

magnétisme des étoiles jeunes

magnétisme / activité et exoplanètes

● magnétisme et formation stellaire / planétaire :

magnétisme des étoiles jeunes, impact sur l'évolution (structure, rotation)

relié au thème prioritaire « formation des étoiles et des disques » PNPS 2011-2014

• MaPP : ANR + LP CFHT / TBL MaPP (cTTSs & FU Oris, PI Donati)

• MaTYSSE : LP CFHT / TBL (wTTSs, PI Donati)

• TOUPIES : ANR + LP HMS (post TTSs, PI Bouvier)

● magnétisme / activité & exoplanètes :

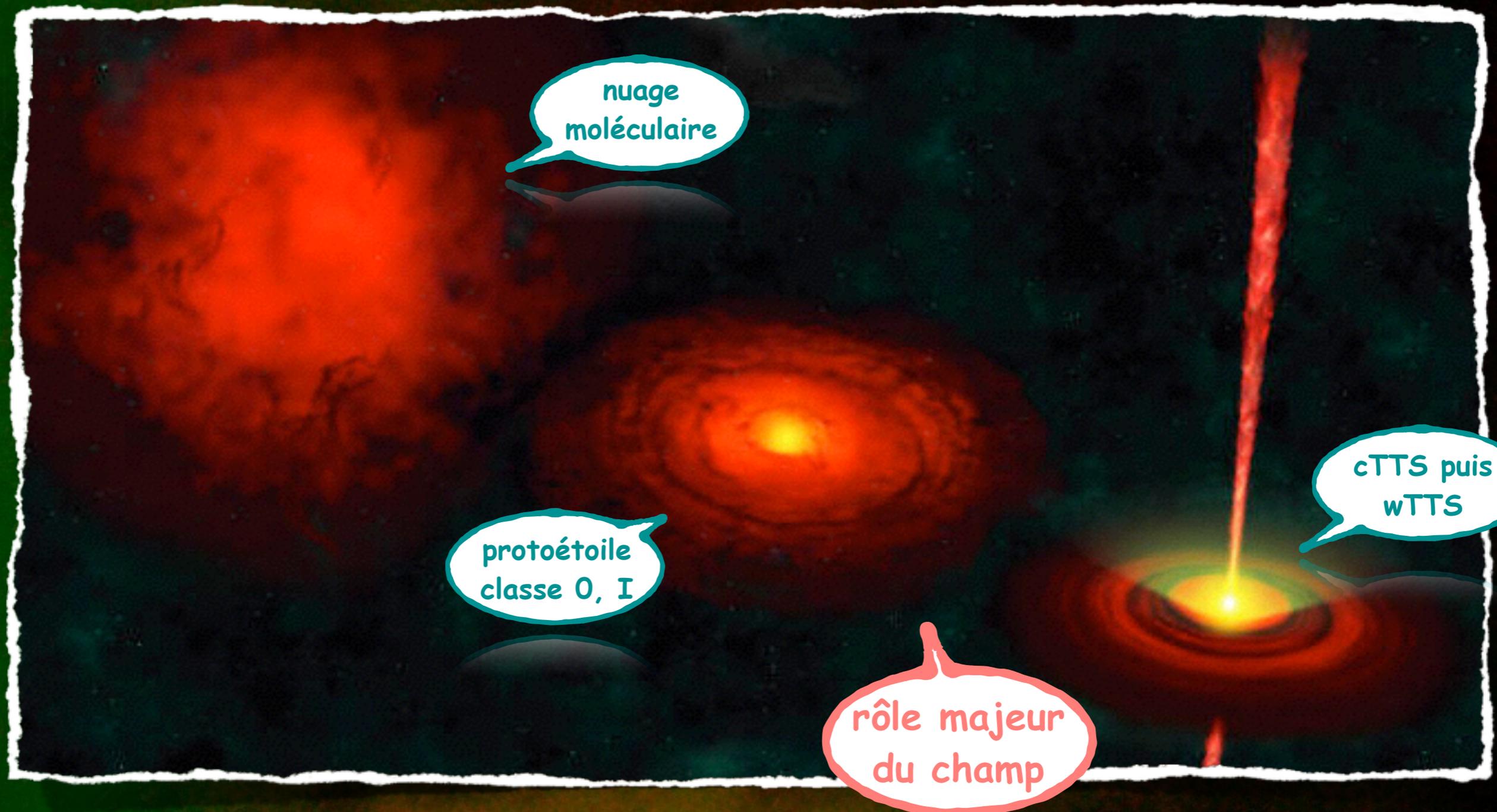
au coeur du thème prioritaire « magnétisme & activité » PNPS 2011-2014

• projet SPI : interactions étoile / planète (PI Moutou)

• impact de l'activité magnétique sur la vitesse radiale (VR) & filtrage du jitter
activité dans les courbes VR

magnétisme des étoiles jeunes

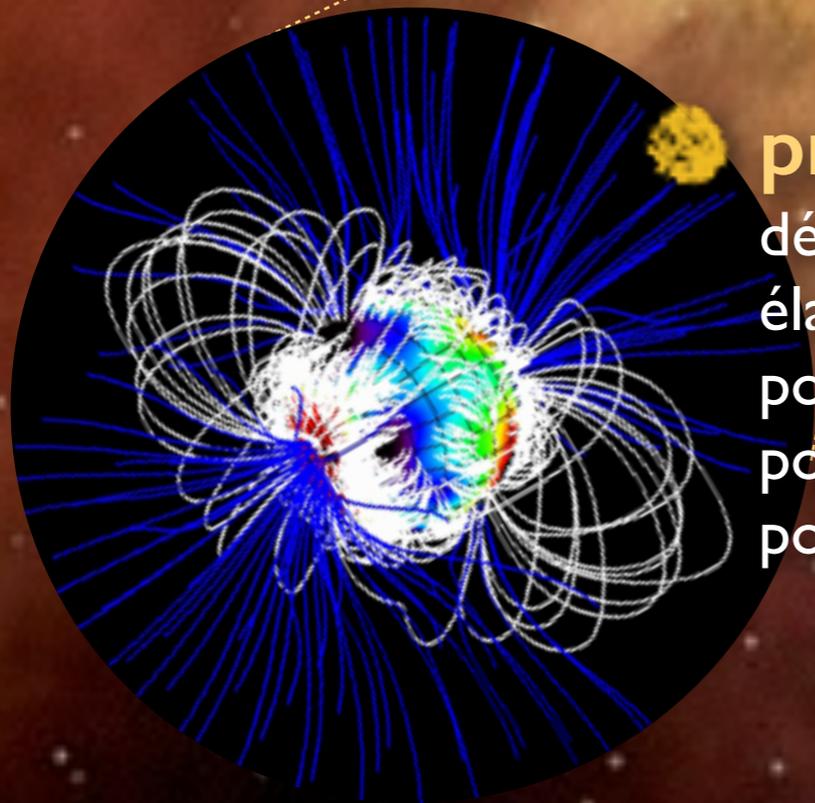
champ magnétique et formation stellaire / planétaire



magnétisme des étoiles jeunes

accrétion magnétosphérique, cf présentation J. Bouvier

- **impact du champ magnétique :**
 - cavité magnétosphérique
 - couplage magnétique disque / étoile
 - accrétion magnétosphérique étoile / disque
 - freinage rotationnel de l'étoile
 - jet collimatés du disque interne
 - migration interne / survie des planètes géantes



premières détections Zeeman

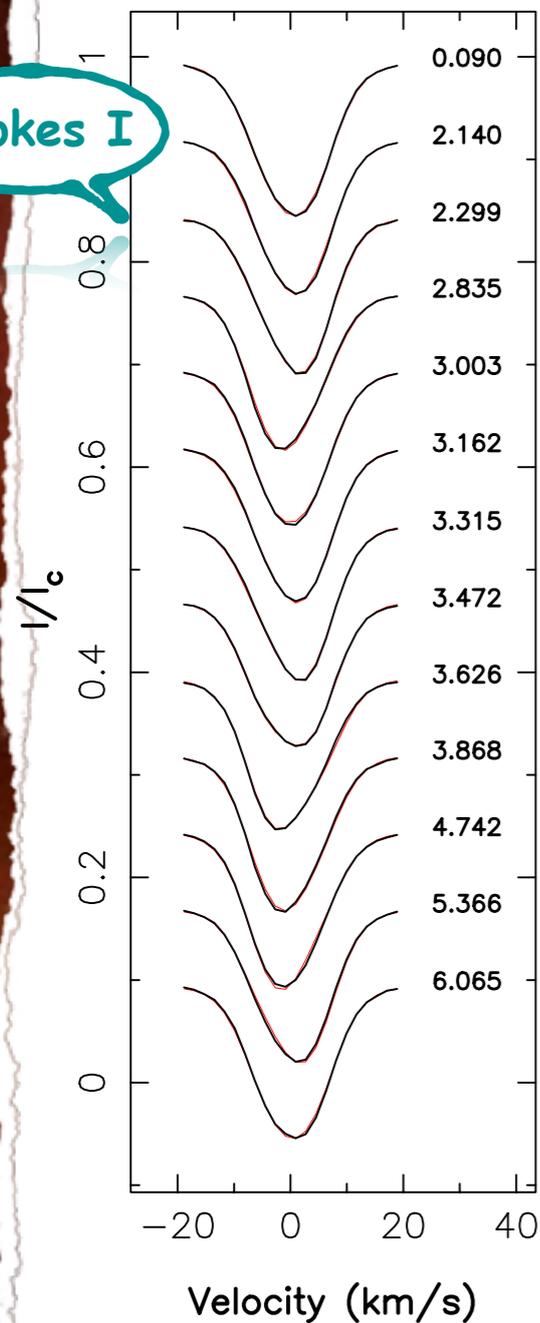
- désaturation des raies photosphériques (Basri et al 1992)
- élargissement des raies photosphériques (Johns Krull et al 1999a)
- polarisation raies d'émission (Johns Krull et al 1999b)
- polarisation des raies photosphériques (Donati et al 2007)
- polarisation des raies du disque d'accrétion (Donati et al 2005)

