

Les étoiles variables recensées par la mission Gaia

Laurent Eyer



UNIVERSITÉ
DE GENÈVE

Gemini ProAm SAF SF2A (Strasbourg)

Vendredi, 23 juin, 2023



The Gaia mission: un “survey” systématique



- Une mission “cornerstone” de l’Agence Spatiale Européenne
- Observations of **tous les objets** plus brillant que la limite $G=20.7$ (**>2 milliards d’objets**)
- Mesures de:
 - **positions** (astrométrie)
 - **éclat, couleurs** (spectro-photométrie)
 - **vitesse radiales** (spectroscopie) >100 millions d’étoiles
- Lancement (fusée Soyuz): 19 décembre 2013
- Fin: 2025
- Pour 10 ans, tout le ciel sera mesuré en moyenne:
 - **140** fois dans chacun des 9 CCDs (band G), et les CC BP & RP
 - **80** fois pour l’instrument Radial Velocities Spectrometer
- Les données sont publiques au travers des “Data Releases”
- Dernier catalogue DR5: 2020

Pourquoi Gaia est si exceptionnel?

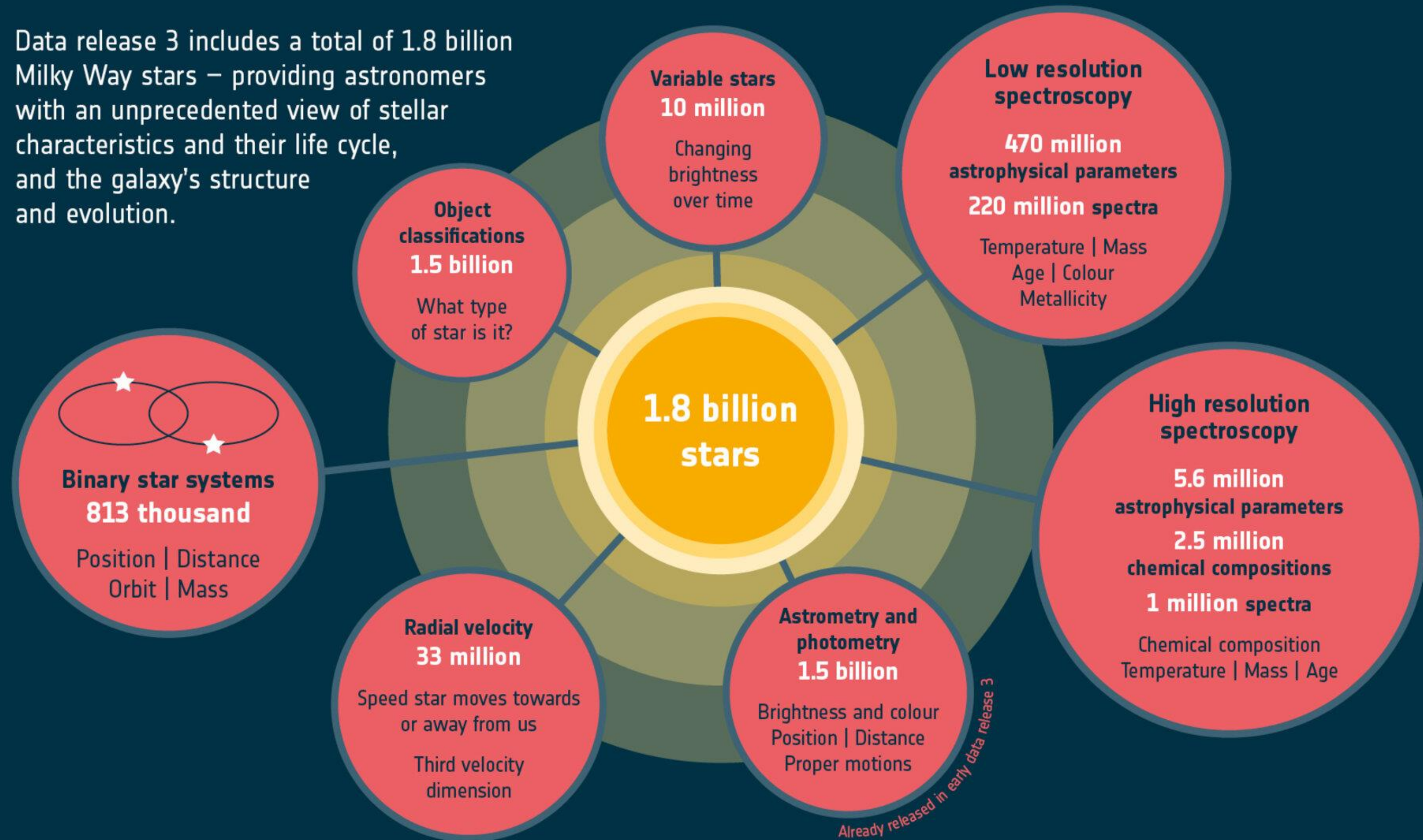
- une astrométrie sans précédent (positions, parallaxes, mouvements propres)
- Trois instruments (astrométrie, [spectro-]photométrie, spectroscopie) sur la même plateforme
- Les mesures sont quasi-simultanées
- Tout le ciel (vraiment!)
- Nombre de mesures (big data, DR3 près de 1 trillion de mesures CCD, 34 mois)
- La base de temps de 10 ans (si tout va bien) - La fréquence est très précise pour les objets périodiques
- L'étendue dynamique est très grande (des sources les plus brillantes à la magnitude $G \sim 21$)
- La fonction de sélection peut être déterminée
- Gaia est dans l'espace (stabilité)
- Amélioration cyclique de l'analyse des données (plus de données, meilleures calibrations, meilleure détection des valeurs aberrantes/problèmes)

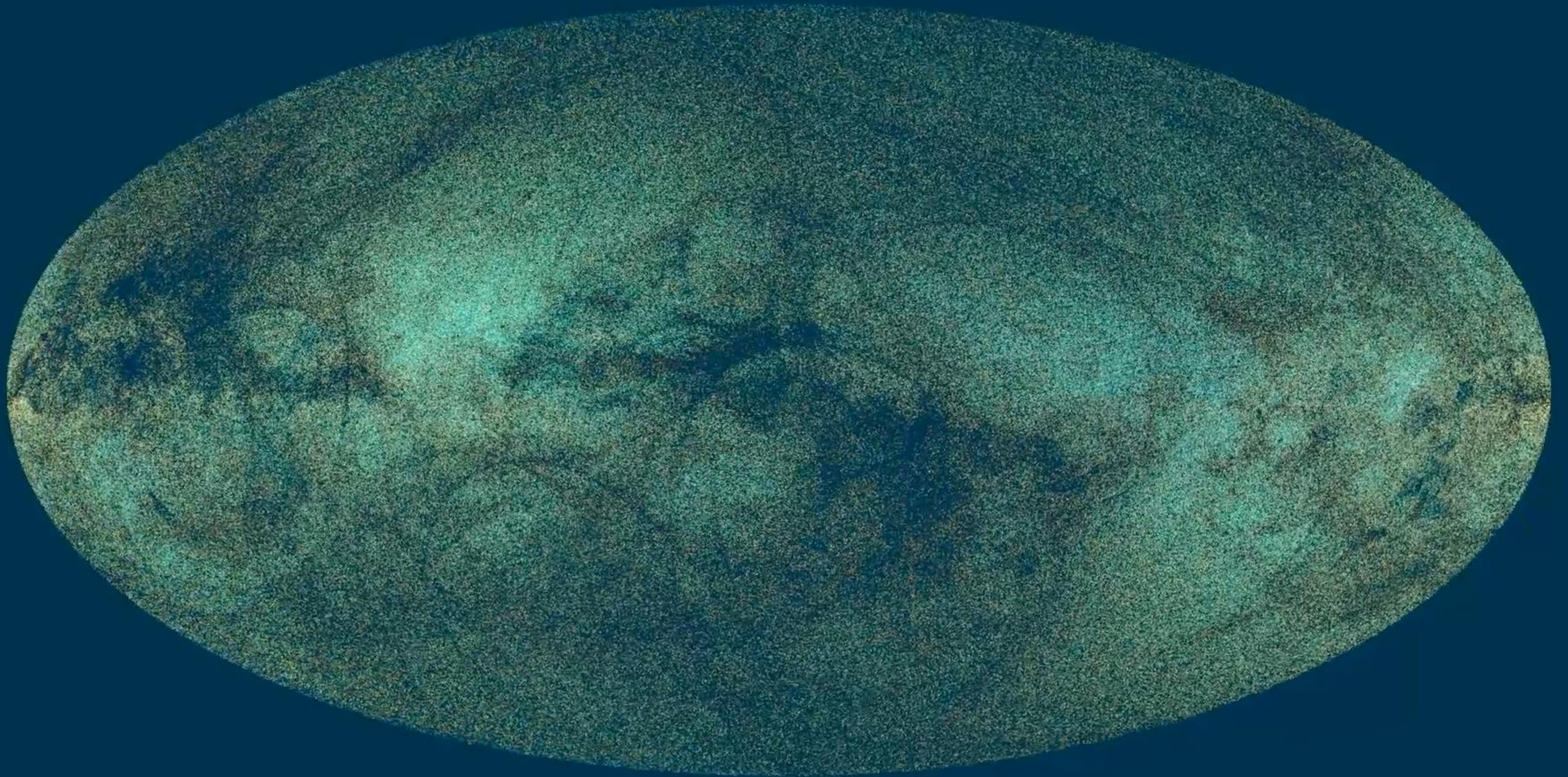
La troisième Data Release de Gaia 13 juin 2022

MILKY WAY STARS



Data release 3 includes a total of 1.8 billion Milky Way stars – providing astronomers with an unprecedented view of stellar characteristics and their life cycle, and the galaxy's structure and evolution.

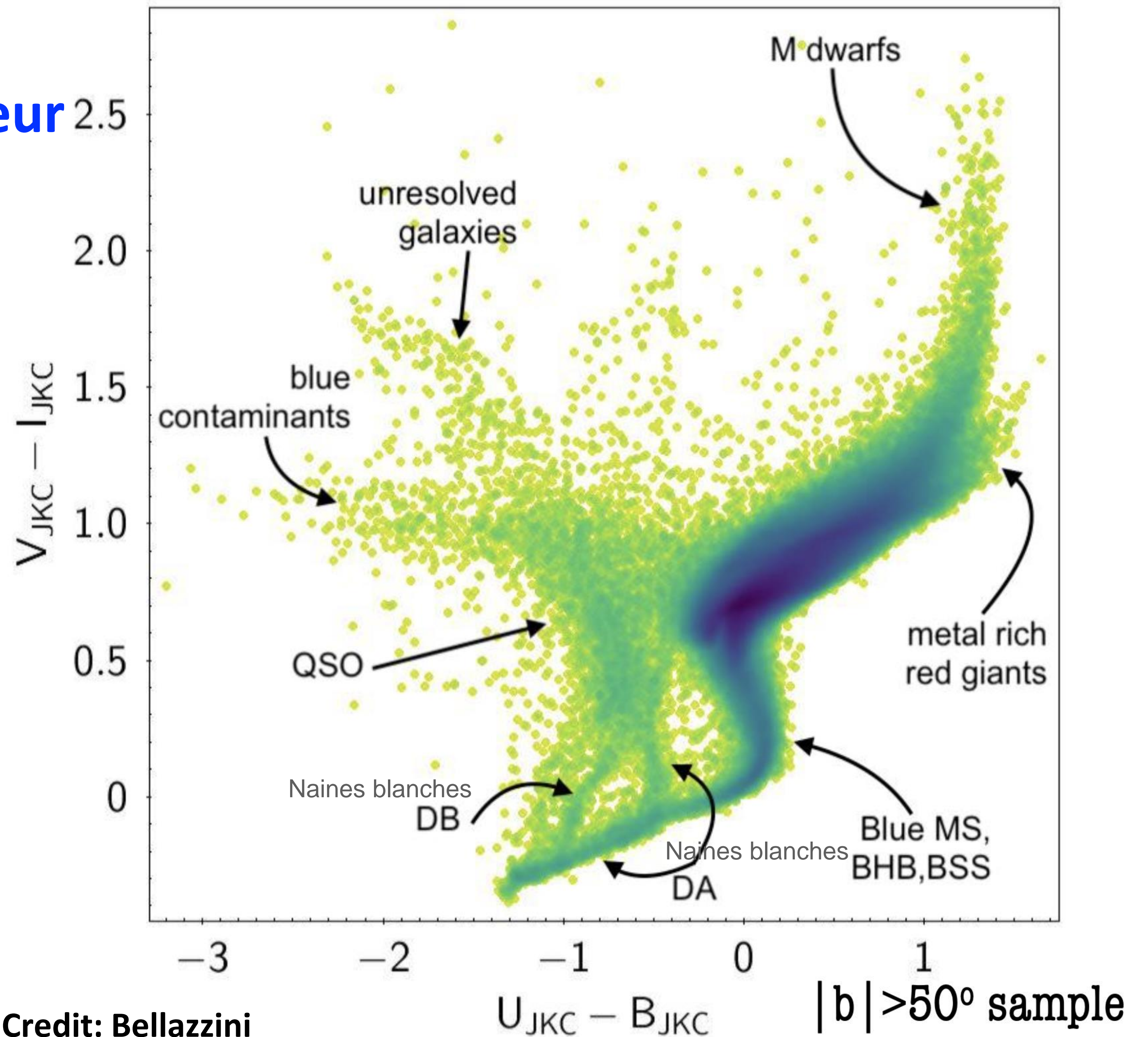




Le diagramme couleur-couleur

Grâce à la spectrophotométrie de BP and RP on arrive a reconstruire des bandes photométriques C'est très remarquable

