

# The CHARA/SPICA Science Group



## Petit historique sur 1 an:

- 18 décembre 2018: premier mail au groupe scientifique (liste [charaspica-sg@oca.eu](mailto:charaspica-sg@oca.eu))
- *Kick-off Meeting* à Nice le 28-30 Janvier 2019 à Nice (34 personnes)
- Le groupe scientifique est actuellement composé de 68 personnes (16 laboratoire Lagrange, 24 France, 28 à l'international)
- 02 Juillet 2018: première téléconférence des WP leaders.
- 22 Novembre 2018: création d'un site web collaboratif

**Araucária**  
PROJECT



LAGRANGE



## Un plan de travail en lien avec les contraintes temporelles liées à PLATO:

- Première observation de CHARA/SPICA fin 2021
- **Phase 1 (2022-2024):** observation de 1000 étoiles à raison de 80 nuits/an et 15 étoiles/nuit (hors calibrateurs) incluant
  - 800 diamètres angulaires (2 mesures)
  - 200 « images »

NB: « Images » = image, caractérisation de l'activité stellaire, mesure à haute précision de l'assombrissement centre-bord, suivi d'objets binaires

- **Phase 2 (2025/2026):**
  - observations additionnelles dans les champs de PLATO (qui seront connus à ce moment-là)
  - Programmes complémentaires
- **2026/Q4 : décollage de la mission PLATO**
- **Phase 3 (>2026)**
  - Continuation des différents programmes (cœurs et complémentaires)
  - « Follow-up » des objets intéressants observés par PLATO

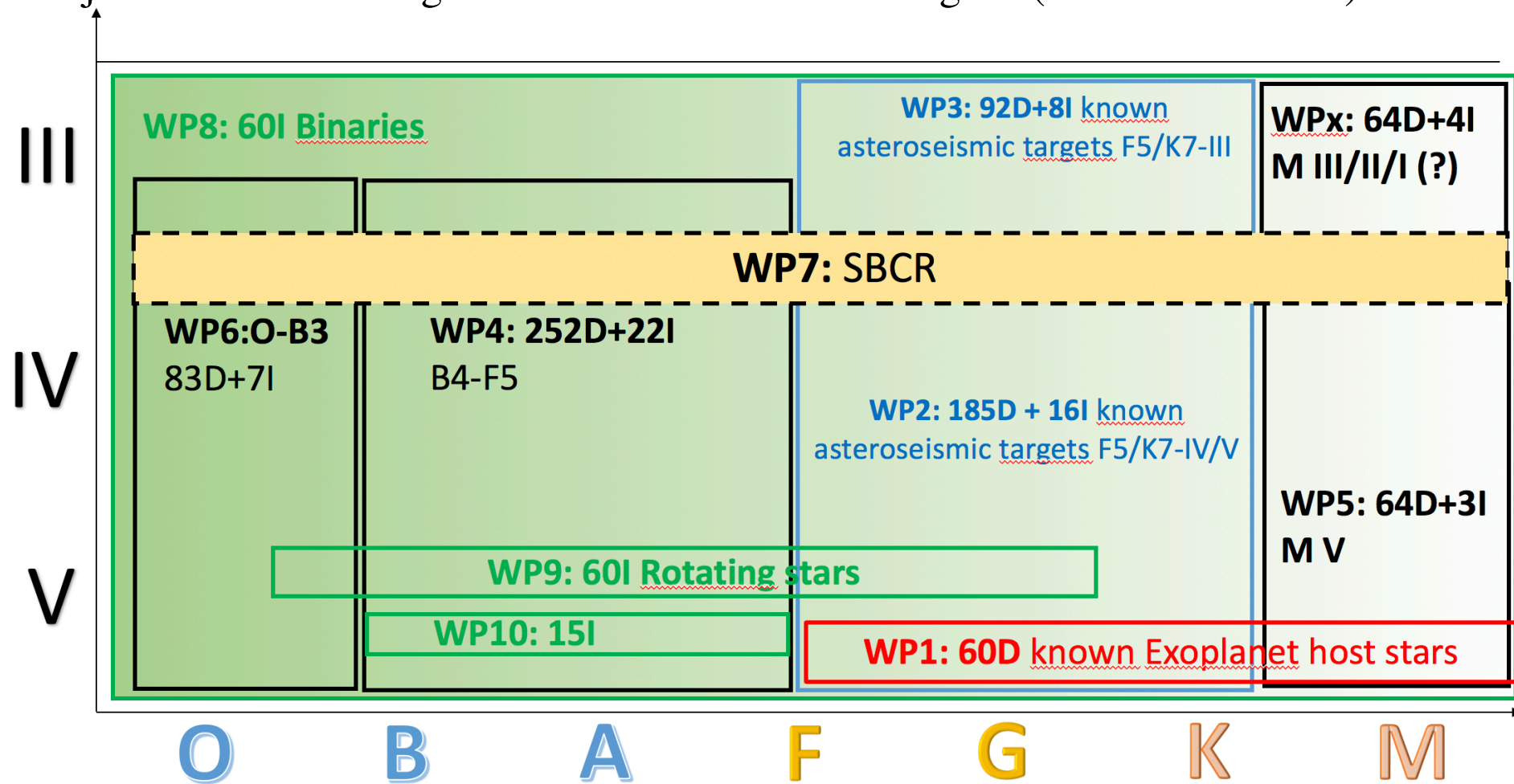
## Objectifs en terme de diamètre angulaire et d'images

