

**Études spectropolarimétriques
du magnétisme stellaire :
de ESPaDOnS/NARVAL/HARPSpol
à SPIRou/SPIP/CRIRES+**

Julien Morin

Laboratoire Univers et Particules de Montpellier

*Colloque de Prospective du PNPS
26 mars 2018*

Outline

- 1 Spectropolarimétrie stellaire haute-résolution
- 2 Instruments présents
- 3 Spectropolarimètres en développement
- 4 Futur de la spectropolarimétrie stellaire

Outline

1 Spectropolarimétrie stellaire haute-résolution

- Magnétisme stellaire
- Au-delà du magnétisme

2 Instruments présents

3 Spectropolarimètres en développement

4 Futur de la spectropolarimétrie stellaire

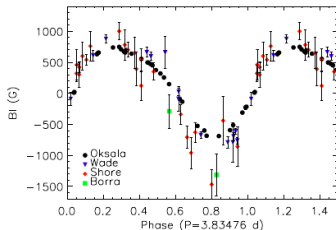
Magnétisme stellaire

■ Effet Zeeman/Paschen-Back

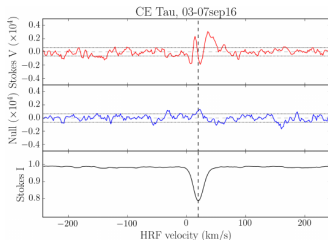
- Cœur de la spectropol. stellaire
- Mesures dans les raies individuelles
- Techniques multi-raies : < 1 G

■ Effet Hanlé

- « Second spectre solaire »
- *Stenflo (1982)*
- Application aux étoiles ?
- *Manso Sainz & Martínez González (2012)*



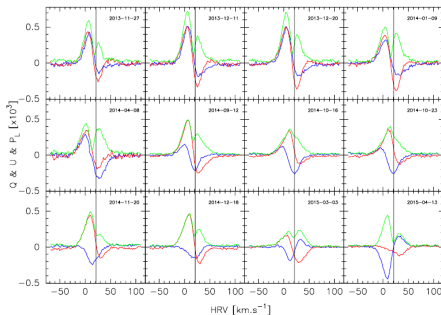
Oksala et al. (2018)



Tessore et al. (2017)

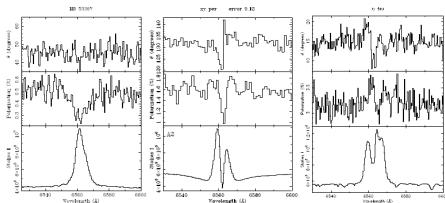
Au-delà du magnétisme

- Chocs dans les étoiles Mira
 - Polarisation variable des raies de Balmer en émission
 - *Fabas et al. (2011)*
- « Second spectre stellaire »
 - Dépolarisation raies spectrales RSG
 - *Aurière et al. (2016)*
 - Présentation A. Lèbre



Aurière et al. (2016)

- Géométrie des environnements circumstellaires
 - Disques des TTS et Herbig Ae/Be
 - Vents étoiles massives



Vink (2012)

Outline

1 Spectropolarimétrie stellaire haute-résolution

2 Instruments présents

- ESPaDOnS/NARVAL : le HRD magnétique
- ESPaDOnS/NARVAL/HARPSpol : spécificités

3 Spectropolarimètres en développement

4 Futur de la spectropolarimétrie stellaire

ESPaDO_nS/NARVAL : le HRD magnétique

■ « MagIcS : a Magnetic Investigation of various classes of Stars »

- Étude systématique HRD
- Échantillonnage : masse/âge/rotation
- présentation L. Jouve

- Avancées majeures
- Structuration de la communauté
- Héritage important : PolarBase
 - *Petit et al. (2014)*

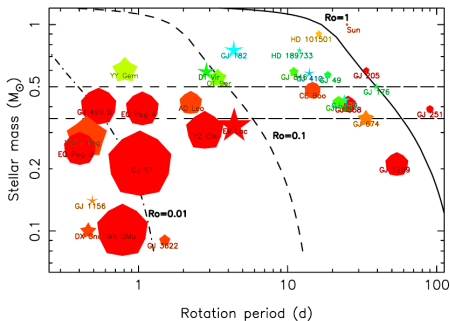


Diagramme masse-période
Étoiles K-M MS
Moutou et al. (2017)

ESPaDOnS/NARVAL : le HRD magnétique

■ « MagIcS : a Magnetic Investigation of various classes of Stars »