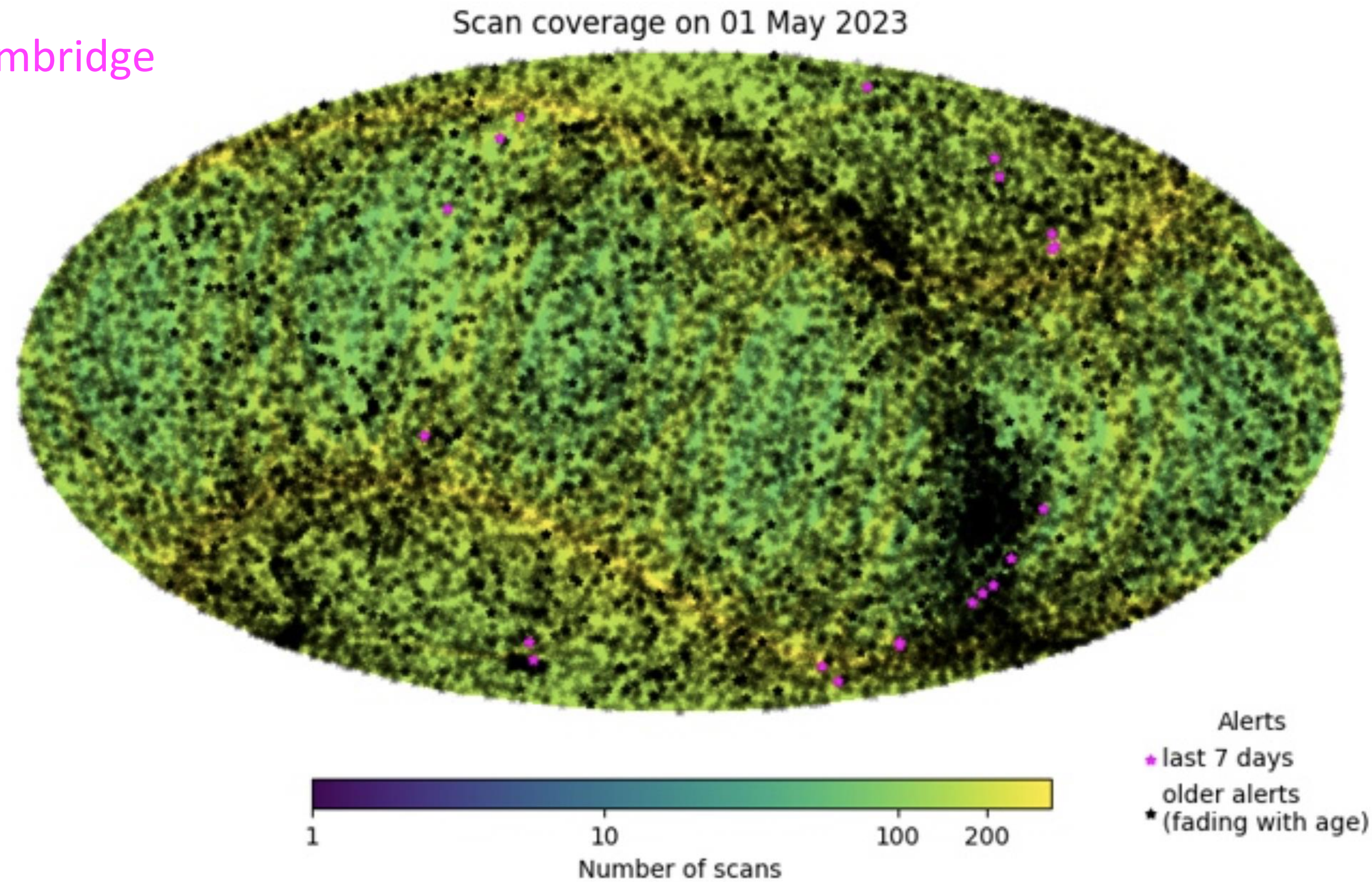
Cela se trouve dans l'archive Gaia



Credit: Bellazzini
Montegriffo et al. 2022

Gaia science alerts

A l'Université de Cambridge



23,045 alerts

~20% classifiées

80% Supernovae

<http://gsaweb.ast.cam.ac.uk/alerts>

Structure de l'analyse de la variability coordonnée à Genève

Il y a deux sources pour les classes de variabilité

(1) La classification

(2) L'étude des objets spécifiques (Specific Object Studies-SOS)

Voir le tutorial demain

La Classification

Une approche classique pour la classification

- **Entraînement des algorithmes de classification avec un ensemble d'apprentissage**

Gavras et al. 2022 a compilé 125 catalogues de la littérature

mise en commun des données grâce à Gaia

4.9 millions de sources variables

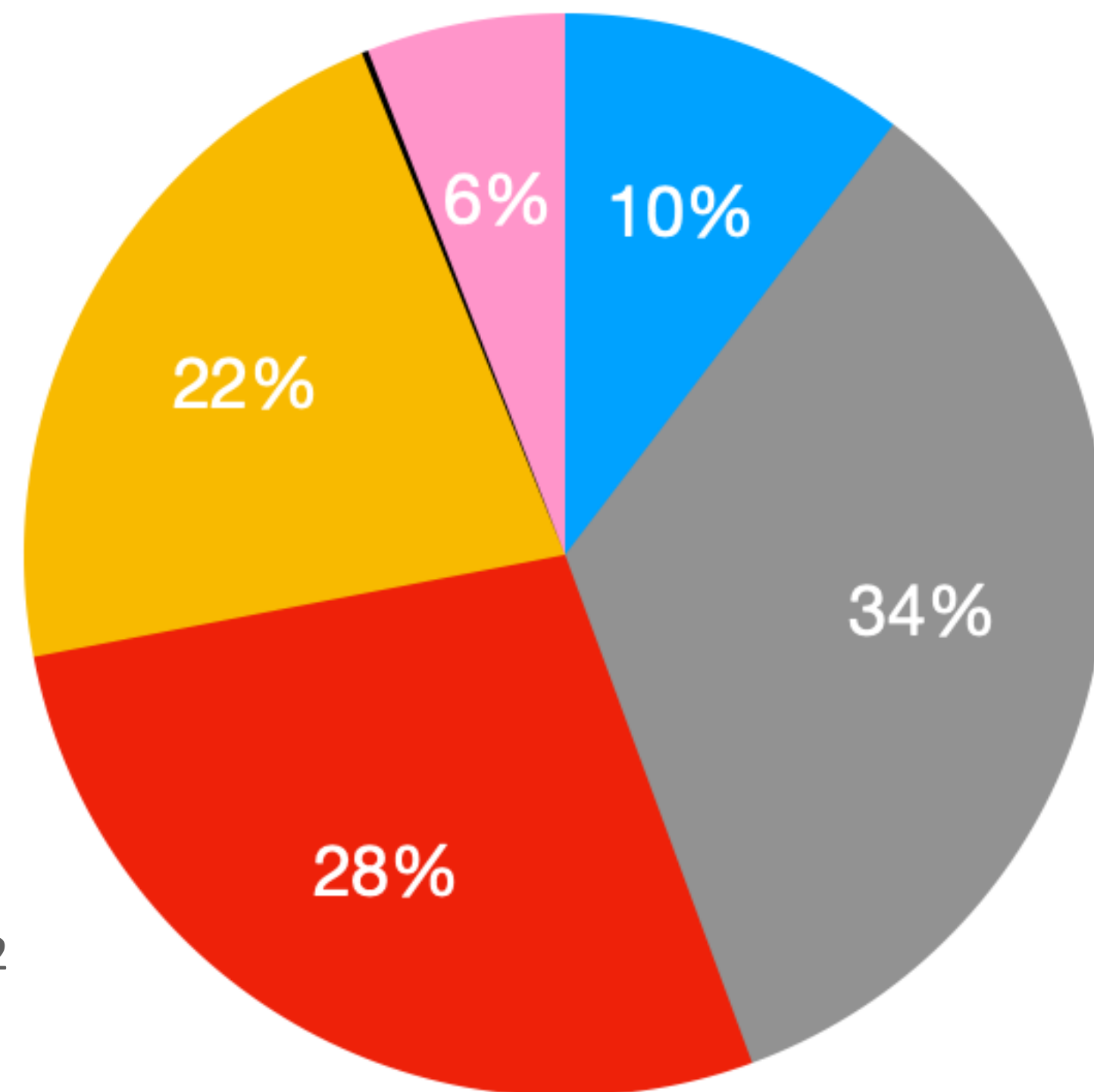
>100 types (et sous-type) de variabilité

- **Classer les sources inconnues**

Les résultats:



24+1 types \rightarrow 34+1 types et sous-types



&

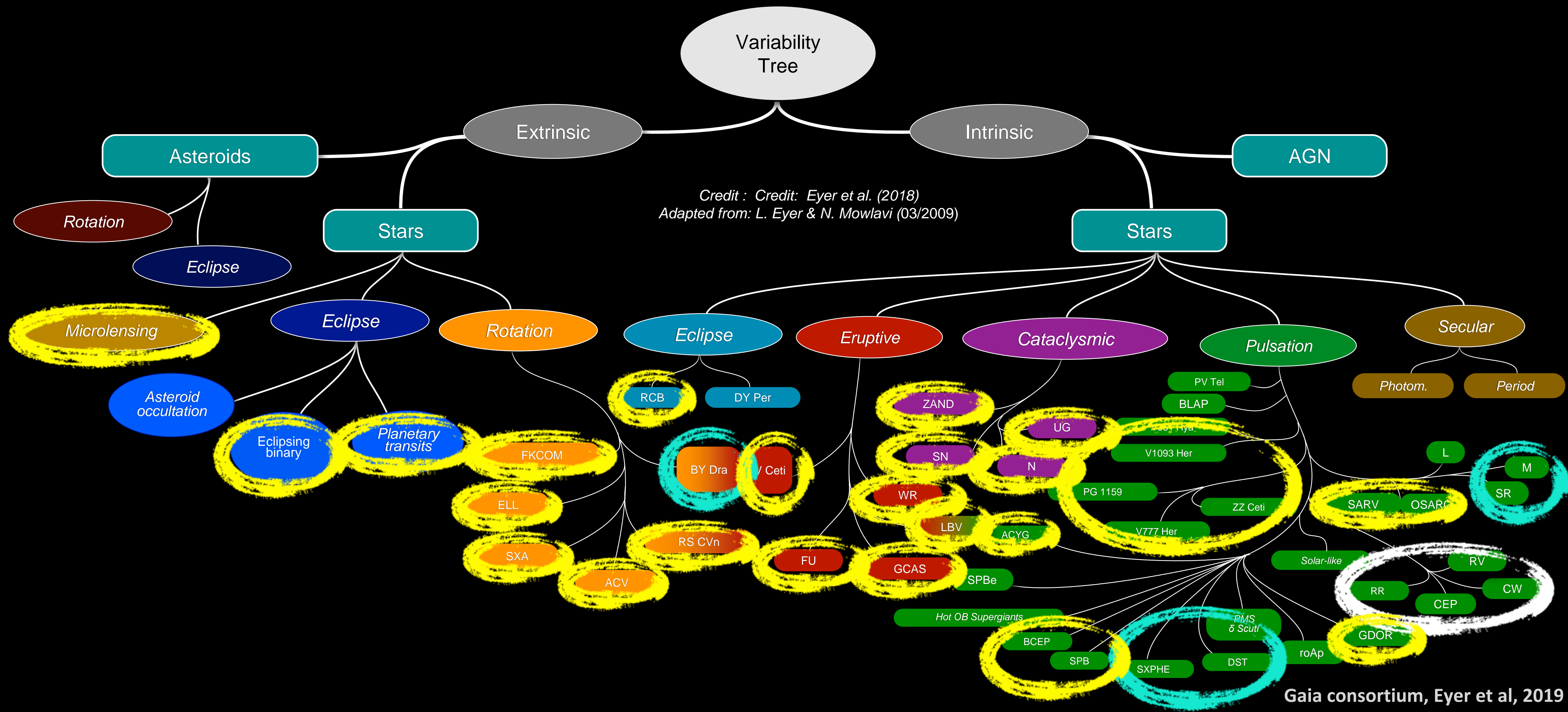
2.5 millions de galaxies

Eyer et al. 2022

10.5 millions de variables: 9.5 millions d'étoiles variable + 1 million d'AGN

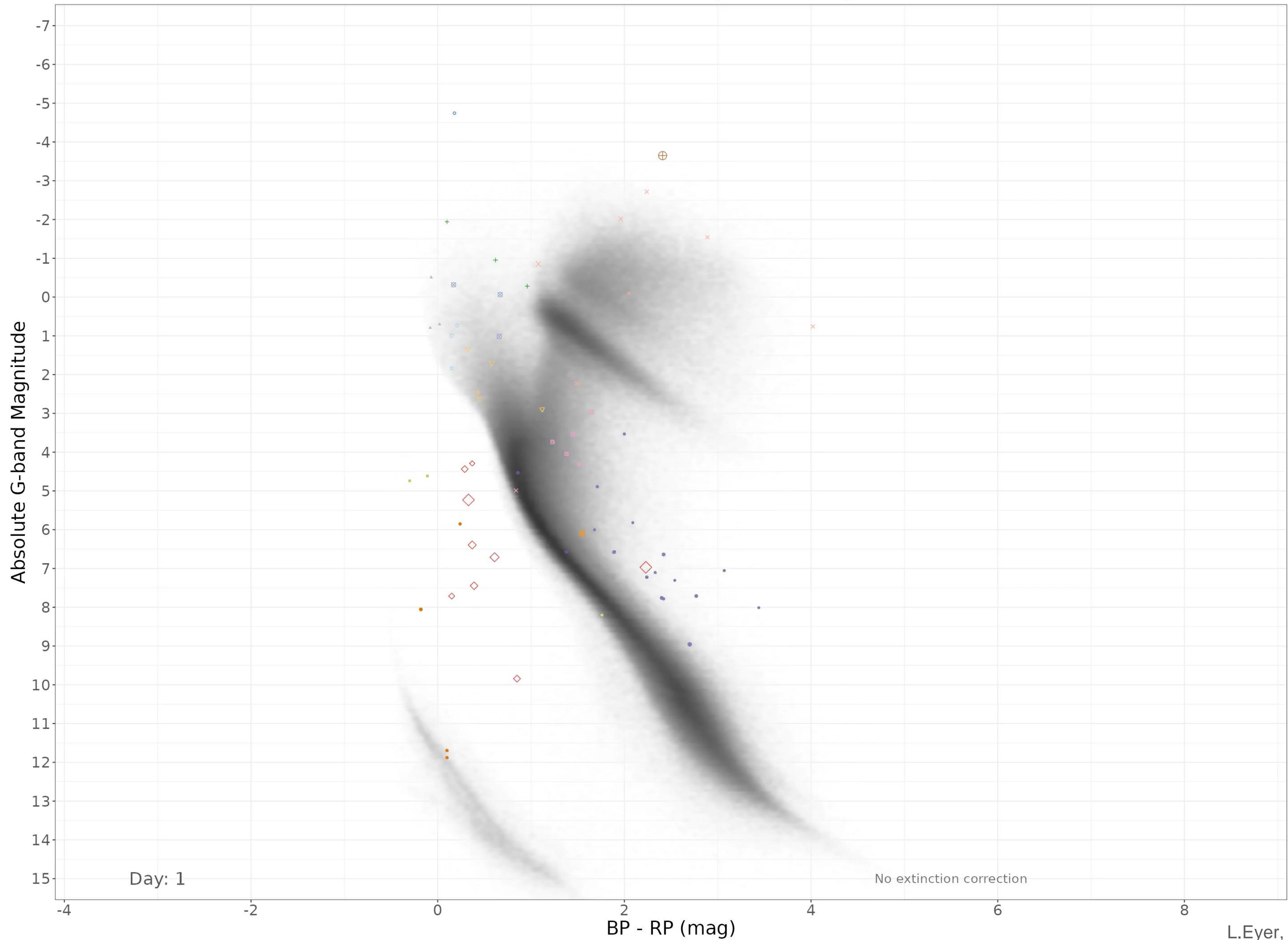
On bat un record: le plus grand ensemble de données publiées avec une classification

L'arbre de variabilité



Le diagramme Hertzsprung Russell devient vivant

Motion in the colour-magnitude diagram



Day: 1

No extinction correction

Quelques résultats: exoplanètes

La première exoplanète détectée
par Gaia!
(Mars 30, 2021)

Nous avons maintenant deux
exoplanètes confirmées
par des mesures de vitesses radiales
et 39 autres candidats
(Panahi et al. 2022, Eyer et al. 2022)

