

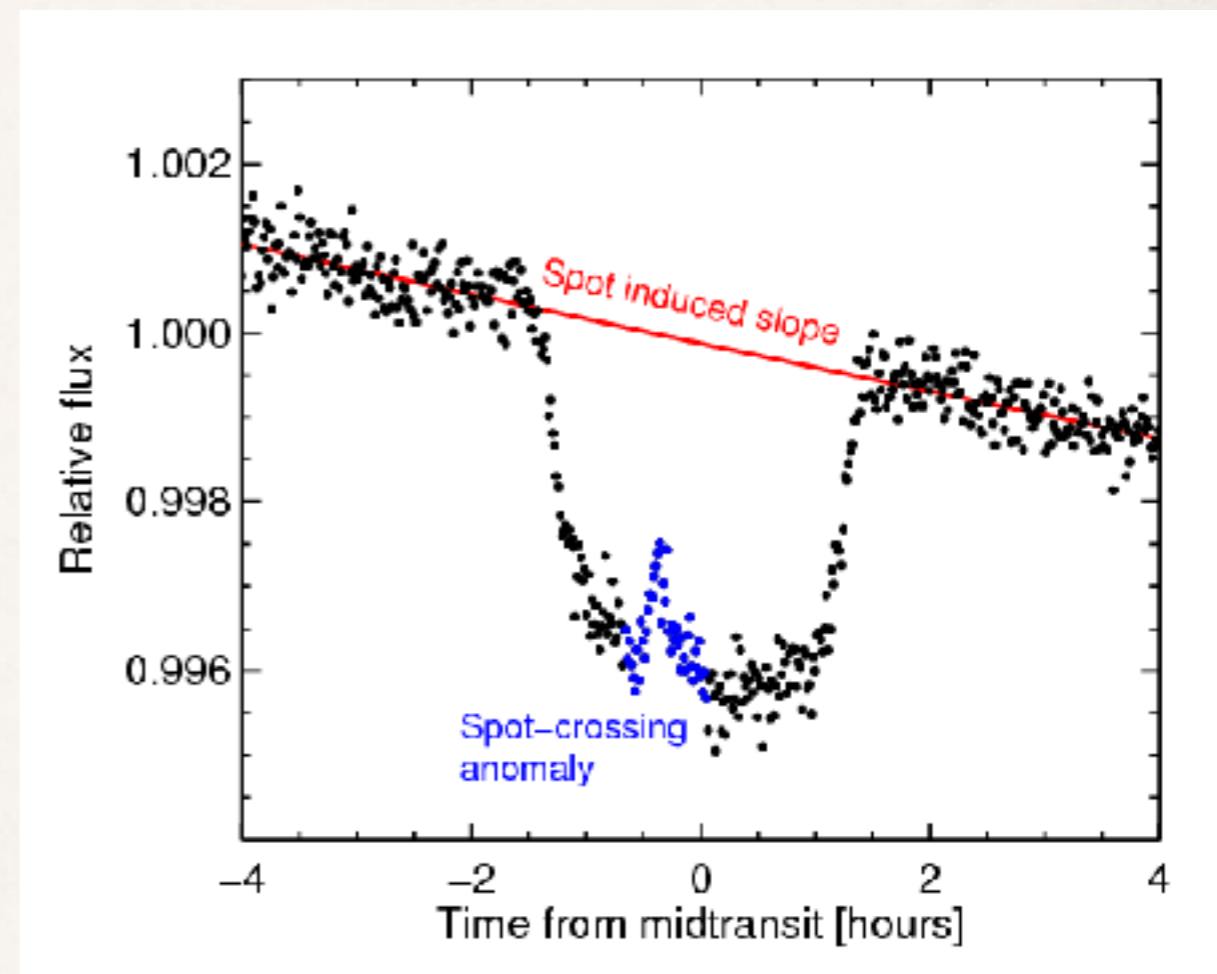
Étude multi-technique et multi- λ de l'activité stellaire

