

# Quels problèmes de physique stellaire ?

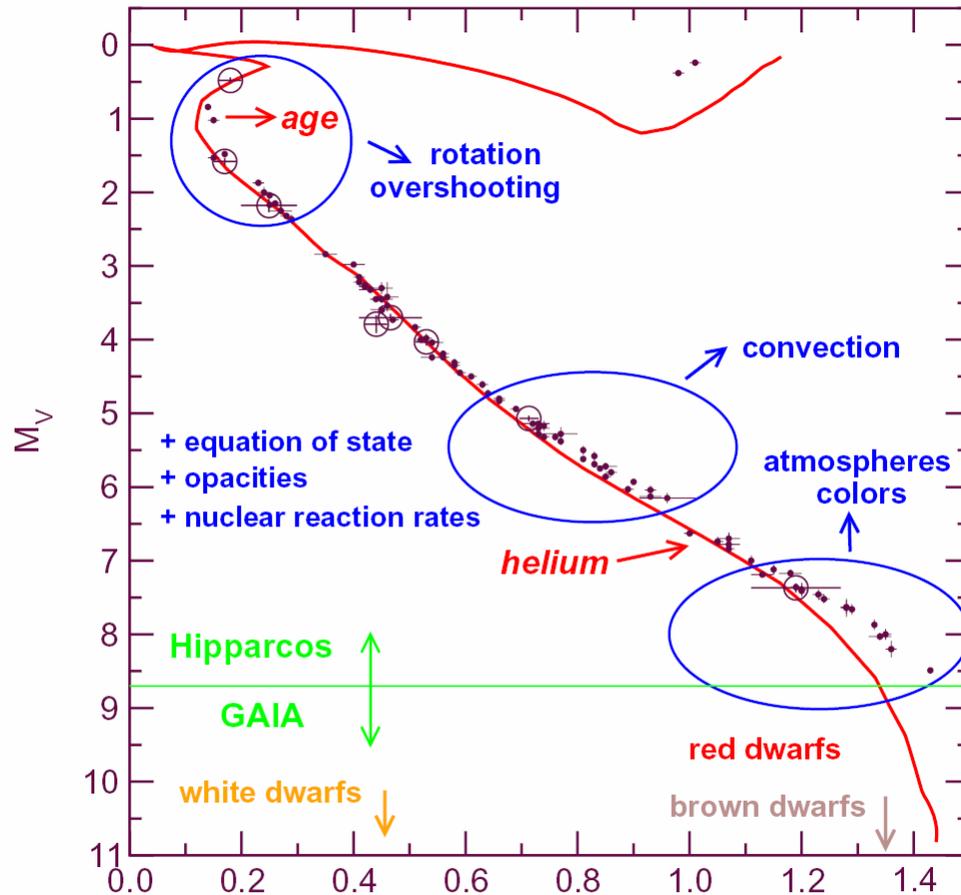


Diagramme HR  
des Hyades

$B-V$  (Lebreton 2005)

Physique stellaire et OV

Structure interne & atmosphères :

- convection
- diffusion
- champ magnétique

⇒ anomalies d'abondances

⇒ déterminations d'âges

⇒ **évolution multi-D**

Besoins de :

- spectres à haute résolution ( $\lambda/\Delta\lambda > 50\,000$ )

***observés et calculés***

⇒ détermination d'abondances, étude de profils de raies

- BDD astéro-sismologie (type COROT)

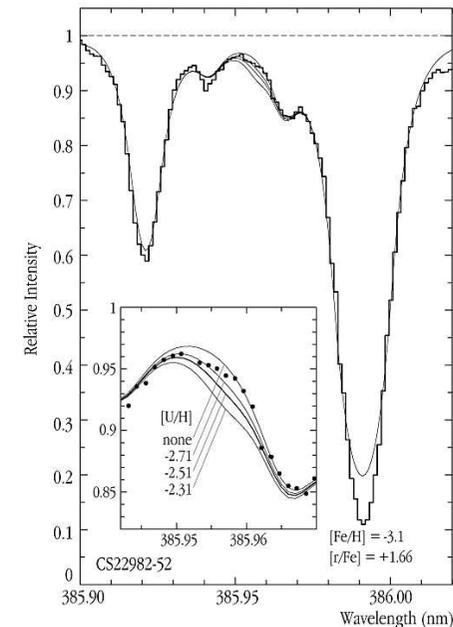
- BDD spectro-polarimétrie

Au-delà de la physique stellaire :