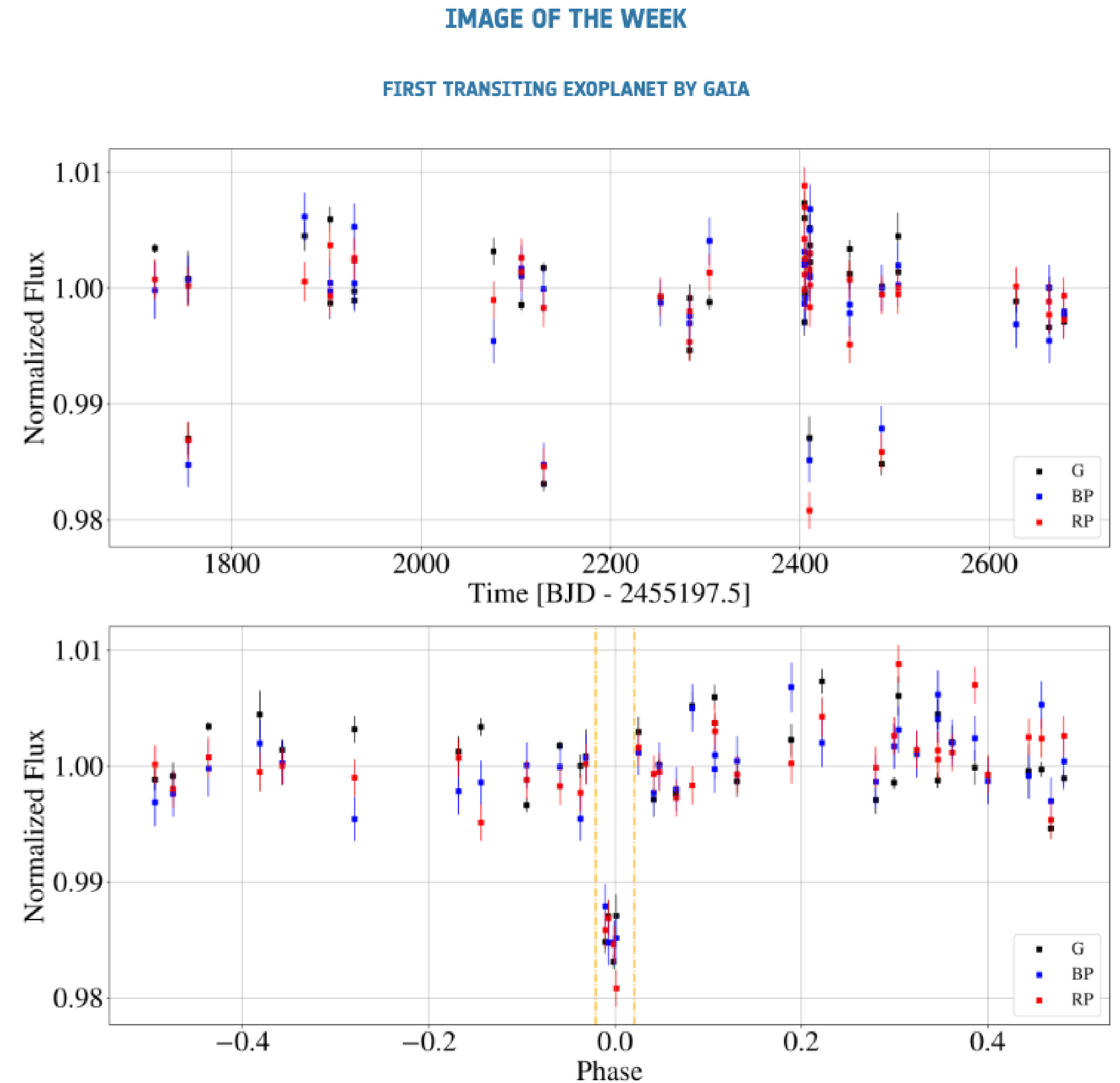
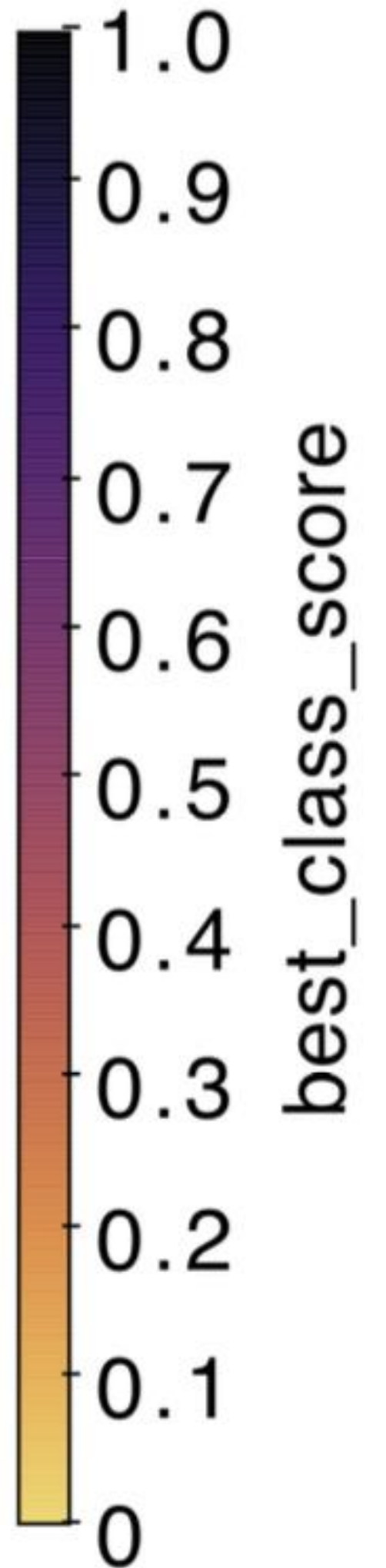
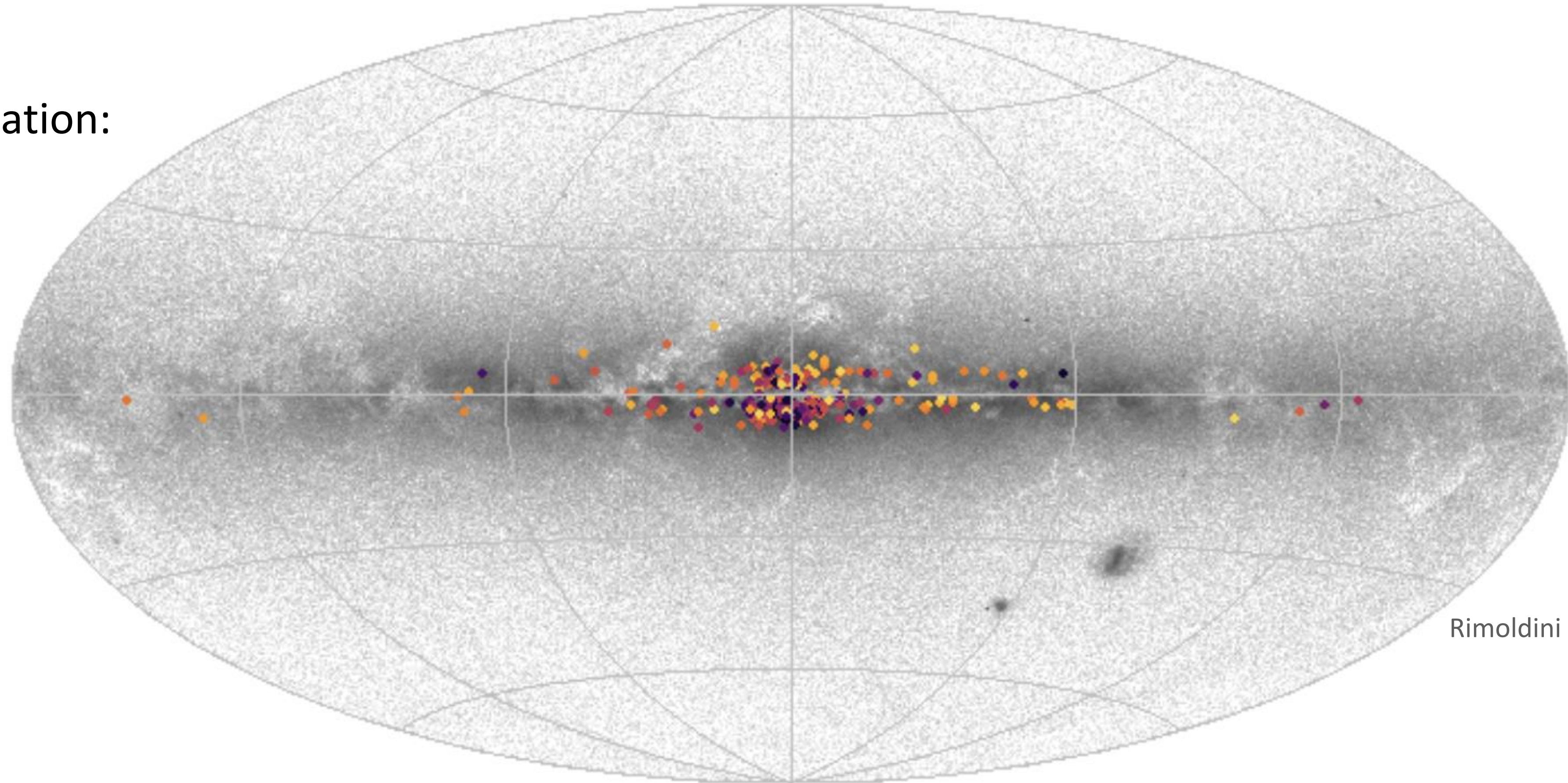


Figure 1: Upper: Gaia photometric data in the three bands G, BP and RP. Lower: the same data, phase-folded according to the planet estimated orbital period.

Quelques résultats: Microlentilles

Variability type / type group	Total	Classification name Count (Only Classif.)	SOS table name Count (Only SOS)	Classif. \cap SOS
Microlensing events	430	MICROLENSING 254 (67)	vari_microlensing 363 (176)	187

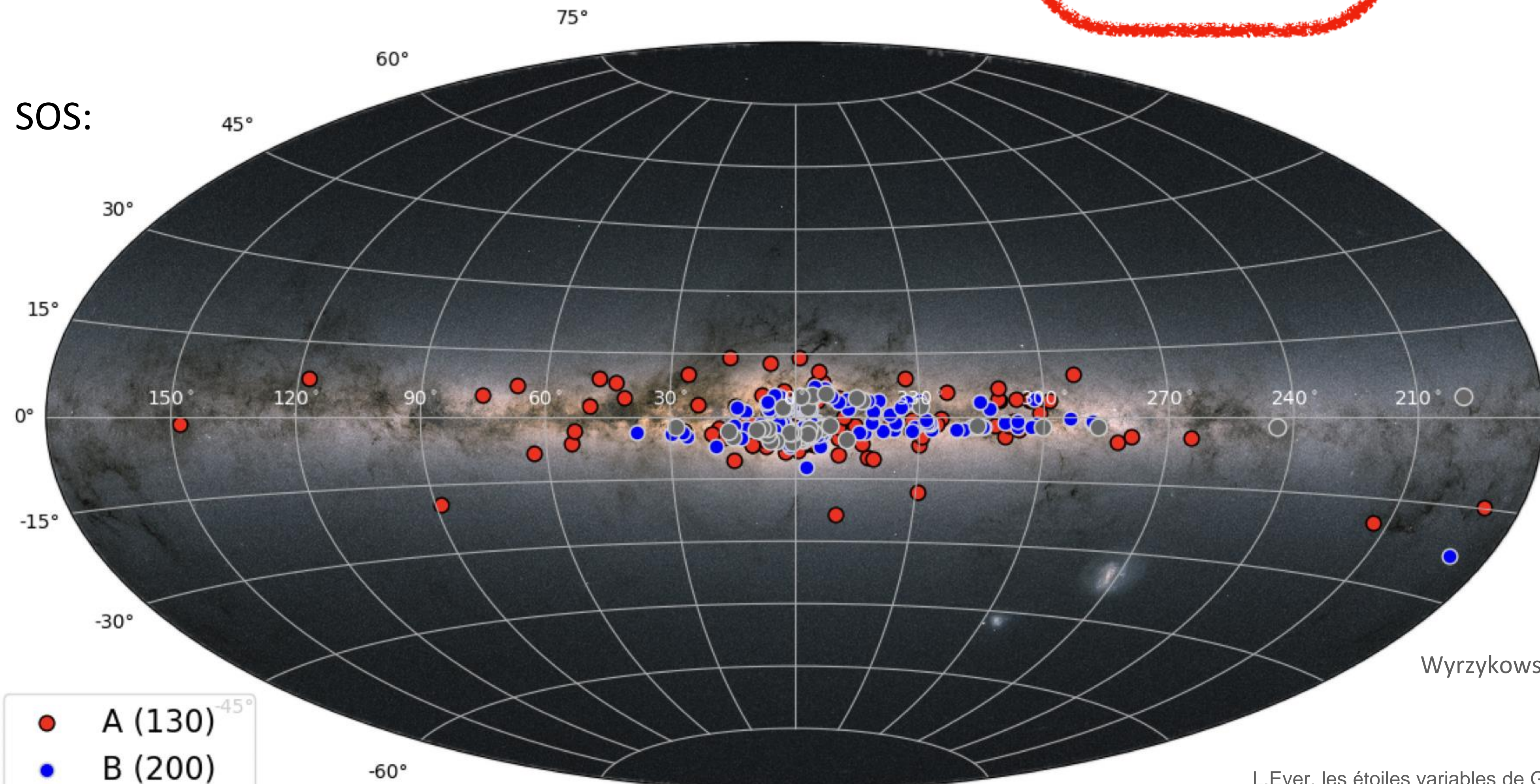
Classification:



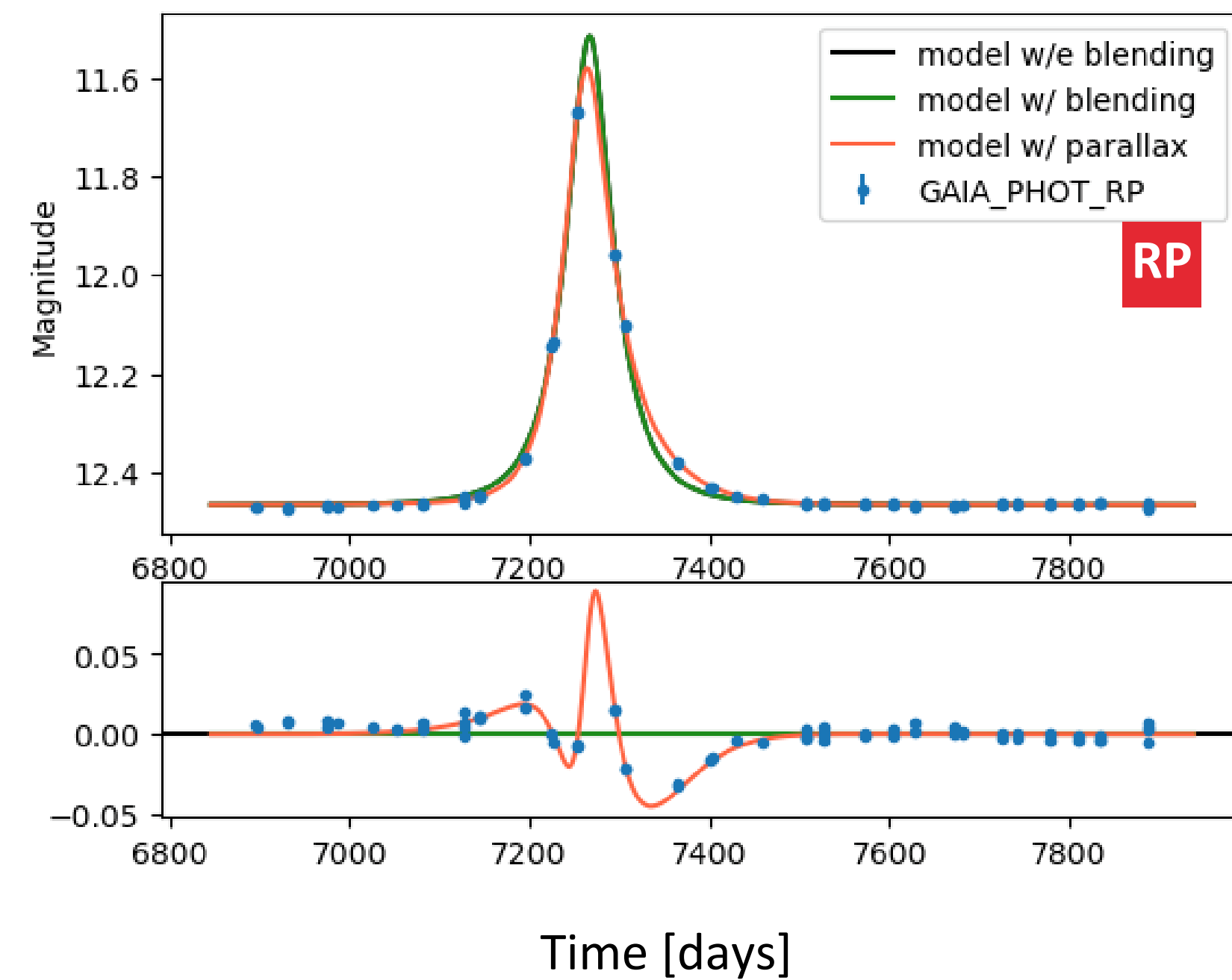
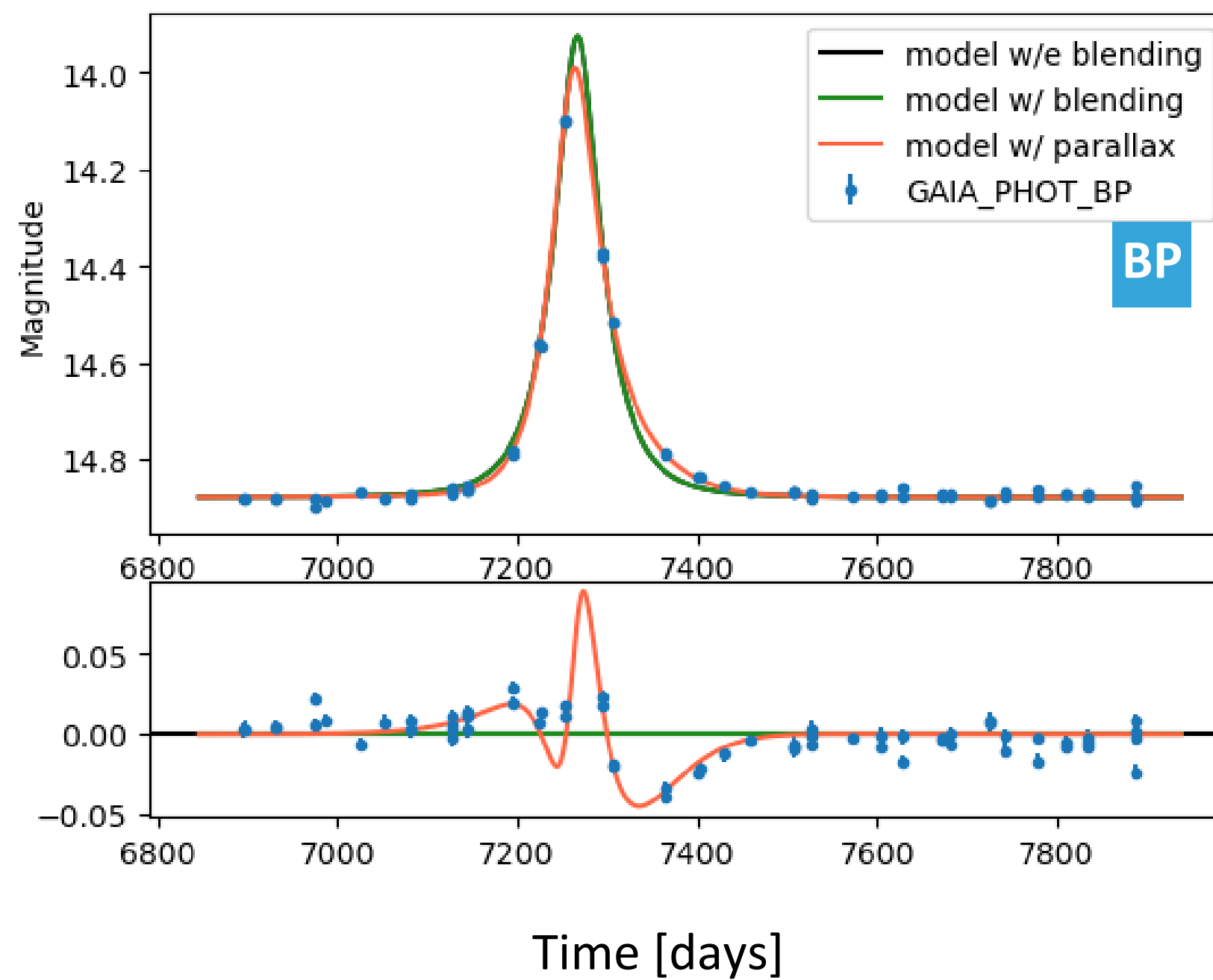
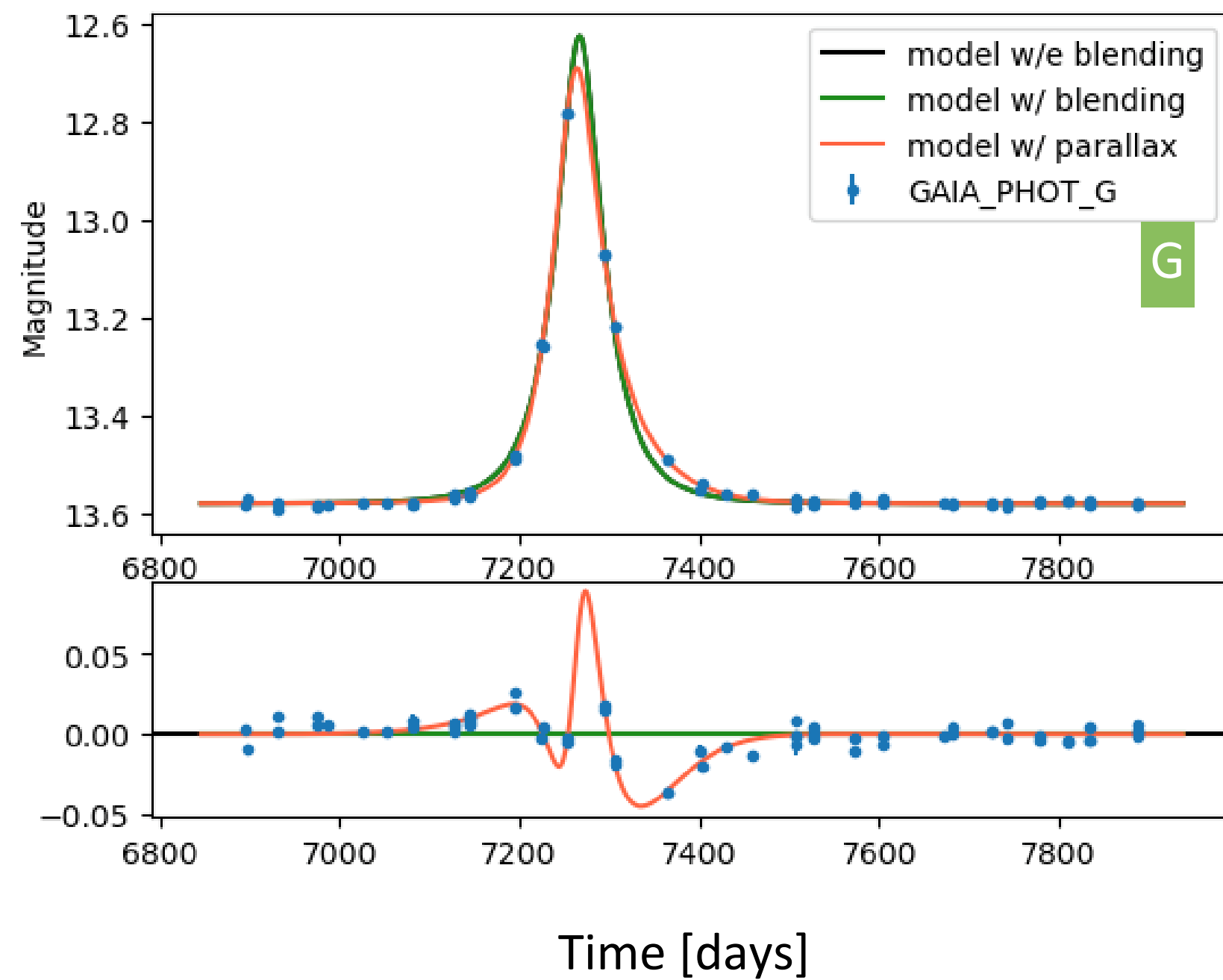
Rimoldini et al. 2022

Quelques résultats: Microlentilles

Variability type / type group	Total	Classification name Count (Only Classif.)	SOS table name Count (Only SOS)	Classif. \cap SOS
Microlensing events	430	MICROLENSING 254 (67)	vari_microensing 363 (176)	187

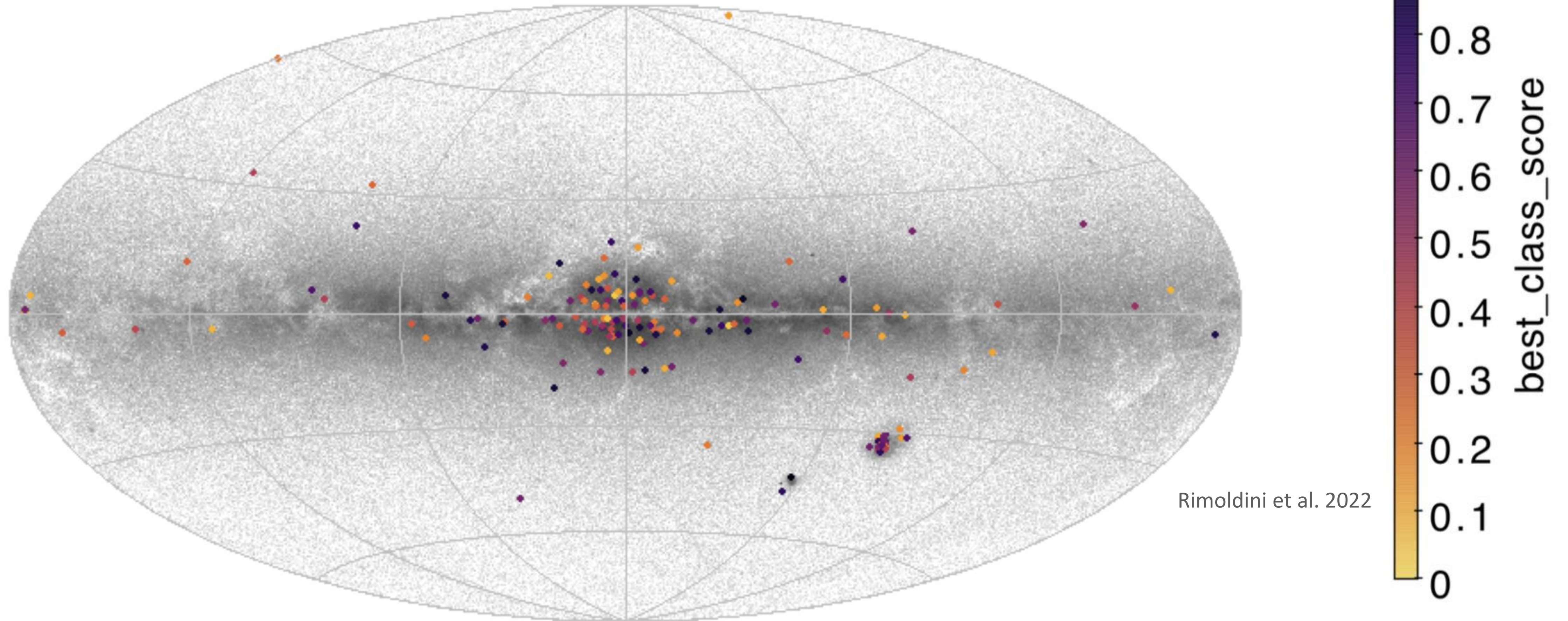


Quelques résultats: un nouvel événement de microlentille

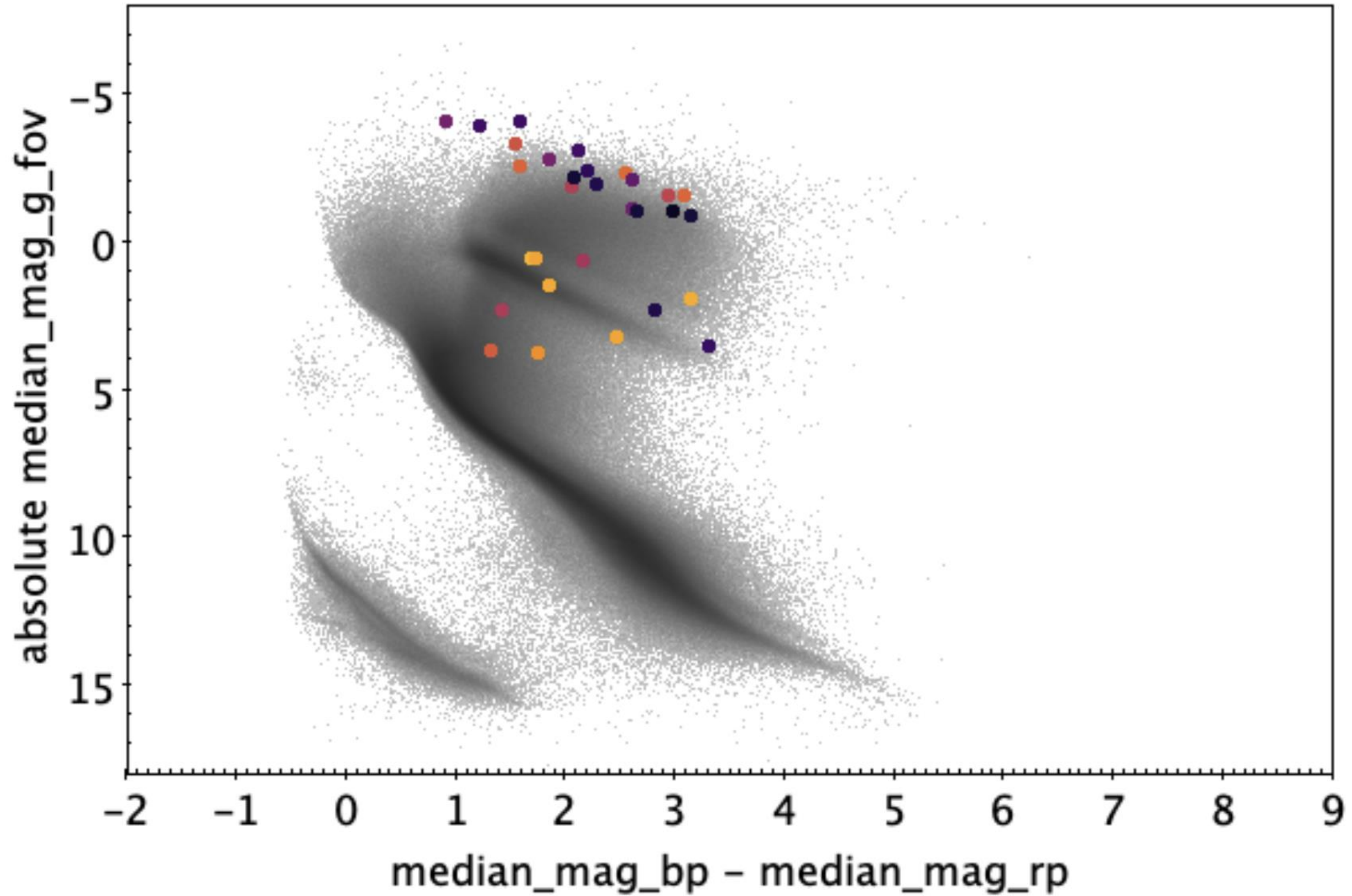


Quelques résultats: les étoiles R Coronae Borealis

Variability type / type group	Total	Classification name Count (Only Classif.)	SOS table name Count (Only SOS)	Classif. \cap SOS
R Coronae Borealis stars	153	RCB 153	-	-