magnétisme cTTS / LP MaPP

exemple de données spectropolarimétriques : la cTTS DN Tau

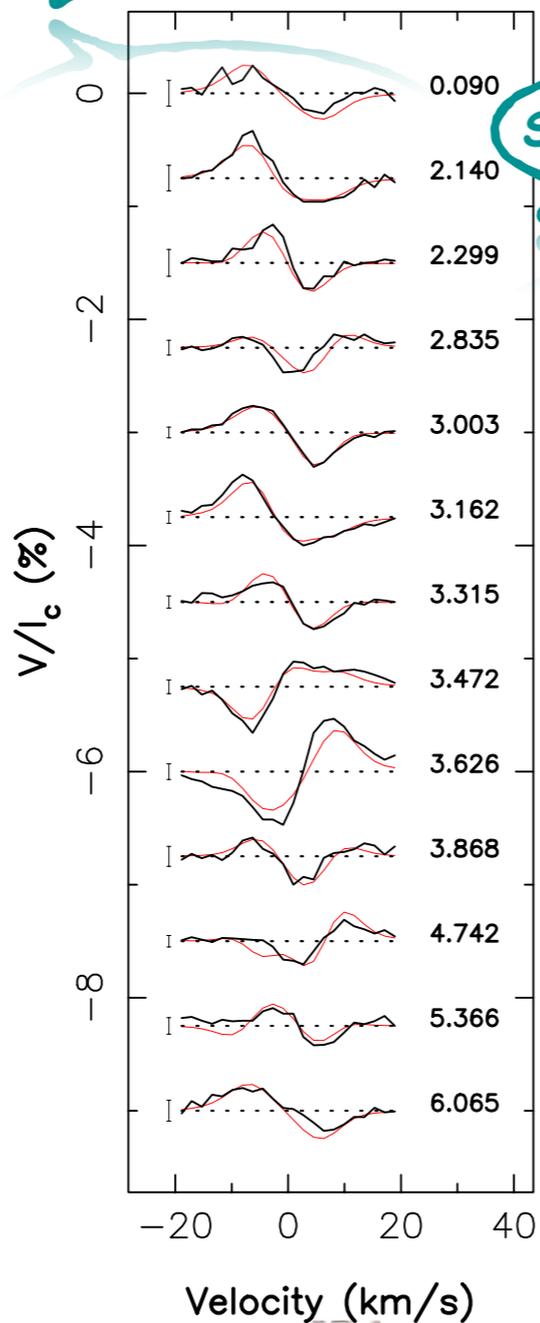
raies
photosphériques

Stokes I



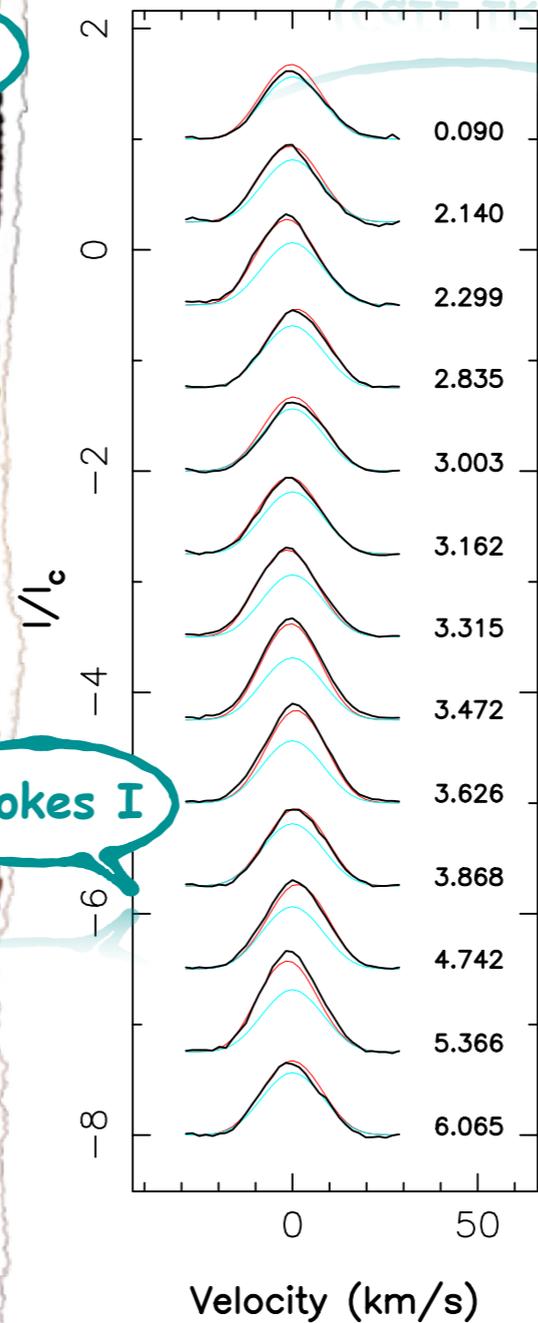
V/I_c (%)

Stokes V



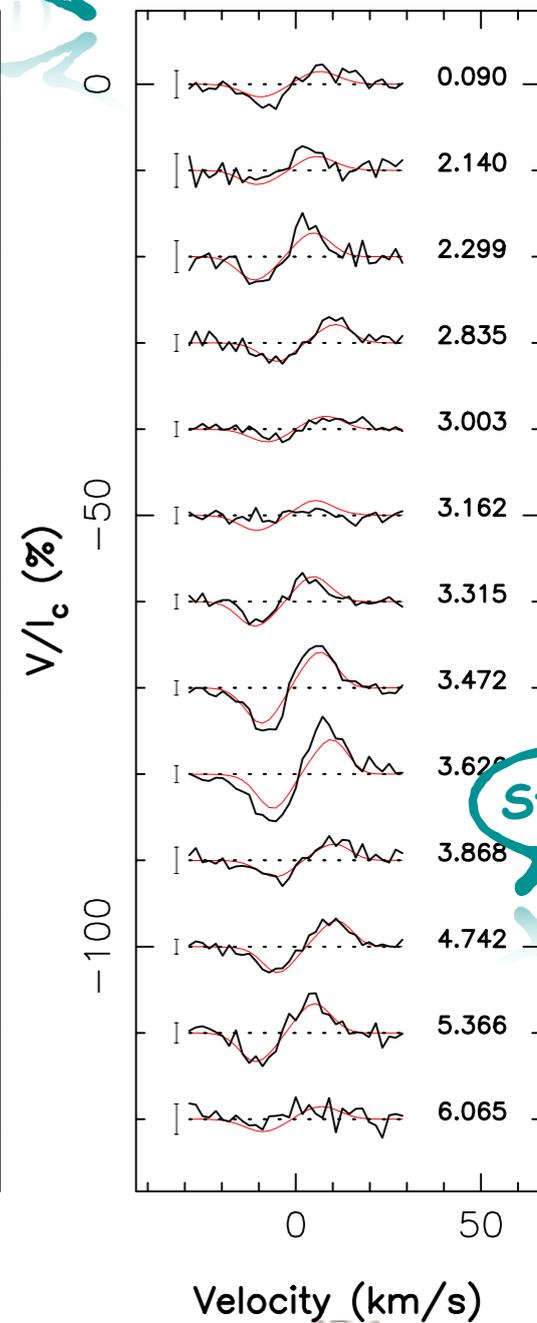
raies d'émission
(CaII IRT)

Stokes I



V/I_c (%)