- populations galactiques

- évolution chimique

- contraintes cosmologiques par les premières étoiles

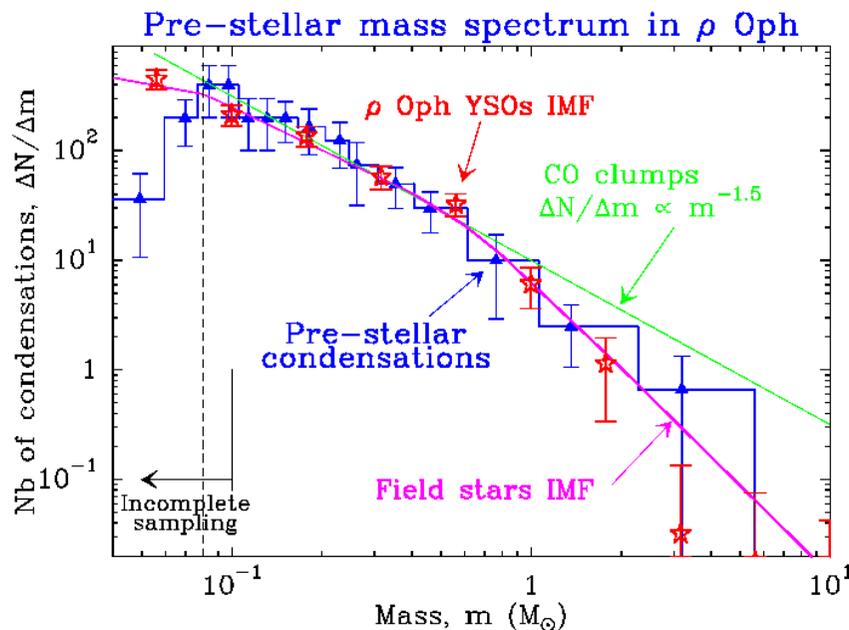


(Hill et al. 2002)

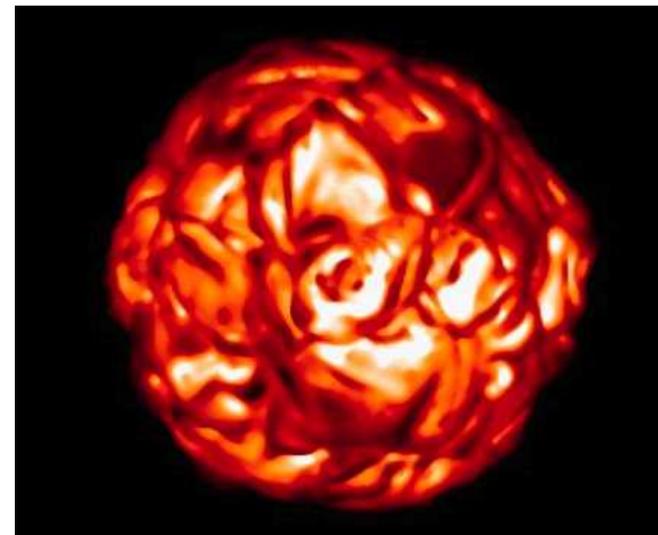
Et aussi ...

catalogues astrométriques et/ou imagerie à HRA :

- objets de faible luminosité (naines brunes ...)  $\Rightarrow$  IMF
- surfaces stellaires inhomogènes (mvts du photocentre)



IMF des étoiles de faible masse  
(Motte et al.)



## Plusieurs types de données

- **observations** :
  - paramètres globaux :
    - spectroscopie (flux,  $M$ ,  $T_{\text{eff}}$ , gravité, abondances de surface ...)
    - interférométrie ( $\theta$ )
    - astrométrie (distance  $\Rightarrow L, R$ )
  - paramètres sismiques (fréquences, amplitudes)
  - autres (neutrinos ...)
- **modèles** (1D / multi-D ; statique / hydrodynamique ...)
- **laboratoires** (spectroscopie, Laser Méga Joule ...)

