

# Programme National de Physique Stellaire (PNPS)

**Boris Dintrans (directeur) et Yveline Lebreton (présidente CS)**

**CS 2014 – 2018 : E.Alecian, F.Bouchy, A.Ciardi, L.Dessart, B.Dintrans, F.Herpin,  
L.Jouve, Y.Lebreton, F.Martins, E.Moraux, F.Motte, N.Nardetto, A.Robin, F.Royer,  
R.Samadi**



Programme National de Physique Stellaire

# Historique, objectifs, thématiques

ASPS : de 1999 à 2002 ; PNPS : 2003-2006, 2006-2010, 2010-2014.

Fév. 2014 : 4ème colloque de prospective à Besançon, avant la prospective INSU AA@Giens (oct. 2014).

Structure : Conseil Scientifique de 15 membres nommés (renouvelés à 50% tous les 2 ans, CS2M jusqu'à 2014 puis TAC commun PNs depuis 2015

Pavage thématique, représentativité, prospective.

Actions sur projets (appel à projets annuel lancé par l'INSU).

Jusqu'à 2014 : gestion des nuits 2m nationaux (CS2M) puis réforme en 2015 avec TAC commun multi-PNs

Susciter la structuration en projets (→ ANR, Europe)

Animation scientifique, formation → Ecole Evry Schatzman, workshops...

Soutenir les travaux de physique de base

Encourager les travaux aux interfaces

Formation stellaire, évolution PMS, étoiles de SP, phases évoluées, fin de vie.

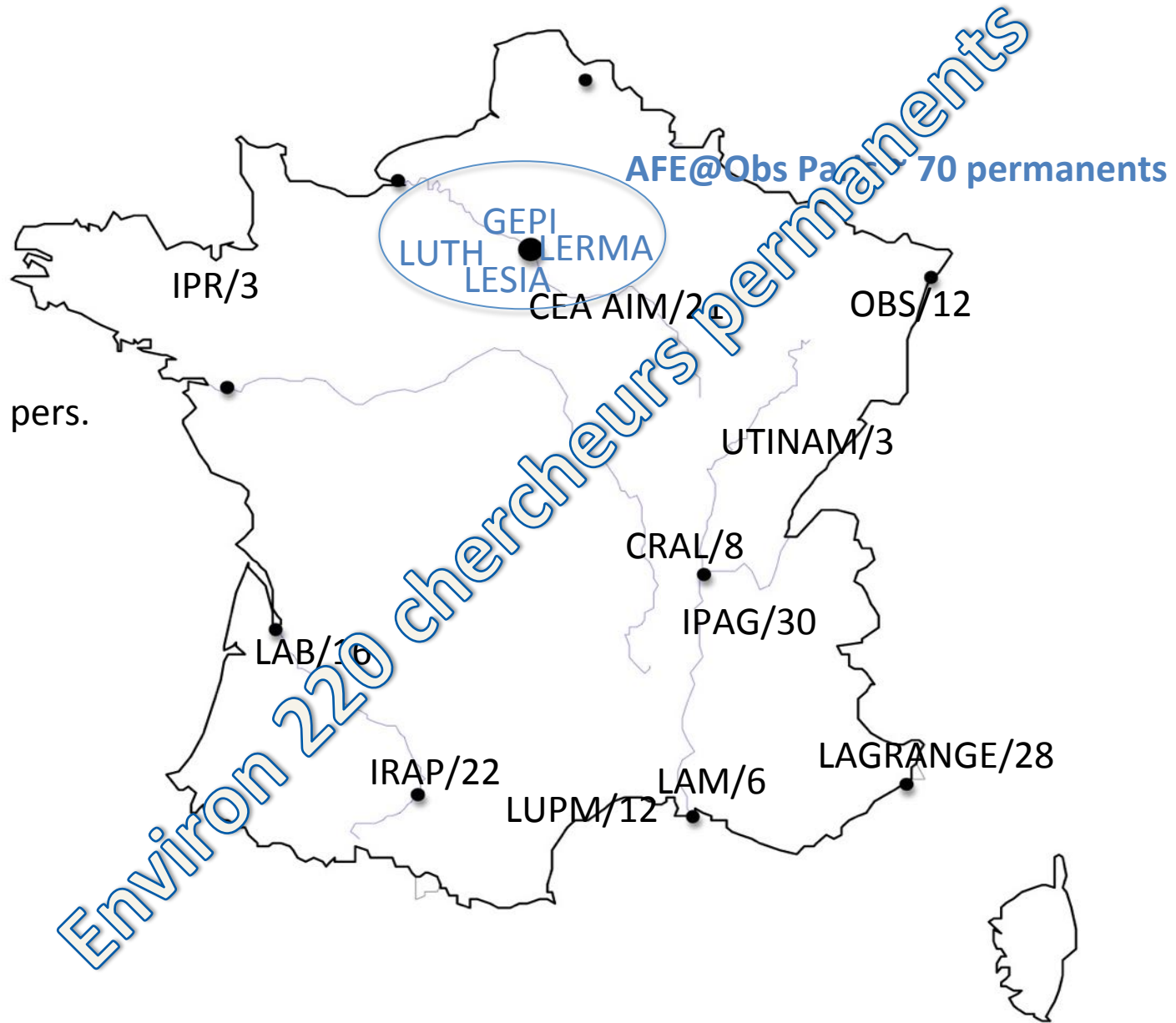
Structure interne, atmosphères, vents, interface MIS, disques PP, ...

Physique de base : simulations, Lasers, opacités, données atomiques et moléculaires, ...

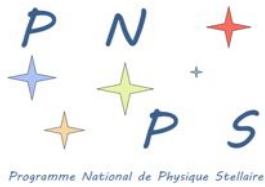


Programme National de Physique Stellaire

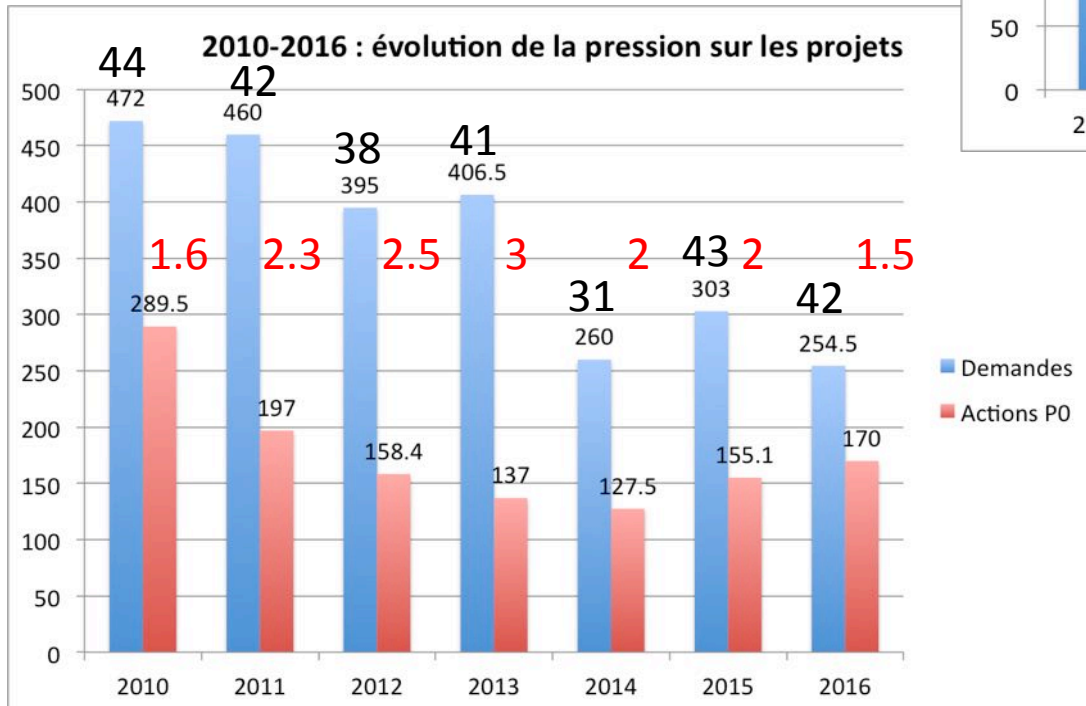
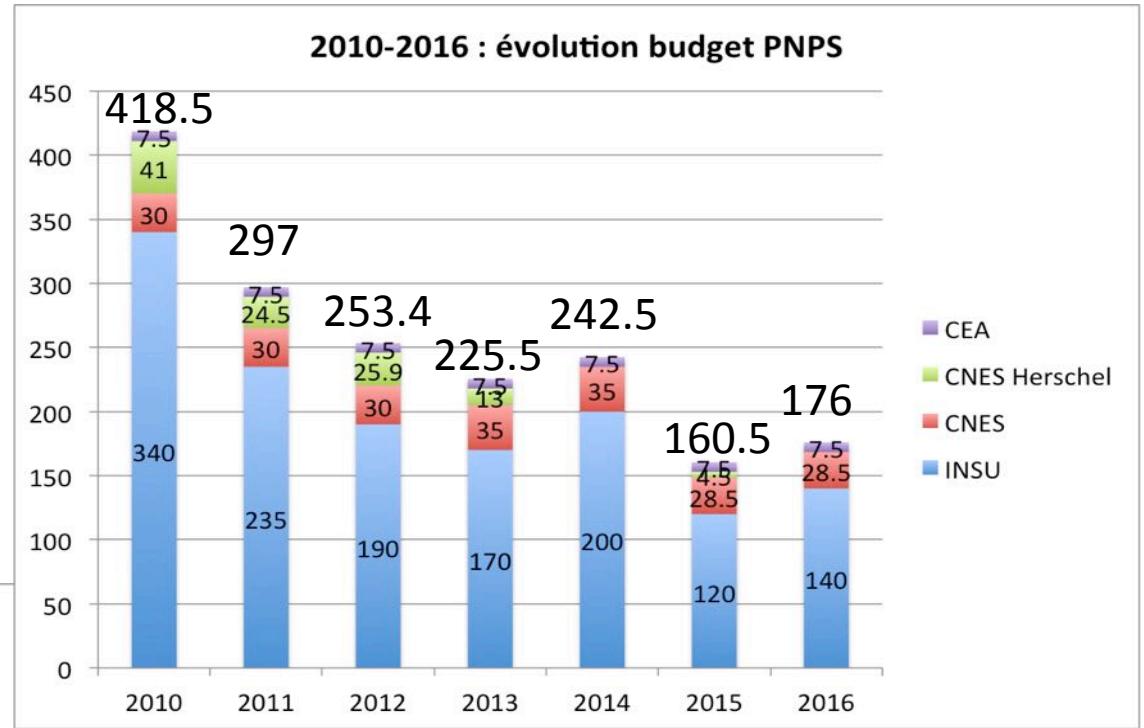
# Recensement de la communauté