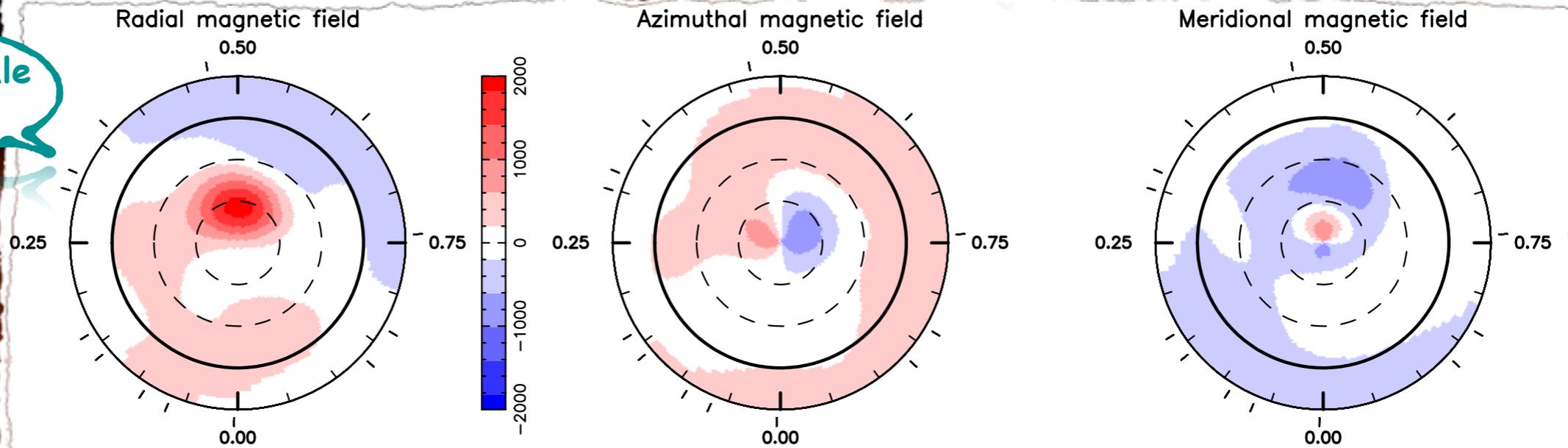
Stokes V



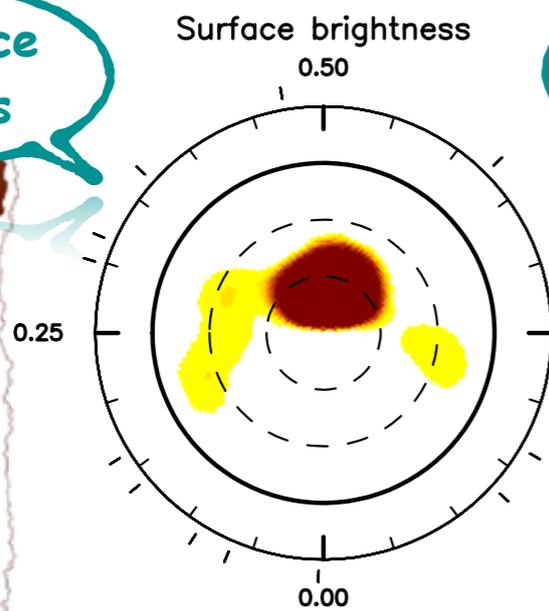
magnétisme cTTS / LP MaPP

exemple d'images reconstruites : DN Tau

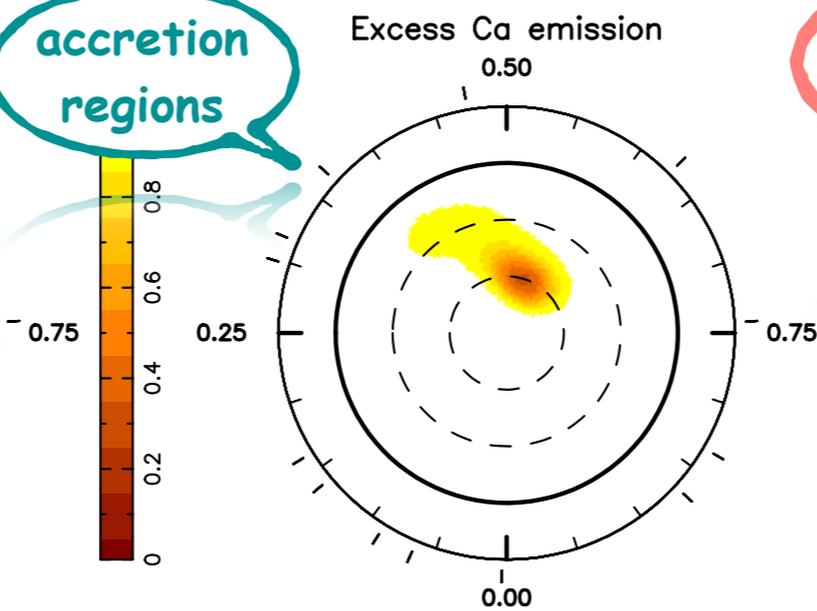
large-scale
B field



surface
spots



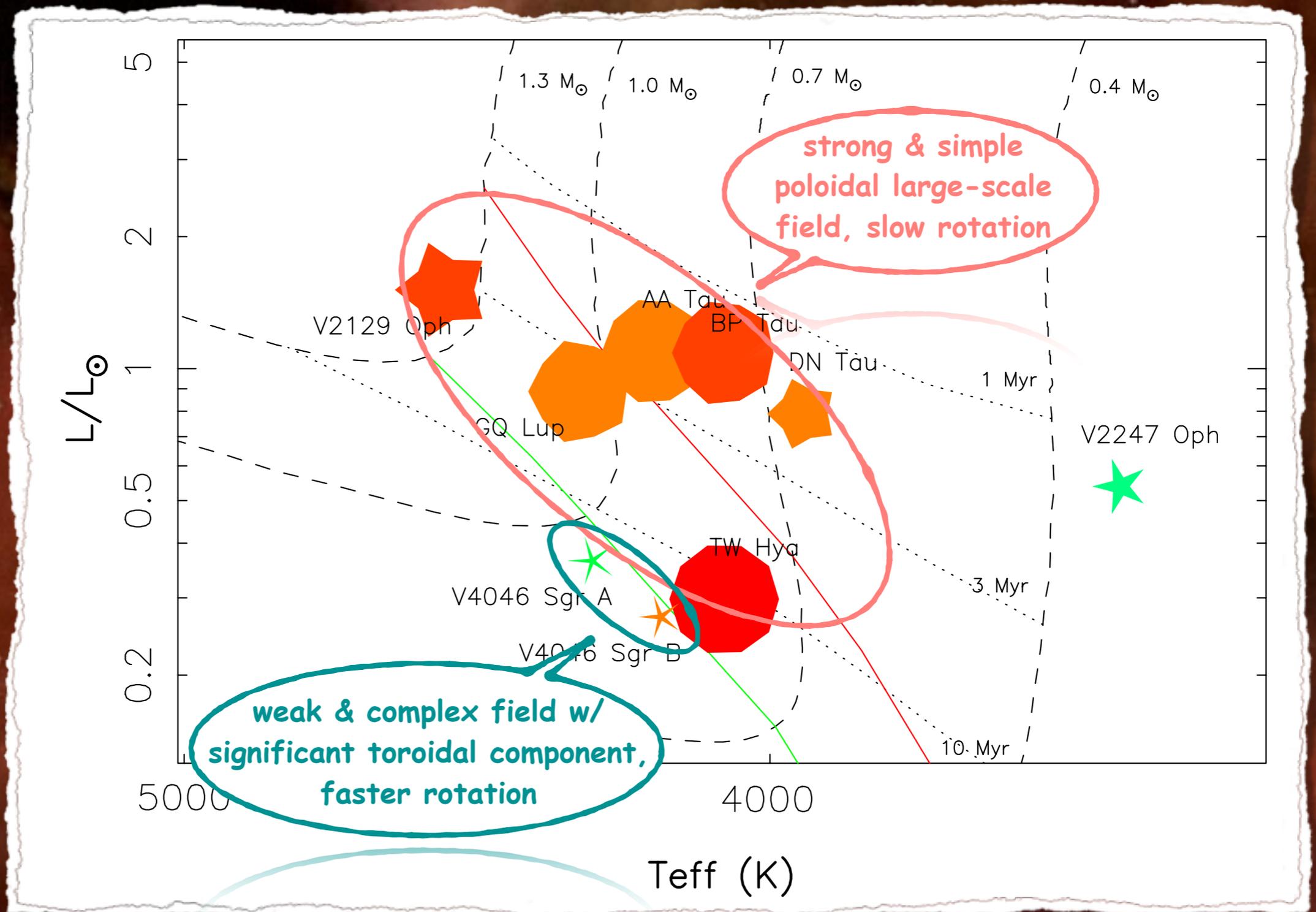
accretion
regions



500 G dipole
750 G octupole

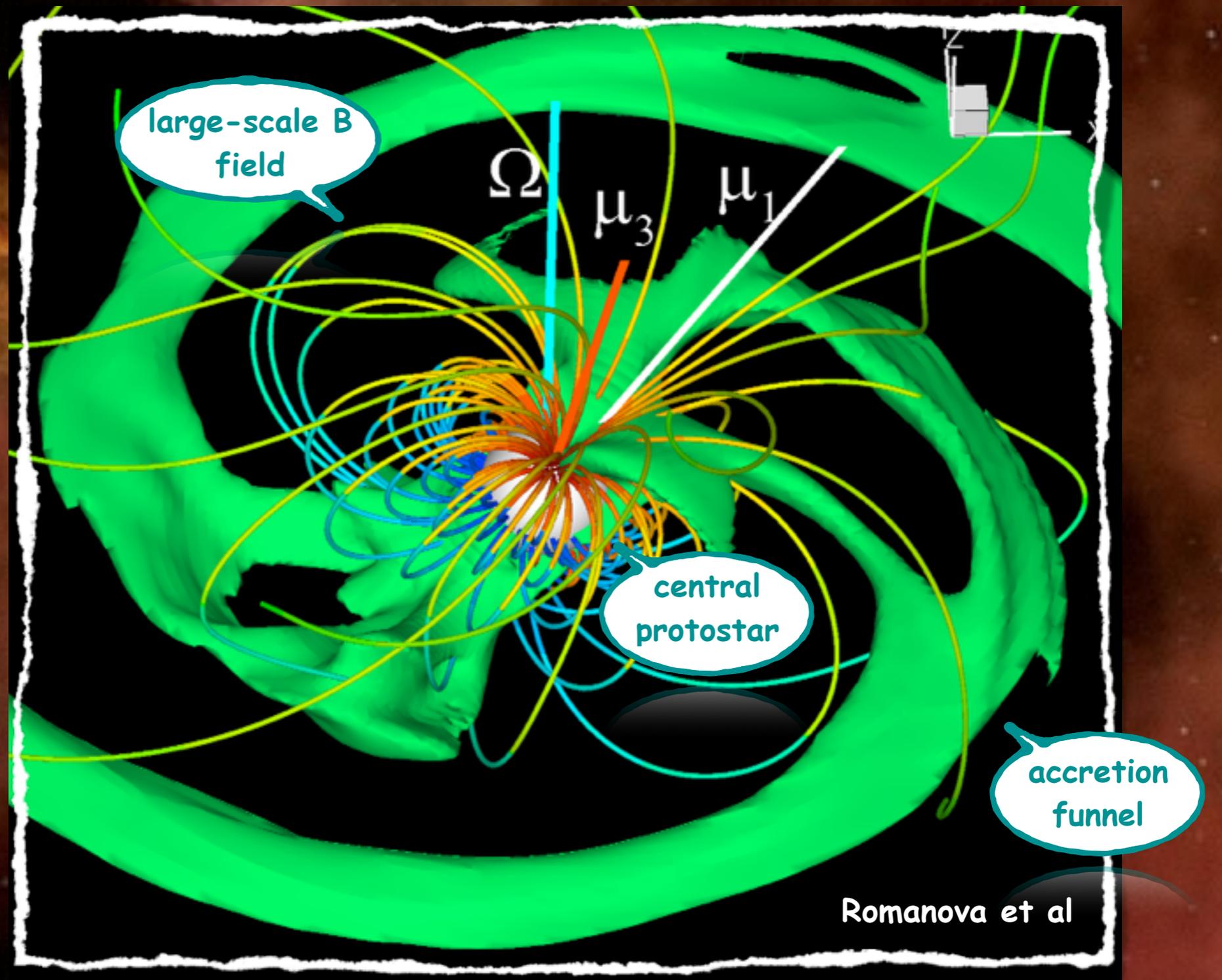
magnétisme cTTS / LP MaPP

exemple de résultat



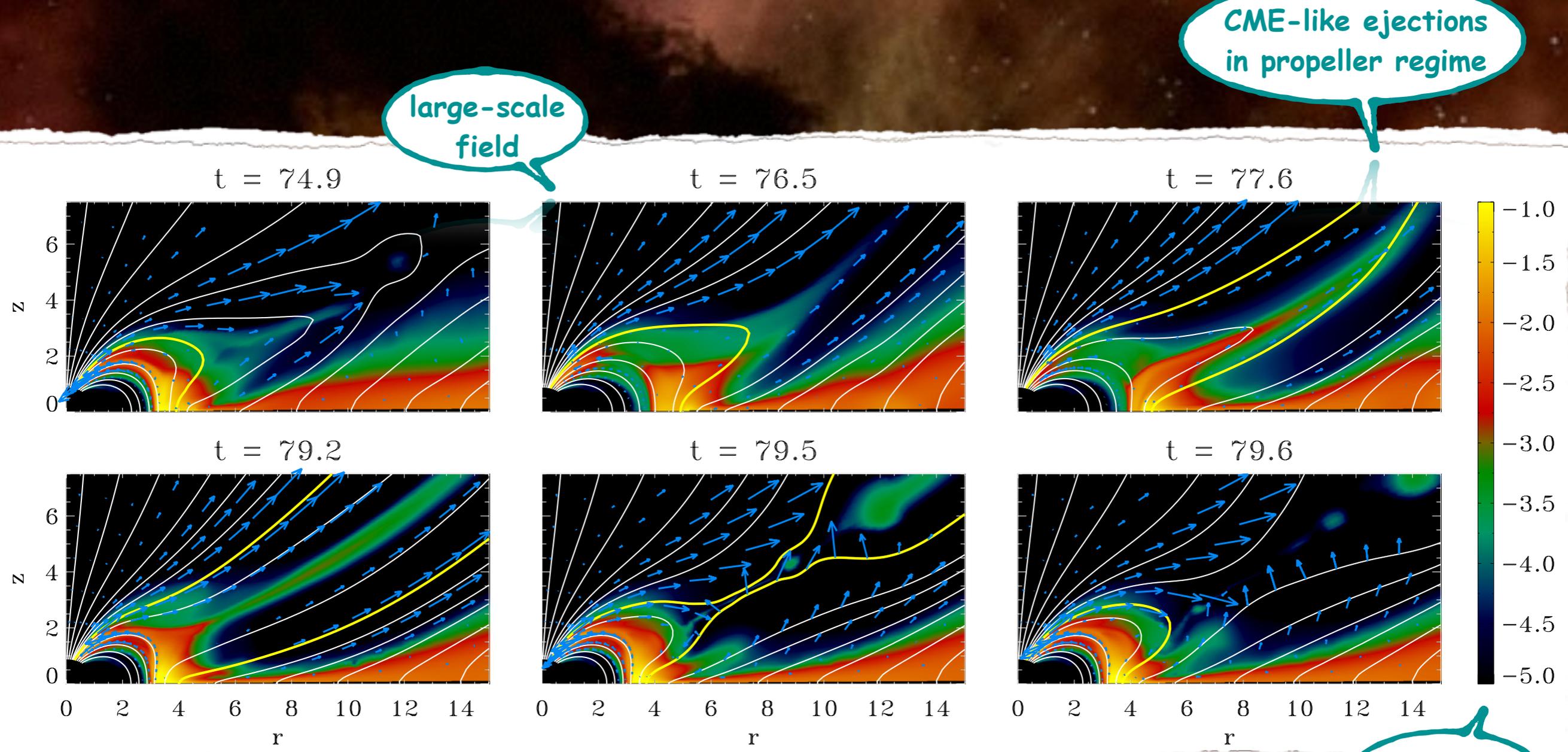
magnétisme cTTS / LP MaPP

exemples de modélisation numérique



magnétisme cTTS / LP MaPP