- 627 étoiles mesurées dans le catalogue JMDC (Duvert et al. 2016). Seulement 11% avec un diamètre angulaire précis à 1%.
- Objectifs pour CHARA/SPICA (phase 1 uniquement, 1000 étoiles):
  - Décupler le nombre de diamètres angulaires stellaires avec 1% de précision
  - Couvrir de manière homogène l'ensemble du diamètre HR: soit 4 diamètres angulaires par sous-type spectral et par classe
  - Faire 200 « images » sur l'ensemble du diagramme HR dont:
    - ❑ 60 binaires (~1 par sous classe spectral)
    - ❑ 60 rotateurs rapides (~1 par sous classe spectral)
    - ❑ 15 YSOs (Young Stellar Objects)
    - ❑ 65 « images » réparties sur l'ensemble du diagramme HR avec l'objectif de caractériser l'activité stellaire (vent, taches, granulation) ou de mesurer l'assombrissement centre bord avec une bonne précision

## Découpage du Diag. HR: Création de 11 WPs

**Phase 1 (2022-2024):** observation de 1000 étoiles, 800 (D=Diamètre) + 200 (I=Image)

Objectif: couvrir le diagramme HR de manière homogène (chiffres indicatifs)



**WP11:** mesurer l'assombrissement centre-bord des étoiles (thème transverse)



**WP1 – Exoplanet Host Stars:** [R. Ligi](#), [T. Boyajian](#), [A. Chiavassa](#), [A. Gallenne](#), [R. M. Roettenbacher](#), [R. Szabos](#), [M. Wittkowski](#), [T. Guillot](#), [A. Crida](#), [S. Albrecht](#), [D. Mourard](#), [N. Nardetto](#)

**WP2 – Asteroseismology / F5-K7 dwarfs:** [O. Creevey](#), [K. Belkacem](#), [T. Boyajian](#), [R. Ligi](#), [T. Morel](#), [R. M. Roettenbacher](#), [R. Szabo](#), [W. J. Chaplin](#), [D. Mourard](#), [N. Nardetto](#)

**WP3 – Asteroseismology / F5-K7 Giants:** [K. Belkacem](#), [O. Creevey](#), [R. Ligi](#), [R. M. Roettenbacher](#), [R. Szabos](#), [W. J. Chaplin](#), [D. Mourard](#), [T. Morel](#), [N. Nardetto](#)

**WP4 – SBCR of B4-F5:** [M. Wittkowski](#), [A. Salsi](#), [G. Duvert](#), [A. Chelli](#), [N. Nardetto](#)

**WP5 – M stars (dwarfs):** [T. Boyajian](#), [R. Ligi](#), [T. Morel](#), [A. Salsi](#), [D. Graczyk](#), [N. Nardetto](#)