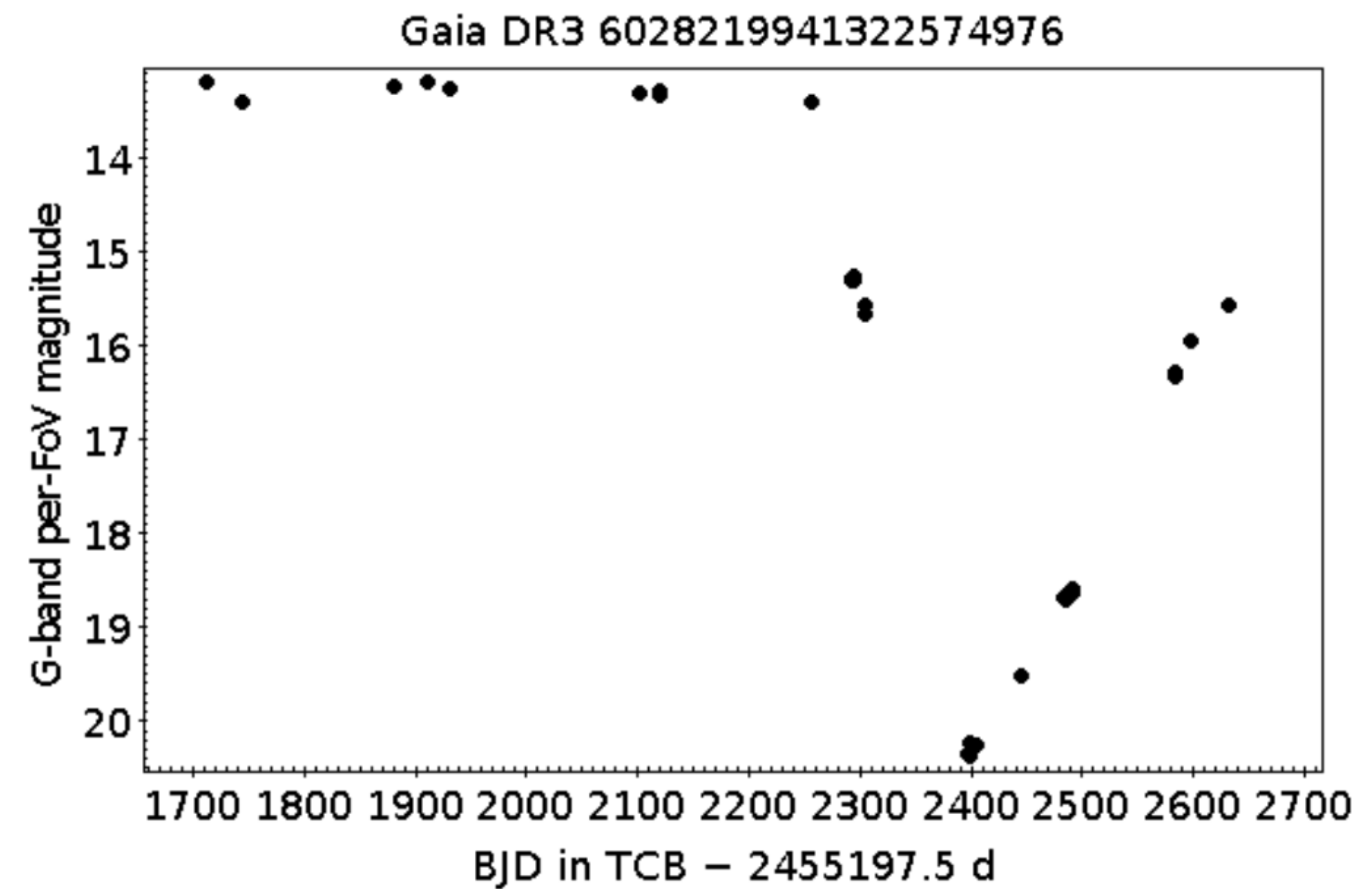
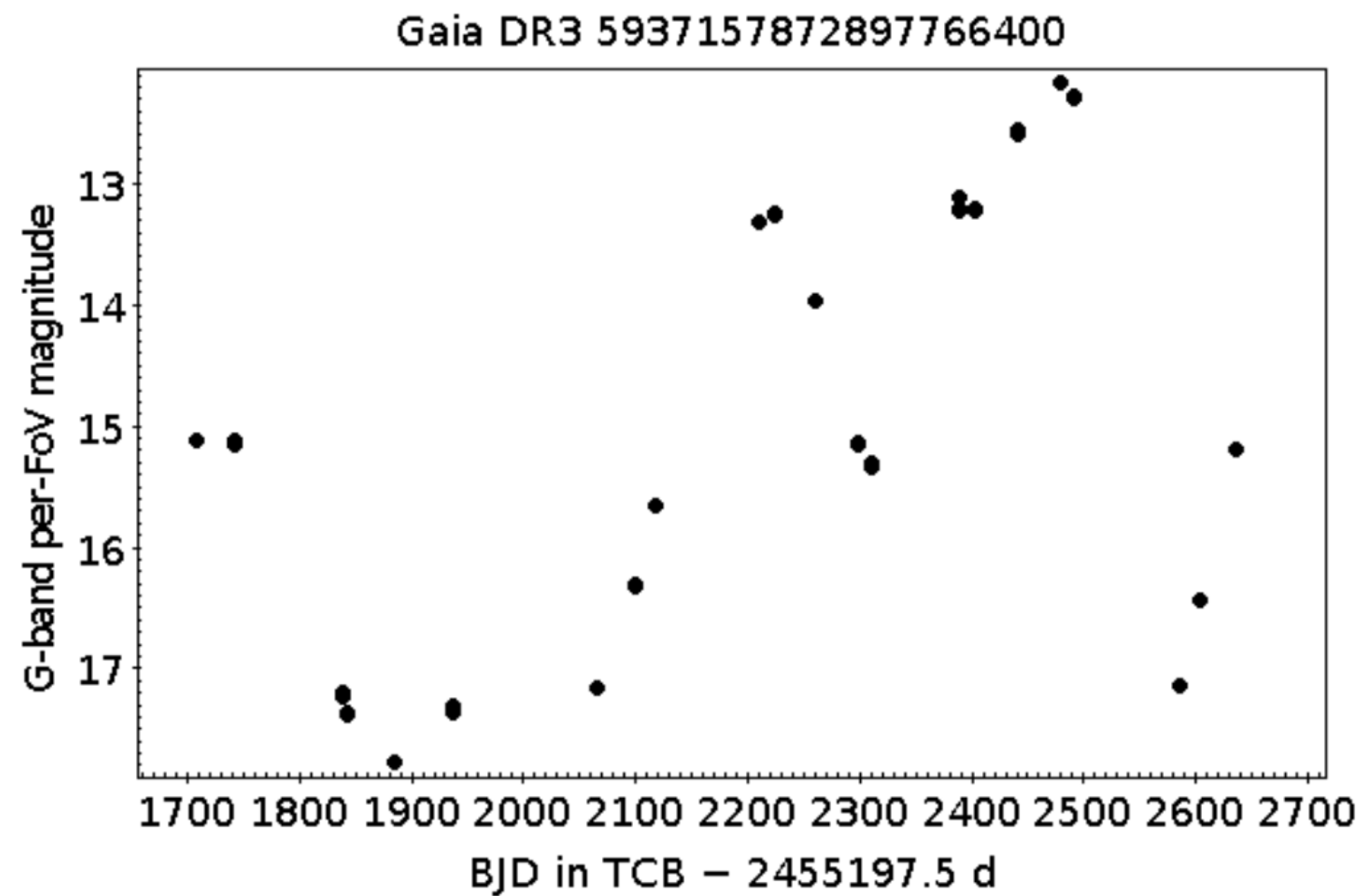
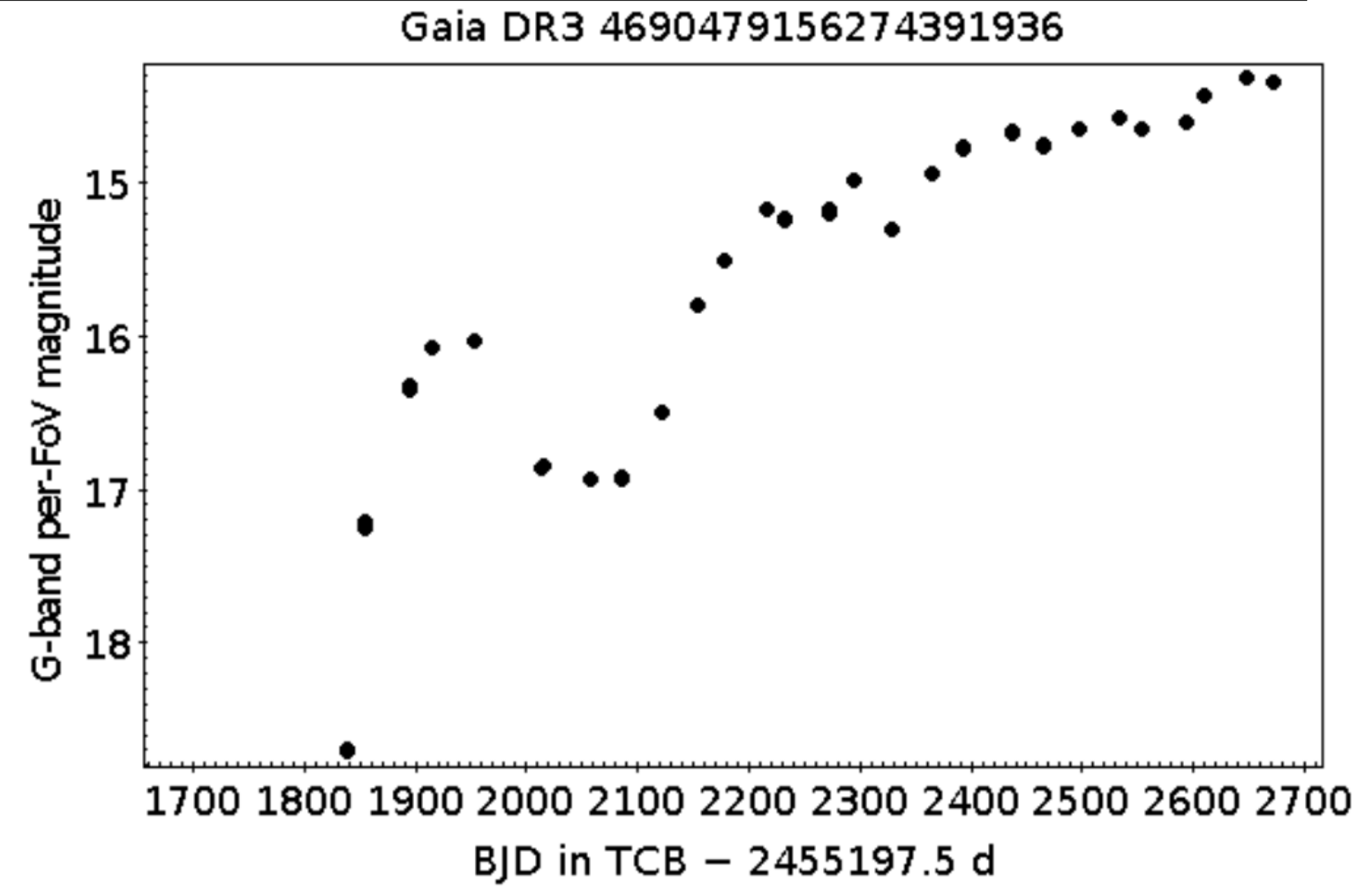
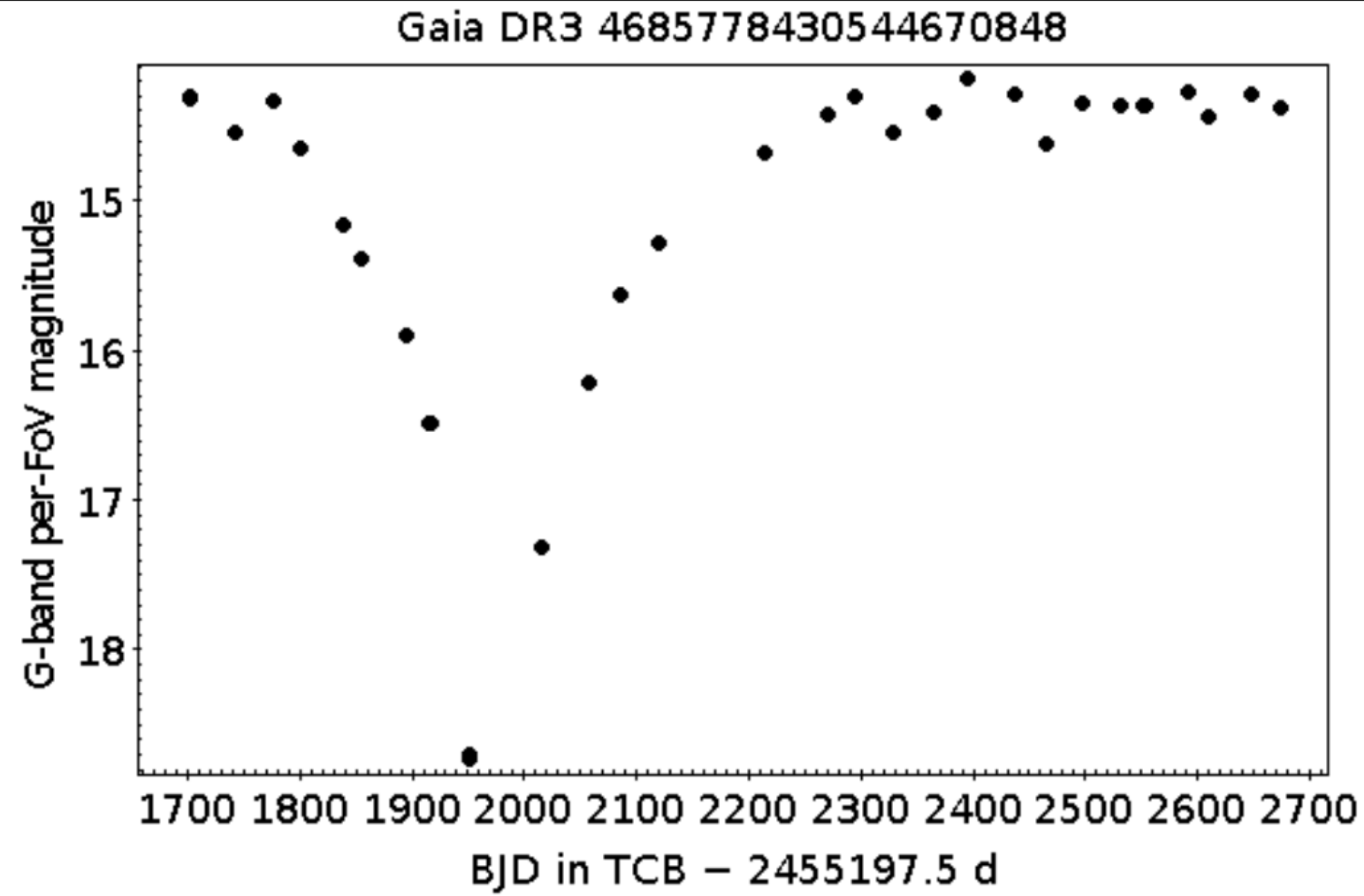


R Coronae Borealis stars: HR diagram



Rimoldini et al. 2022

R Coronae Borealis stars: Some examples



Rimoldini et al. 2022

Mais, mais...