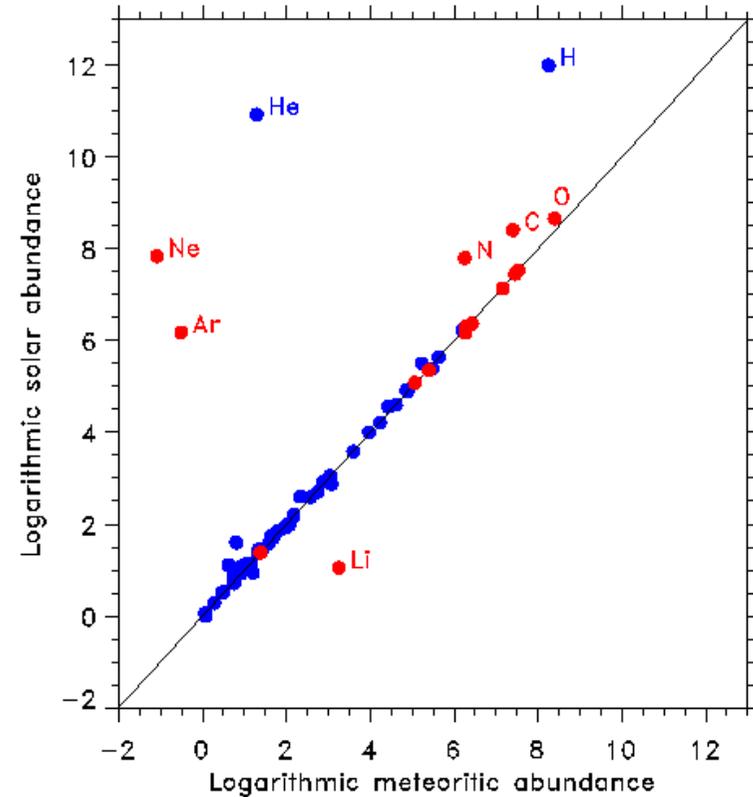
Exemples :

1) analyse du spectre solaire :

3D + hydro. + NLTE +  
meilleures données atomiques

⇒ abondances de C,N,O  
réduites de 0.15-0.20 dex !

métallicité réduite de 30% !!!  
(Asplund et al. 2004)



## 2) modélisation de Procyon ( $\alpha$ CMi) :

seuls les modèles hydro 3D permettent d'expliquer *simultanément* les données spectroscopiques, photométriques et interférométriques (Aufdenberg et al. 2005)

## 3) polémique sur les MOL-sphères des supergéantes rouges (Ryde et al. 2005) : spectro. vs. interféro.

⇒ besoin d'interopérabilité des données :

- observationnelles pour tester les modèles
- théoriques et labo. pour améliorer les modèles (e.g. opacités, équation d'état ...)