**WP6 – O, B1, B2, B3:** [D. Graczyk](#), [A. Salsi](#), [N. Nardetto](#)

**WP7 – SBCR Analysis: WP to be connected to WP1, 2, 3, 5 and 6:** [N. Nardetto](#), [A. Salsi](#), [T. Boyajian](#), [A. Chiavassa](#), [A. Gallenne](#), [P. Kervella](#), [T. Morel](#), [R. Szabos](#), [M. Wittkowski](#)

**WP8 – Binaries:** [D. Mourard](#), [O. Creevey](#), [A. Gallenne](#), [P. Kervella](#), [Y. Lebreton](#), [F. Millour](#), [N. Nardetto](#)

**WP9 – rotation:** [A. Domiciano](#), [A. Gallenne](#), [P. Kervella](#), [A. Meilland](#), [M. Rieutord](#), [P. Stee](#), [R. M. Roettenbacher](#), [A. Claret](#), [S. Albrecht](#), [N. Nardetto](#)

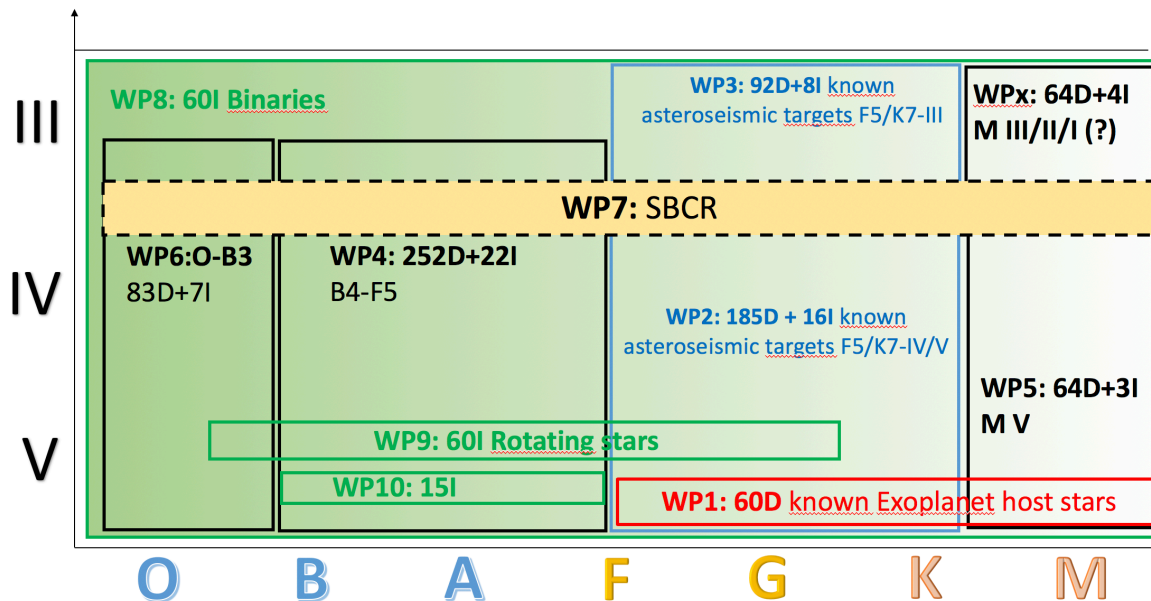
**WP10 – YSOs:** [S. Kraus](#), [R. Ligi](#), [D. Mourard](#), [A. Meilland](#)

**WP11 – Limb-darkening:** [A. Claret](#), [P. Kervella](#), [D. Mourard](#), [N. Nardetto](#), [A. Domiciano](#)

## 2 objectifs astrophysiques au cœur de CHARA/SPICA:

- Les paramètres fondamentaux des étoiles et des exoplanètes en lien avec la mission PLATO
- La détermination de distance des galaxies M31 et M33 en lien avec le projet Araucaria (constante de Hubble)