Tout n'est pas si parfait que cela

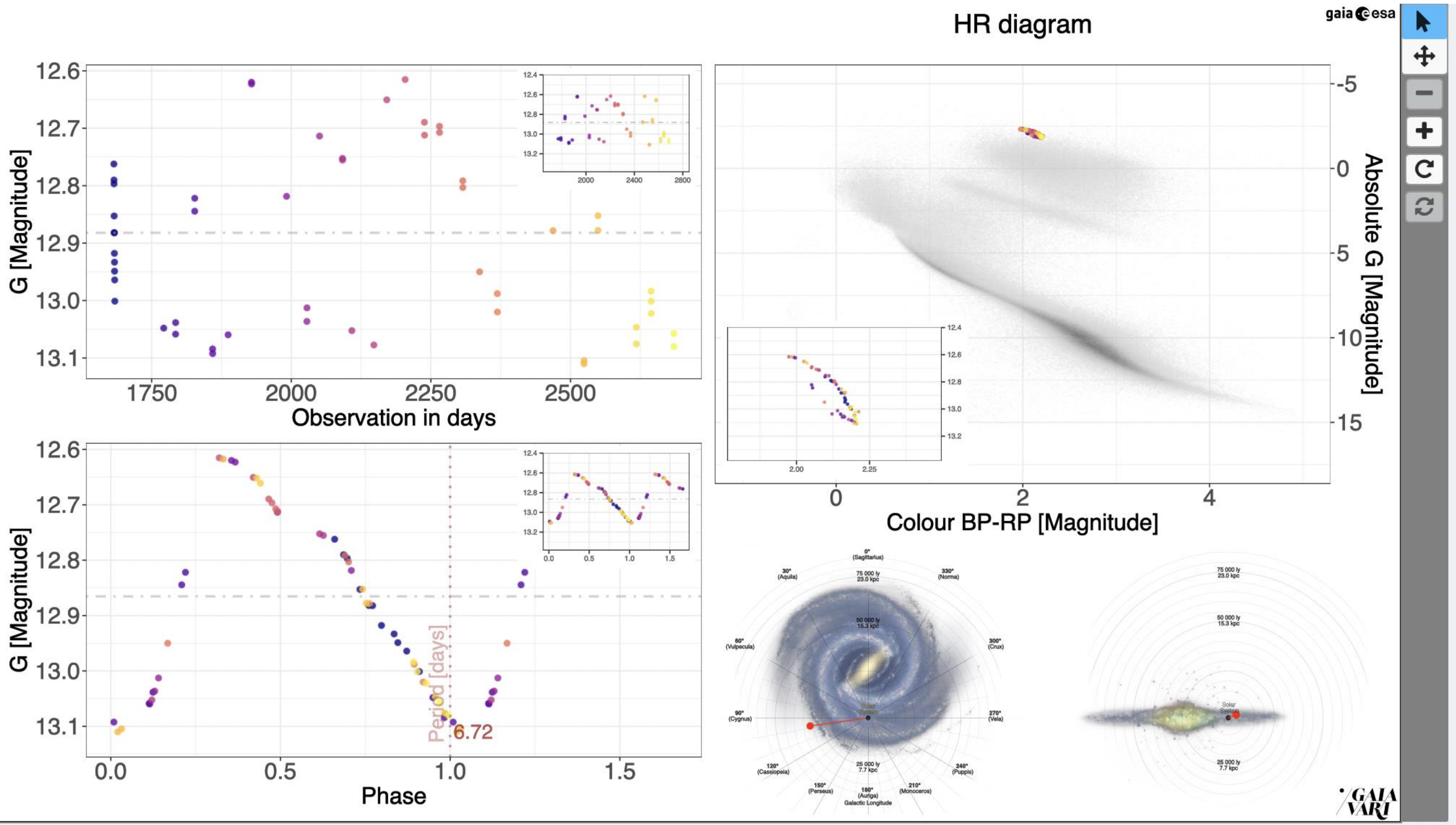
La classification a des problèmes

Appel à la science citoyenne

Zooniverse

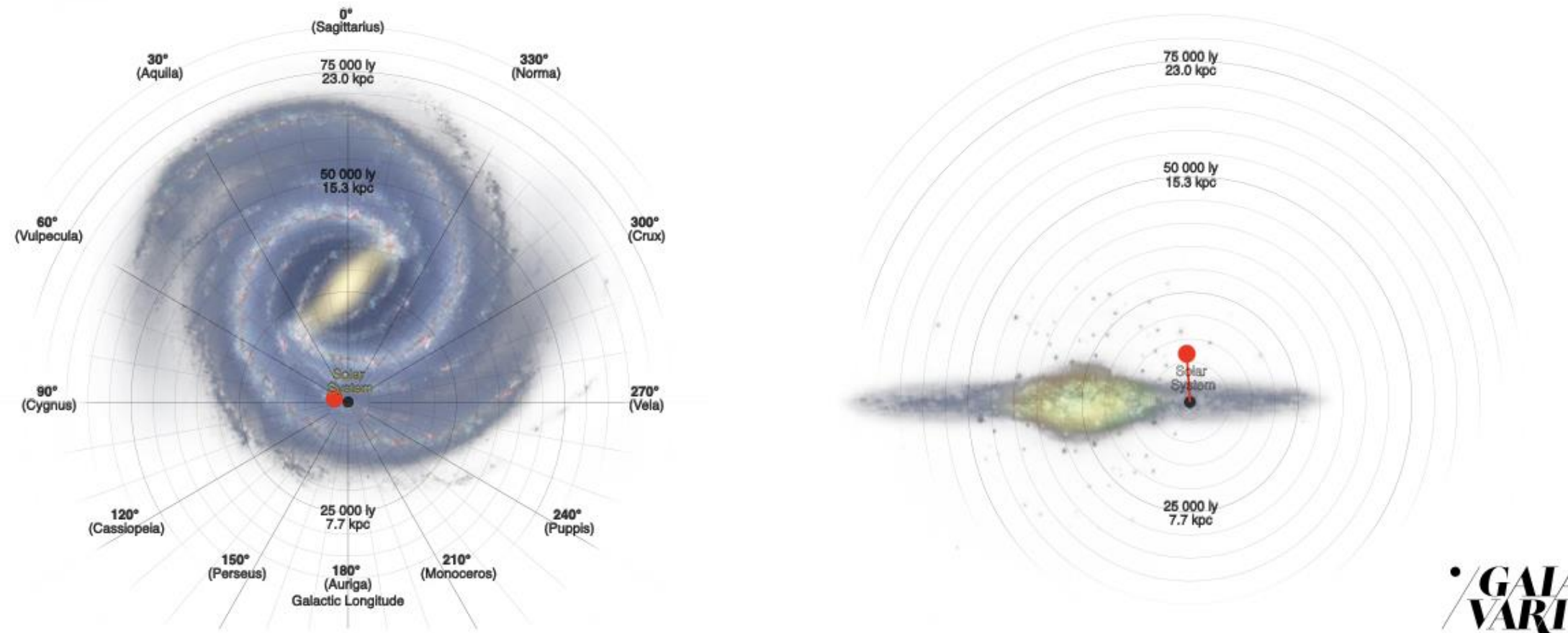
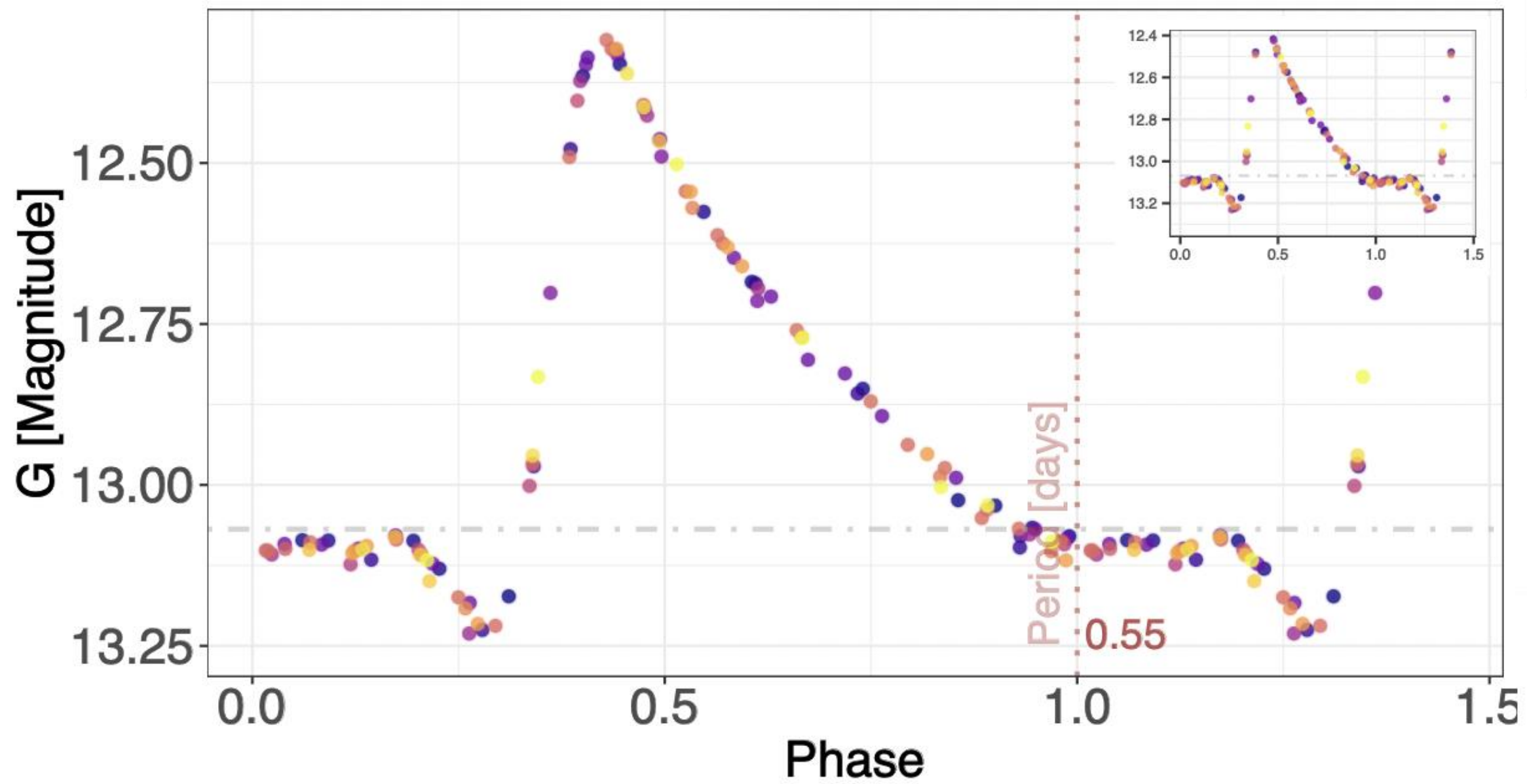
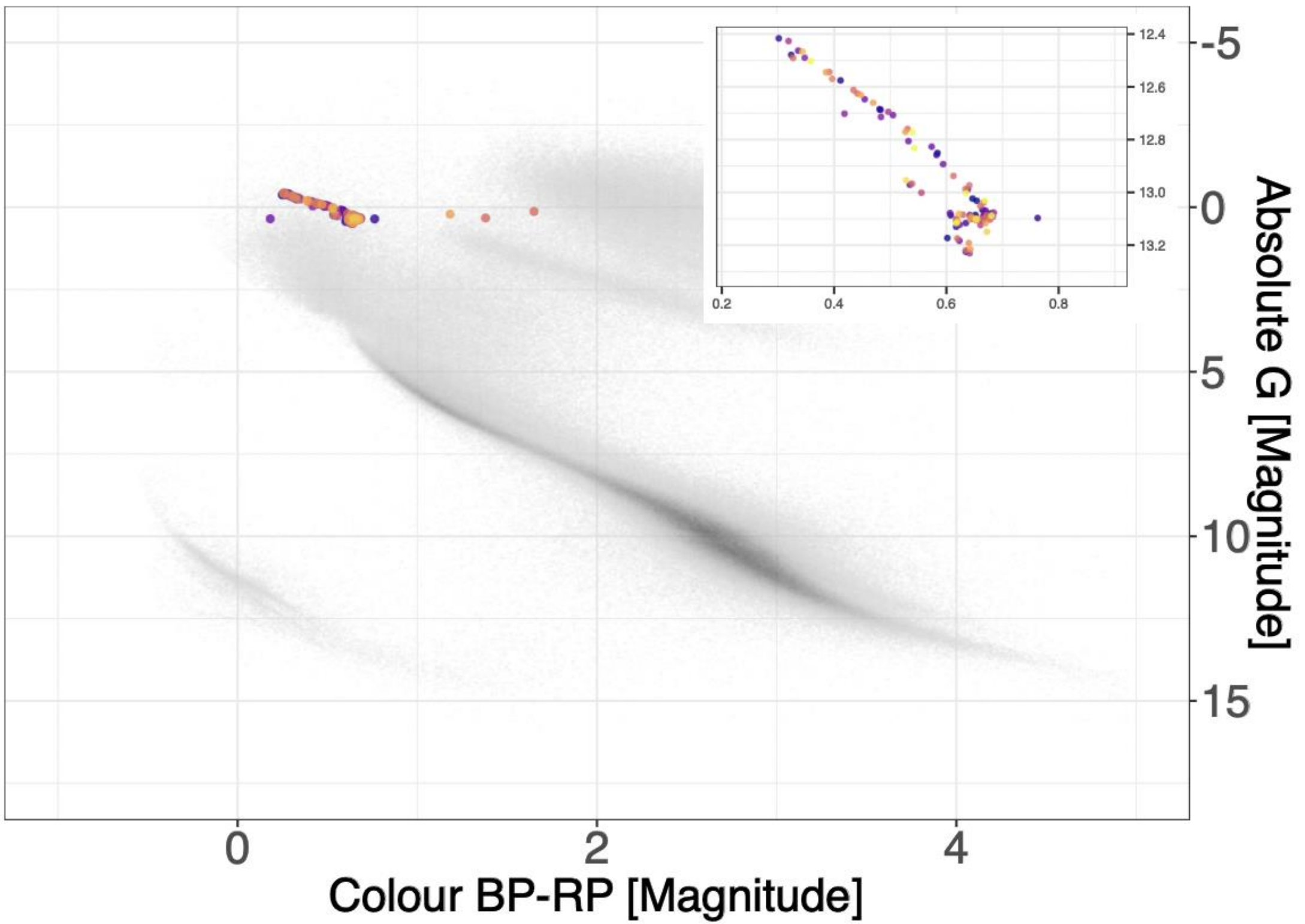
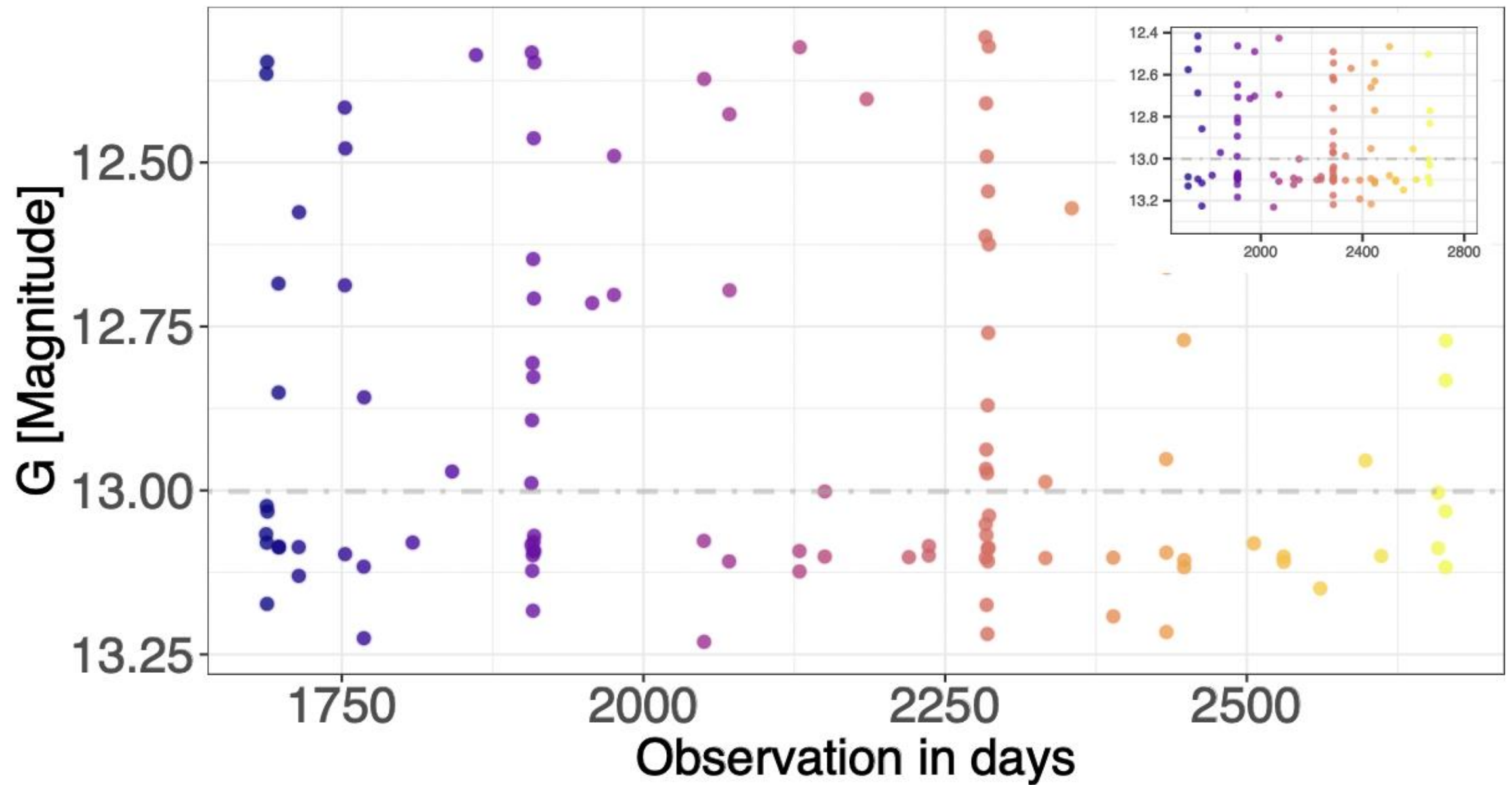
GaiaVari a citizen science project

