

Spectropolarimétrie pour la Physique Stellaire

Julien Morin

Laboratoire Univers et Particules de Montpellier

*Colloque de Prospective du PNPS
Besançon 24–27 février 2014*

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

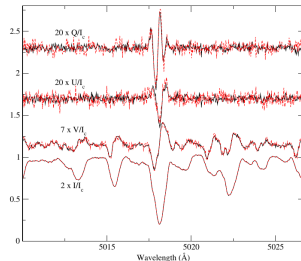
Magnétisme stellaire

■ Effet Zeeman

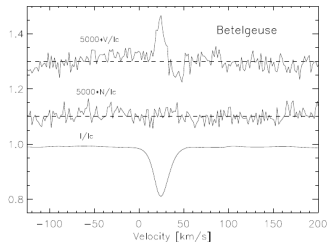
- Cœur de la spectropol. stellaire
- Mesures dans les raies individuelles
- Techniques multi-raies : $< 1 \text{ G}$

■ Effet Hanlé

- « Second spectre solaire »
- *Stenflo (1982)*
- Application aux étoiles ?
- *Manso Sainz & Martínez González (2012)*
- Polarisation inexpliquée des AGB et RSG ?
- Présentation M. Aurière



Silvester et al. (2012)

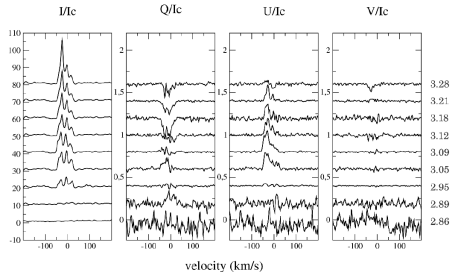


Aurière et al. (2010)

Au-delà du magnétisme

■ Chocs dans les étoiles Mira

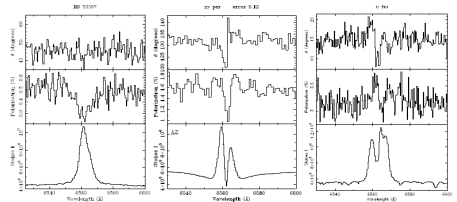
- Polarisation variable des raies de Balmer en émission
- Reliée au choc



Fabas et al. (2011)

■ Géométrie des environnements circumstellaires

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



Vink (2012)

1 Spectropolarimétrie stellaire haute-résolution

2 Instruments présents

- Premiers résultats pré-ESPaDOnS/NARVAL
- ESPaDOnS/NARVAL : le HRD magnétique
- ESPaDOnS/NARVAL/HARPSpol : spécificités

3 Spectropolarimètres en développement

4 Futur de la spectropolarimétrie stellaire

Premiers résultats pré-ESPaDOnS/NARVAL

- Phase pionnière de la spectropolarimétrie stellaire
 - SemelPol : AAT et TCFH
 - TBL/MuSiCoS

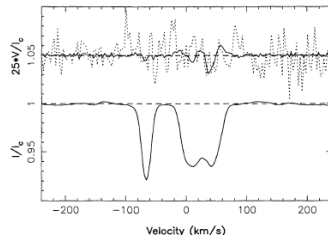
- Développement

- Instruments
- Réduction
- Analyse

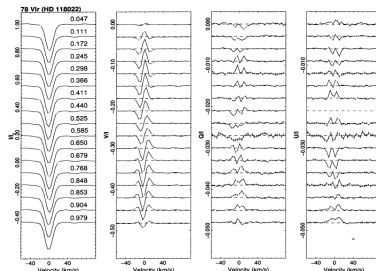
- Premiers résultats scientifiques

- Étoiles brillantes/actives
- Ap/Bp
- G-K : RS CVn/FK Com/PMS

LSD profiles of profiles HR 1099, 1995 Dec. 08



HR 1099 *Donati et al. (1997)*



78 Vir *Wade et al. (2000)*

ESPaDOnS/NARVAL : le HRD magnétique

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

- Étude systématique HRD
- Échantillonnage :
masse/âge/rotation
- cf session magnétisme