# Le cas GAIA

GAIA, ce sont **des BDD avant, pendant, et après !**

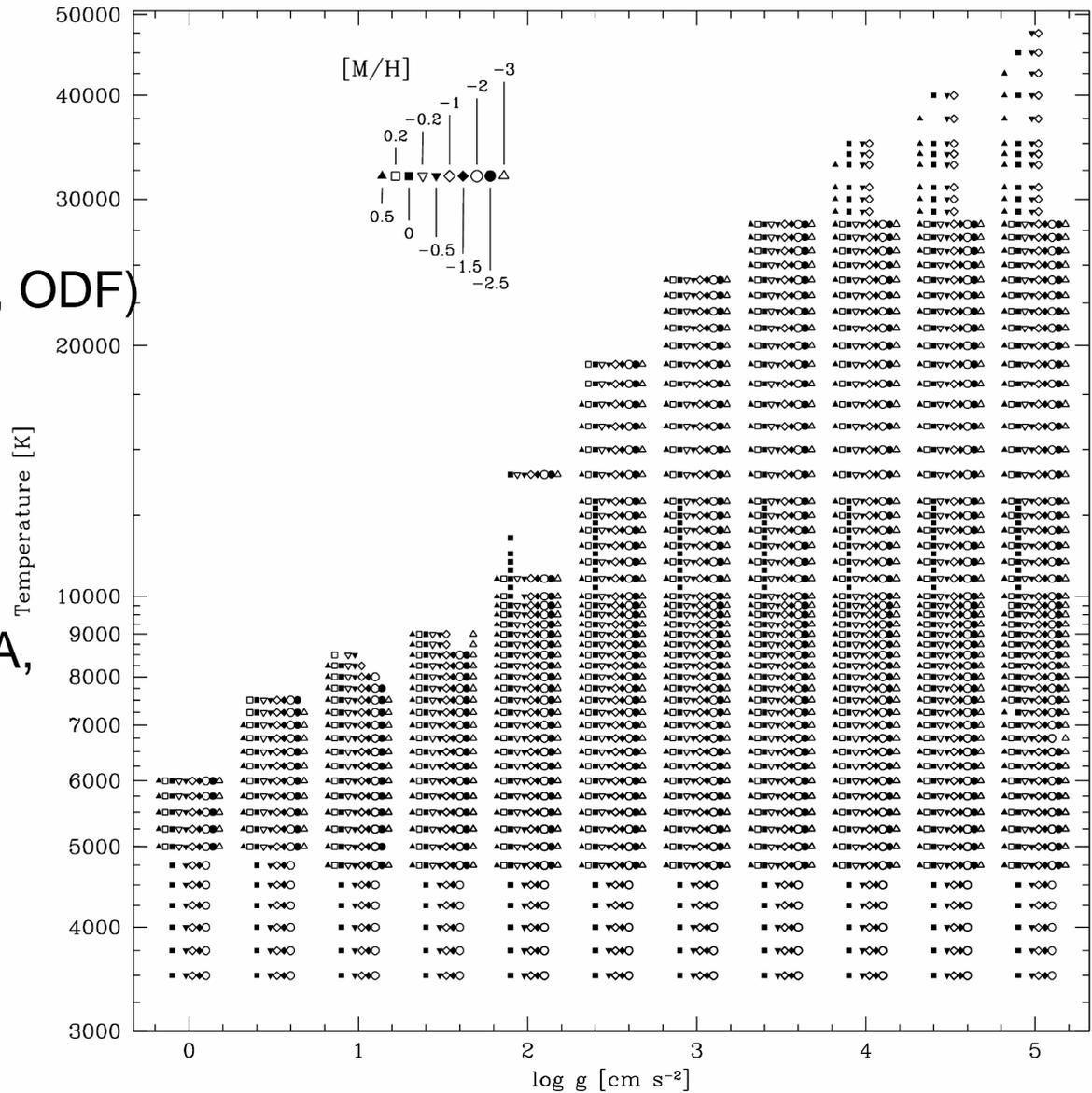
- avant : préparation scientifique de la mission : « training data », mise au point des procédures d'analyse
- pendant : traitement des données
- après : production de catalogues & librairies de spectres

Objectifs en physique stellaire :