Etoiles  
précoces:  
distances  
WP6  
=>  
Demande  
Franco-  
Polonaise

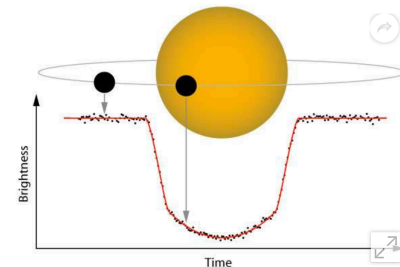


Etoiles  
tardives:  
PLATO  
(WP2, 3,  
5, 7, 8)  
=>  
Demande  
d'ANR

## Les paramètres fondamentaux des étoiles et des exoplanètes en lien avec la mission PLATO

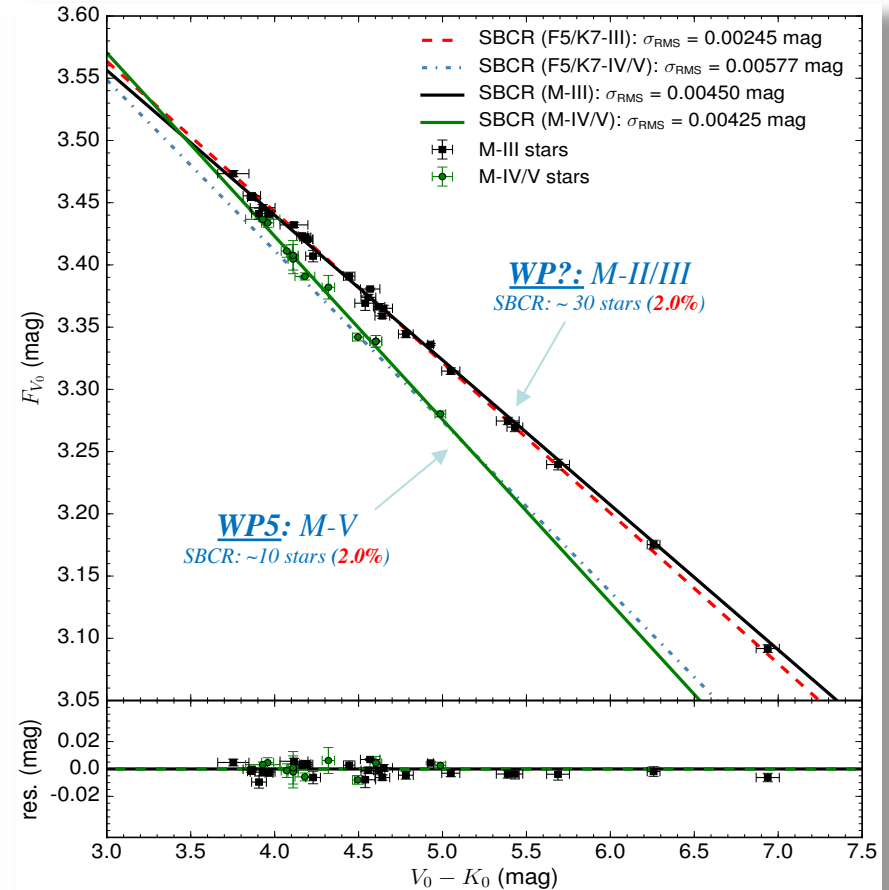
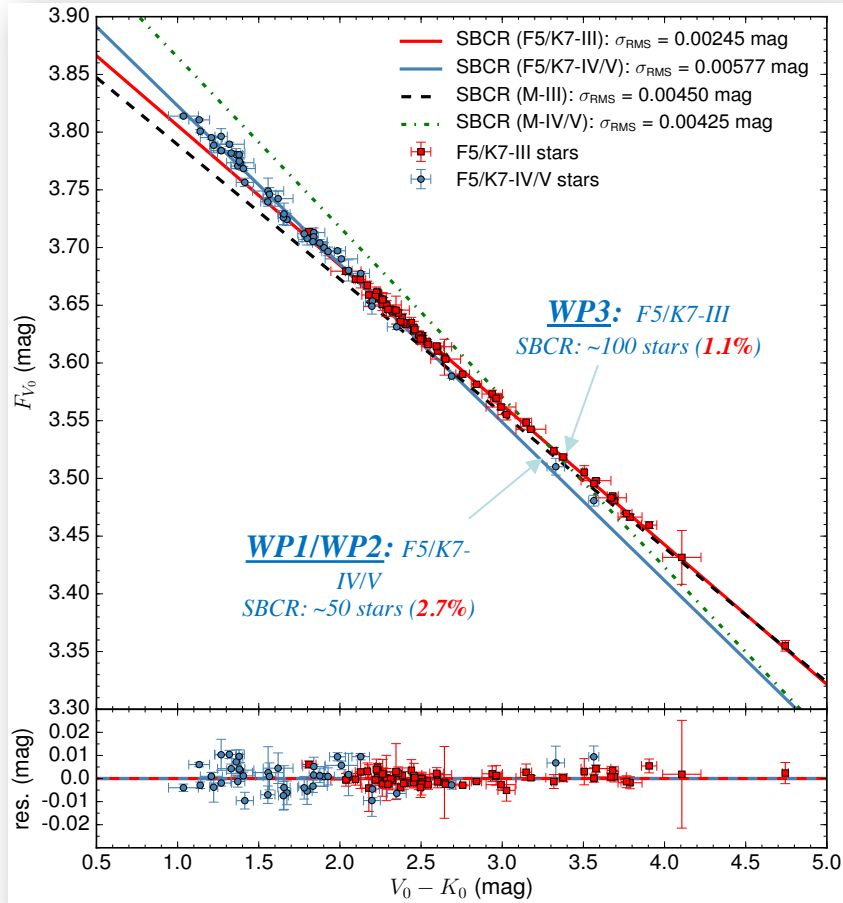
*ANR Stars4Planets: K. Belkacem, O. Creevey, A. Crida, P. Kervella, Y. Lebreton, D. Mourard, N. Nardetto*

