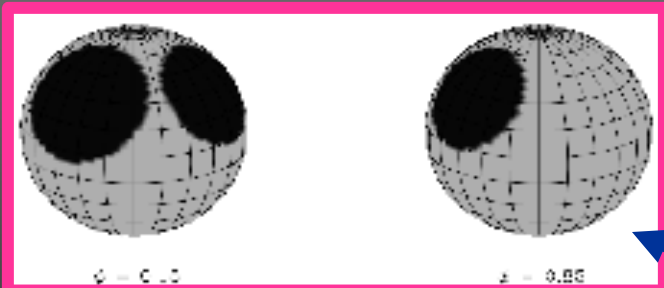
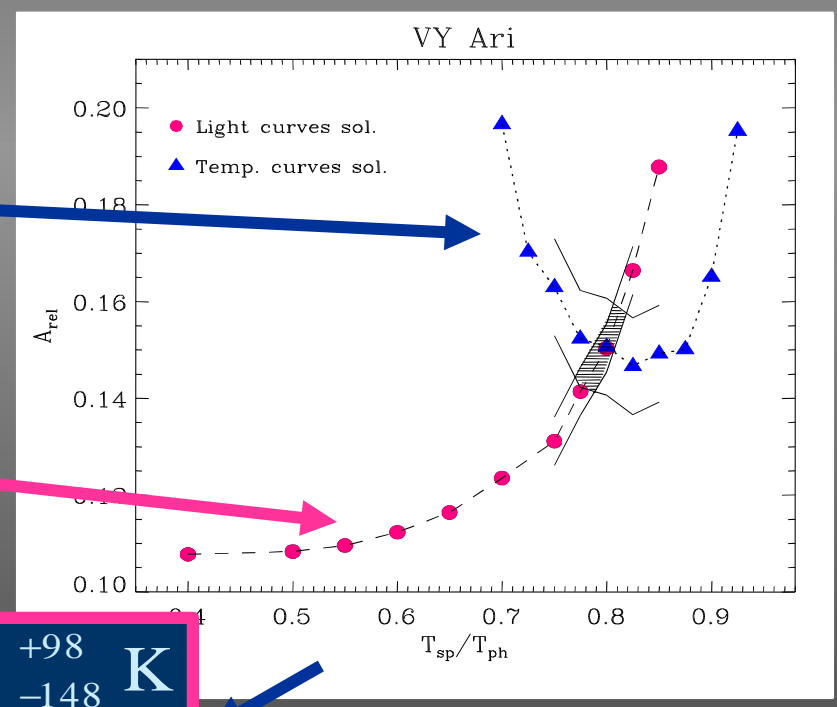
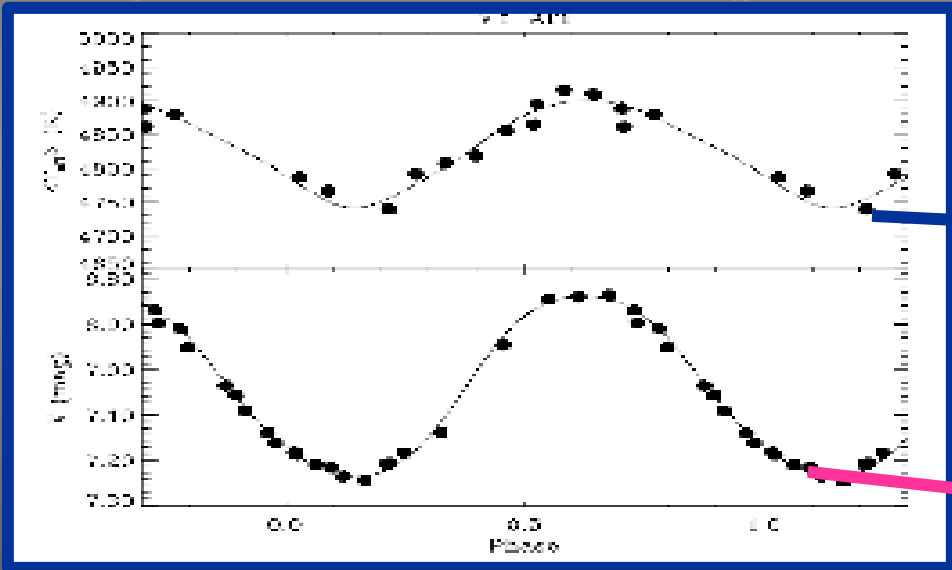
Dalle sequenze di curve di luce, utilizzando **modelli fisico-geometrici**, si ricavano informazioni su:

- longitudini attive
- variazioni dell' area macchiata.



Modelli di fotosfere macchiate

- Dai rapporti di righe con diversa sensibilità alla temperatura (es. $V I \lambda 6251.83 \text{ \AA}$ - $Fe I \lambda 6252.57 \text{ \AA}$) è possibile ricavare la temperatura media della superficie stellare con una precisione di 1-15 K (per $S/N \geq 100$; $R \geq 50000$)



$$T_{sp} = 3933^{+98}_{-148} \text{ K}$$

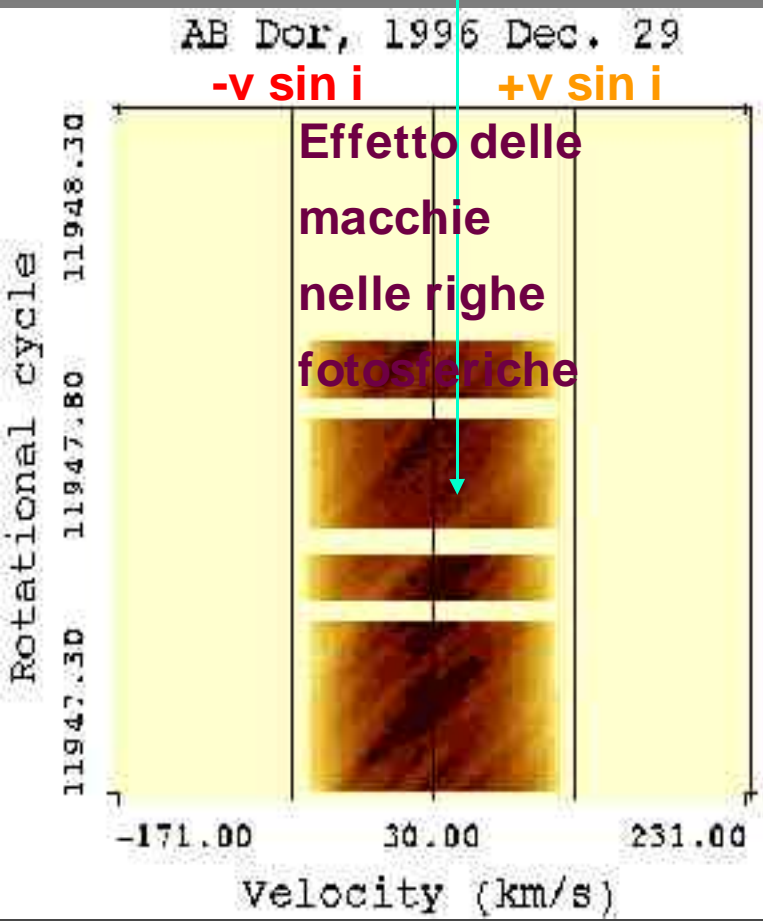
$$A_{rel} = 0.150^{+0.012}_{-0.016}$$

Catalano, Biazzo, Frasca, Marilli, 2002, A&A 394, 1009

Doppler Imaging



Macchie



- Le righe fotosferiche presentano irregolarità dovute alle macchie che migrano sul profilo per effetto Doppler.
- Monitorando le righe fotosferiche durante la rotazione si possono derivare la posizione e il fattore di copertura delle macchie stellari.