Alexandre Santerne
Laboratoire d'Astrophysique de Marseille

Impacts de **l'activité stellaire** sur l'étude des **exoplanètes**

Impacts de l'activité stellaire sur l'étude des exoplanètes

❖ Rayons planétaires

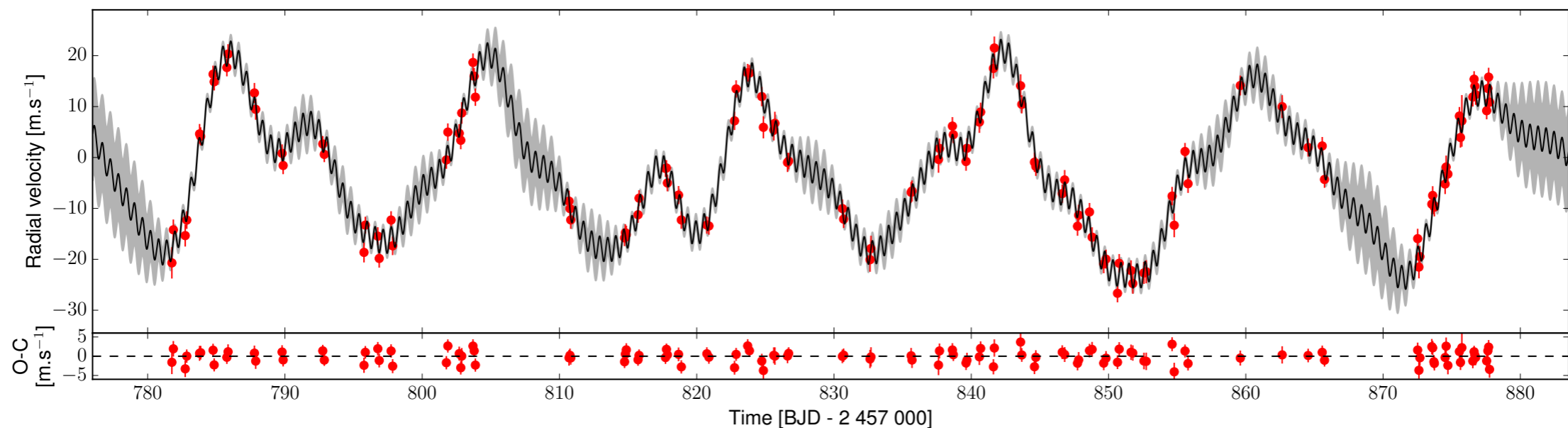


Sanchis-Ojeda et al., 2013

Impacts de l'activité stellaire sur l'étude des exoplanètes

❖ Rayons planétaires

❖ Masses planétaires

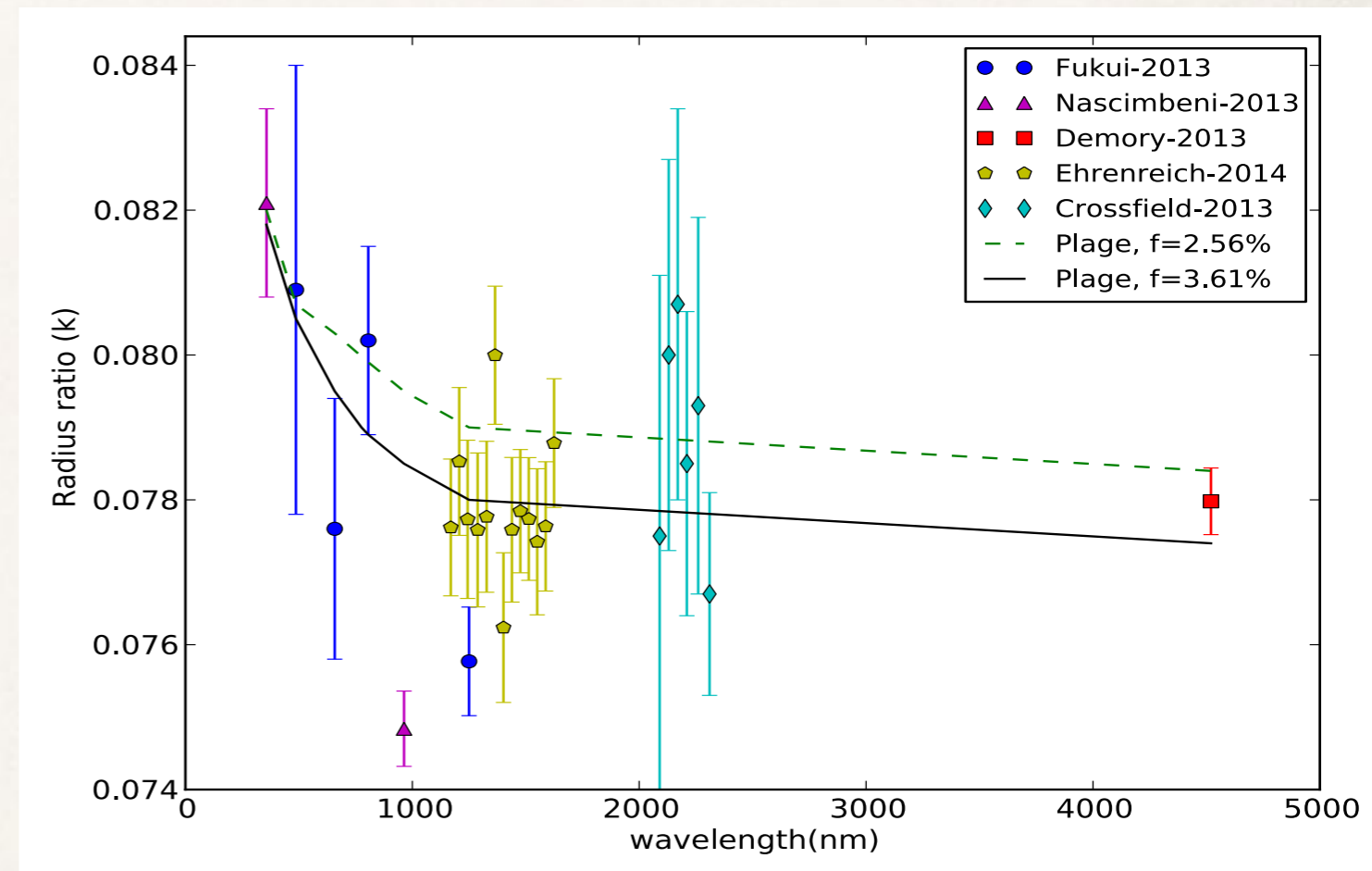