exemples de modélisation numérique

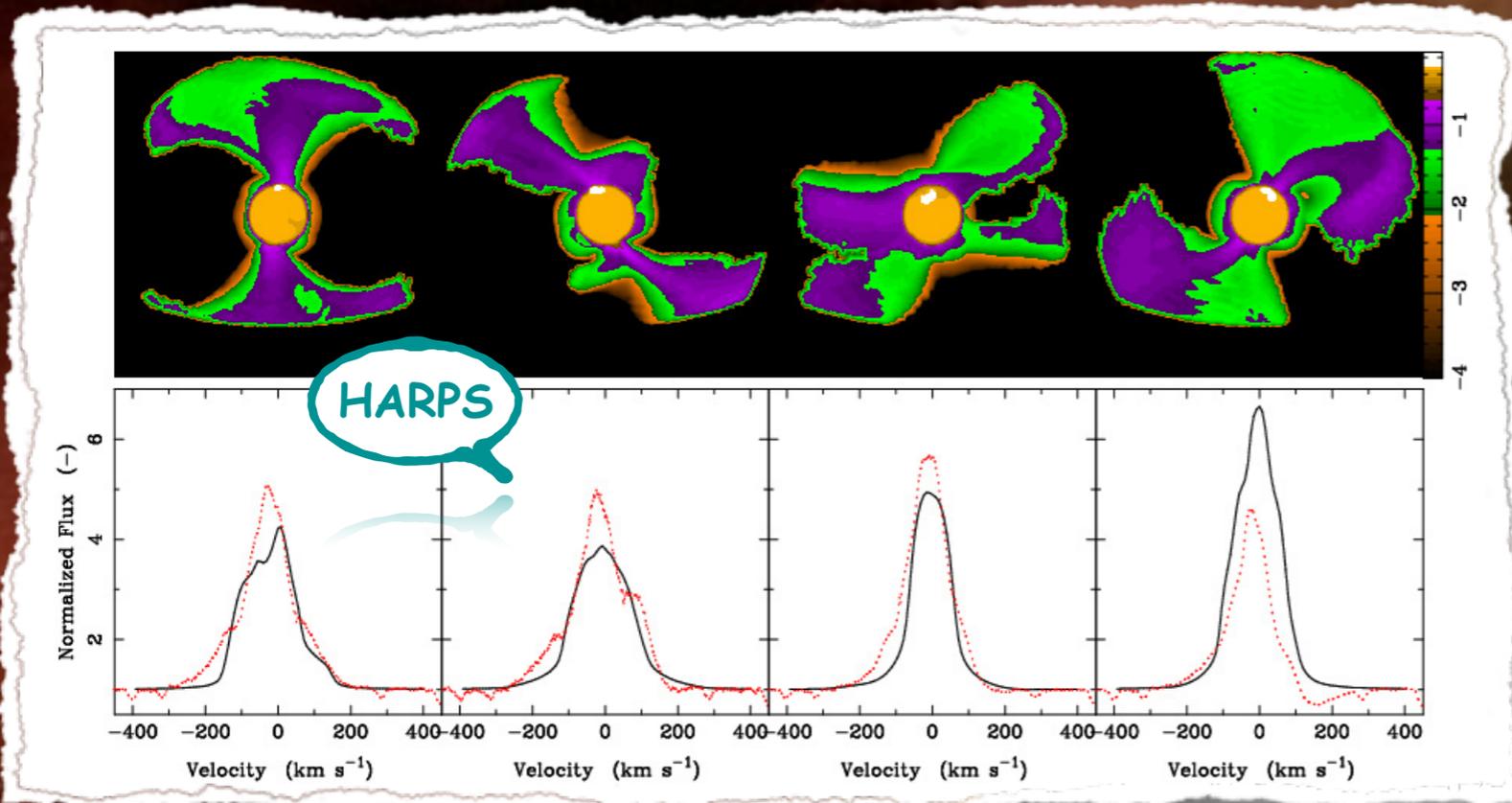


Zanni & Ferreira 2013

logarithmic density

magnétisme cTTS / LP MaPP

exemples de synergie observationnelle

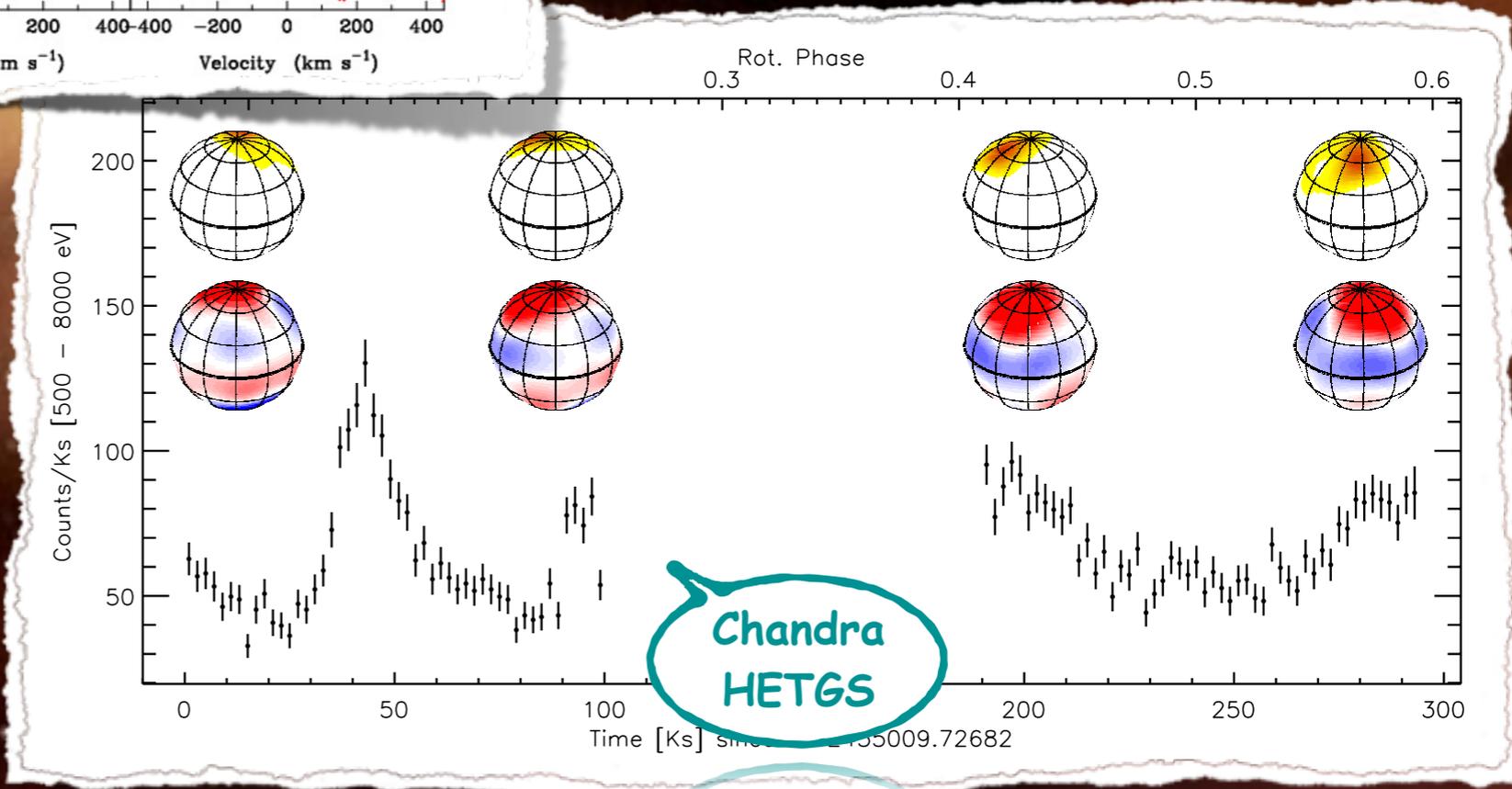


modeling
emission lines
from accretion
flows

Argiroffi et al 2011

Alencar et al 2012

modeling X-rays
from accretion
shocks



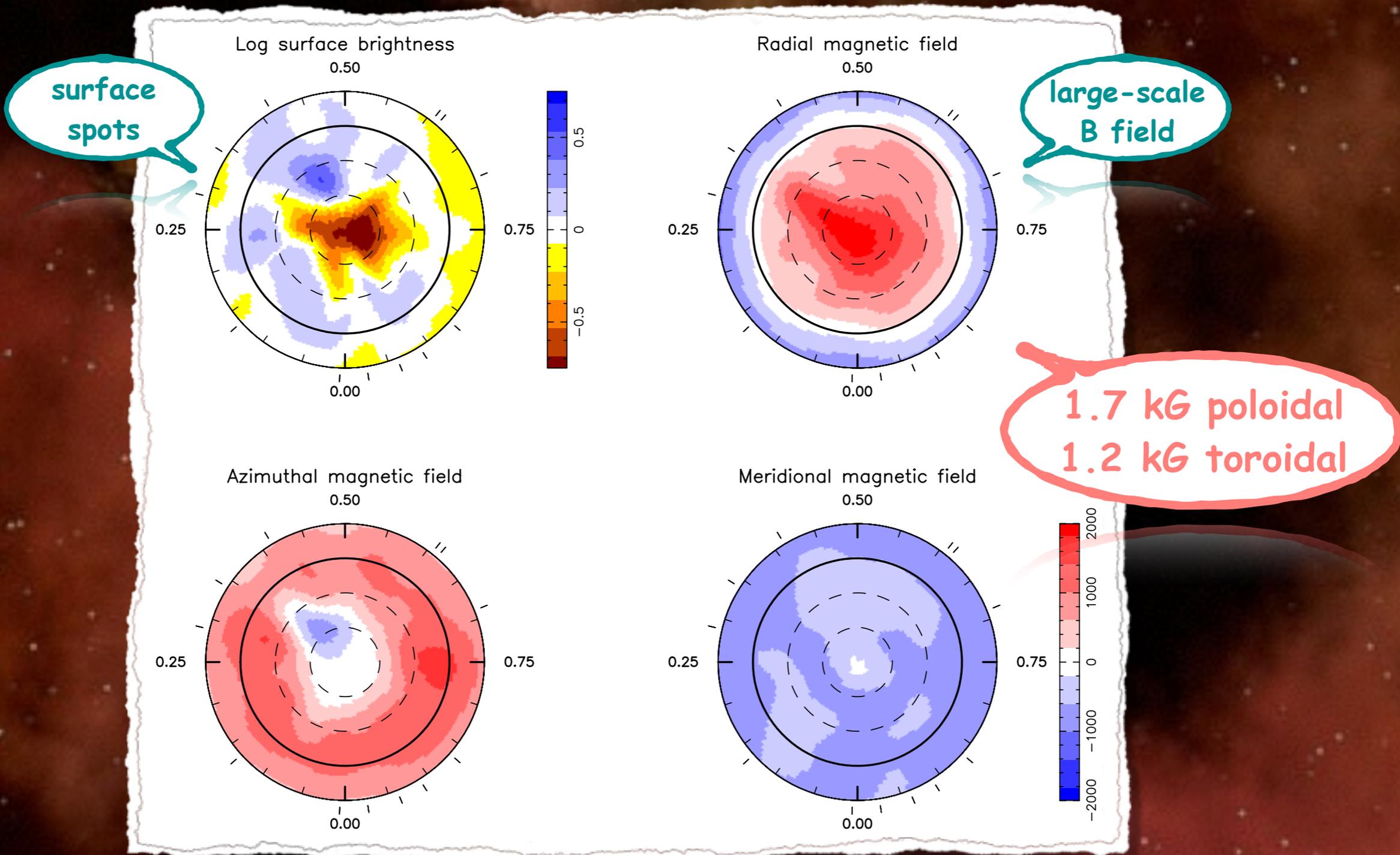
magnétisme cTTS / LP MaPP

résultats principaux

- **origine & impact du champ magnétique :**
 - champs magnétiques cTTSs variables & similaires à ceux des naines M :
 - produits par **dynamo non-stationnaire**
 - topologies magnétiques cTTSs corrélées avec taux de rotation :
 - confirmation du **couplage magnétique disque / étoile**,
 - simulations numériques plus réalistes (topologie magnétique)
 - freinage de l'étoile possible par effet magnéto-centrifuge (« propeller »)
 - synergie observationnelle multi longueur d'onde (eg Chandra) :
 - meilleure description physique de l'accrétion magnétosphérique
- **publications & bibliométrie**
 - ~40 publications référées (~30 depuis 2009)
 - 1400+ citations & H-index ~25 (ADS Feb 2014)