- Avancées majeures
- Structuration de la communauté
- Héritage important : PolarBase

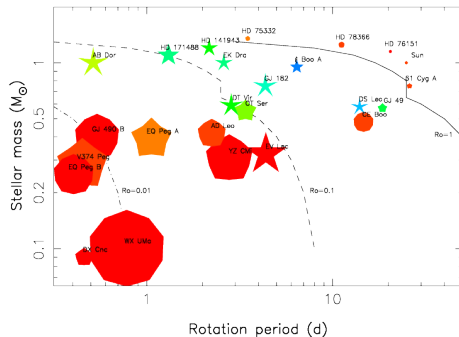


Diagramme masse-période
Donati & Landstreet (2009)

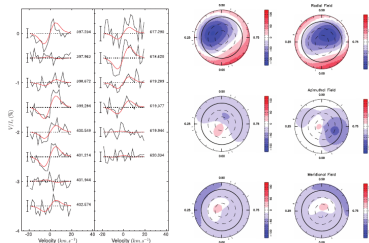
ESPaDOnS/NARVAL/HARPSpol : spécificités

- ESPaDOnS/NARVAL : éléments clés du succès
 - Résolution spectrale adaptée : $R = 65\,000$ ($\lesssim 5$ km/s)
 - Domaine visible intégral : $0.37\text{--}1\,\mu\text{m}$
 - Efficacité élevée

- TCFH/ESPaDOnS
 - objets faibles/très froids

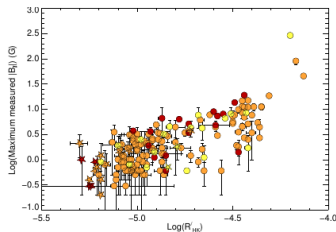
- TBL/NARVAL
 - TBL 100% spectropol
 - Complémentarité

- LaSilla3.6m/HARPSpol
 - $R = 110\,000$, velocimétrie
 - Efficacité moindre / « bleu »
 - Forte pression



GJ 3622 M6.5 $m_V=15.6$

Morin et al. (2010)

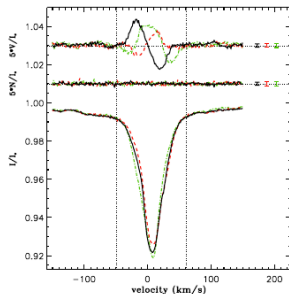


Bcool : 170 étoiles naines FGK

Marsden et al. (2014)

ESPaDOnS/NARVAL/HARPSpol : spécificités

- ESPaDOnS/NARVAL :
éléments clés du succès
 - Résolution spectrale adaptée :
 $R = 65\,000$ ($\lesssim 5$ km/s)
 - Domaine visible intégral :
 $0.37\text{--}1\ \mu\text{m}$
 - Efficacité élevée
- TCFH/ESPaDOnS
 - objets faibles/très froids
- TBL/NARVAL
 - TBL 100% spectropol
 - Complémentarité
- LaSilla3.6m/HARPSpol
 - $R = 110\,000$, velocimétrie
 - Efficacité moindre / « bleu »
 - Forte pression



MiMeS : HD 130807

Alecian et al. (2011)

Outline

1 Spectropolarimétrie stellaire haute-résolution

2 Instruments présents

3 Spectropolarimètres en développement

- Spectropolarimètres en développement : SPIRou/SPIP
- Autres développements spectropol. européens

4 Futur de la spectropolarimétrie stellaire

Développements spectropol. français

■ CFHT/SPIRou et TBL/SPIP

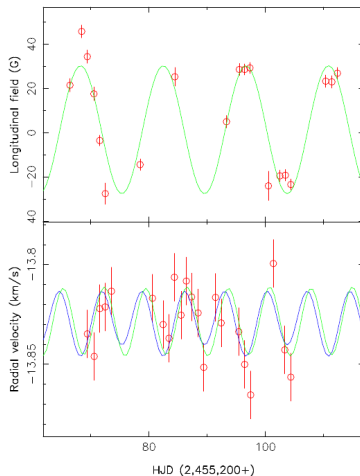
- 1–2,5 μm $R = 80\,000$
- vélocimétrie 1 m/s
- 2017, 2019
- Colloque scientifique en septembre
 - Recherche exoterres naines M
 - Formation stellaire magnétisée
 - Magnétisme stellaire
 - ...