Risultati studio fotosfere

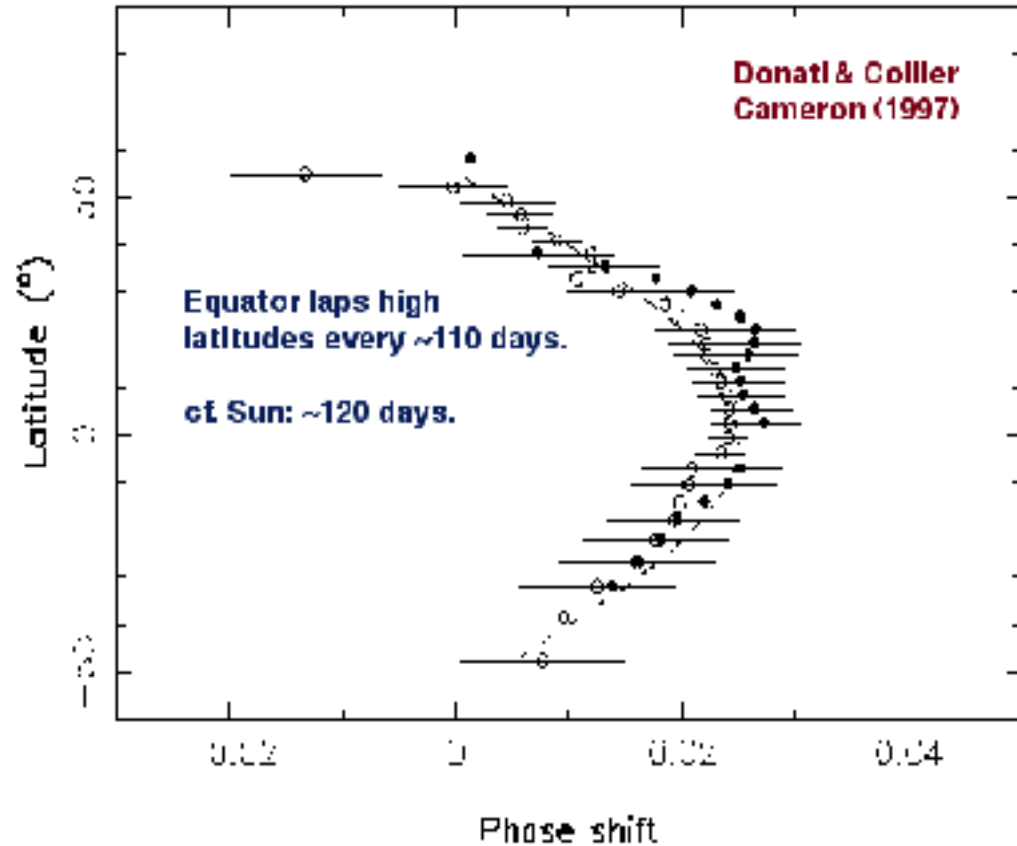
Longitudini permanentemente attive (*substellar point* e agli antipodi);

Longitudini che si alternano: **effetto flip-flop**;

Variazione periodica dell' area macchiata: **ciclo di attività**;

Variazioni del periodo di rotazione: **rotazione differenziale**.

Surface differential rotation on AB Dor



Forstner, 2000, A&A 300, 627

Spettroscopia UV



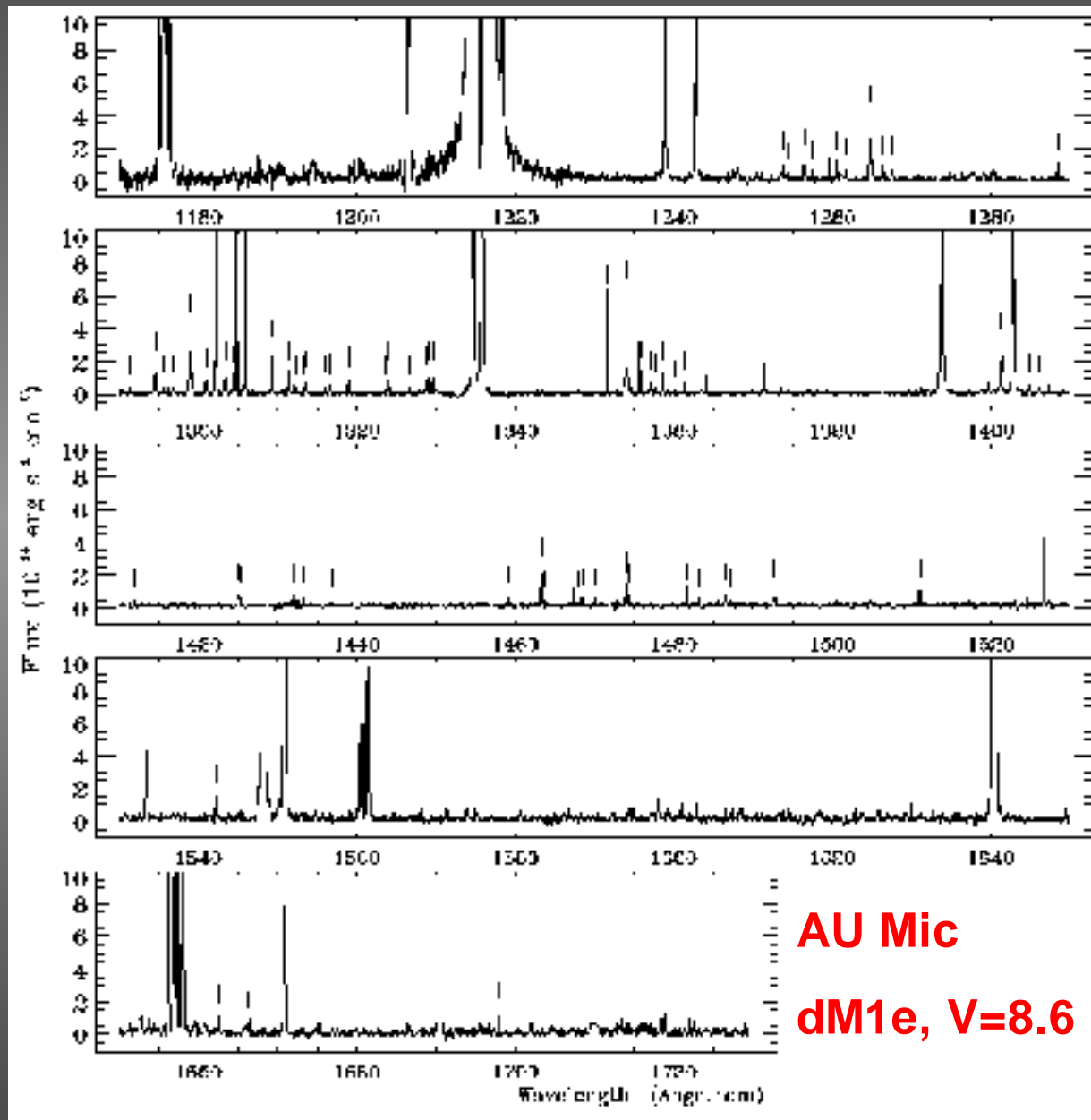
HST/STIS

E140M

142 righe
spettrali di 21
ioni diversi:

righe
cromosferiche es.,
C I, O I

Righe di regione
di transizione, es.,
CII-IV, N IV, O
III-V, e Si II-IV

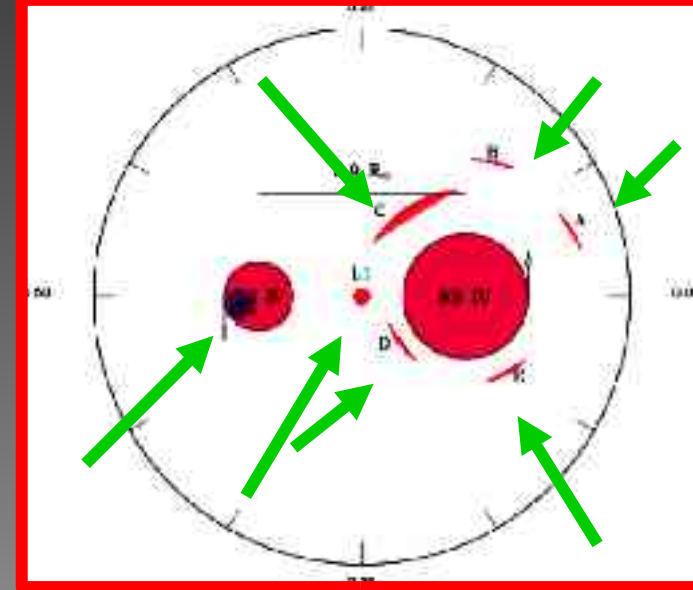
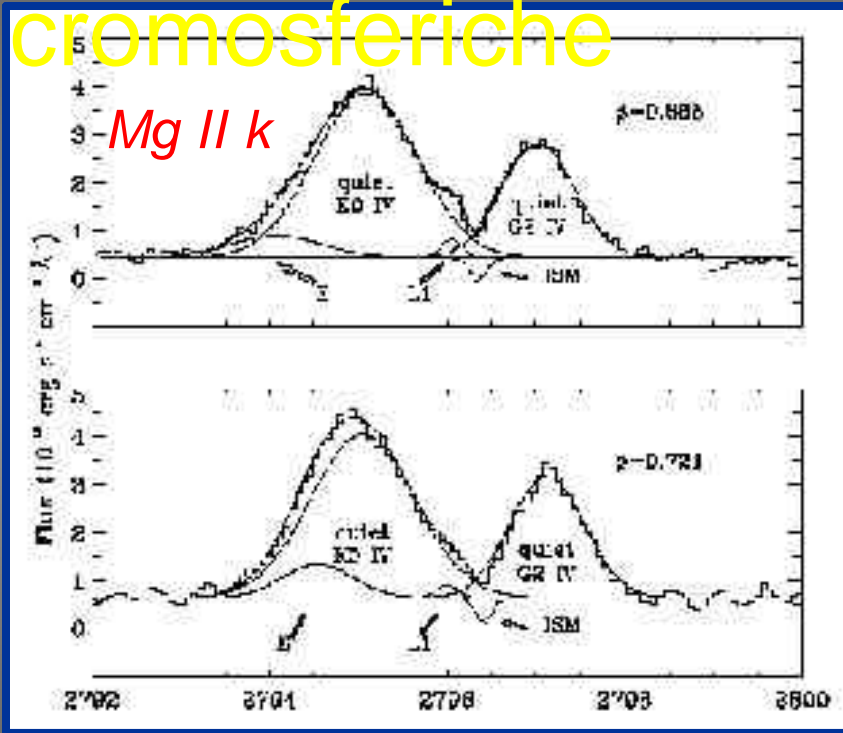


AU Mic
dM1e, V=8.6

Pagano et al. (2000), ApJ 532, 497

Spettroscopia UV

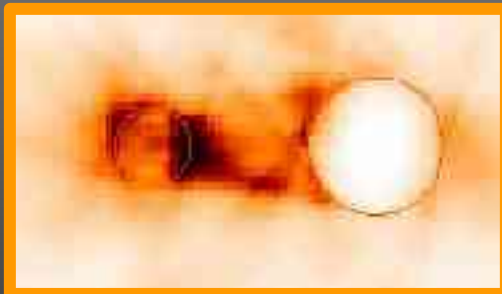
Mappe cromosferiche



Regioni brillanti anche a grande distanza dalla fotosfera: $0.3-1.3 R_{\text{kstar}}$
Protuberanze che assorbono la radiazione cromosferica;

Materiale a $T_e \sim 10^4 \text{ K}$ in prossimità del punto Lagrangiano L1;
Cospazialità tra strutture a diverse temperature.