Impacts de l'activité stellaire sur l'étude des exoplanètes

❖ Rayons planétaires

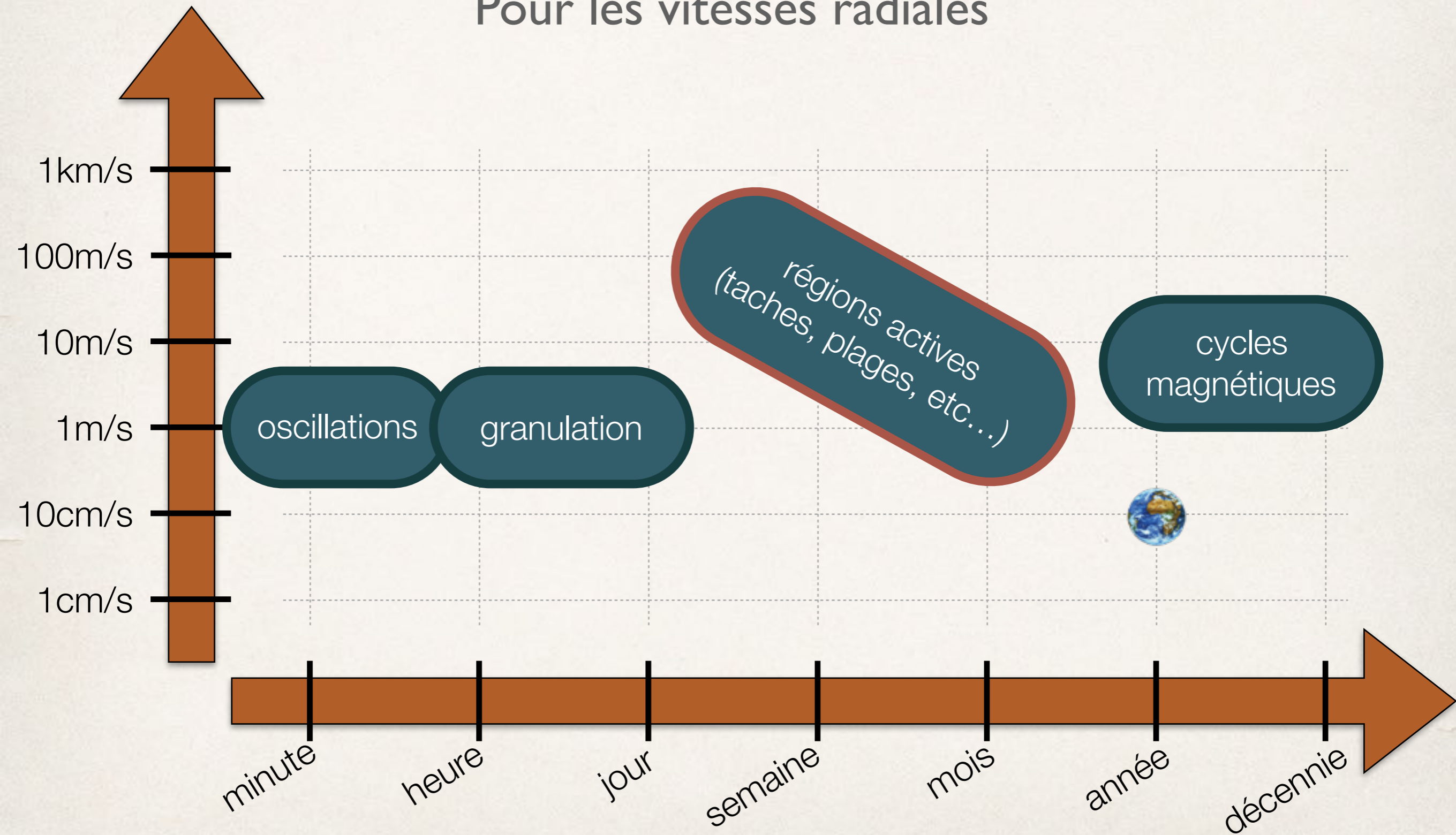
❖ Masses planétaires

❖ Atmosphère d'exoplanètes



Différentes sources de **variabilité stellaire**

Pour les vitesses radiales



Activité stellaire

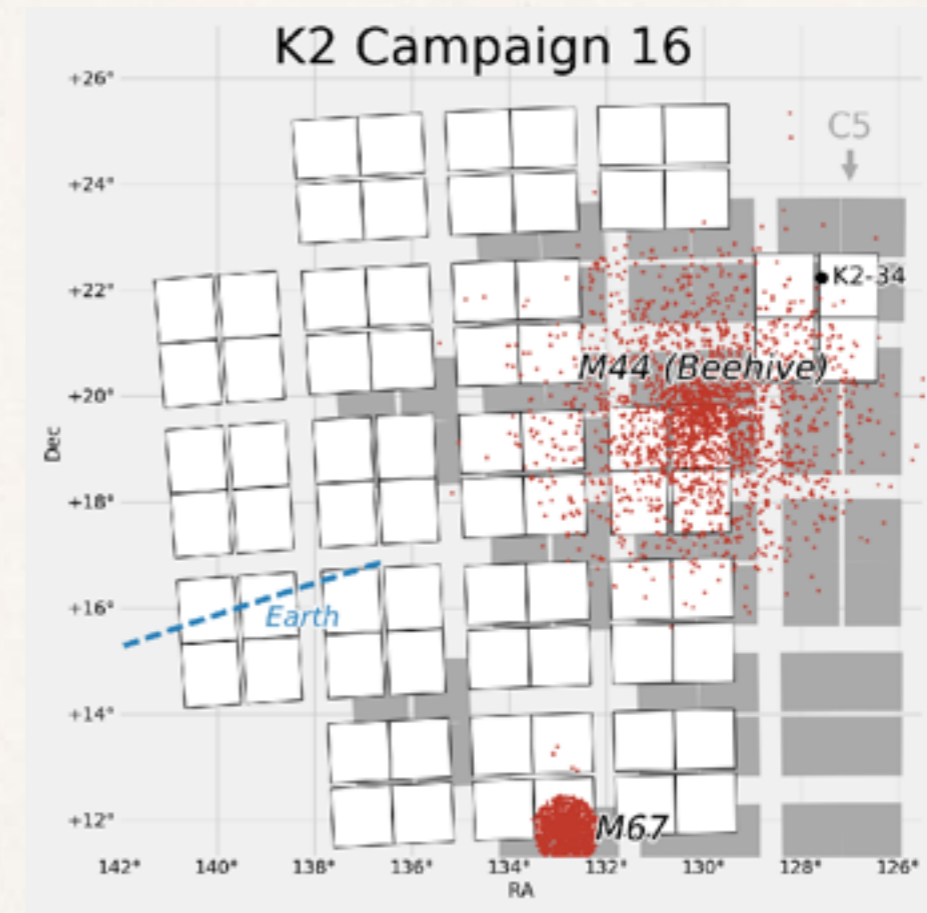
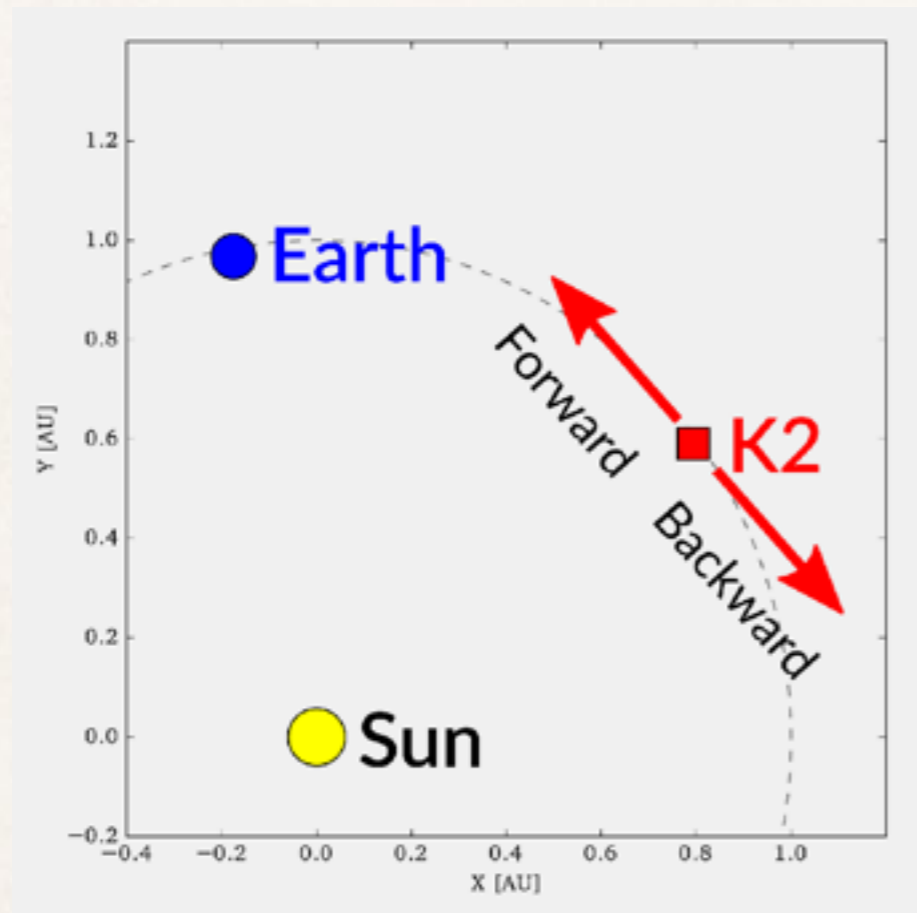
=

principale limitation à
l'étude des
exoplanètes* !

Ça mérite qu'on s'y intéresse ...