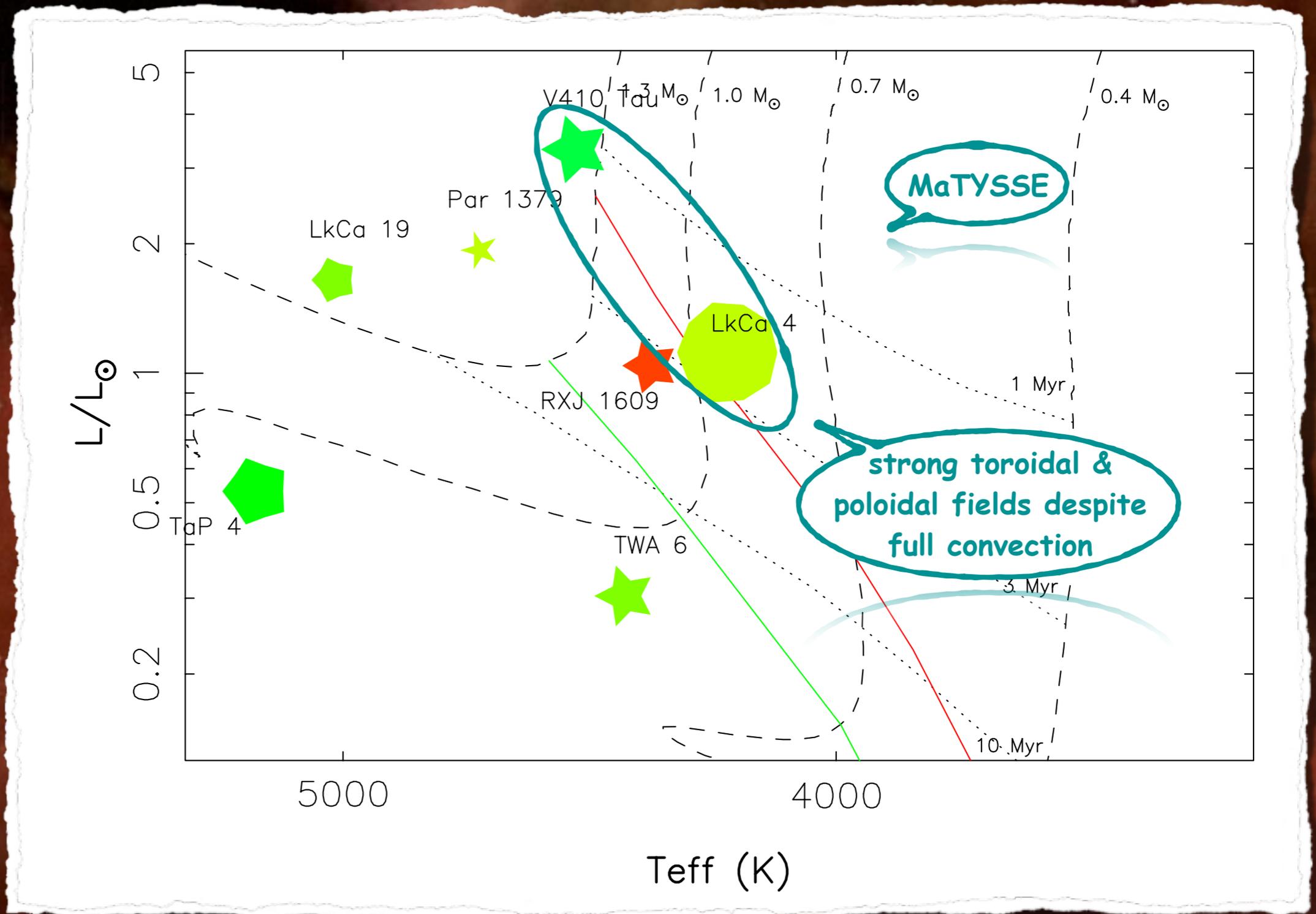
magnétisme wTTS / LP MaTYSSE

exemple d'image reconstruite : la wTTS LkCa 4 (2014 Jan)