AR Lac
K0 IV
+
G2 IV



Mappa X



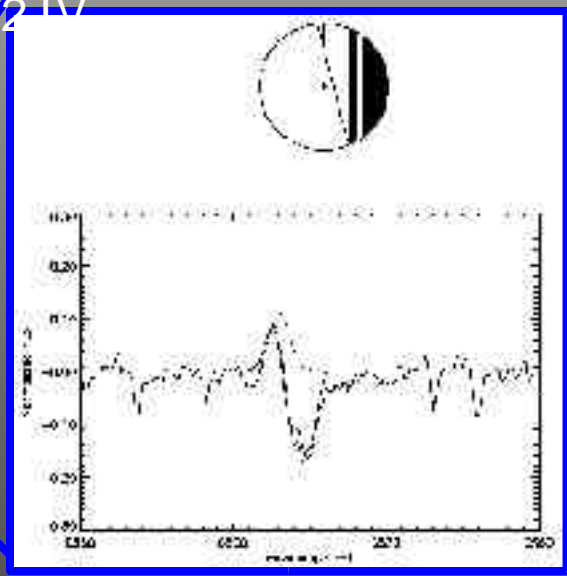
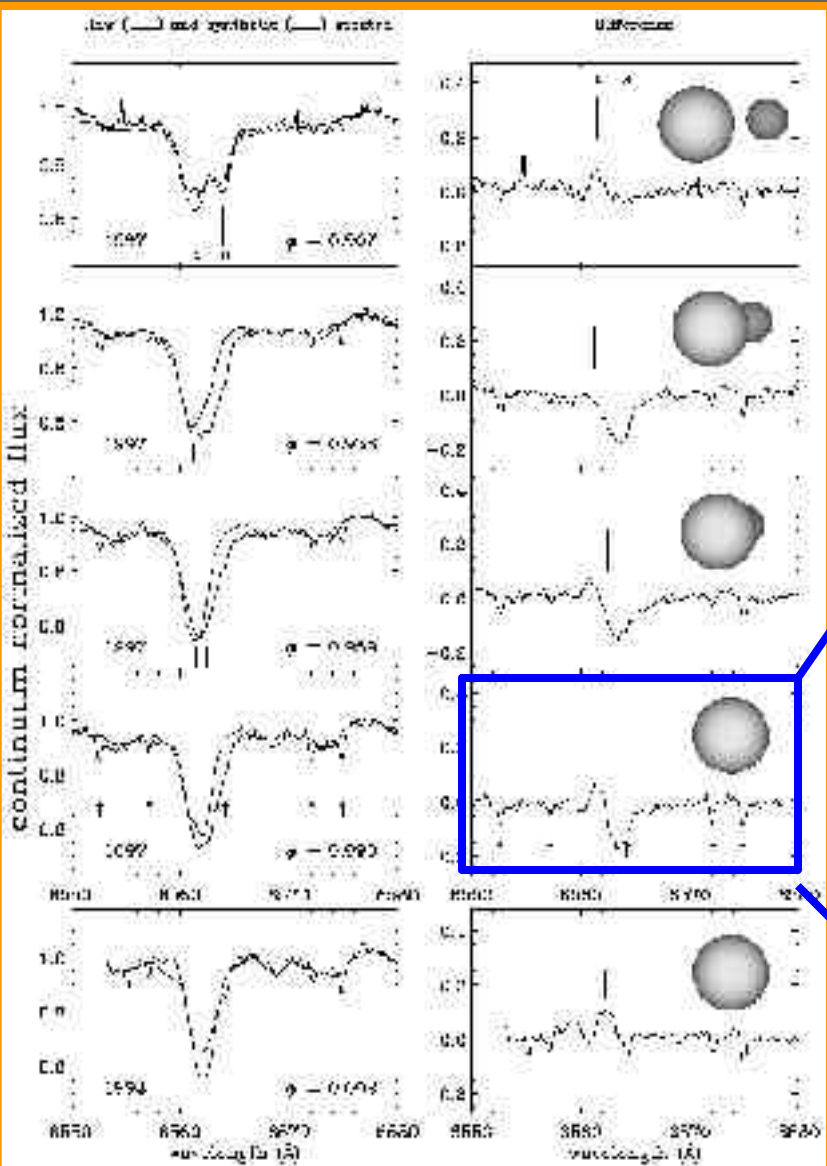
Monitoring H α

Eccesso di assorbimento in H α materia estesa

Protuberanze $\approx 1 R_*$ (3 R $_o$)
 $n_e = 6 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$
T = 7000 K
Spessore = $3 \times 10^5 \text{ km}$

AR Lac
K0 IV
+

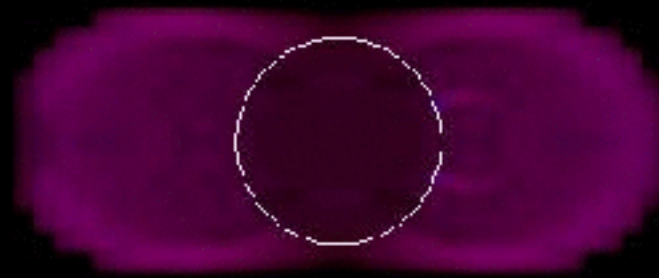
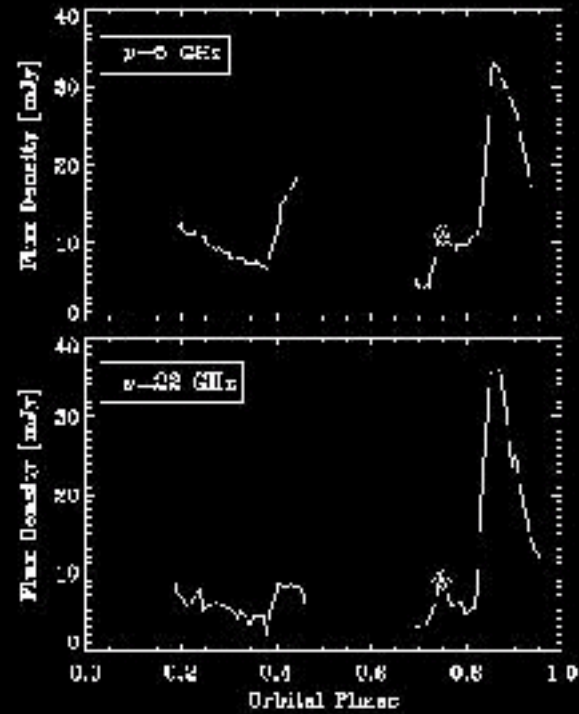
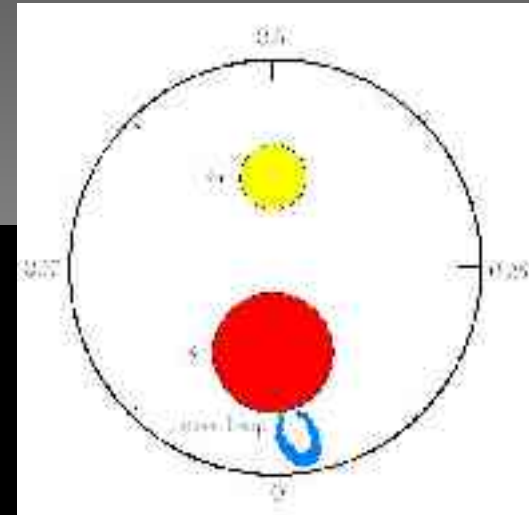
G2 IV