SF2A : 140 pers.  
Forum-etoiles : 300 pers.



# Budget et actions PNPS 2010-2016





# Quelques grandes questions en physique stellaire...



- Le problème de la formation des étoiles : IMF, distinction étoile-planète, etc...
- Evolution stellaire “non-standard” : processus de transport ( $L$ , perte de masse...), influence de  $B_{\text{mag}}$  ou de la binarité, stades ultimes, 2-D v.s. 1-D...
- Les couples étoile-planète et étoile-disque...
- La dynamo stellaire...

## ... questions qui sont souvent aux interfaces avec les autres PNs

- Physico-chimie du MI et physique stellaire (formation, physique disques pp) → **PNPS+PCMI+PNP**
- Exoplanétologie (lien étoile-planètes) → **PNPS+PNP**
- Gaia et la physique stellaire galactique (mais aussi CoRoT/Kepler via indices sismiques) → **PNPS+PNCG**
- Hautes énergies et évolution stellaire (stades avancés, binaires X, SN...) → **PNPS+PNHE**
- Magnétisme solaire et stellaire → **PNPS+PNST**
- Outils numériques et expérimentaux (lasers de puissance, simus multi-D, Big Data...) → **tout le monde !**



# Thèmes prioritaires 2015-2018

- 2 grandes directions (a.k.a. “2 chapeaux”) :
  - *Stars as Sun*
  - *Stars in galaxies*
- 5 thèmes prioritaires :
  - Origines
  - Champ magnétique et activité stellaires
  - Environnements et atmosphères, vents, perte de masse
  - Structure et évolution stellaires
  - Anatomie/imagerie/cartographie des surfaces/intérieurs/  
environnements proches
- 1 thème transverse : astrophysique de laboratoire (expériences de labo et simulations multi-D+Big Data)
- 1 thème en émergence : binarité

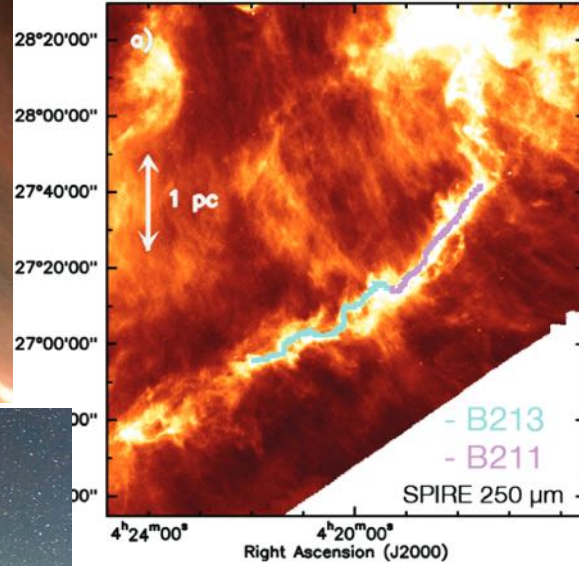


Programme National de Physique Stellaire

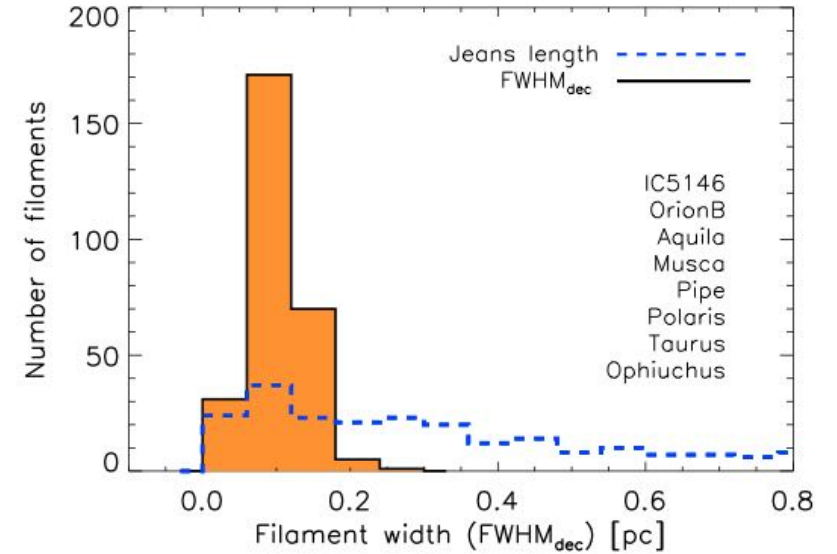
# Formation stellaire



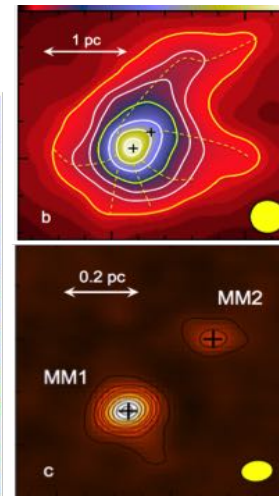
Palmeirim et al. (2013)



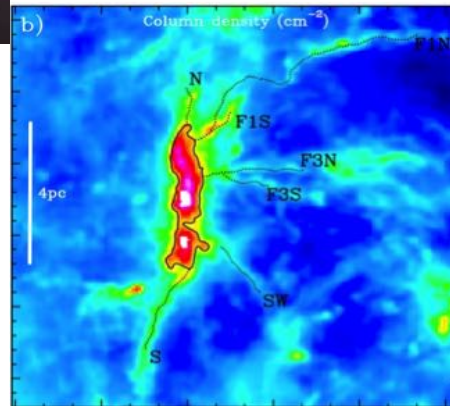
Arzoumanian et al. (2011)