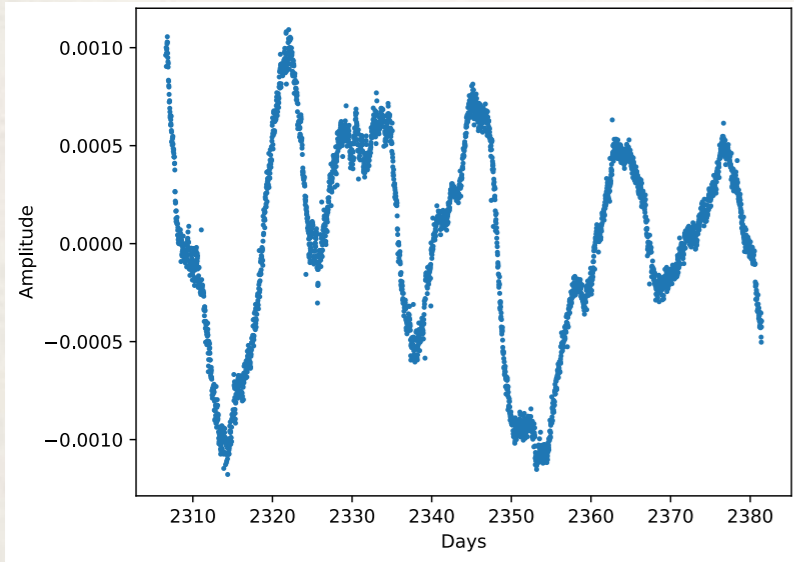
* ou au moins pour les 97% qu'on connaît (hors micro-lentille gravitationnelle et imagerie directe)

La campagne **C16** de la mission spatiale **K2**

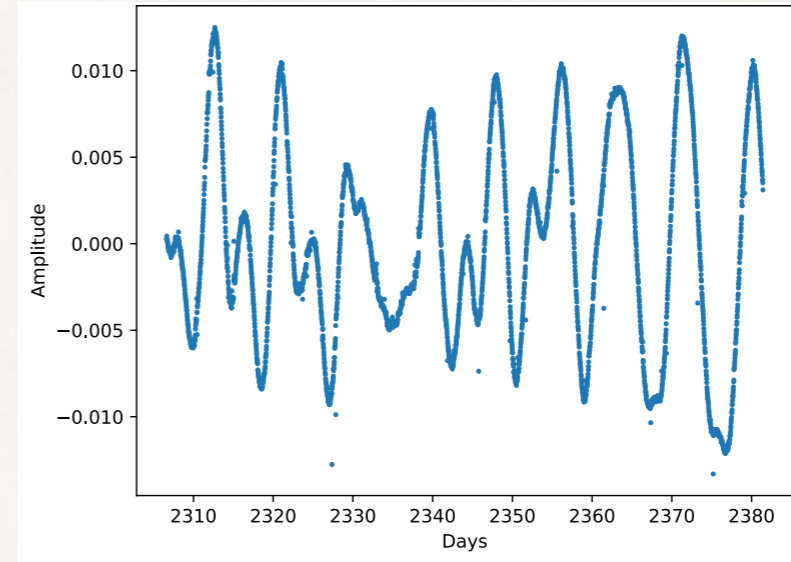


7 décembre 2017 - 25 février 2018

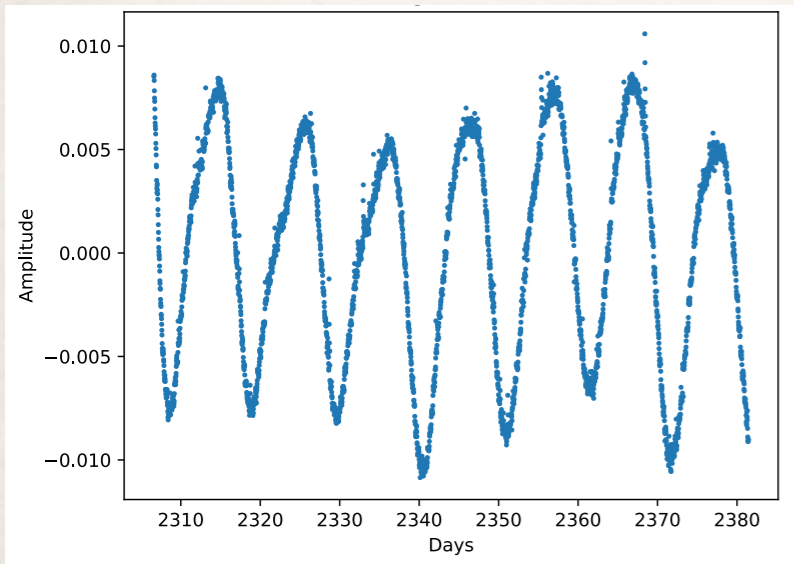
Les cibles



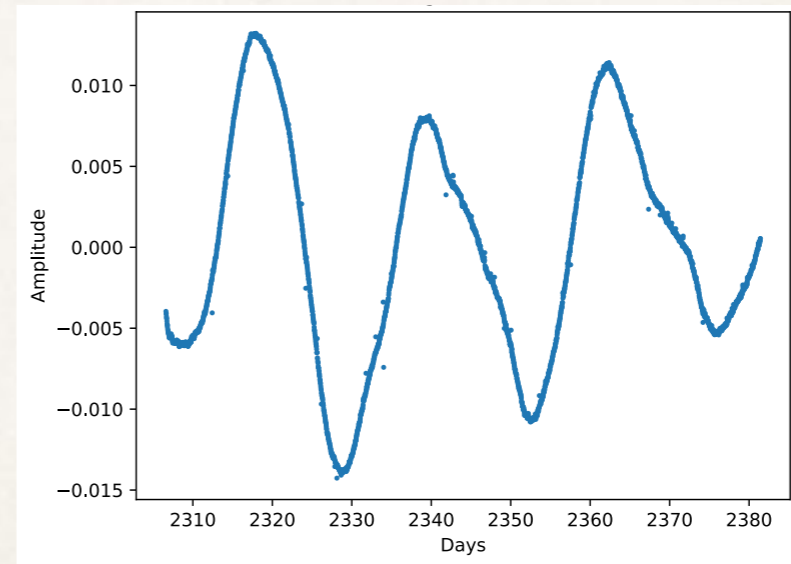
EPIC-6254:
G7V
P_{rot}: 14 jours
Var: 1 mmag
V mag: 9.3



EPIC-2321:
K4V
P_{rot}: 7.5 jours
Var: 10 mmag
V mag: 10.9



EPIC-9233:
M0V
P_{rot}: 10 jours
Var: 7 mmag
V mag: 12.2



EPIC-5841:
K4V
P_{rot}: 21 jours
Var: 10 mmag
V mag: 10.8

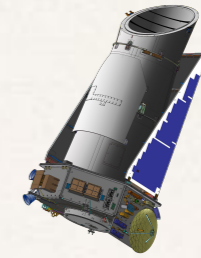
Une campagne **multi-instruments, multi-technique**



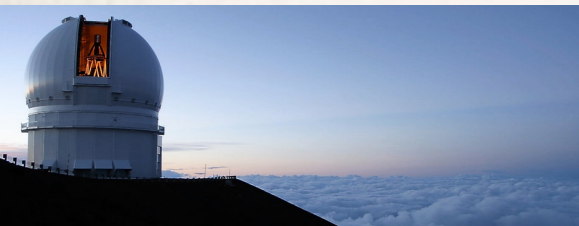
CARMENES
3.5m telescope / Calar Alto Observatory
Spain
Optical + NIR Radial Velocity



NARVAL
Telescope Bernard Lyot (2m) / Pic du Midi Observatory
France
Spectropolarimetry