- cibles astérosismiques naines (WP2) et géantes (WP3) pour la détermination des masses (relations d'échelles). Observation des binaires (WP8). Objectif d'amélioration des modèles d'évolution
- Caractérisation des étoiles à exoplanètes (transits PLATO) et détermination précises des âges (WP1)
- Définir une méthodologie d'analyse, follow-up PLATO, appliquer de la méthode à toutes les cibles PLATO (même faible) grâce aux SBCR (WP7, WP5). Prise en compte de l'activité stellaire: taches, granulation, binarité, rotation, vent.



# Des SBCRs en préparation de PLATO

Salsi et al. 2020, en préparation



## Papier II:

. Comprendre la différence entre les SBCRs à l'aide de modèles d'atmosphère 1D/3D



**Point clef: implémentation des diamètres et des SBCRs dans le pipeline PLATO du WP122 « Non-Seismic diagnostics and model atmospheres » (leader T. Morel, Liège) au sein du WP120 « Stellar Science » (leader Marie Jo Goupil, Paris).**

- D. Mourard, responsable du WG2 (Interférométrie) au sein du WP122300 « Fundamental stellar parameters » (leader M. Bergemann, Germany)
- N. Nardetto, responsable (Surface-Brightness color relations) du WP122300

=> Rédaction d'une note technique.

Coordination également avec le WP125500 « Benchmark stars » (leader O. Creevey) au sein du WP125 « Determination of stellar parameters » (leader J.Christensen-Dalsgaard, Danemark)

# Les paramètres fondamentaux des étoiles O à B3 pour la détermination de distance des galaxies de référence M31 et M33 en lien avec le projet Araucaria (1/2).

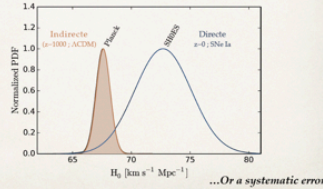
*OPUS project: D. Graczyk, M. Kałuszyński, D. Mourard, N. Nardetto*

## Period-Luminosity relation and $H_0$

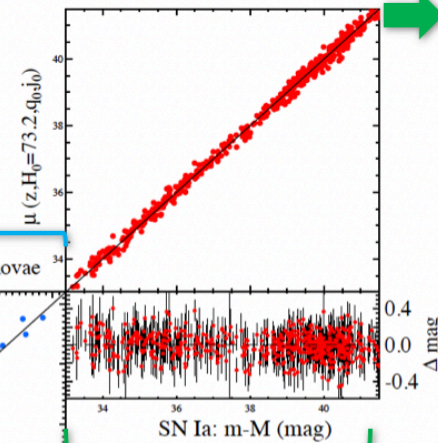
*Riess et al. 2016, ApJ, 826, 56*

Tension in the  $\Lambda$ CDM model  $-2.5\sigma$

Could it be an indication for a new (massless) particle?