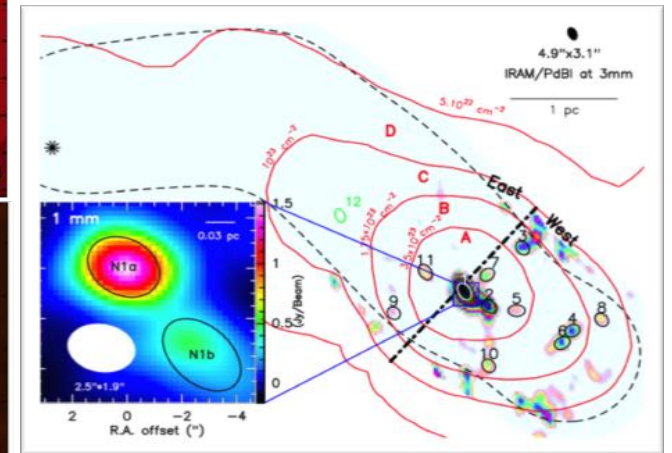
Perretto et al. (2013)



Hennemann et al. (2012)



Louvet et al. (2014)

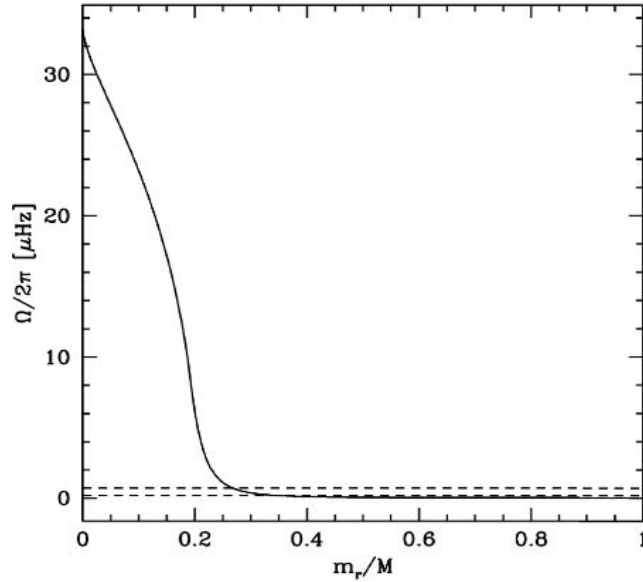




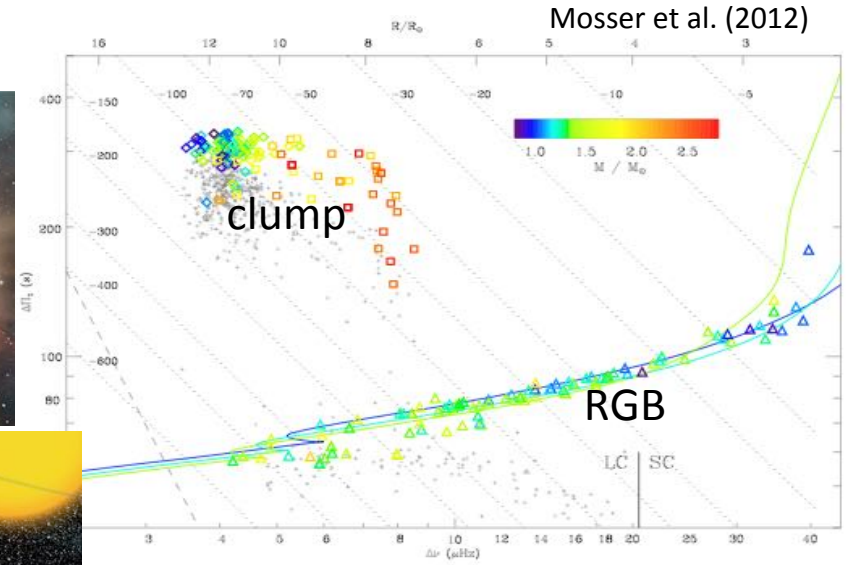
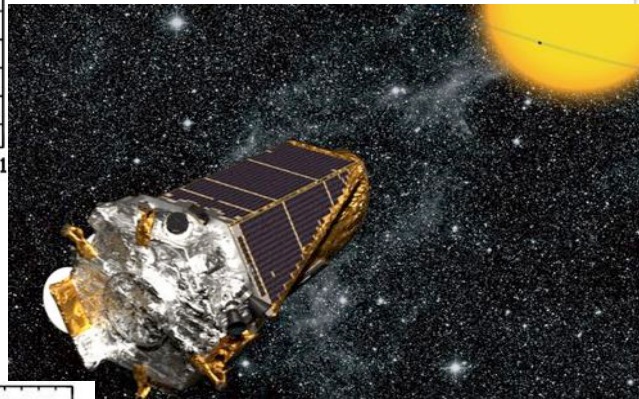
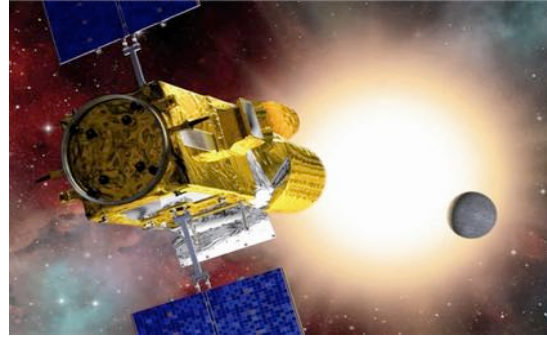


Programme National de Physique Stellaire

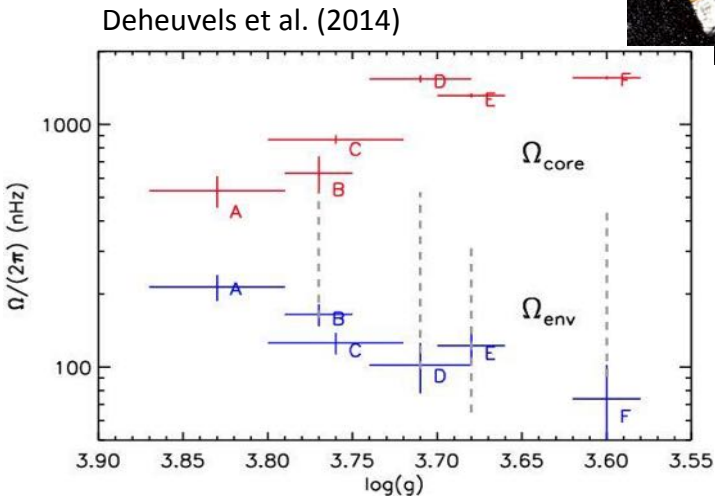
# Structure & évolution stellaires



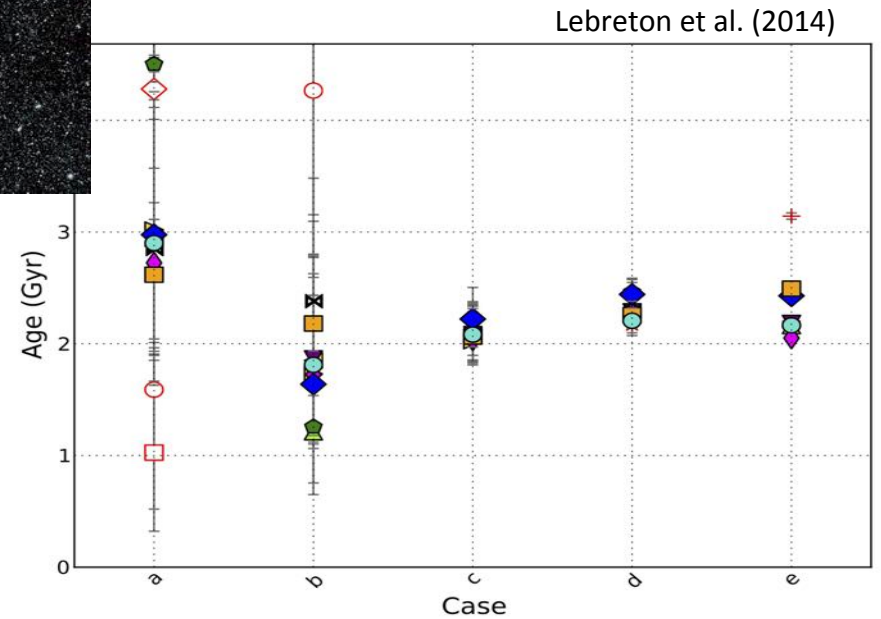
Ceillier et al. (2013)



Mosser et al. (2012)



Deheuvels et al. (2014)