K2
Kepler telescope / NASA
Space
Photometry



ESPaDOnS
CFHT (3.5m) / Mauna Kea Observatory
Hawaii / USA
Spectropolarimetry



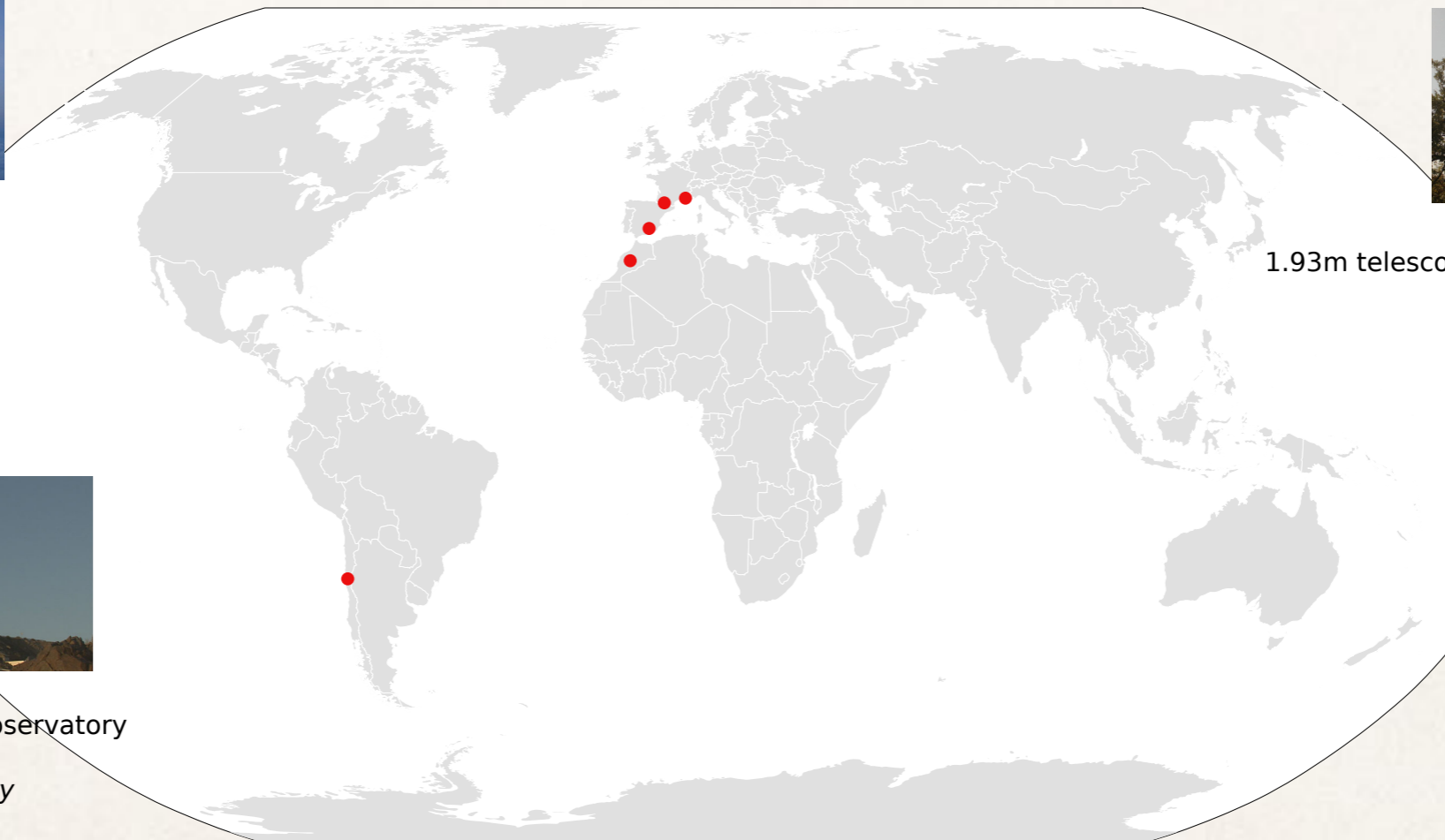
SOPHIE
1.93m telescope / Haute-Provence Observatory
France
Radial Velocity