*Frasca,
Marino,
Catalano,
Marilli 2000,
A&A 358,
1007*

Attività magnetica stellare

Protuberanze estese dedotte anche da misure radio



AR Lac

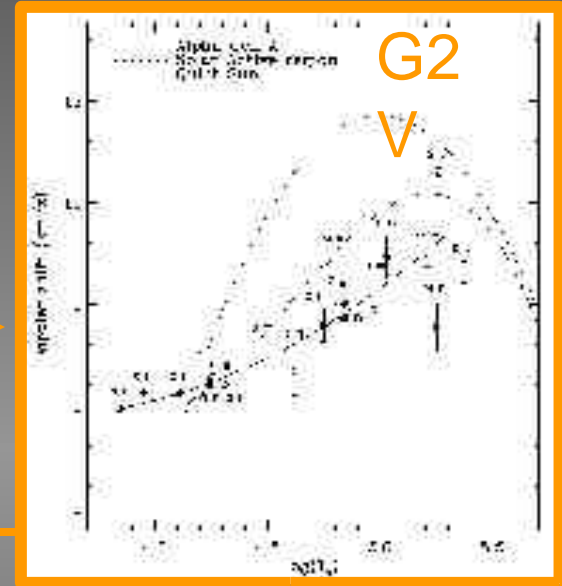
K0 IV+G2 IV

Spettroscopia UV

Dinamica della cromosfera e RT

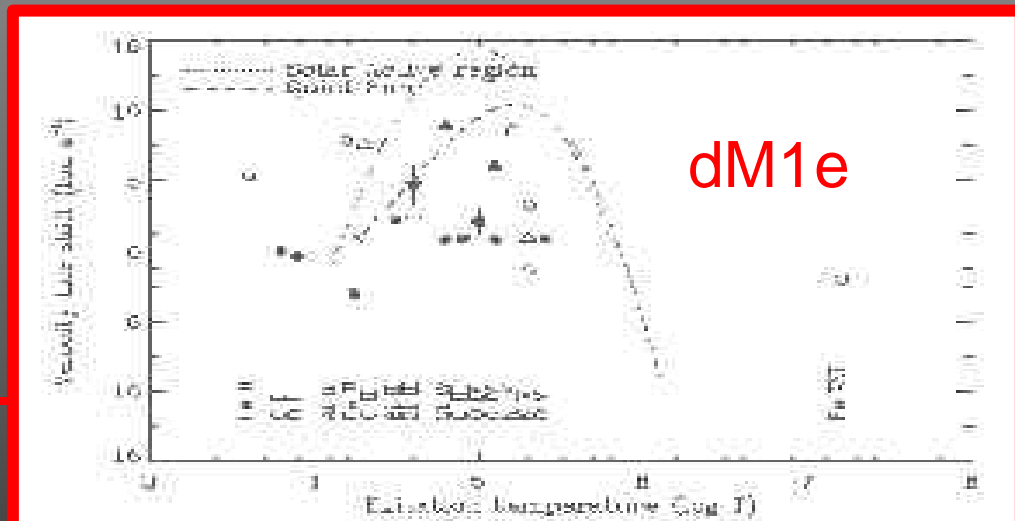
- Doppler-shift delle righe cromosferiche e di RT
 - Comportamento di tipo solare in stelle nane e in giganti attive
 - Dinamica non-solare in stelle dMe “estremamente attive”

Bf=15 G



Modelli sviluppati per il Sole predicono che lo shift aumenti in regioni permeate da intensi campi magnetici!