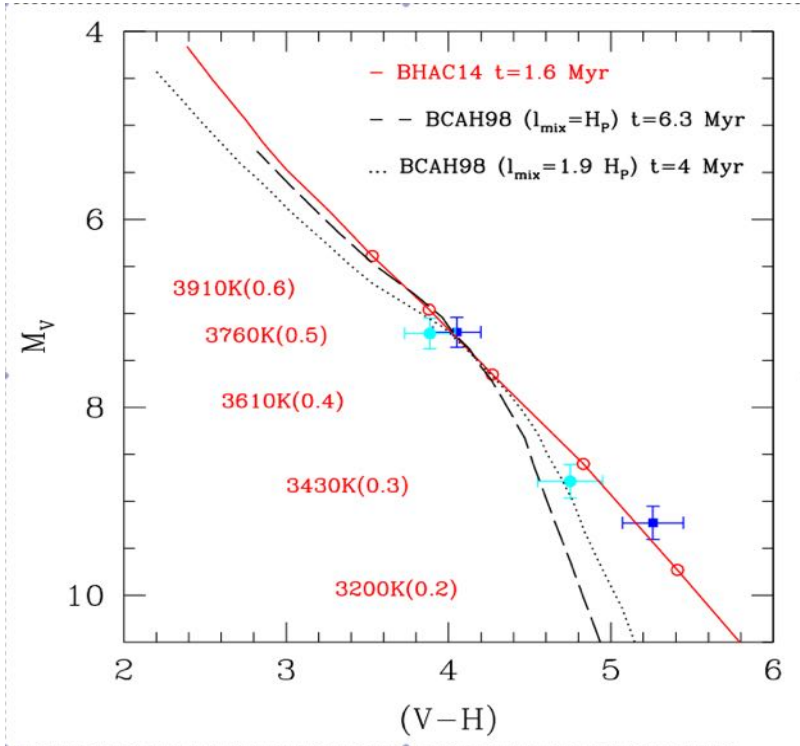


Lebreton et al. (2014)



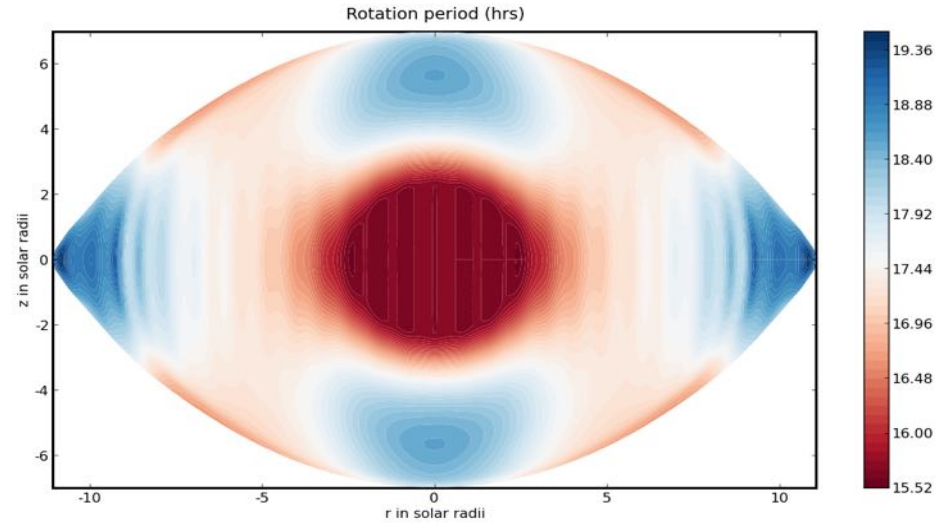
Programme National de Physique Stellaire

# Structure & évolution stellaires

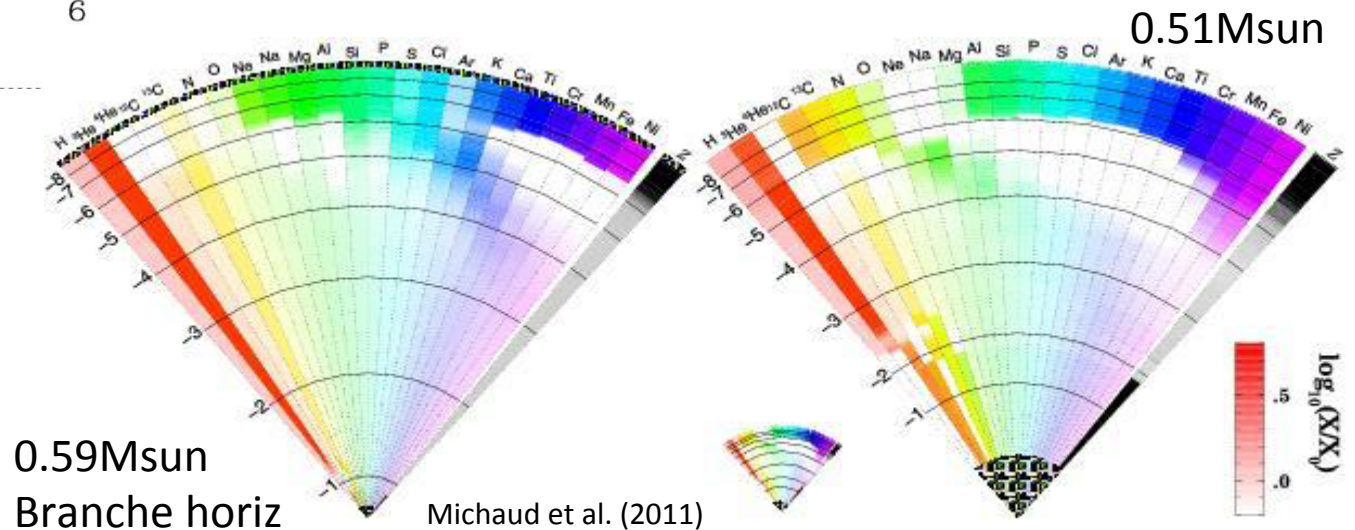


Baraffe et al. (2015)

ZAMS, 30Msun, 98% vcrit



Rieutord et Espinosa Lara (2013)



0.59Msun  
Branche horiz

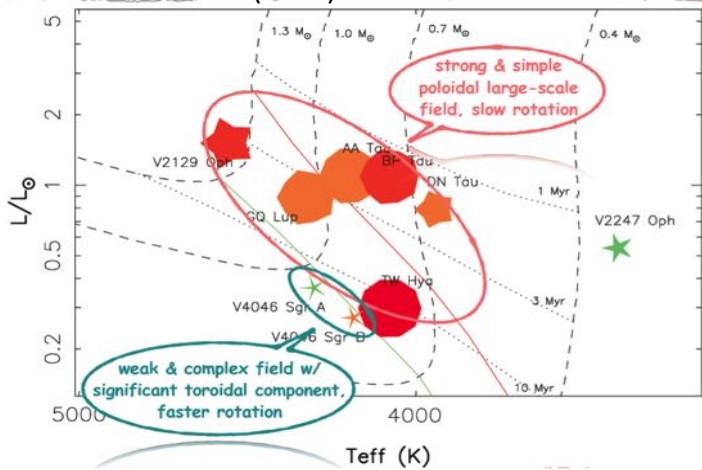
Michaud et al. (2011)



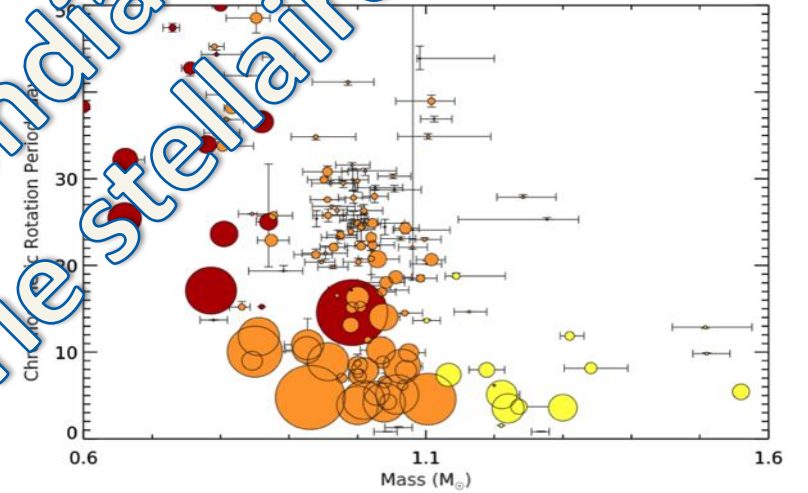
Programme National de Physique Stellaire