● Étude systématique HRD

● Échantillonnage :
masse/âge/rotation

→ présentation L. Jouve

→ Avancées majeures

→ Structuration de la communauté

→ Héritage important : PolarBase

● *Petit et al. (2014)*

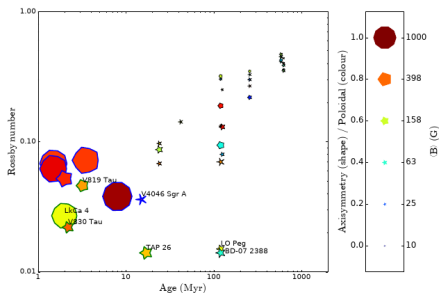
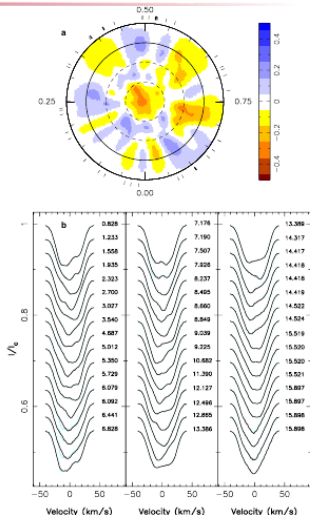


Diagramme Ro-Age
Étoiles G-K
Folsom et al. (2017)

ESPaDOoS/NARVAL/HARSPol : spécificités

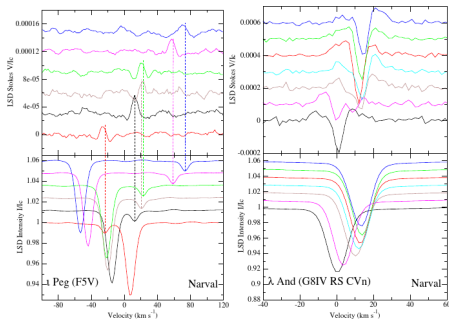
- ESPaDOoS/NARVAL :
éléments clés du succès
 - Résolution spectrale adaptée :
 $R = 65\,000$
 - Domaine visible intégral :
 $0.37\text{-}1\ \mu\text{m}$
 - Efficacité élevée
- TCFH/ESPaDOoS
 - objets faibles/très froids
- TBL/NARVAL
 - TBL 100% spectropol
 - Complémentarité
- LaSilla3.6m/HARSPol
 - $R = 110\,000$, vélocimétrie
 - Efficacité moindre / « bleu »
 - Forte pression



ESPaDOoS + NARVAL :
V830 Tau (TTS+hJ)
Donati et al. (2016)

ESPaDOoS/NARVAL/HARPSpol : spécificités

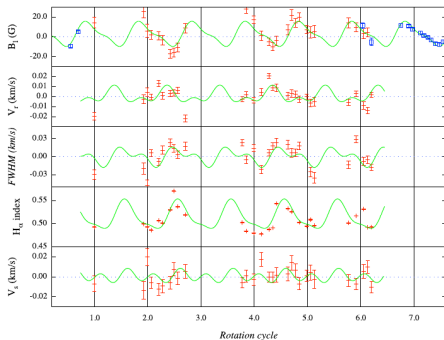
- ESPaDOoS/NARVAL : éléments clés du succès
 - Résolution spectrale adaptée : $R = 65\,000$
 - Domaine visible intégral : $0.37\text{-}1\ \mu\text{m}$
 - Efficacité élevée
- TCFH/ESPaDOoS
 - objets faibles/très froids
- TBL/NARVAL
 - TBL 100% spectropol
 - Complémentarité
- LaSilla3.6m/HARPSpol
 - $R = 110\,000$, vélocimétrie
 - Efficacité moindre / « bleu »
 - Forte pression



NARVAL : BRITePol
Neiner & Lèbre (2014)

ESPaDOoS/NARVAL/HARSPol : spécificités

- ESPaDOoS/NARVAL : éléments clés du succès
 - Résolution spectrale adaptée : $R = 65\,000$
 - Domaine visible intégral : $0.37\text{-}1\ \mu\text{m}$
 - Efficacité élevée
- TCFH/ESPaDOoS
 - objets faibles/très froids
- TBL/NARVAL
 - TBL 100% spectropol
 - Complémentarité
- LaSilla3.6m/HARSPol
 - $R = 110\,000$, vélocimétrie
 - Efficacité moindre / « bleu »
 - Forte pression