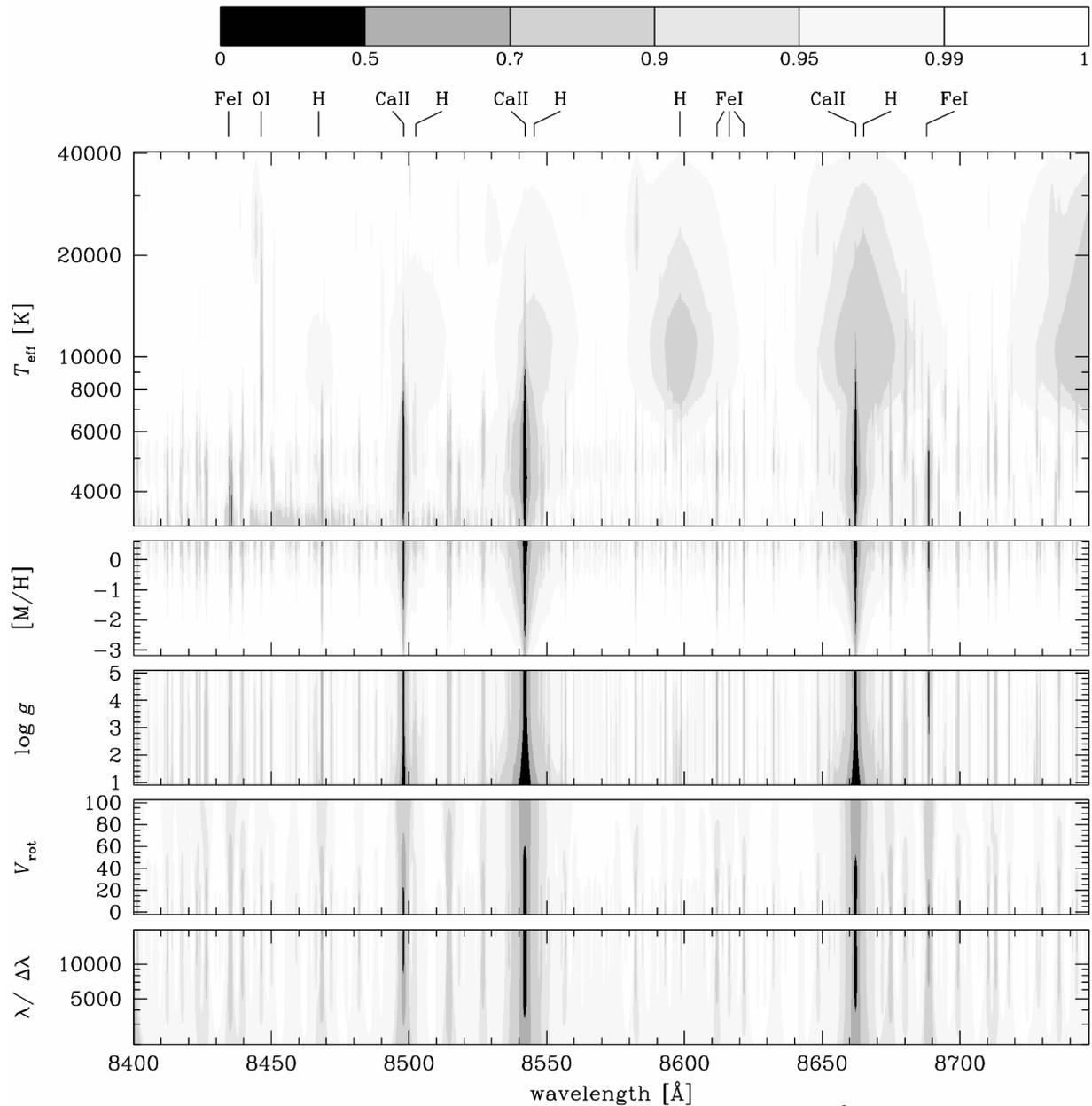
au minimum, détermination de  **$T_{\text{eff}}$ ,  $\log g$ ,  $[\text{Fe}/\text{H}]$ ,  $[\alpha/\text{Fe}]$**

⇒ les premières bibliothèques de spectres calculés et observés apparaissent ...

Zwitter et al. (2004) :  
 modèles ATLAS9 (1D, ETL, ODF)  
 spectres 7650-8750 Å  
 3 résolutions  
 (8500 / RAVE, 11500 / GAIA,  
 20000)



BDD à usage « unique » ...



(profondeur de raie)

effets sur le spectre de :