# Magnétisme & Activité

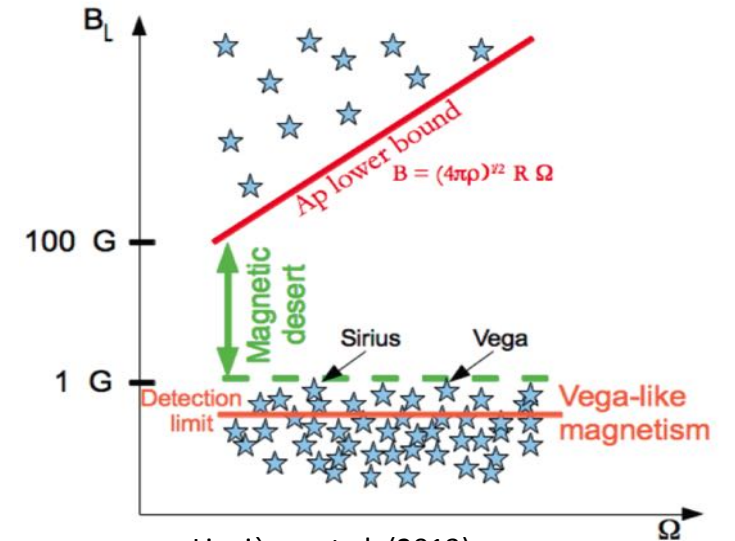
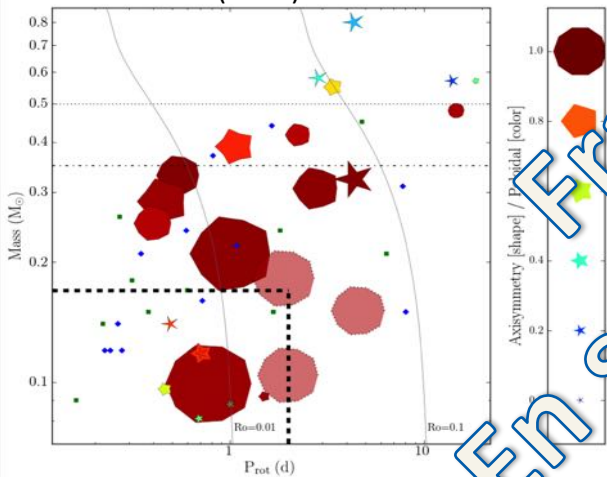
Donati et al. (2013)



Reisen et al. (2014)



Morin et al. (2011)



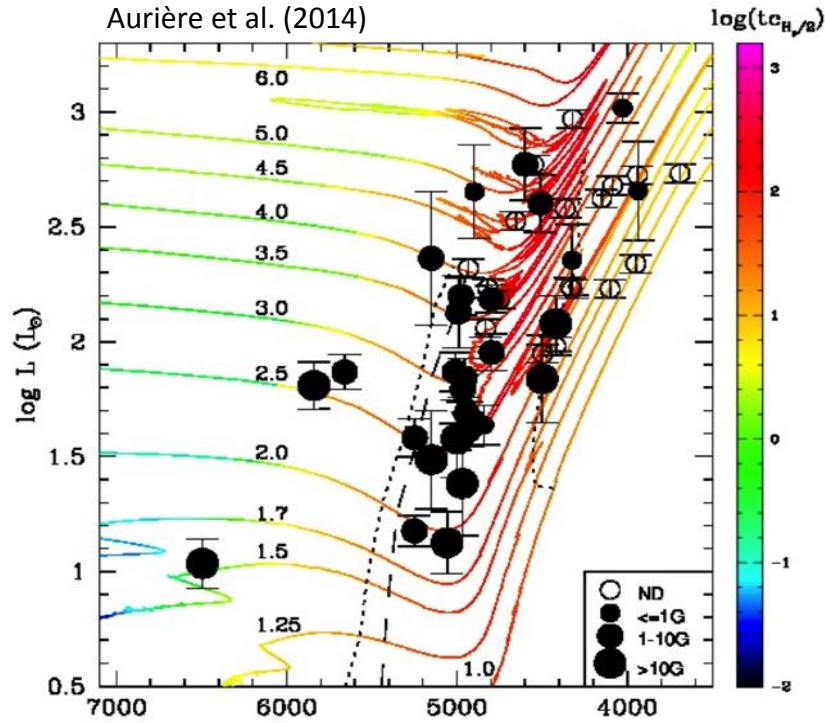
Lignières et al. (2013)

France = leader mondial en spectropolarimétrie stellaire!

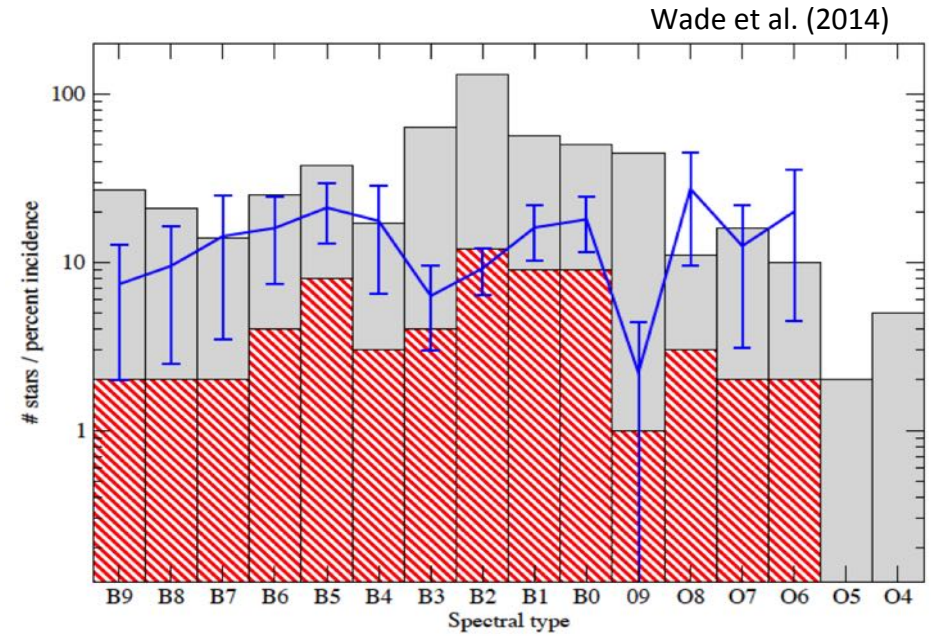
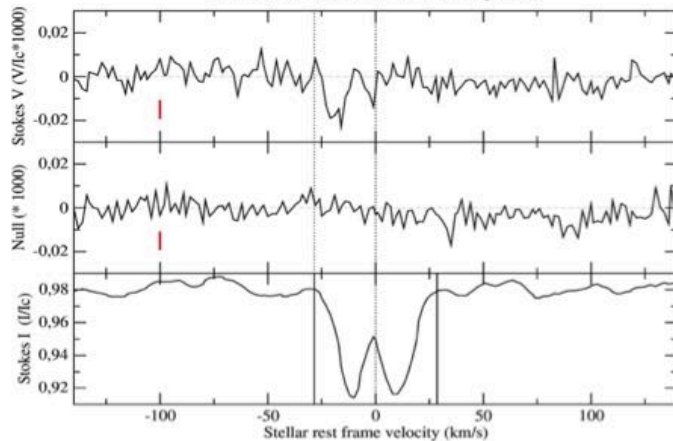