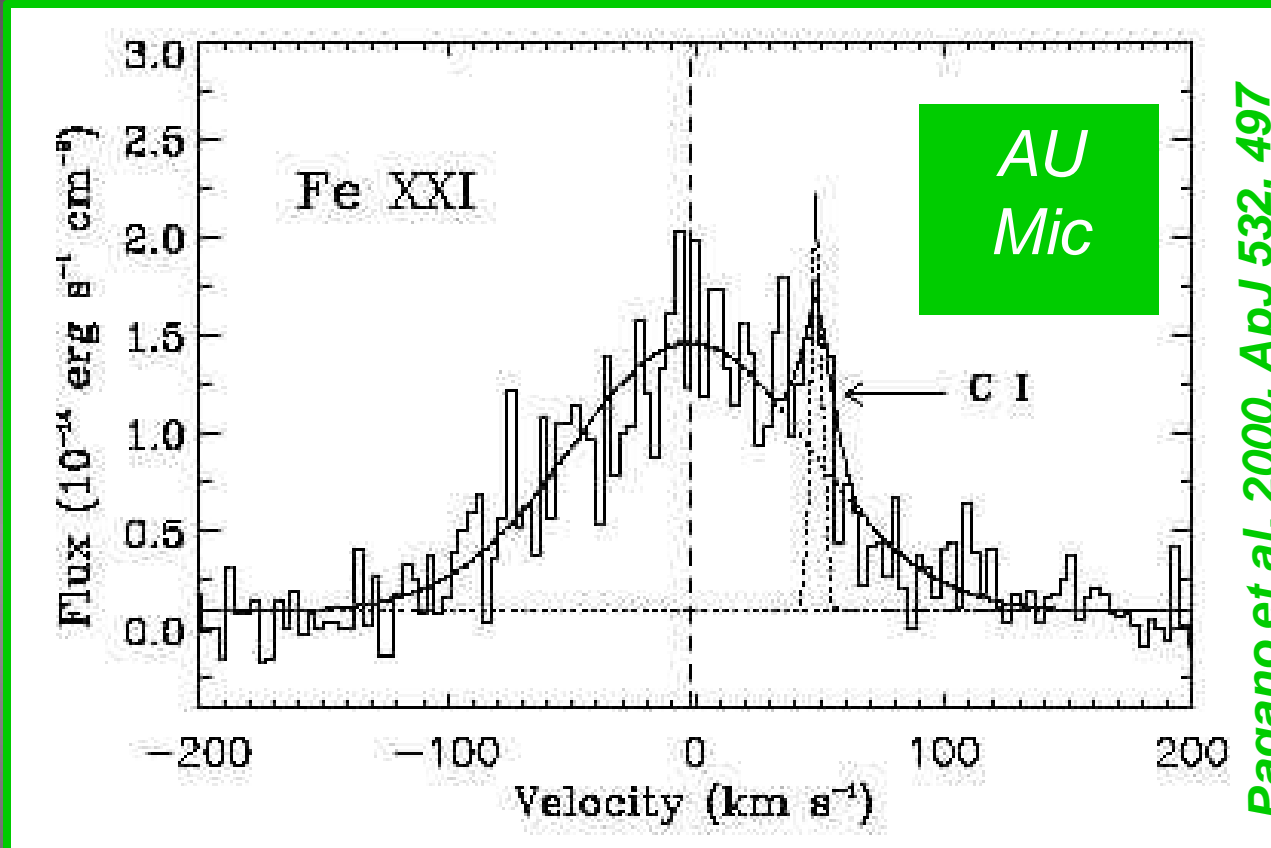
Bf=2300 G



Pagano et al. 2000, ApJ 532, 497



Spettroscopia coronale nell' UV



$R \approx 50,000$

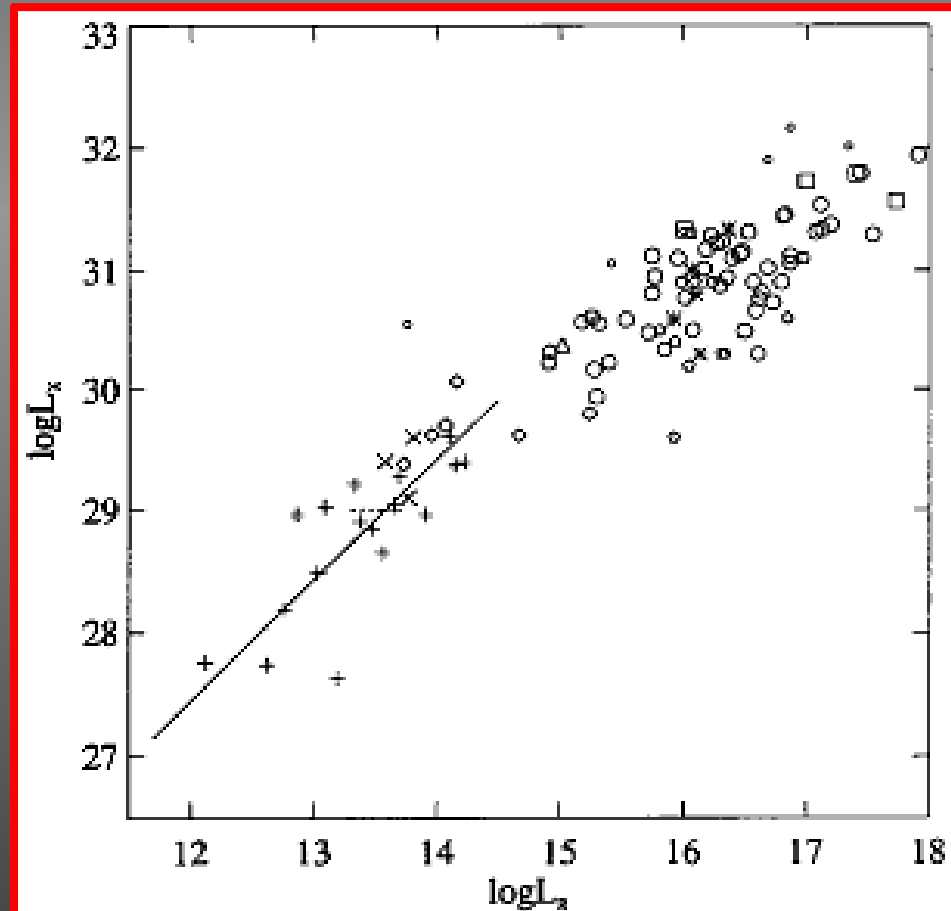
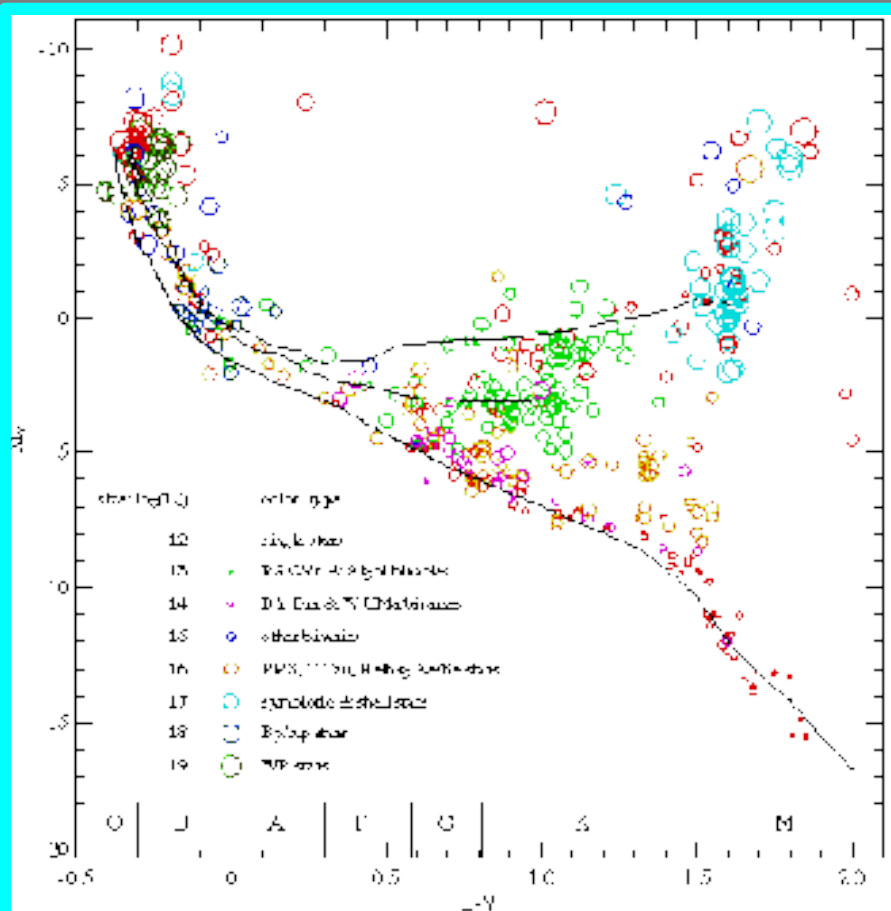
$V_r \approx 0$ Corona stazionaria

Larghezza non termica < velocità del suono

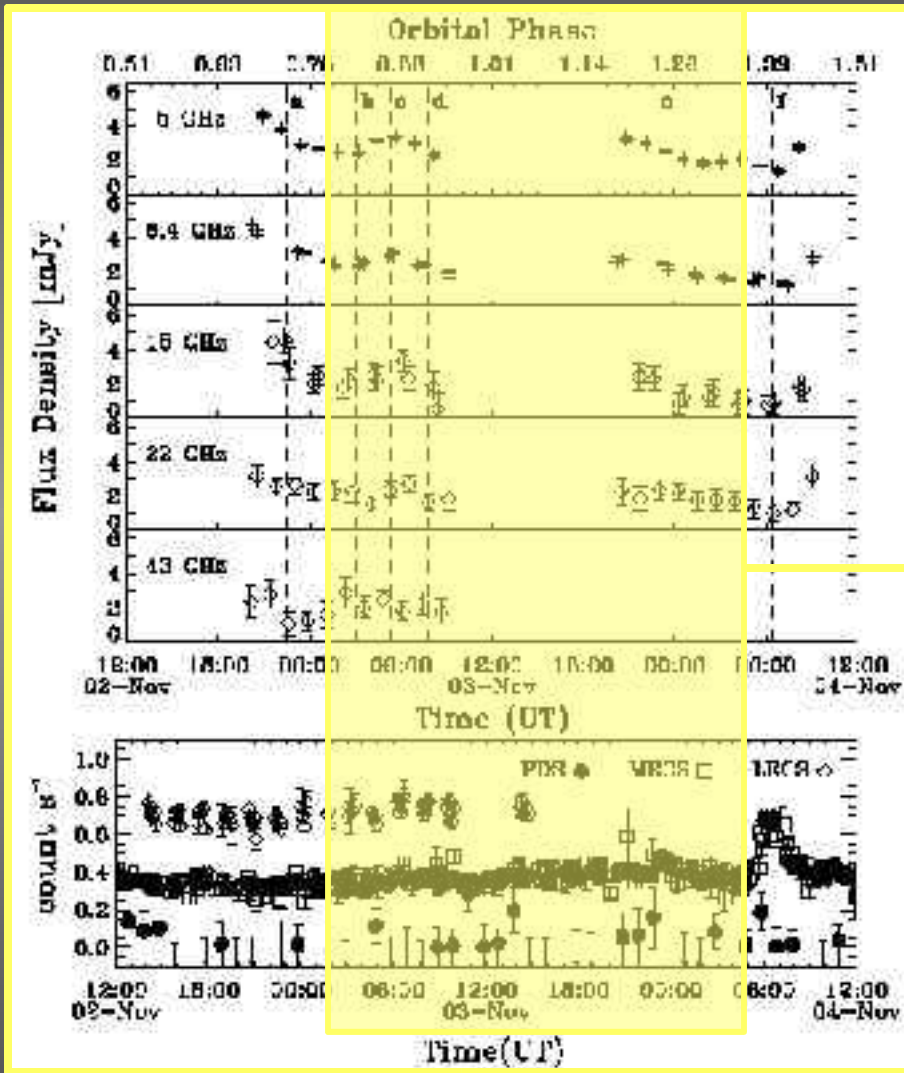
Riscaldamento coronale NON connesso con moti supersonici.