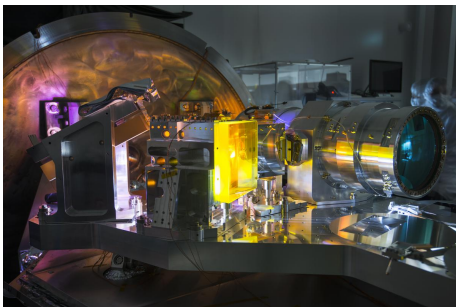
HARSPol : GJ 410
E. Hébrard et al. (2016)

Outline

- 1 Spectropolarimétrie stellaire haute-résolution
- 2 Instruments présents
- 3 Spectropolarimètres en développement**
 - En France : SPIRou/SPIP et NeoNARVAL
 - Autres développements spectropol. européens
- 4 Futur de la spectropolarimétrie stellaire

Développements spectropol. français

- CFHT/SPIRou et TBL/SPIP
 - 0,95–2,35 μm $R = 75\,000$
 - vélocimétrie 1 m/s
 - 2018, 2020
 - SPIRou Legacy Survey
 - Recherche exoterras naines M
 - Formation stellaire magnétisée
 - Magnétisme stellaire
- 400n sur 4 ans
- caractérisation spectres nIR/molec
- présentation P. Crozet
- TBL/Neo-NARVAL
 - vélocimétrie qqes m/s
 - 2019
- Complémentarité SPIP
- Présentation E. Josselin



SPIRou

Crédit : S. Chastenet – CNRS/OMP

Autres développements spectropol. européens

■ VLT/CRIRES+

- $R = 100\,000$ 0,95–5,2 μm
- MàJ : capteurs, dispersion croisée, mode Spectropolarimétrie
- 2019

→ concurrence directe SPIRou

- exoplanètes (déetect. + atmosph.)
- magnétisme VLMS

■ Hors accès communauté

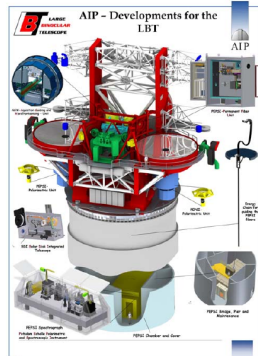
• LBT/PEPSI

- $2 \times 8,4$ m
- $R = 120\,000$ 0,38–0,9 μm
- statut ??



The CRILES Instrument

ESO Press Photo 27b08 (8 September 2008)

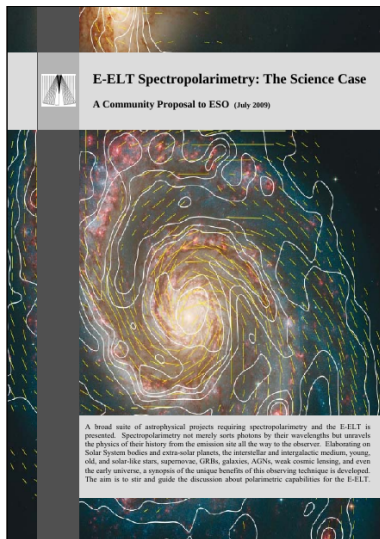


Outline

- 1 Spectropolarimétrie stellaire haute-résolution
- 2 Instruments présents
- 3 Spectropolarimètres en développement
- 4 Futur de la spectropolarimétrie stellaire**
 - Projets et idées
 - Quelle stratégie ?

Projets et idées

- Domaine spectral large : X-shooter
 - *Snik et al. (2013)*
 - Résolution moyenne ($R \sim 10^4$)
 - Modulateur polychromatique
- Spectropolarimétrie spatiale : LUVOIR/POLLUX
 - *Pertenais et al. (2017)*
 - *Bouret et al. (2018)*
 - Étoiles chaudes/exoplanètes
- Spectropolarimétrie sur l'E-ELT : HIRES-SFPP
 - *E-ELT Spectropolarimetry: The Science Case (juillet 2009)*
- Spectropolarimétrie multi-objets
- Spectropolarimétrie au dôme C



Quelle stratégie ?

- Transition spectropol nIR
 - Synergies magnétisme/planètes
 - Observations préparatoires
 - Adaptation outils
- Science au-delà du magnétisme
- Synergies missions spatiales
 - SPIRou : TESS, JWST...
 - PLATO : ?
 - Durée d'exploitation des instruments
 - Couverture hémisphère sud
- Domaines spectraux
 - Continuité visible ?
 - Spectro visible suffisante ?
 - UV (spatial) ?
- Classes de télescopes
 - Science étoiles brillantes : T2m pertinent
 - \exists science requérant 8m+
 - \exists aussi science requérant suivi temporel heures \rightarrow décennies
- Quels objectifs pour futurs spectropolarimètres ?
- Nécessité d'avoir polarimétrie au cœur programme scientifique / du dévpt instrumental