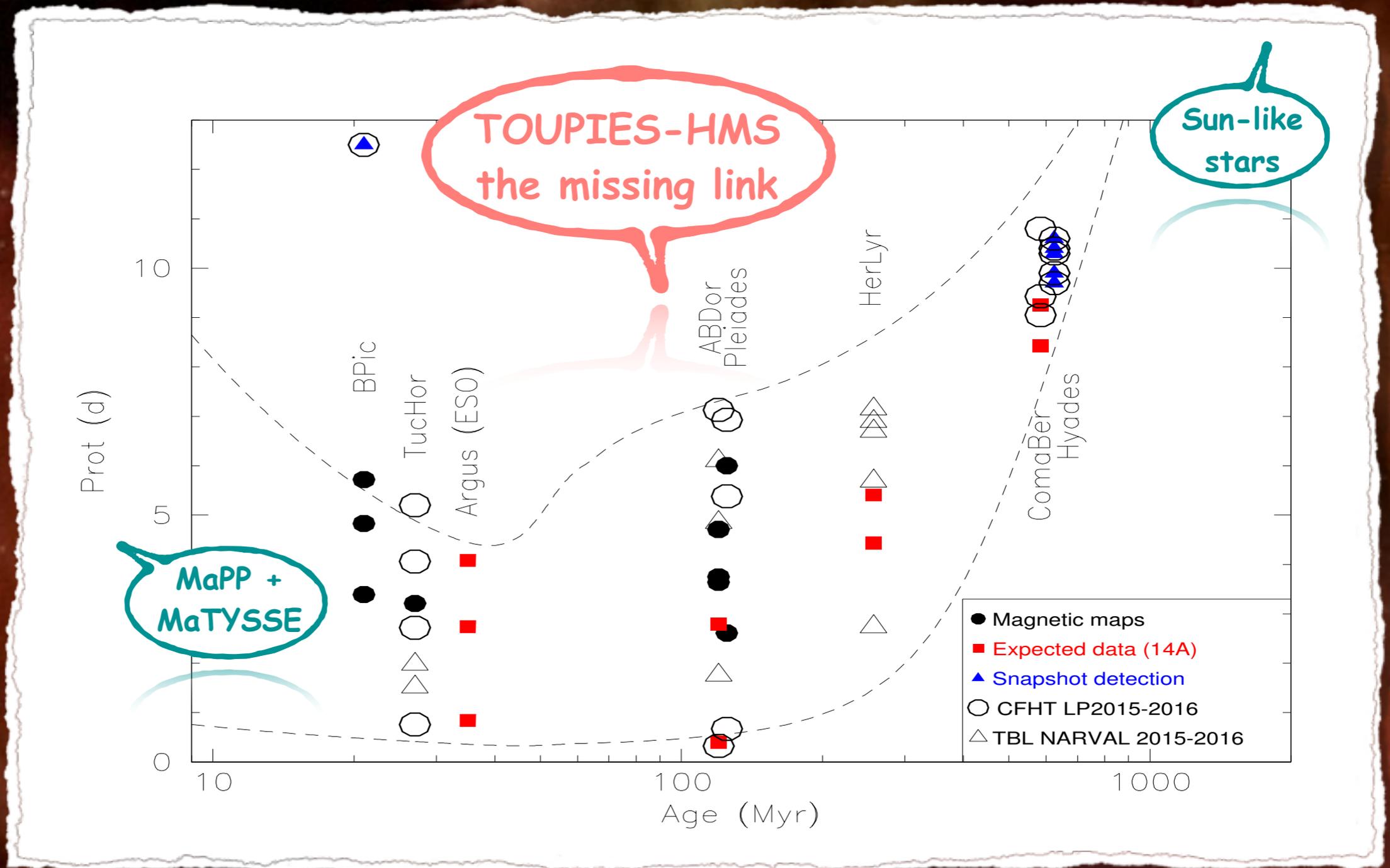
magnétisme wTTS / LP MaTYSSE

premiers résultats préliminaires



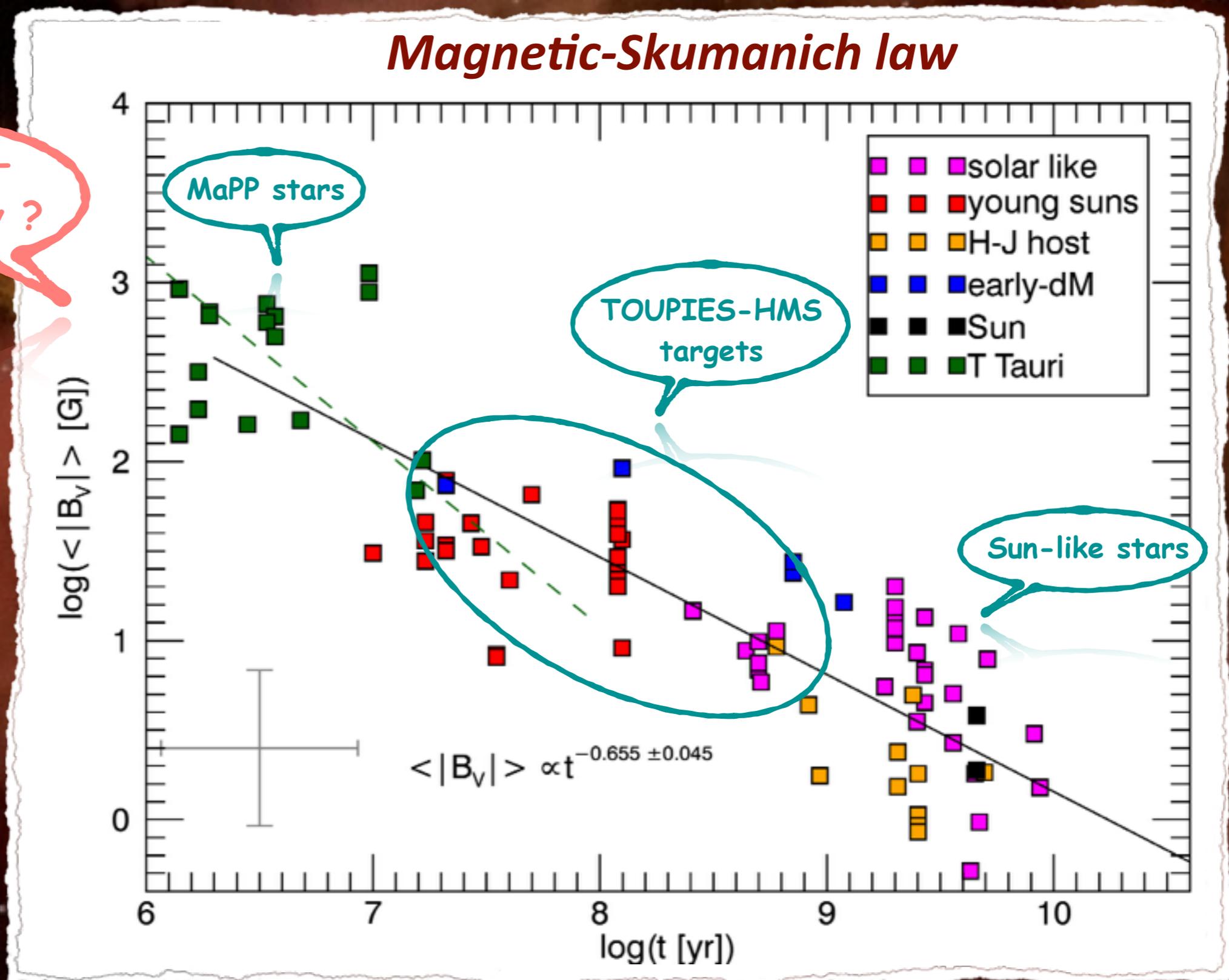
magnétisme postTTS / TOUPIES-HMS

histoire magnétisme / rotation du Soleil - PI J. Bouvier



magnétisme postTTS / TOUPIES-HMS

résultats préliminaires



magnétisme des étoiles jeunes

prospective 2014+

2014 - 2017 : exploitation LPs en cours :

MaPP : publications des derniers résultats

MaTYSSE / TOUPIES-HMS : collecte & exploitation des données / publications
préparation scientifique observations nIR SPIRou / SPIP

2017+ : observations nIR avec SPIRou / SPIP :

5+ mag de gain en sensibilité magnétique pour les étoiles froides

• SPIRou Legacy Survey & LPs : observations de ~200 cTTSs / wTTSs dans
~5 SFRs et de ~50 protoétoiles enfouies (classe I)

• observations d'étoiles post TTSs & régions internes des disques

• synergie avec missions spatiales (JWST) et équipements sol (ALMA, SKA)

• interfaces avec PNCMI et PNP



magnétisme / activité & exoplanètes

interactions étoile / planète - PI C. Moutou

☀️ projet SPI - interactions étoile / planète :

estimer le surcroît d'activité induit par la présence d'un Jupiter chaud

étude spectropolarimétrique d'un échantillon de ~ 10 étoiles :

•☞ thèse R. Fares (IRAP, 2011)

études théoriques sur les marées étoile / planète et interactions MHD :

•☞ thèses D. Cébron (IRPHE, 2011), F. Remus, (SAp), A. Strugarek (SAp, 2013)

☀️ résultats principaux :

7 détections magnétiques, 3 étoiles avec suivi multi-époques

•☞ découverte du cycle magnétique rapide de τ Boo - Jupiter chaud ?

interaction complexe étoile / planète (magnétosphère, vent)

•☞ observations coordonnées sol / espace (CoRoT, Kepler, Chandra)

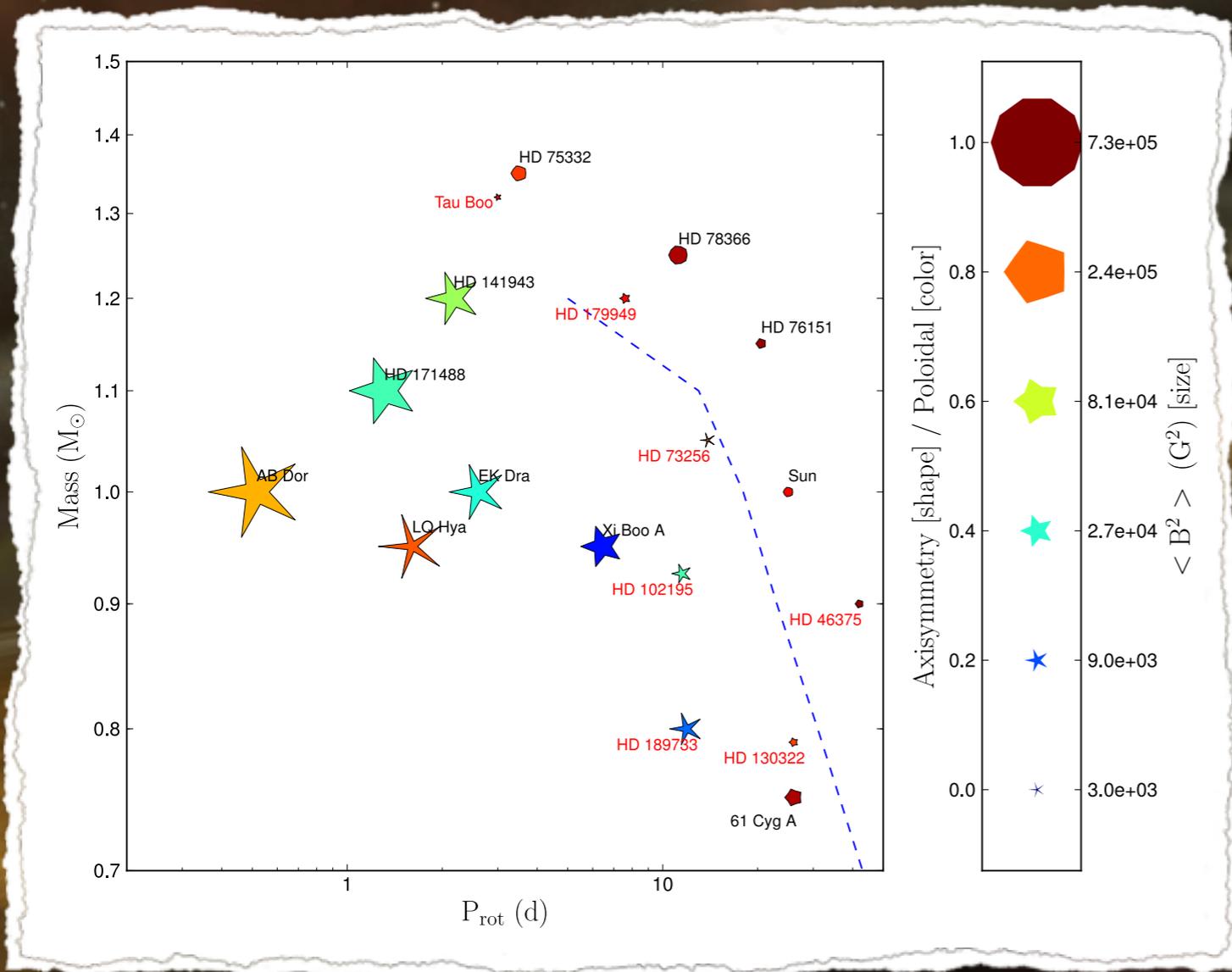
meilleure description des effets de marée étoile / planète