<https://www.zooniverse.org/projects/gaia-zooniverse/gaia-vari>



GaiaVari a citizen science project

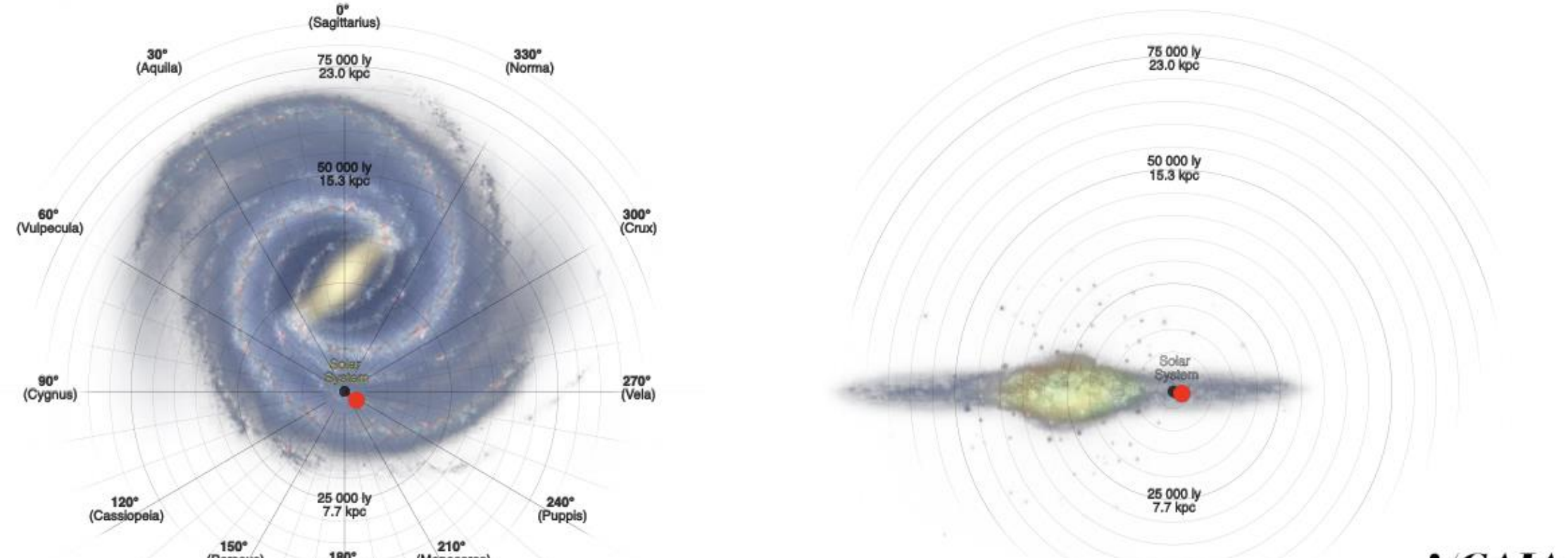
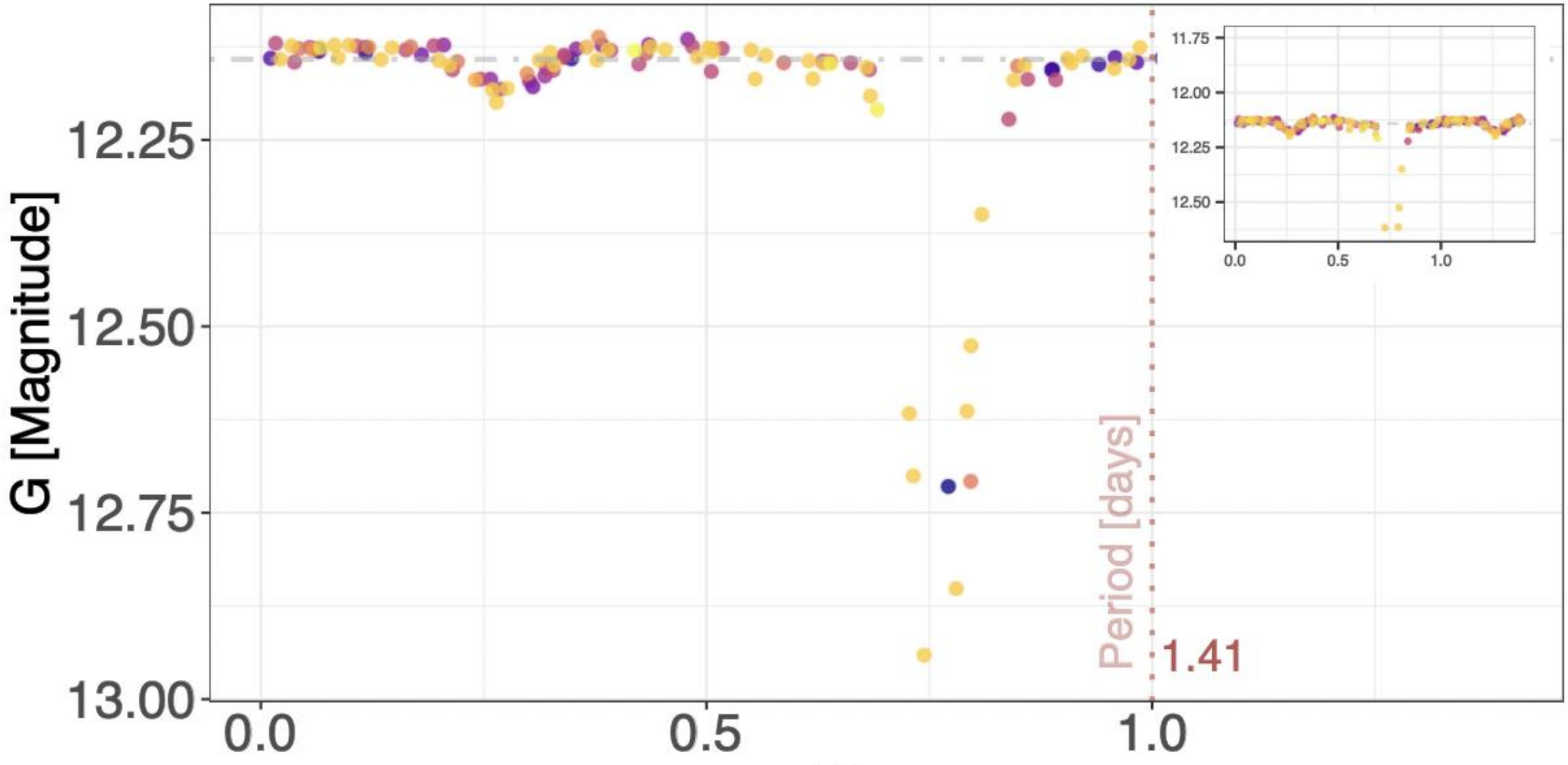
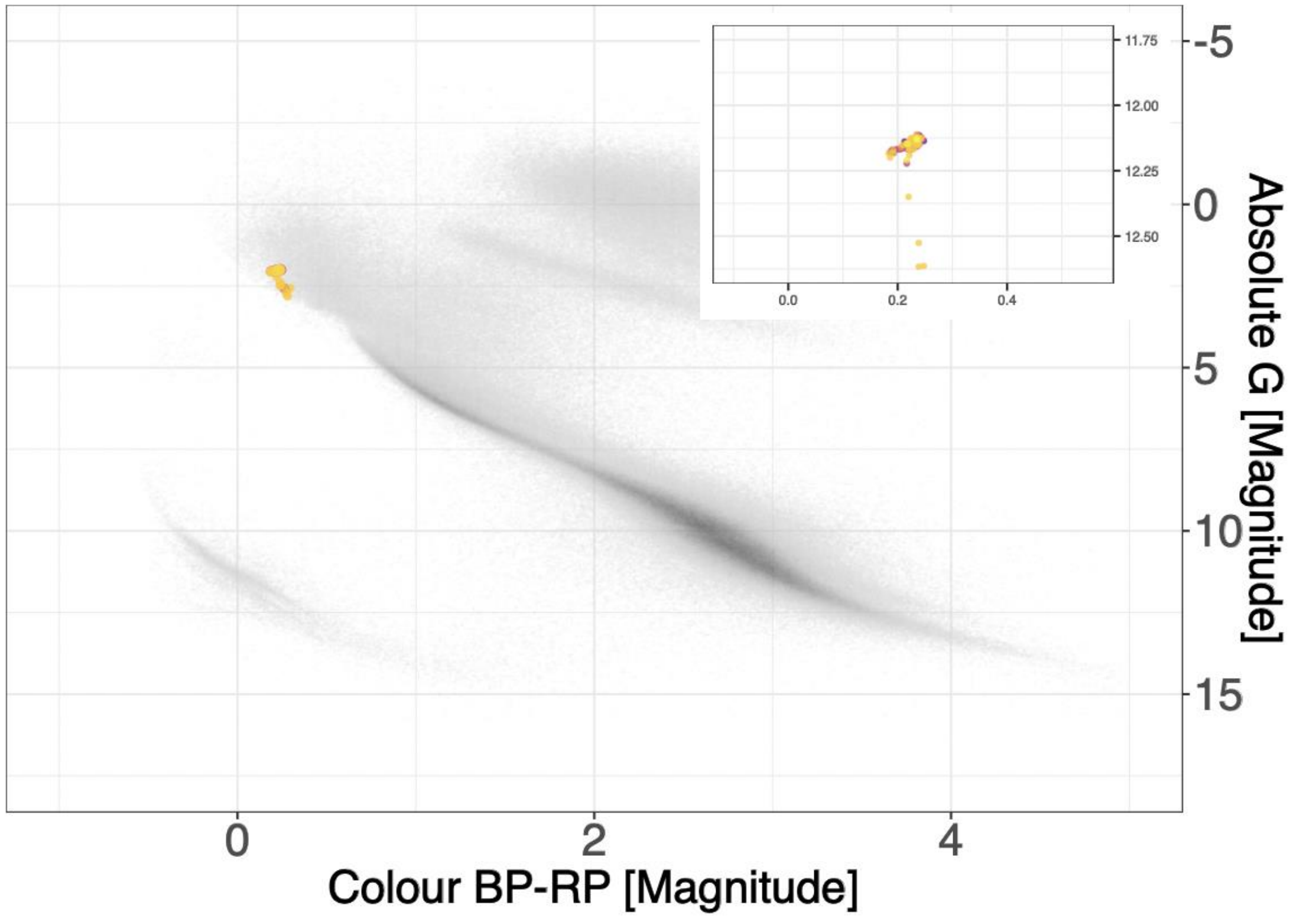
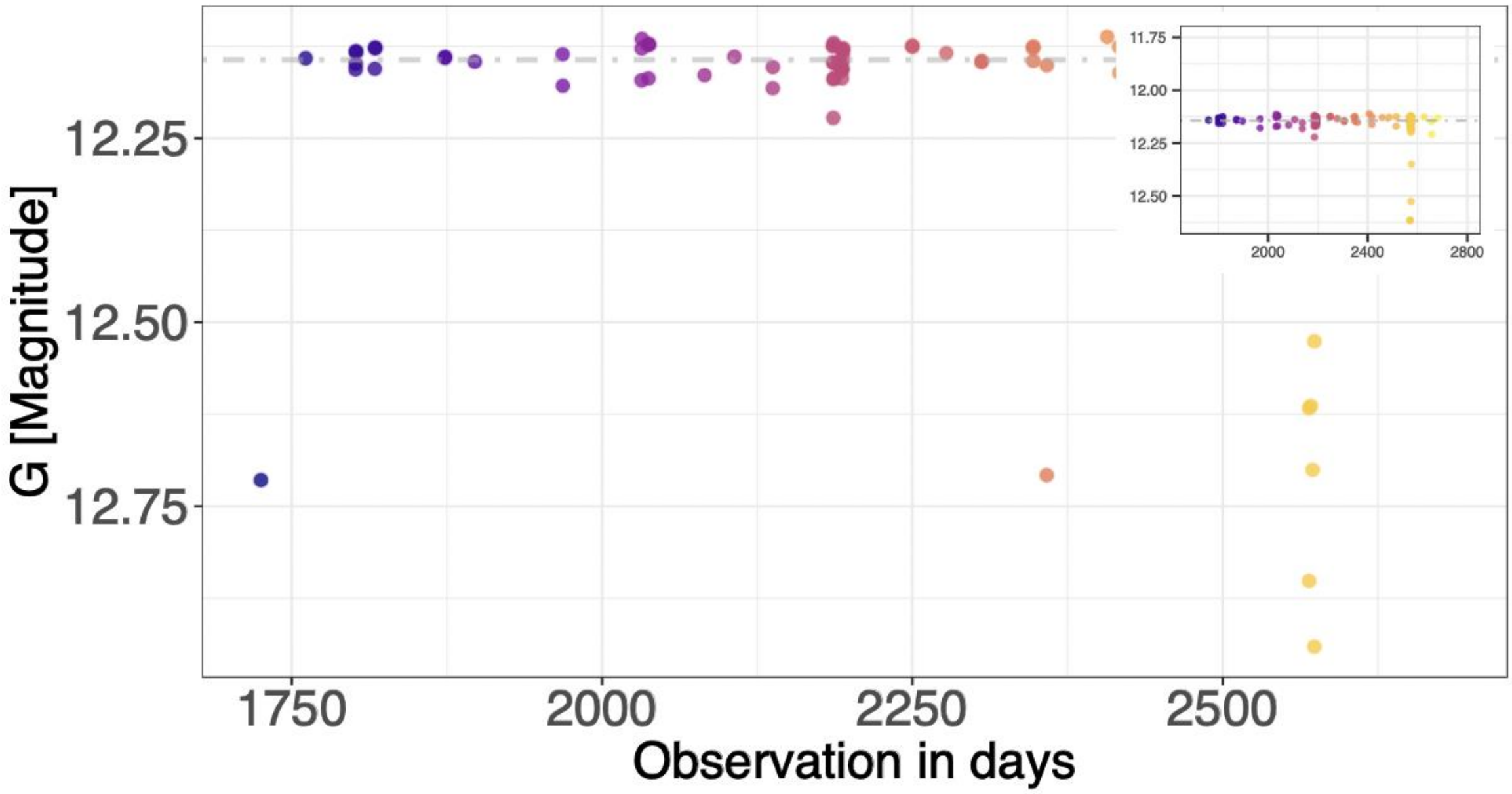
HR diagram