Programme National de Physique Stellaire

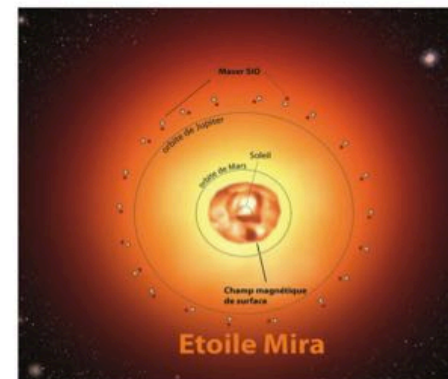
# Magnétisme & Activité



chi Cyg (maximum light 2012)  
LSD results - mean of 174 Stokes V sequences



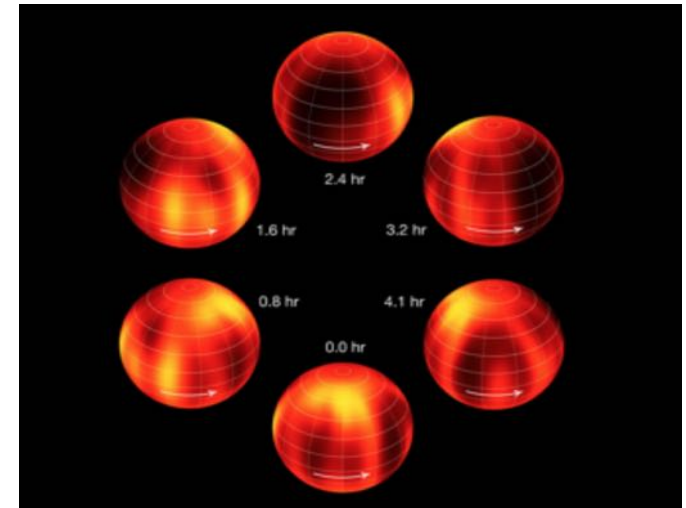
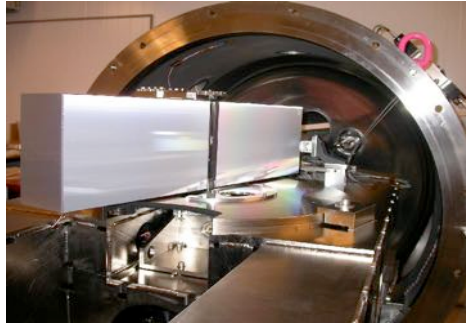
Lèbre et al. (2014)





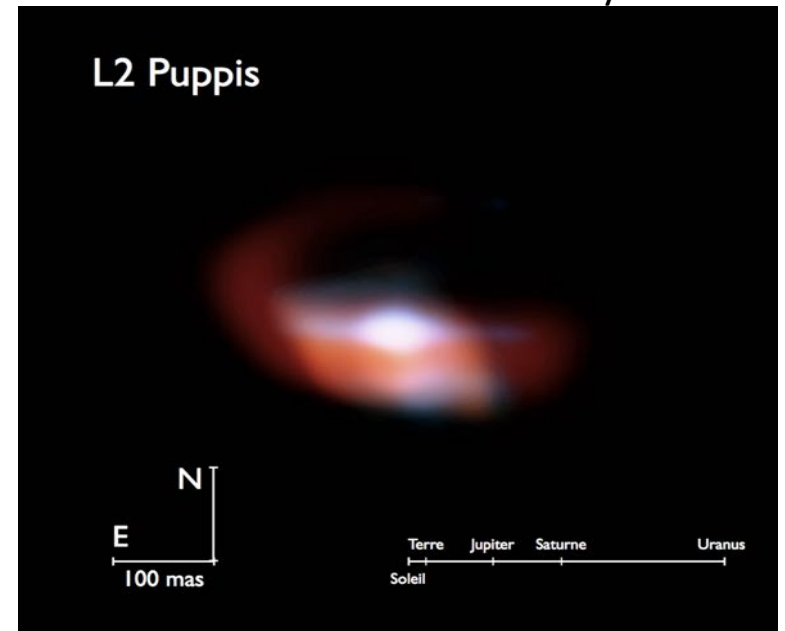
Programme National de Physique Stellaire

# Atmosphères & environnement

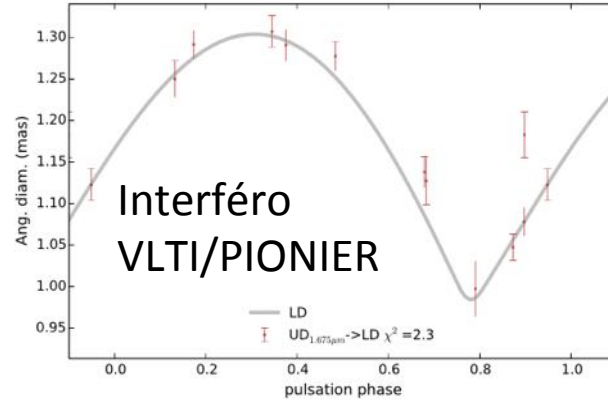
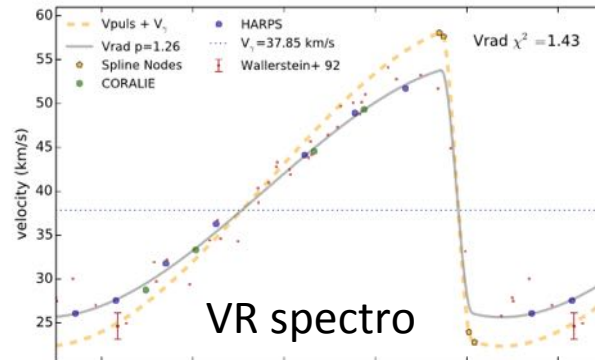
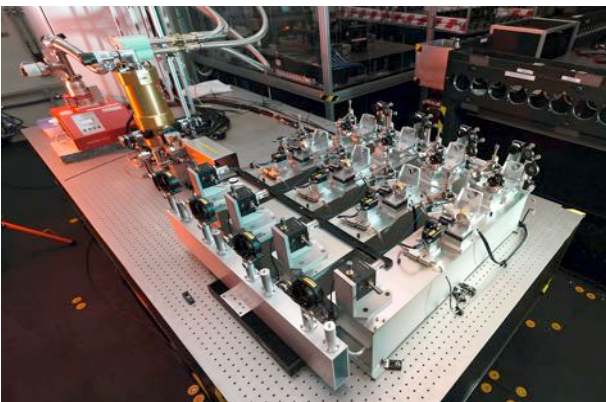


Crossfield et al. (2013)

VLT/NACO



Kervella et al. (2014)

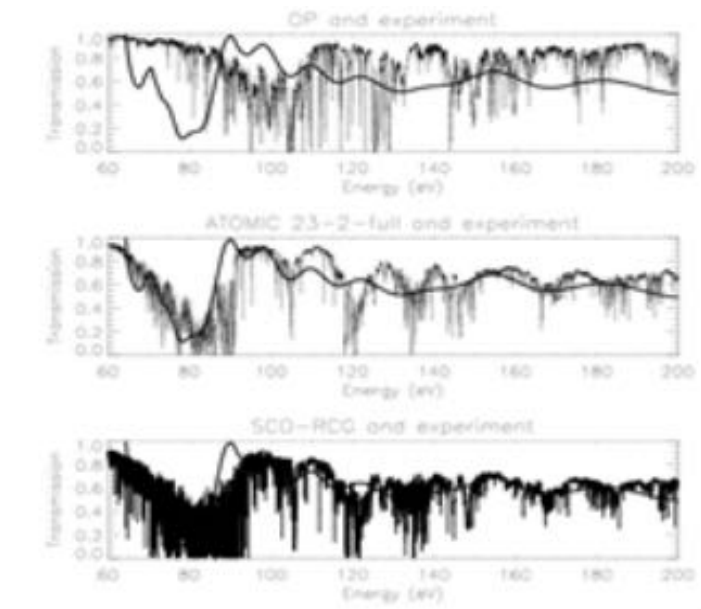


Breitfelder et al. (2015)

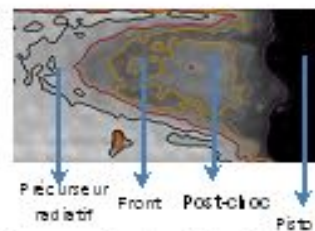


Programme National de Physique Stellaire

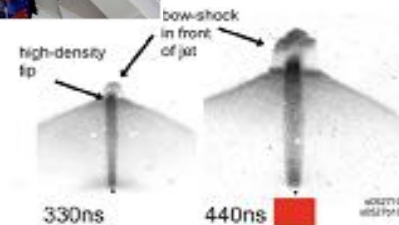
# Astrophysique de laboratoire



**Figure 3 :** Comparaison d'une expérience de photo absorption sur le nickel réalisée au LULI dans des conditions équivalentes à celles du pic du fer dans les atmosphères des beta Cephei avec les calculs OP, ATOMIC et SCO-RCG (Turck-Chièze et al. HEDP 2011, 2013).