➔ *Legacy survey* : 500n sur 5 ans

■ TBL/Neo-NARVAL

- vélocimétrie qqes m/s
- 2016

➔ Préparation SPIP ?



SPIRou science case

Développements spectropol. français

■ CFHT/SPIRou et TBL/SPIP

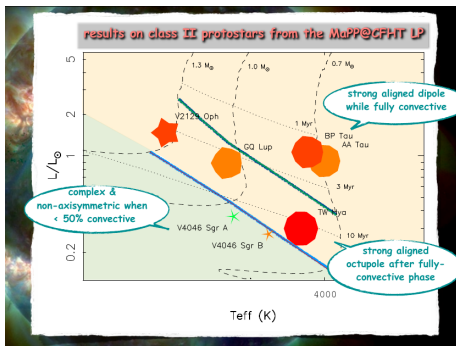
- 1–2,5 μm $R = 80\,000$
- vélocimétrie 1 m/s
- 2017, 2019
- Colloque scientifique en septembre
 - Recherche exoterres naines M
 - Formation stellaire magnétisée
 - Magnétisme stellaire
 - ...

➔ *Legacy survey* : 500n sur 5 ans

■ TBL/Neo-NARVAL

- vélocimétrie qqes m/s
- 2016

➔ Préparation SPIP ?



Résultats MaPP (présentation J.-F. Donati)

Outline

1 Spectropolarimétrie stellaire haute-résolution

2 Instruments présents

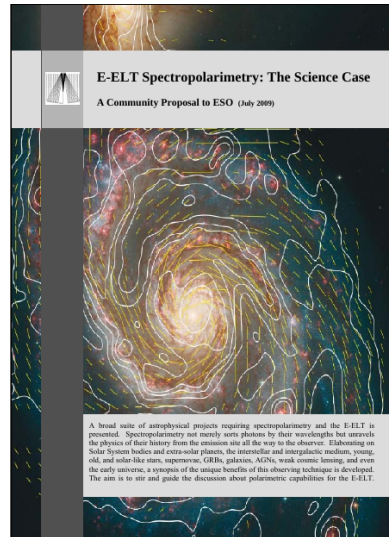
3 Spectropolarimètres en développement

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 : UVMag
 - *Neiner et al. (2014)*
 - colloque scientifique en mai
 - Étoiles chaudes ++
- Spectropolarimétrie sur l'E-ELT : HIRES-SFPP
 - *E-ELT Spectropolarimetry : The Science Case (juillet 2009)*
- Spectropolarimétrie multi-objets
- Spectropolarimétrie au dôme C



Quelle stratégie ?

■ Préparation spectropol nIR

- Définition objectifs
- Préparation exploitation
 - Théorie / modélisation
 - Observations préparatoires

■ Synergies missions spatiales

- Objectifs ?
- Durée d'exploitation des instruments
- Couverture hémisphère sud

■ Domaines spectraux

- Continuité visible ?
- Spectro visible suffisante ?
- UV (spatial) ?

■ Classes de télescopes

- Science étoiles brillantes : T2m suffisant
 - Optimisation lecture CCD
- $\exists$ science requérant 8m+
- $\exists$ aussi science requérant suivi temporel heures $\rightarrow$ décennies
- Quand opérer glissement 4m $\rightarrow$ 8m ?

■ Quels objectifs pour futurs spectropolarimètres ?

■ Nécessité d'avoir polarimétrie au cœur programme scientifique / du dévpt instrumental