HARPS
ESO-3.6m / La Silla Observatory
Chile
Radial Velocity

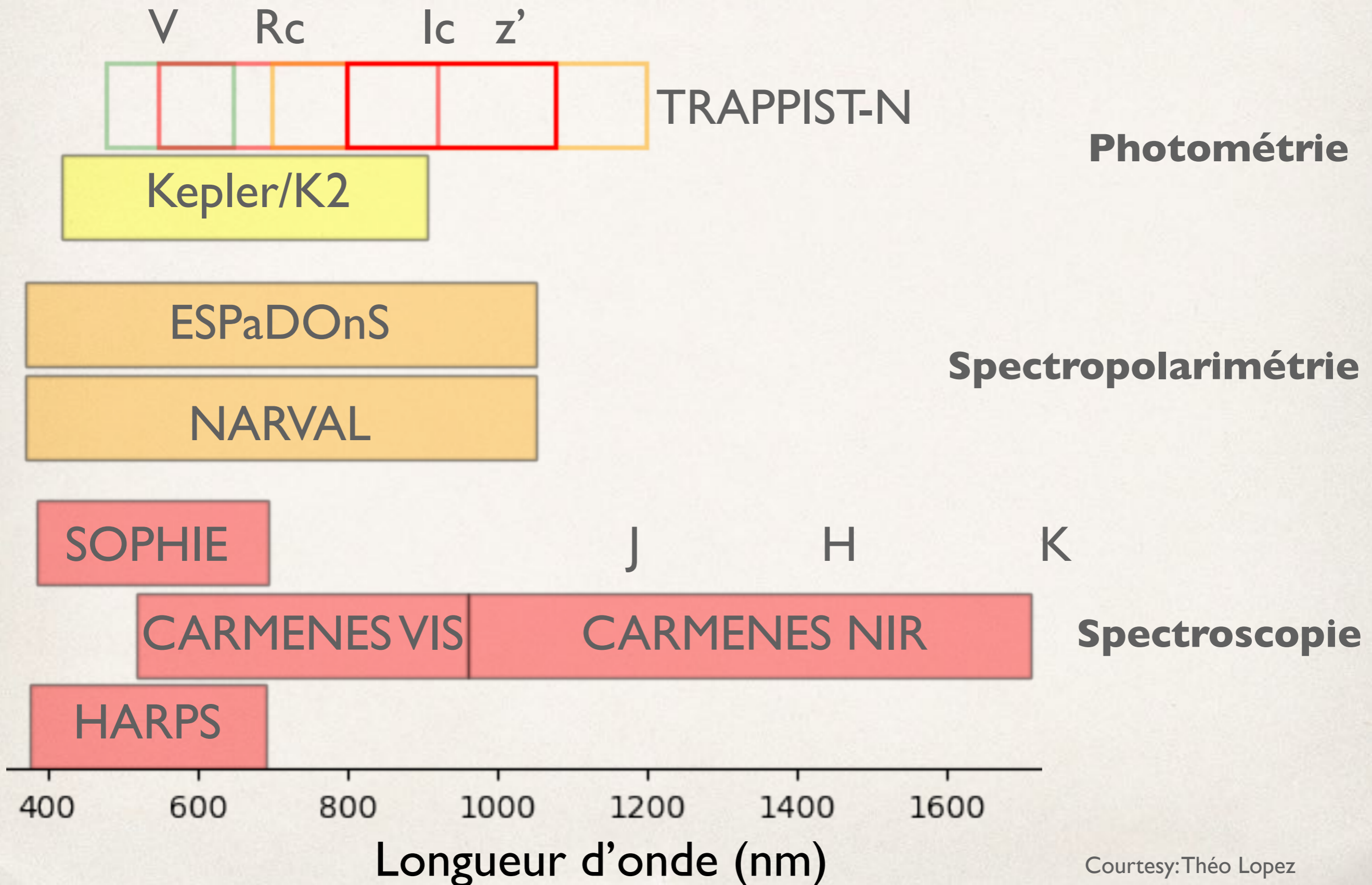


TRAPPIST-N
Oukaïmeden Observatory
Morocco
griz photometry

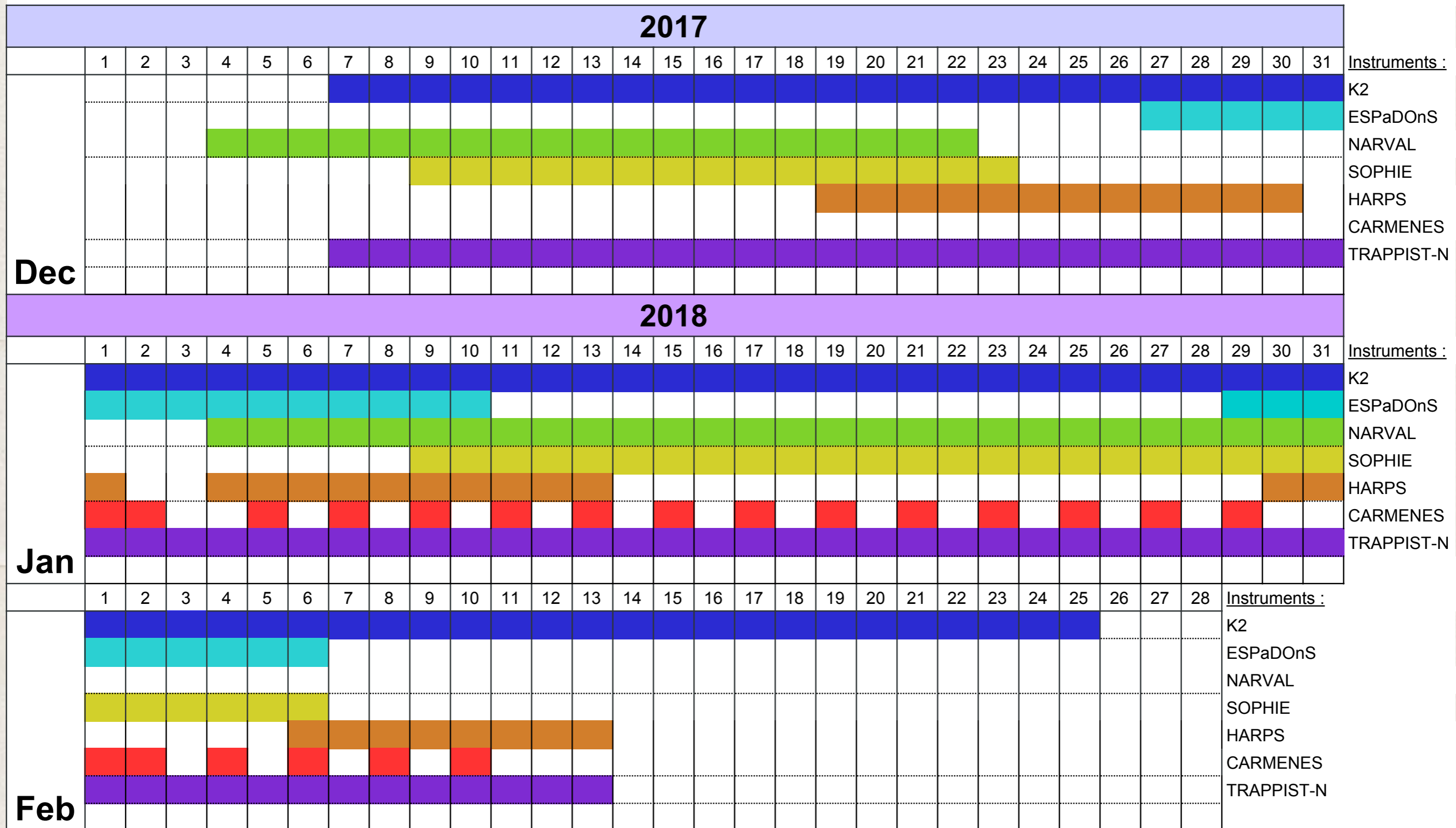


The K2 stellar activity campaign
December, 7th 2017 to February, 22nd 2018

et multi- λ



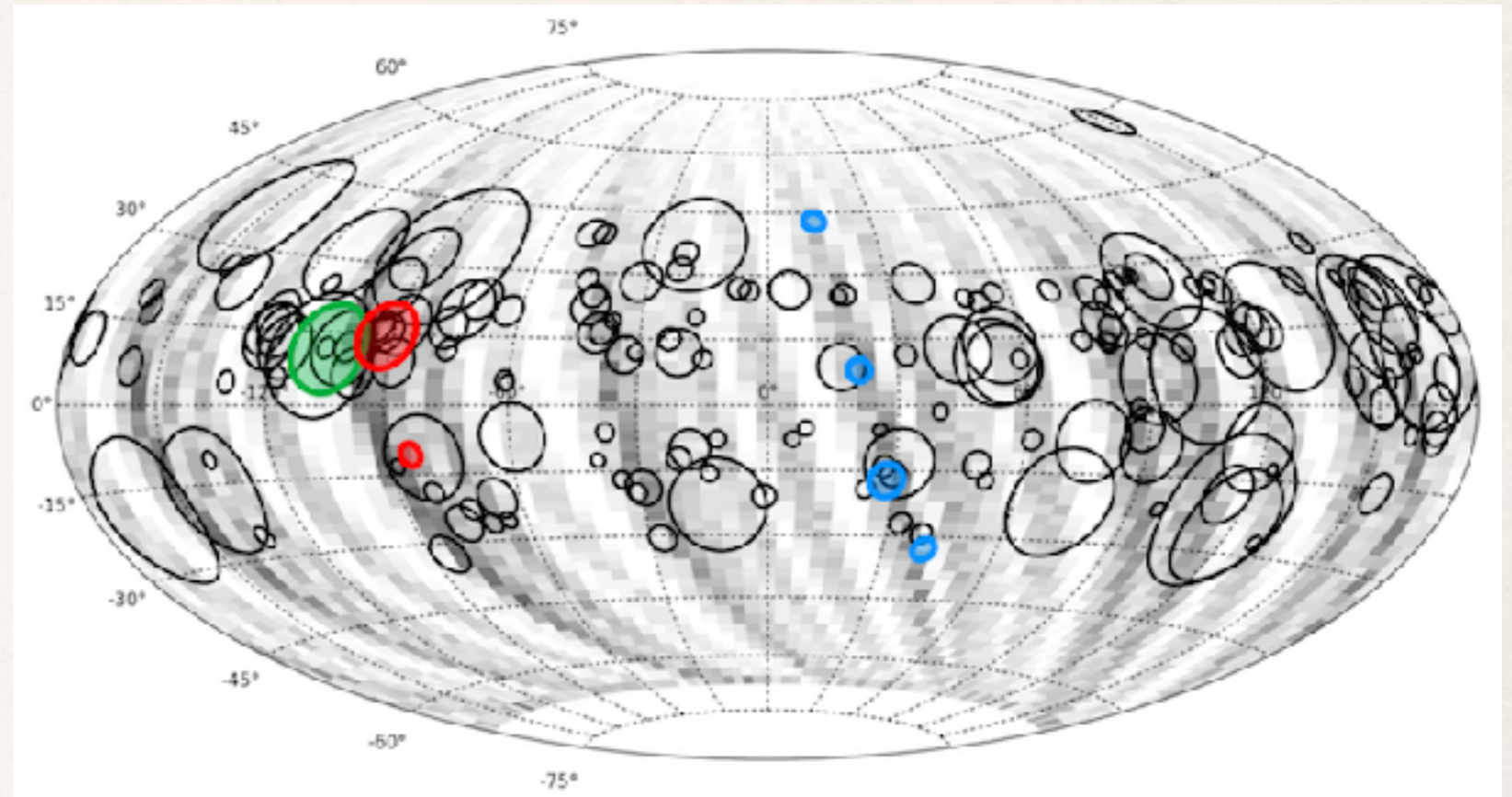
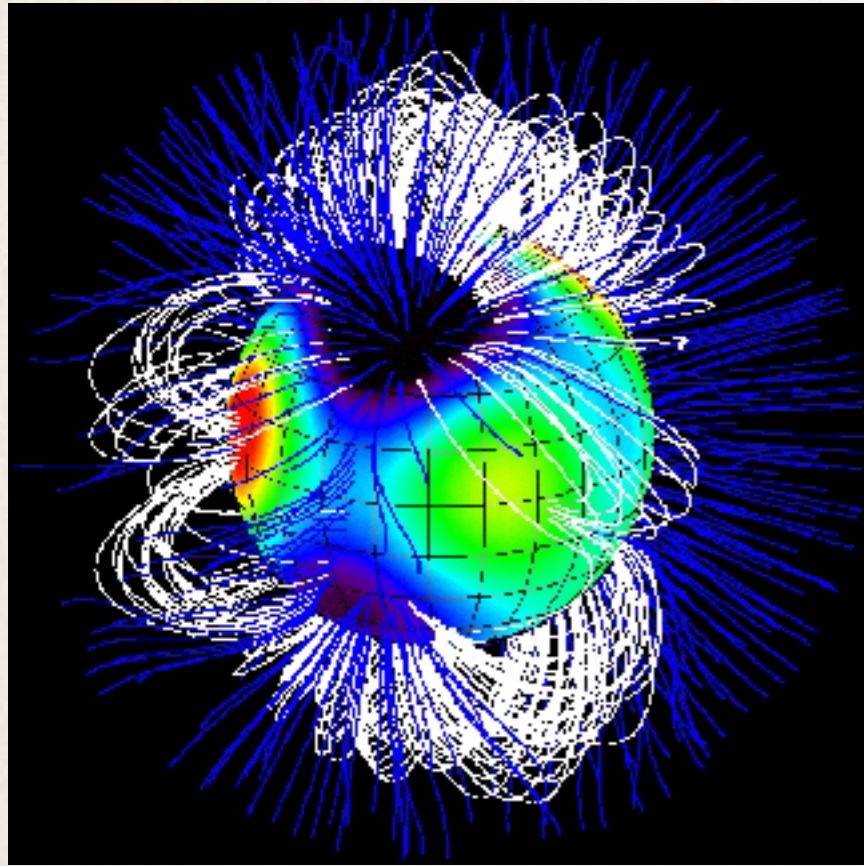
Planning **prévu** des observations



Observations effectuées

| 2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Instruments : | | |
|------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------------|---------------|------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | | |
| Dec | | | | | | | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | K2 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | X | X | X | X | X | ESPaDOnS |
| | | | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | NARVAL |
| | | | | | | | | | | | | X | | X | X | X | X | X | | X | X | | X | X | | | | | | | | | SOPHIE |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | HARPS |
| | | | | | | X | | X | | | | | X | X | X | | X | X | X | | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | CARMENES |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | TRAPPIST-N |
| 2018 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Instruments : | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | | |
| Jan | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | K2 | |
| | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | X | X | X | ESPaDOnS | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | X | X | | | | X | X | X | NARVAL | |
| | | | | | | | | | | | X | X | X | | | | | X | X | X | | X | X | X | | | | X | X | X | | | SOPHIE |
| | | | | | X | X | X | X | X | | X | X | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | X | X | HARPS |
| | X | X | | | | | | | | | | X | | X | | X | | X | | X | | X | | X | | X | | X | | | | CARMENES | |
| X | | | | | | | | | | X | X | X | X | | | | | | | | X | X | | X | X | X | | X | X | X | | TRAPPIST-N | |
| Feb | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Instruments : | |
| | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | | | | | | K2 | |
| | | | X | X | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ESPaDOnS |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | NARVAL |
| | X | X | X | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | SOPHIE |
| | | | | | | | X | X | X | X | X | X | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | CARMENES |
| X | X | X | | | | | | | | | X | X | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | TRAPPIST-N | |