Température

métallicité

gravité

rotation

résolution instrumentale

domaine spectral GAIA : 8400-8800  $\text{\AA}$

(triplet du Ca I) Physique stellaire et OV

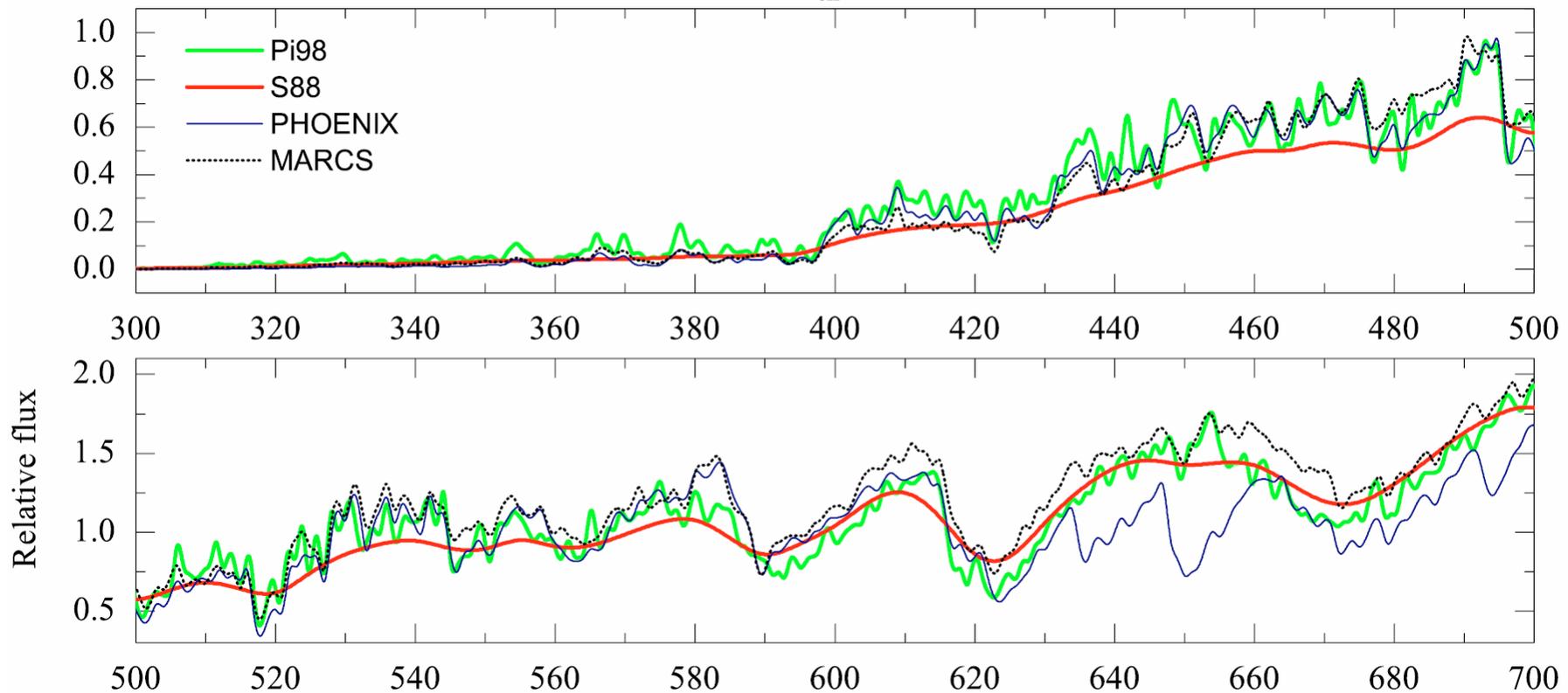
Pi98, S88 : bibliothèques de spectres observés

PHOENIX : code 1D, non-ETL, OS

MARCS : code 1D, ETL, OS

⇒ besoin de valider les modèles **ET** calibrer les observations !

M3 III ( $T_{\text{eff}} = 3630 \text{ K}$ )



(Kucinkas et al. 2005)

Physique stellaire et OV

10

Validation des modèles (et calibration des observations)  
difficile, car :

- inputs  $\neq$  (données atomiques, abondances,  $\alpha_{\text{MLT}}$ , etc.) ;
- listes de raies atomiques et moléculaires  $\neq$

$\Rightarrow$  besoin d'interconnexions (BDD atomiques ...) !

Analyse des données GAIA via :

- modèles NLTE, multi-D
- interopérabilité avec d'autres données (interférométriques, astérosismologiques ...).

# Spectroscopie stellaire et OV

## **Spectres calculés :**

- a priori aucune limite dans l'exploration de l'espace des paramètres (y compris les zones dépourvues d'obs. : très faible [Fe/H])
- limites dans la physique incluse (opacités, 1D, etc.)

## **Spectres observés :**

- toute la physique est incluse !!!
  - ⇒ analyse différentielle, minimum de distance (TGMet)
- difficulté de trouver des calibrateurs en nombre suffisant

# Un exemple : POLLUX

Spectres observés ET calculés

Outils d'analyse disponibles (convolution ...)  $\Rightarrow$  **flexibilité !**

Liens avec archives (pas seulement spectro.), sites de production de modèles, de données atomiques ...

**Données « Science Ready » et homogènes**