Corone stellari

- Emissione X
- Emissione radio



Corone stellari



AR Lac
K0 IV+G2 IV

SAX / VLA / VLBA

Osservazioni coordinate

Fase quiescente:

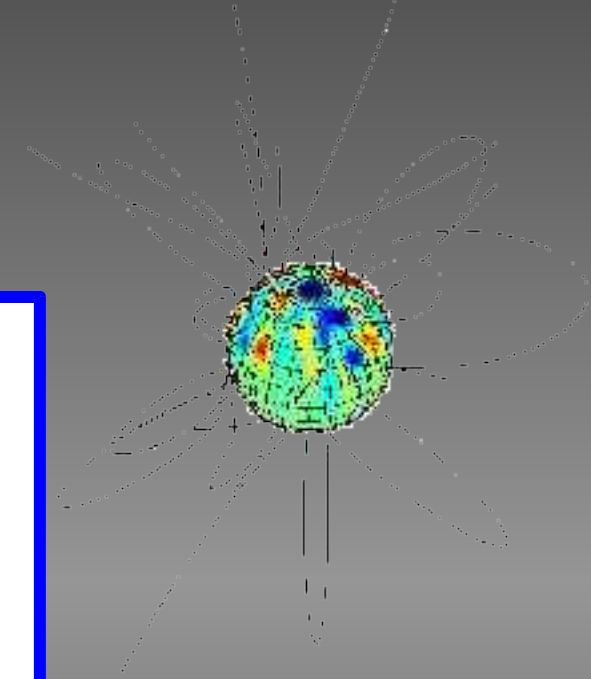
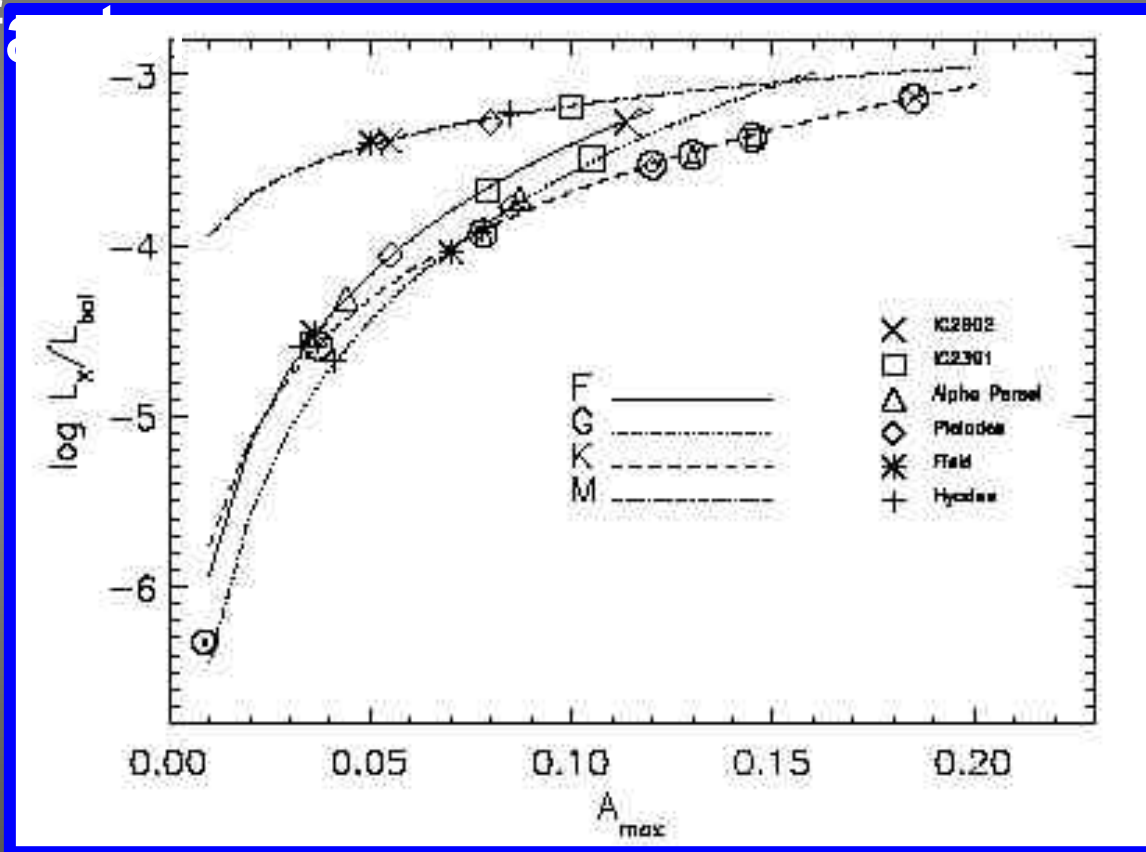
Cospazialità tra
sorgente radio e
sorgente X