Analyse et interprétation des données

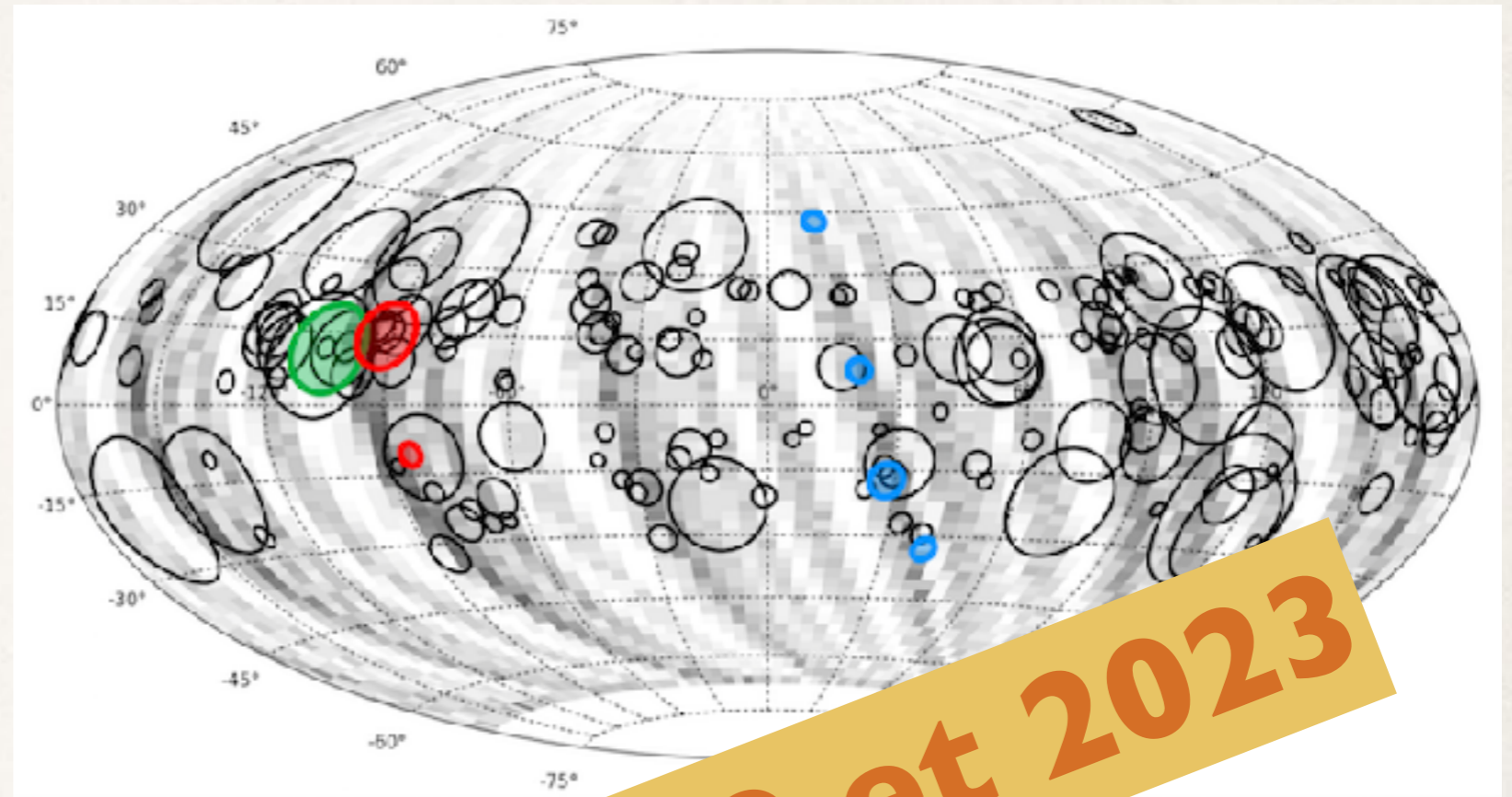
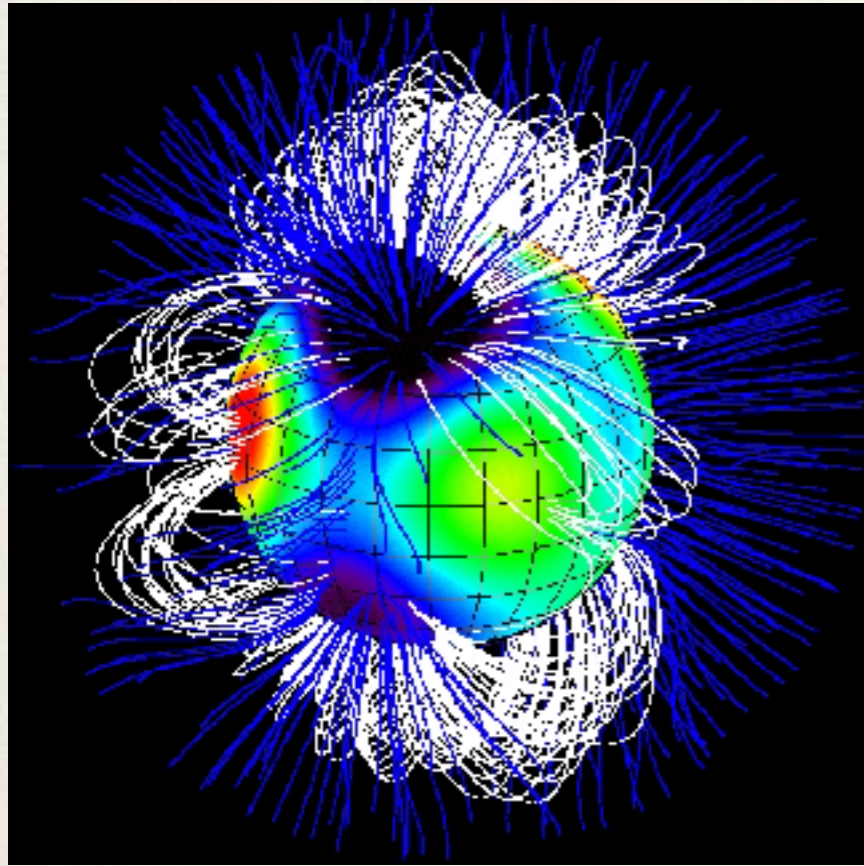


- Déterminer des **cartes de régions actives** en combinant photométrie et spectro-polarimétrie
- Déterminer la **température** des régions actives
- Déterminer la **fraction taches / plages**
- Quantifier l'impact de l'activité stellaire **visible** vs **NIR**
- Tester les **méthodes de correction** de l'activité stellaire
- Quantifier les **biais** introduits par les différentes méthodes de correction
- etc...



Thèse de
Théo Lopez

Analyse et interprétation des données



- Déterminer des **cartes de régions actives** par photométrie et spectro-polarimétrie
- Déterminer la **température** des régions actives
- Déterminer la **fraction** des régions actives
- Quantifier l'activité stellaire **visible** vs **NIR**
- Test de **correction** de l'activité stellaire
- Quantifier les **biais** introduits par les différentes méthodes de correction
- etc...

Résultats entre 2019 et 2023



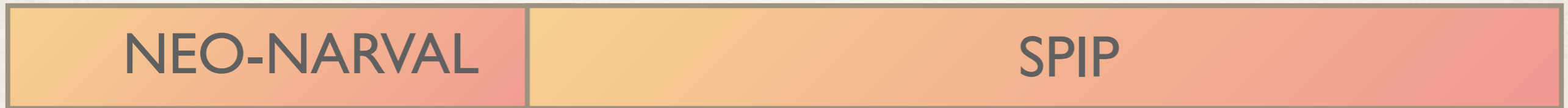
Thèse de
Théo Lopez

Pour aller **encore** plus loin

TESS, CHEOPS, PLATO

**Photométrie
spatiale**

Spectropolarimétrie



Spectroscopie



400 600 800 1000 1200 1400 1600

Longueur d'onde (nm)

Conclusion & perspectives

- Campagne **multi-technique** & **multi- λ** : clef pour mieux comprendre l'activité stellaire.
- **Objectif PLATO** : comprendre en profondeur l'activité stellaire est une **priorité** pour la prochaine décennie
- Avec **SPIRou**, **NEO-NARVAL**, **SOPHIE-RED**, & **SPIP**, la **communauté PNPS** est en **position privilégiée** pour l'étude de l'activité stellaire