•☞ importance d'une synergie observation / théorie

~ 20 publications référées (~ 15 depuis 2009)

magnétisme / activité & exoplanètes

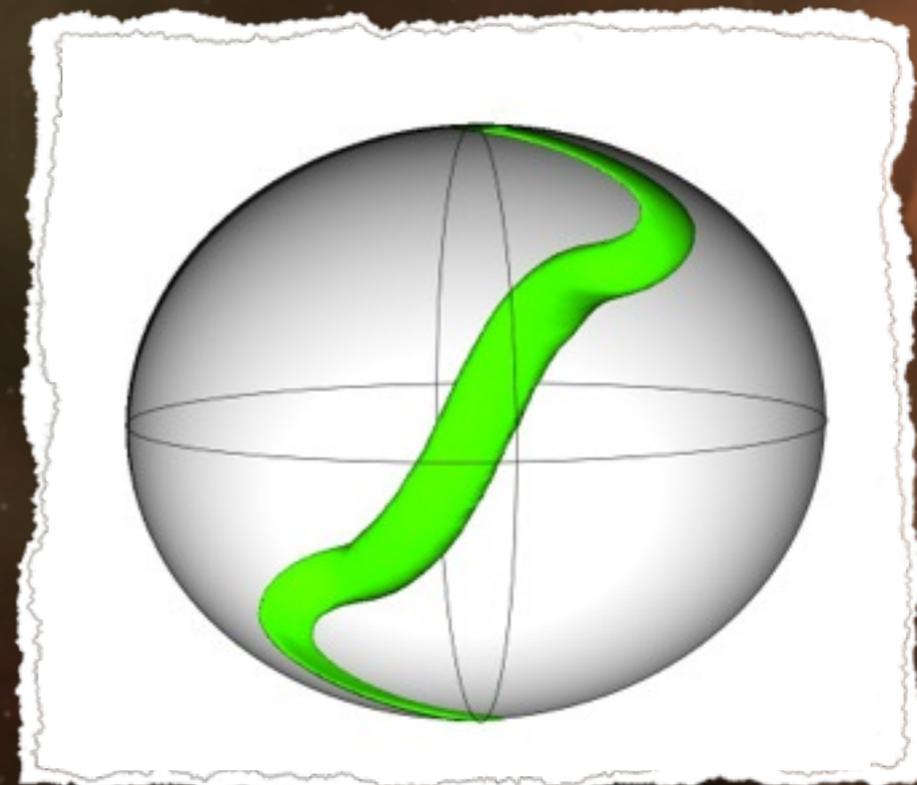
exemples de résultats / simulations



Fares et al 2013

magnetic topologies of stars w/ & w/o hot Jupiters

Cébron et al 2012



simulating the tidal instability in an elliptic star

magnétisme / activité & exoplanètes

impact de l'activité magnétique sur les mesures VR

activité magnétique & vélocimétrie :

détecter les exoTerres habitables autour d'étoiles peu actives :

- ⇨ filtrage du bruit VR dû à l'activité (3-10 m/s) incontournable
- ⇨ modéliser la distribution des taches et la topologie magnétique
- ⇨ observation nIR (effet des taches ↘ mais effet magnétique ↗)
- ⇨ synergie photométrie spatiale et observations VR

détecter les Jupiters chauds autour d'étoiles jeunes :

- ⇨ modélisation de l'activité nécessaire pour filtrage bruit VR (~km/s)

résultats & travaux en cours :

impact de l'activité (taches) sur les courbes VR (visible et nIR), filtrage Fourier, calibration indices d'activité vs rotation pour les naines M :

- ⇨ thèses I. Boisse (IAP, 2010), N. Astudillo, N. Cabrera, S. Borgniet (IPAG)
- ⇨ observations HARPS / Sophie / IRTF + CoRoT / Kepler

modélisation de l'activité et du champ magnétique :

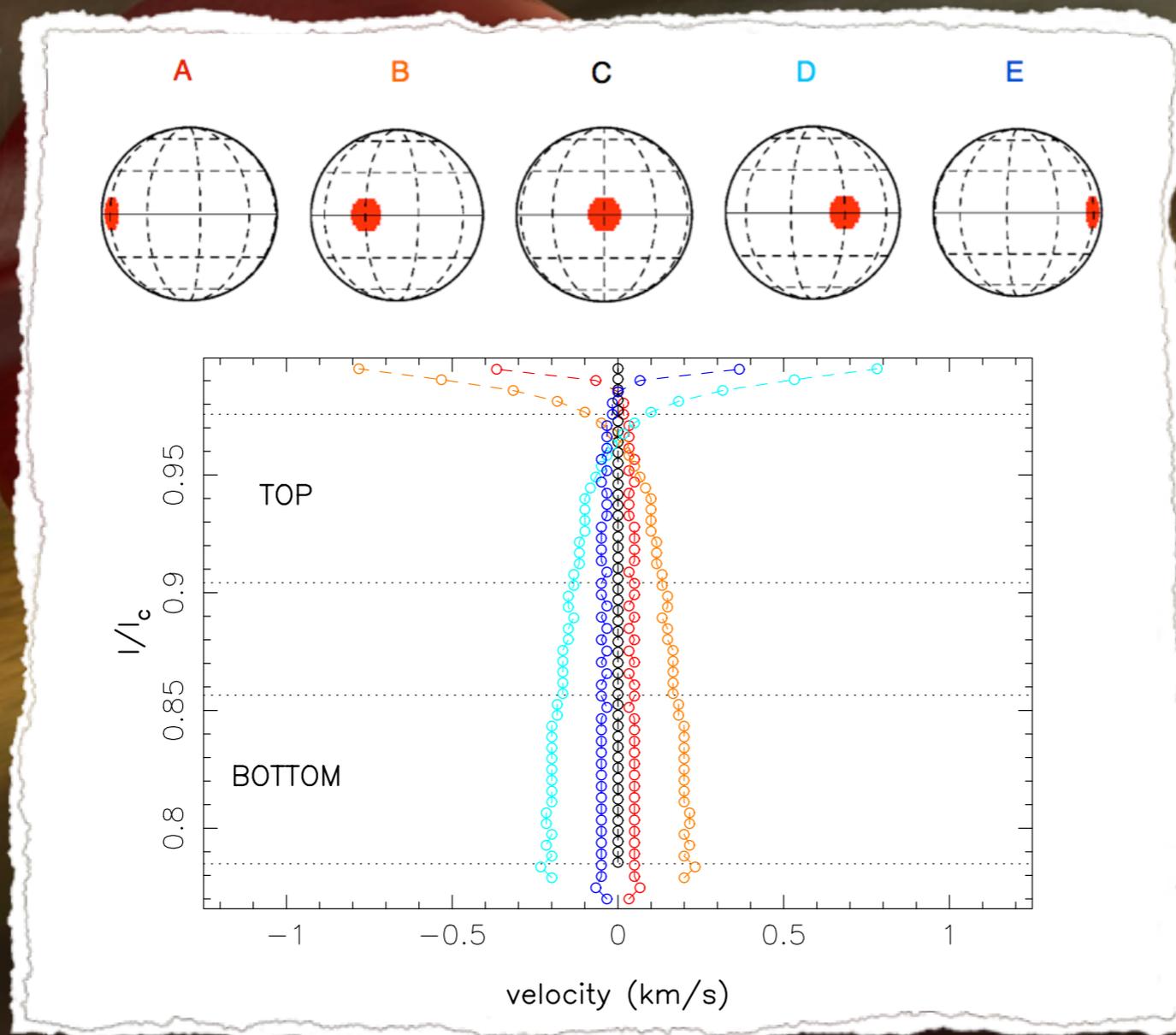
- ⇨ thèse E. Hébrard (IRAP)
- ⇨ obs HARPS-Pol / Sophie / NARVAL / ESPaDOnS

atelier PNPS / PNP Octobre 2011 « Magnétisme stellaire & exoplanètes »

atelier PNST / PNPS / PNP Juin 2014 « Interactions étoiles planètes »

magnétisme / activité & exoplanètes

exemple de résultat



rotational modulation of the line bisector in the case of a magnetic region

magnétisme / activité & exoplanètes

prospective 2014+

2014 - 2017 : exploitation programmes en cours

observations HARPS-Pol / ESPaDOnS / Narval / Sophie + CoRoT / Kepler
travaux théoriques sur les interactions étoile / planète
modélisation activité / champ magnétique pour filtrage du bruit RV
préparation scientifique observations nIR SPIRou / SPIP

2017+ : observations nIR avec SPIRou / SPIP :

vélocimétrie & spectropolarimétrie simultanées

• SPIRou Legacy Survey & LPs : filtrage activité sur ~600 naines M et ~200 étoiles jeunes

• synergie avec missions spatiales (TESS, CHEOPS, PLATO) et équipements sol (LOFAR, SKA)

• interface avec PNP