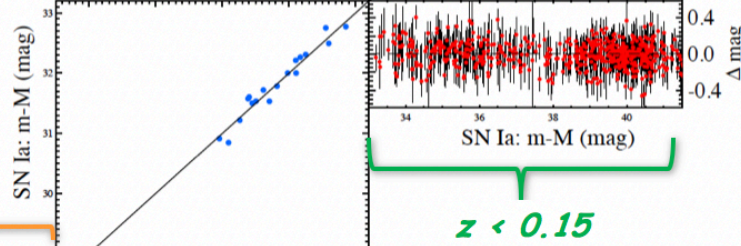
Type Ia Supernovae  $\rightarrow$  redshift(z)



$H_0 = 73.24 \pm 1.74$   
km/s/Mpc (2.4%)

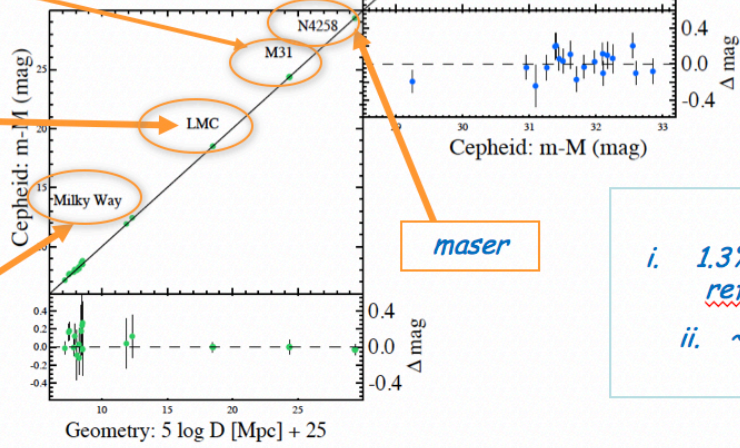
5-40 Mpc

Cepheids  $\rightarrow$  Type Ia Supernovae



5 Mpc

Geometry  $\rightarrow$  Cepheids



2 early-type eclipsing binaries

8 late-type eclipsing binaries

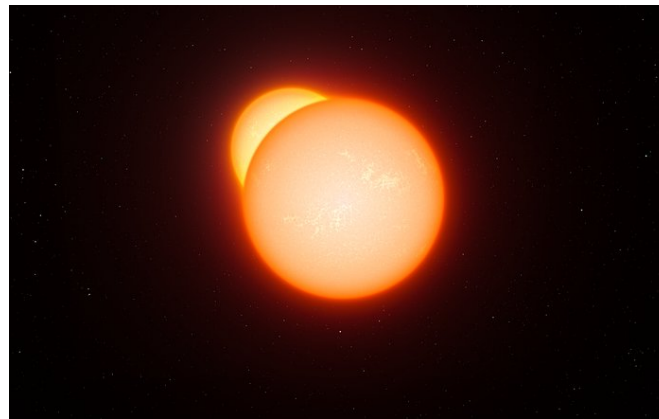
15 Cepheids (HST + Hipparcos)

- Error Budget of  $H_0$ :
- i. 1.3% due to the uncertainty on the distance of reference Galaxies (LMC, M31 et NGC 4248)
  - ii. ~1% due to the period-luminosity relation (dispersion, metallicity)