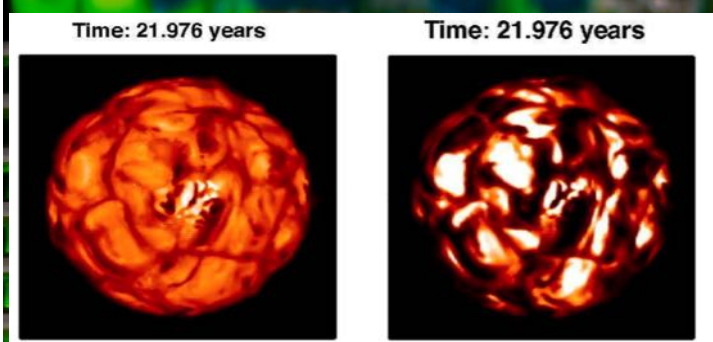


**Figure 4 :** Première image de l'ensemble de la structure d'un choc radiatif obtenue par radiographie X à  $E \approx E_{Fe}$  auprès du laser PALS. (Chaulagain et al, HEDP 2015)

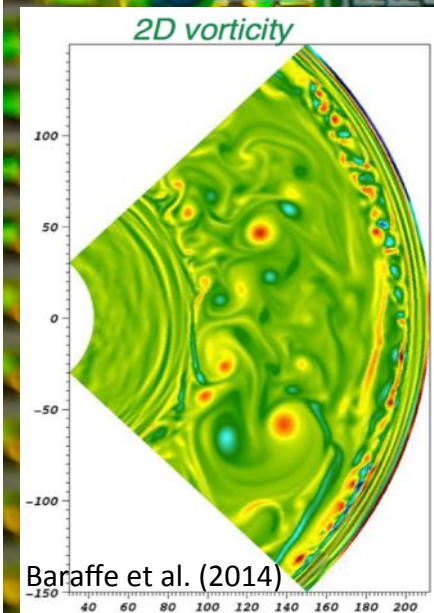


**Figure 5 :** Images de l'émission propre dans l'UV montrant les chocs générés par l'impact d'un jet avec un gaz d'argon. La dynamique est caractérisé par le développement de plusieurs chocs et la présence d'instabilités thermiques dans l'écoulement (Suzuki-Madal et al, 2012)

# Simulations numériques et théorie

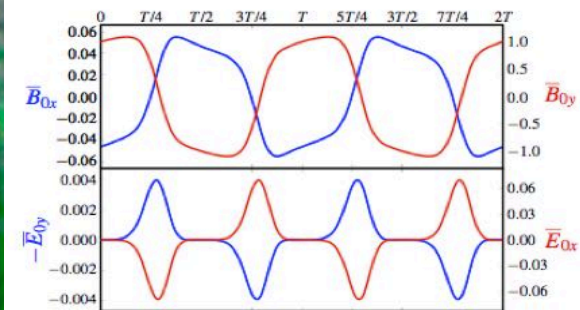


**Fig. 2.** Images computed with Optim3D from the same snapshot of an RSG CO<sup>5</sup>BOLD simulation; Left panel is in the K band with mostly contribution from the continuum (Chiavassa et al. 2009), and right panel is in the optical dominated by strong TiO absorption (Chiavassa et al. 2011b).

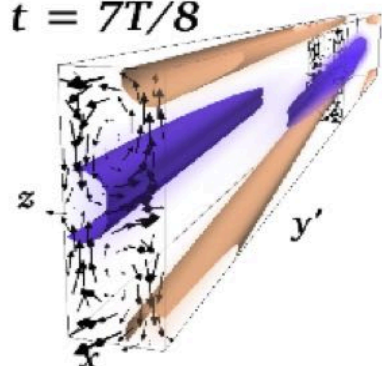


Baraffe et al. (2014)

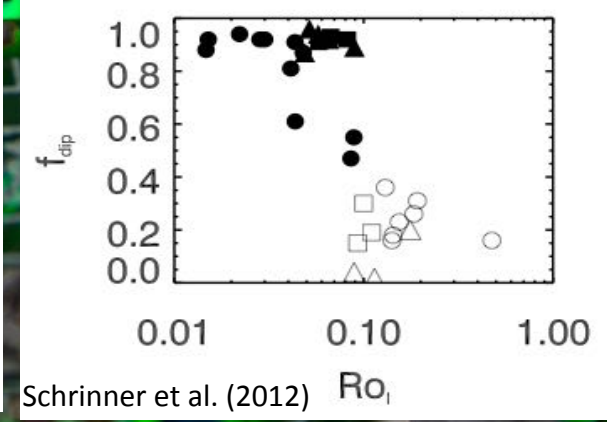
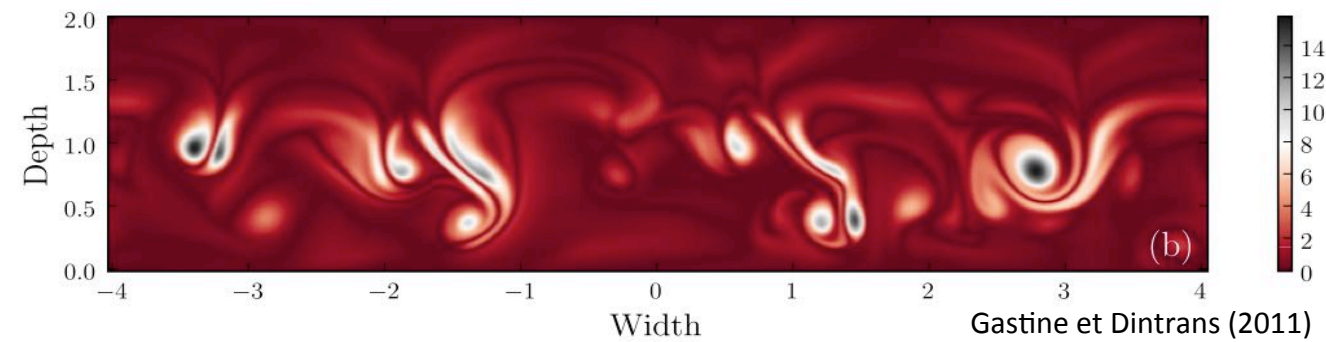
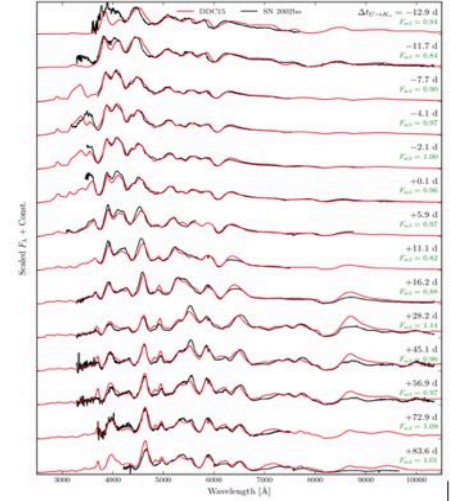
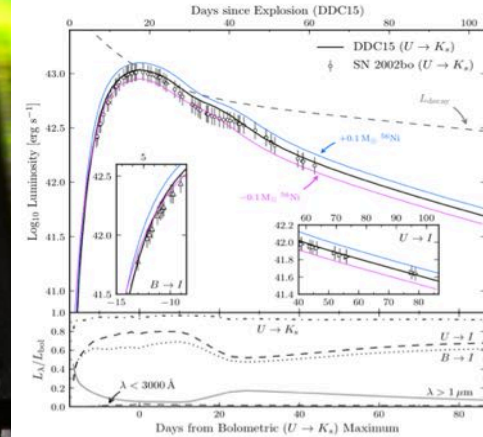
Herault et al. (2011)



$t = 7T/8$



Blondin et al. (2015)





# Animation scientifique #1

## Conférences/Ateliers/workshops thématiques

Année	Thèmes
2011	<p>Géantes rouges #1 modélisation et diagnostics observationnels</p> <p>Exploring Planet Diversity and Stellar Music (Second CoRoT symposium)</p> <p>Cosmic rays &amp; their interstellar medium environment CRISM-2011</p> <p>Magnétisme stellaire et planètes extra-solaires</p> <p>7th Pencil Code User Meeting</p> <p>1st Bcool meeting</p>
2012	<p>Lithium in the Cosmos</p> <p>From atoms to pebbles - HERSCHEL's view of Star and Planet formation</p> <p>Colloque VAMDC (Virtual Atomic and Molecular Data Centre)</p>
2013	<p>Stellar physics with the E-ELT</p> <p>The future of plasma astrophysics</p> <p>International Young Astronomer School on Exploiting the Herschel and Planck data</p> <p>New advances in stellar physics: from microscopic to macroscopic processes</p> <p>Magnetic fields throughout stellar evolution</p> <p>International workshop on spectral stellar libraries</p> <p>Géantes Rouges #2</p>
2014	<p>The Space Photometry Revolution CoRoT Symposium 3, Kepler KASC-7 joint meeting</p> <p>Thirty years of beta Pic and debris disk studies</p>
2015	<p>IYAS 2015</p> <p>Magnetic fields in the Universe V : From Laboratory and Stars to Primordial Structures</p> <p>The physics of evolved stars: a conference dedicated to the memory of Olivier Chesneau</p>
2016	<p>Blowing in the wind</p> <p>Conférence en l'honneur de Jean-Paul Zahn</p> <p>Meeting CHARA</p> <p>Atelier National de Spectroscopie Stellaire : Services et outils pour une utilisation optimale des ressources</p> <p>Symposium IAU 330 : Astrometry and Astrophysics in the Gaia sky</p> <p>Conférence en l'honneur de Jean-Pierre Chièze</p> <p>International school in computational astrophysics (Les Houches)</p>