Corone stellari



Correlazione X - spots filling

fact



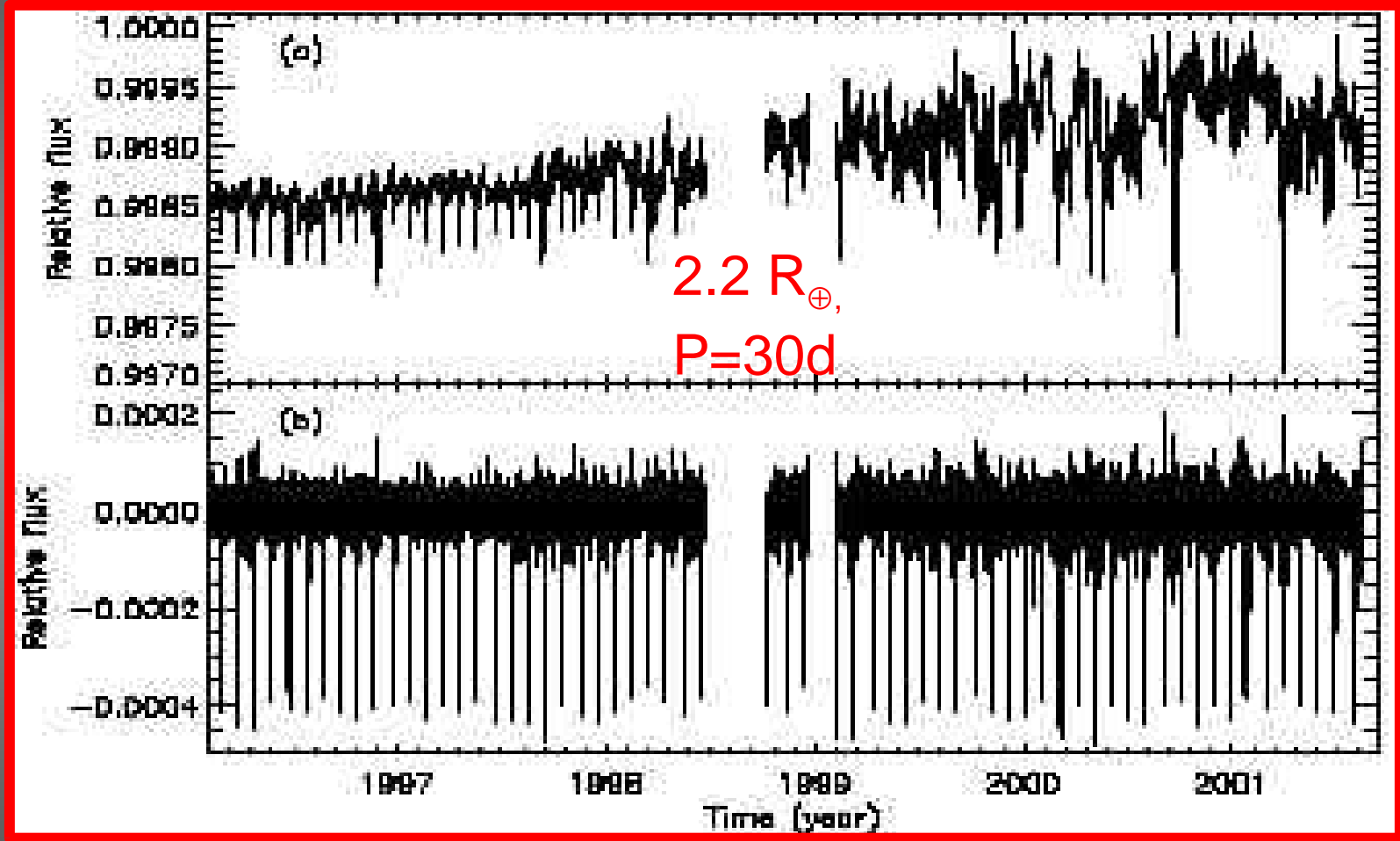
Messina et al.
A&A 2003, 410,
671

Attività magnetica e ricerca dei pianeti extrasolari



- COROT (CNES) e Kepler (NASA) cercheranno nella curva di luce stellare la presenza di transiti dovuti a pianeti extrasolari.
- **COROT**: ~10000 stelle (nane fredde), $V \in [12-16]$, precisione tra 0.5 e poche mmag, sequenze di ~150 gg.
- **L'attività magnetica può essere una limitazione alla rilevazione dei transiti.**

Attività magnetica e ricerca dei pianeti extrasolari



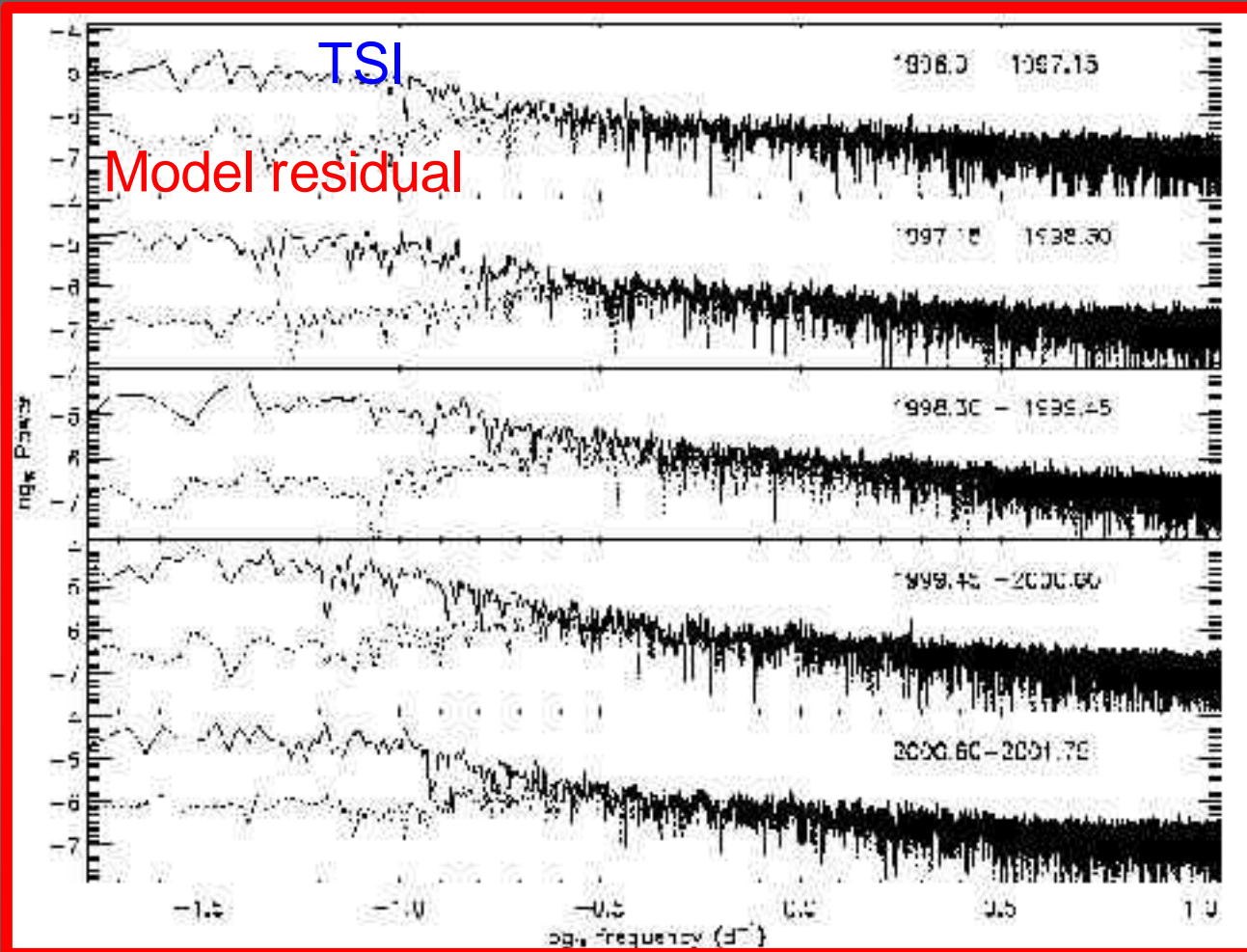
Lanza, Rodonò, Pagano, Barge,
Llebaria, 2003 A&A 403, 1135

Attività magnetica e ricerca dei pianeti extrasolari



Spettro di potenza calcolato nell' intervallo di frequenza tra 60d alla frequenza di Nyquist (un valore per ora).

Tra 10 e 60 d il rumore nello spettro di potenza è ridotto di un fattore 20-30.

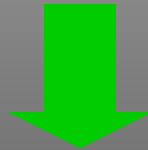


Lanza, Rodonò, Pagano, Barge, Llebaria, 2003 A&A 403, 1135



Aspetti attuali dell' attività stellare

- Studio del Sole nel tempo
Interazione Sole-Terra
- Ruolo dell' emissione stellare X – UV
sull' ambiente circumstellare



- Influenza sui pianeti e sullo sviluppo della vita.