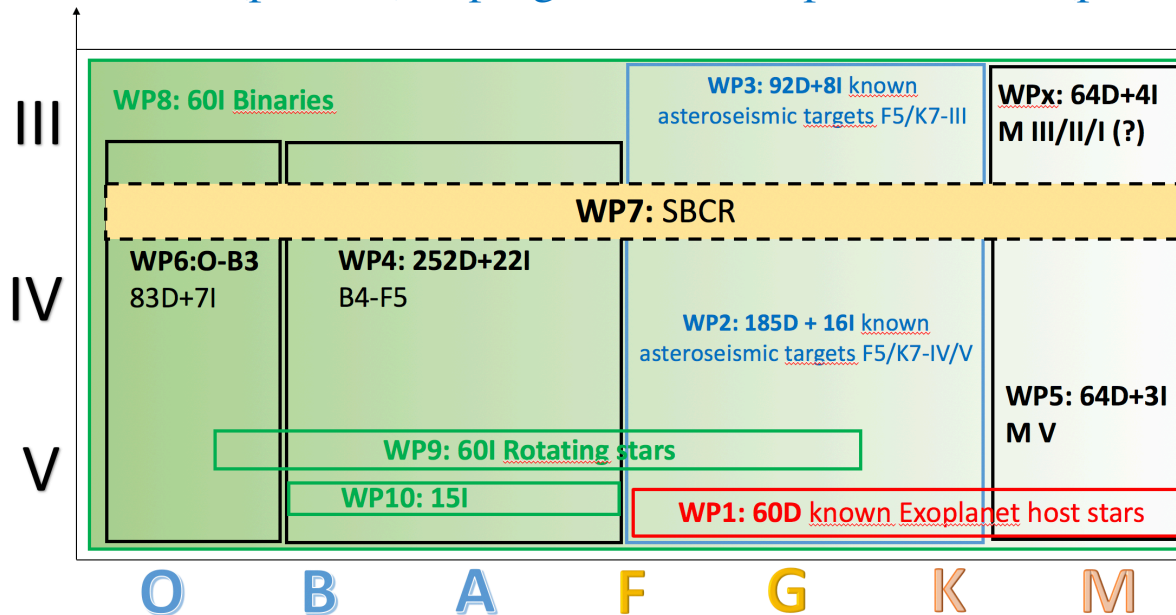
# Les paramètres fondamentaux des étoiles O à B3 pour la détermination de distance des galaxies de référence M31 et M33 en lien avec le projet Araucaria (2/2).

*OPUS project: D. Graczyk, M. Kałuszyński, D. Mourard, N. Nardetto*

- Etalonnage de la relation brillance de surface couleur des étoiles O, B1, B2 et B3 (WP6).
- Images d'environ 10 objets: caractérisation de l'activité et de son effet sur la SBCR: vent stellaire, rotation (WP9) et binarité (WP8). Calcul d'une erreur systématique.
- Observation d'une vingtaine binaires à éclipses précoces. Test de la méthode et détermination de l'offset de Gaia.
- Détermination de la distance de M31 et M33
- *Extension des SBCR aux étoiles tardives (test de la distance du LMC à 1%, Pietzsynski et al. 2019) et aux étoiles M (exoterres).*



## Programmes additionnels (phase 1) et programmes complémentaires (phase 2)



### Programmes additionnels (phase 1):

- WP3: astérosismologie, mais aussi archéologie Galactique et étoiles pauvres en métaux
- WP4: étoiles pulsantes (beta Cephei, SPB, roAp, delta Scuti), statistiques SBCR
- WP9: rotation, gravity darkening, évolution, effet de la rotation dans le cadre des études astérosismiques de PLATO. Avec  $R=3000/10000$ : rotation différentielle, disque des étoiles de type Be

**Programmes complémentaires (phase 2):** Céphéides (assombrissement centre-bord et facteur de projection, environnement dans le domaine visible, application de la méthode de BW), RR Lyrae, synergie entre VLT/SPHERE et CHARA/SPICA pour l'estimation de l'âge du système étoile/planète (voir par exemple GJ504, Bonney18), binaires en interaction,

## Outils à mettre en place:

- Liste dynamique avec paramètres de base pour les 800 étoiles
- Outil de stratégie d'optimisation sur le ciel (fonction de transfert, calibrateurs)
- Analyse en temps réel qui alimente la base de données dynamique:
  - Calcul du diamètre à partir des V2 et de modèles analytiques basés sur des modèles 3D
  - Flag d'activité stellaire à définir, soit général (écart au diamètre LD), soit spécifiques (taches, granulation, rotation, binarité, vent)
  - Calcul de paramètres haut-niveau à partir d'une méthodologie en lien avec les objectifs des WPs.
  - Implémentation des analyses en lien avec les WP2, 3 et 5 dans PLATO
- Procédure spécifique à mettre en place pour les « images »



Plan 2020:

- Réponse phase 1 ANR (mi-février)
- Meeting début Mars: WP leaders. Paramètres d'entrée et haut niveaux clarifiés
- Mars: rédaction phase 2 ANR
- Juin: chaque WG a créé sa liste d'étoiles et de paramètres
- Décembre: liste unifiée

2021: création de la liste dynamique et outil d'optimisation sur le ciel.