# Animation scientifique #2

## Ateliers SF2A

SF2A	Ateliers
2010 <i>Marseille</i>	<p>Stellar physics (PNPS)</p> <p>Gas and dust spectroscopy with Herschel (PNPS, PCMI et PNP)</p> <p>Resolved stellar populations (PNPS, PNCG, AS Gaia)</p>
2011 <i>Paris</i>	<p>Stellar physics (PNPS)</p> <p>Helio et astérosismologie, avancées et perspectives dans le contexte des nouvelles missions spatiales et instruments terrestres (PNPS, PNST)</p> <p>Stellar and Interstellar physics for the modelling of the Galaxy and its components (PNPS, PNCG, PCMI, AS Gaia)</p> <p>Circumstellar matter with ALMA and HERSCHEL (PNPS, PCMI)</p>
2012 <i>Nice</i>	<p>Stellar physics (PNPS)</p> <p>CoRoT/Kepler: contribution to stars characterization (PNPS, PNP)</p> <p>CoRoT/Kepler: the new deal for exoplanets (PNPS, PNP)</p> <p>Caractérisation des exoplanètes (PNPS, PNP)</p> <p>Exoplanètes : de l'astrochimie à l'exobiologie (PNPS, PNP, PCMI)</p> <p>Dynamo/magnétisme solaire/stellaire (PNPS, PNST)</p>
2013 <i>Montpellier</i>	<p>Stellar physics (PNPS)</p> <p>Modélisation numérique en physique stellaire (PNPS)</p> <p>Gaia : Quelles perspectives pour la physique stellaire ? (PNPS, AS Gaia)</p> <p>L'E-ELT : instrumentation et programmes scientifiques (PNPS, PCMI, PNCG, PNHE, PNP, ASHRA)</p>
2014 <i>Paris</i>	<p>Stellar physics (PNPS)</p> <p>Interaction étoile-planètes (PNPS, PNP, PNST)</p> <p>NOEMA (PNPS, PNP, PCMI, PNCG, ASA)</p>
2015 <i>Toulouse</i>	<p>Stellar physics (PNPS)</p> <p>Préparation scientifique JWST (PNPS, PNCG, PCMI, PNP)</p> <p>Stars les ultimes (PNPS, PNHE)</p>



Programme National de Physique Stellaire

# Animation scientifique #3

## L'école Evry Schatzman du PNPS

1	1989	Evolution stellaire – Données de base de physique atomique et nucléaire	Hubert, ES
2	1990	Dernières étapes de l'évolution stellaire	Hubert, ES
3	1991	Evolution des systèmes binaires	Hubert, ES
4	1992	Production et rôle du champ magnétique	Hubert, ES
5	1994	Processus de transport	ES
6	1995	Etoiles de petite masse, limite ultime de la séquence principale	ES
7	1996	L'interface théorie-observations	ES
8	1997	Génération et interprétations des oscillations stellaires	Provost, ES, Zahn
9	1999	Physique et modélisation des atmosphères stellaires	Catala, Zahn
10	2000	Formation stellaire et physique des étoiles jeunes	Bouvier, Zahn
11	2001	Stades finaux de l'évolution stellaire	Motch, Hameury
12	2002	Evolution des étoiles massives	Heydari-Malayeri, Zahn
13	2003	Perte de masse et vents stellaires	Stee, Zahn
14	2004	Dynamique des fluides astrophysiques	Rieutord, Dubrulle
15	2005	Interactions dans les systèmes composites : étoiles, disques et planètes	Goupil, Zahn
16	2006	Nucléosynthèse stellaire (50 ans après B2GH)	Charbonnel, Zahn
17	2007	Champs magnétiques stellaires	Neiner, Zahn
18	2008	Physique stellaire autour des grands lacis	Audit, Zahn
19	2009	Simulations numériques en physique stellaire : théorie, méthodes numériques et applications	Dintrans, Ménard, Zahn
20	2010	Formation stellaire dans l'Univers local	Montmerle, CC
21	2011	Etoiles de petite masse, transition étoiles – naines brunes	Reylé, Schultheiss, CC
22	2012	Rôle et mécanismes de transport du moment cinétique	Hennebelle, CC
23	2013	L'âge des étoiles	Lebreton, Valls-Gabaud, CC
24	2014	Astérosismologie et nouvelles contraintes sur les modèles stellaires	Dintrans, Michel, CC
25	2015	Les amas d'étoiles : jalons de la physique stellaire et de l'évolution galactique	Morau, Lebreton, CC
26	2016	Le diagramme HR en radio : physique stellaire aux grandes longueurs d'onde	Josselin, Herpin, Lebreton



26 ans d'écoles Evry Schatzman



Programme National de Physique Stellaire

# EES2016 (26-30 septembre)

The screenshot shows a web browser window with the URL `ees2016.sciencesconf.org`. The page header includes the PNPS and PCMI logos. The main title is "Ecole Evry Schatzman 2016 : Le diagramme HR en radio - physique stellaire aux grandes longueurs d'onde", dated "26-30 sept. 2016 Le Teich (France)". A navigation menu on the left lists: Accueil, Thématique, Intervenants, Programme, Frais d'inscription, Inscription, Liste des participants, Accès et site, SOC, and Sponsors. Below the menu is an "ESPACE CONNECTÉ" section with a "Nom d'utilisateur" field containing "login". The main content area has a sub-header "ECOLE EVRY SCHATZMAN 2016 (EES2016)" followed by two paragraphs of text and a wide landscape photograph of a wetland area.

Programme National de Physique Stellaire

pcmi

## Ecole Evry Schatzman 2016 : Le diagramme HR en radio - physique stellaire aux grandes longueurs d'onde

26-30 sept. 2016 Le Teich (France)

Identifiant  Mot de passe  Connexion

### NAVIGATION

- Accueil
- Thématique
- Intervenants
- Programme
- Frais d'inscription
- Inscription
- Liste des participants
- Accès et site
- SOC
- Sponsors

### ESPACE CONNECTÉ

Nom d'utilisateur

### ECOLE EVRY SCHATZMAN 2016 (EES2016)

L'édition 2016 de l'école Evry schatzman, organisée par le le Programme National de Physique Stellaire (PNPS), traite de la physique stellaire aux grandes longueurs d'onde. Elle s'inscrit dans le contexte des grands équipements actuels et futurs, tels que ALMA, NOEMA et SKA. Ce sujet présente des connexions avec les thématiques du Programme National Physique Chimie de la Matière Interstellaire (PCMI) et des Actions Spécifiques ALMA et SKA-LOFAR. Ces connexions seront illustrées dans le programme de l'école.

L'école sera articulée autour de 5 grands cours et 3 séminaires et ateliers. Ceux-ci démarreront le lundi matin et finiront le vendredi midi. Les cours seront donnés en anglais.

L'école est organisée dans la Réserve Ornithologique du Teich (Bassin d'Arcachon), à une date optimale pour l'observation des oiseaux migrateurs !



# Interface PNPS – PNST

- 2015 & 2016 : seulement des colloques en commun !
- Héliosismologie/astérosismologie [CoRoT/Kepler]
- Magnétisme solaire et stellaire
  - Cas des jumeaux solaires : étude des cycles magnétiques
  - Exploration systématique du magnétisme dans le diag. HR
  - Travaux théoriques sur le cycle solaire → extension aux jumeaux solaires, aux étoiles M, aux géantes etc...
- Evolution stellaire
  - Modèles calibrés sur le cas solaire
  - Partage de la microphysique, des modèles de transport, etc...
- Intérêts communs sur les moyens d'observation :
  - Spatial : SDO, SOLAR ORBITER et PLATO
  - Sol : spectropolarimètres ESPaDOnS, (Neo)-Narval et SPIRou, Themis puis EST