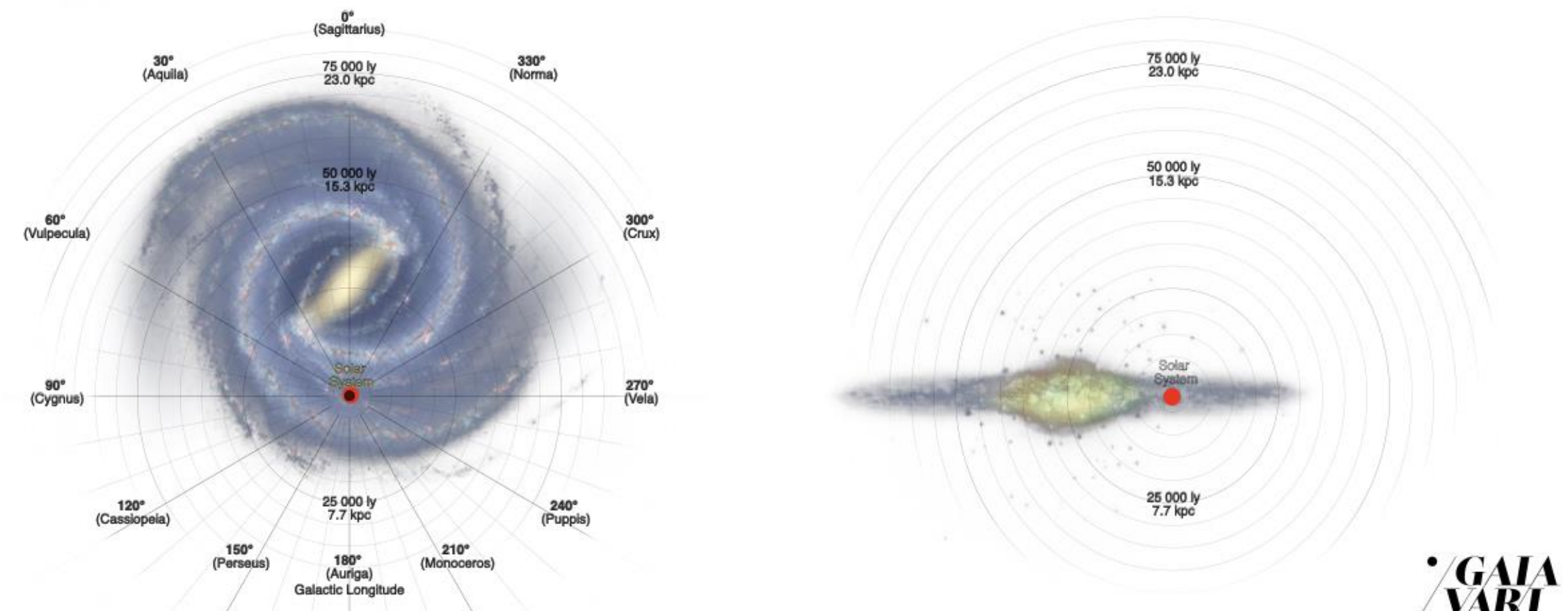
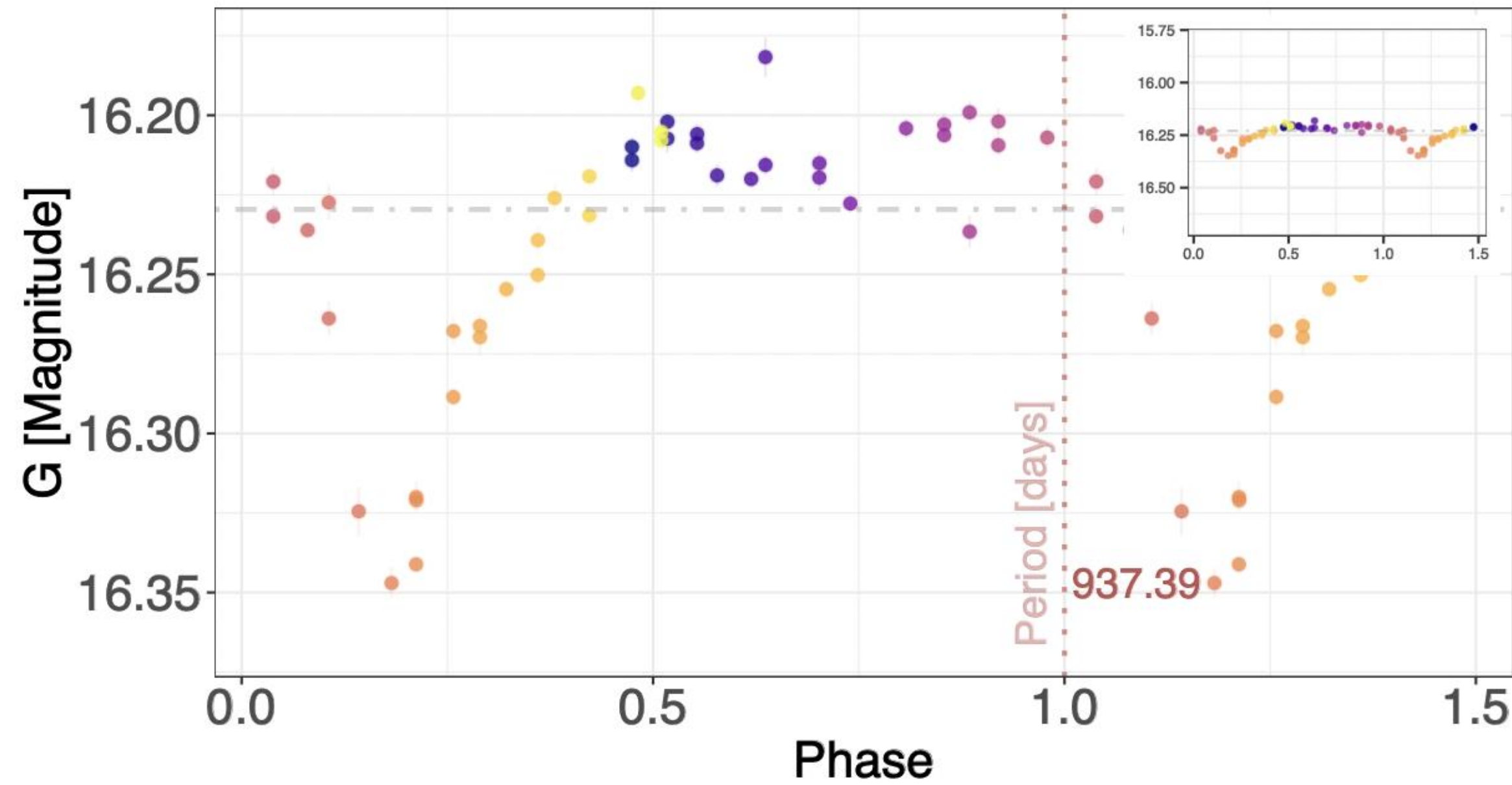
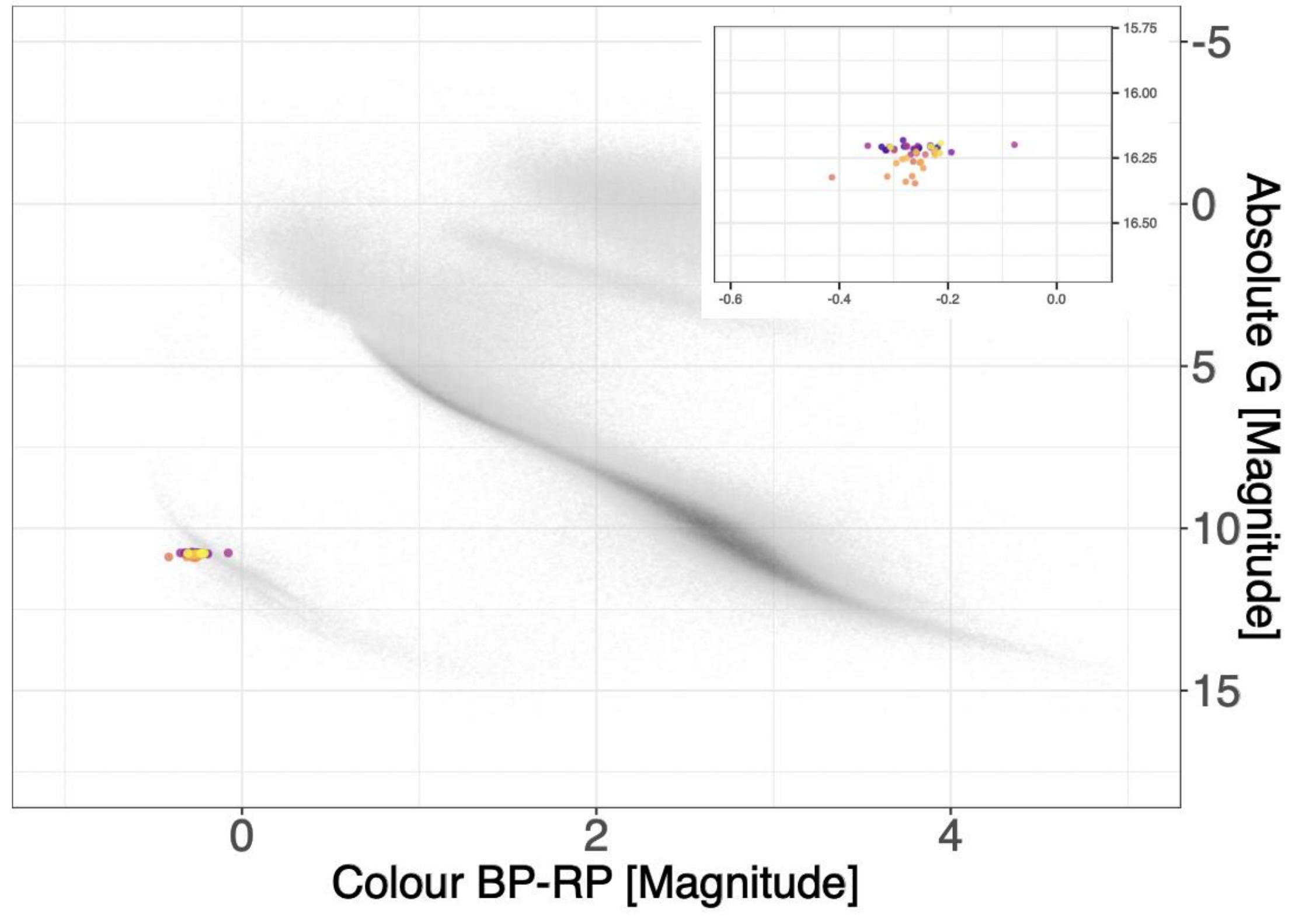
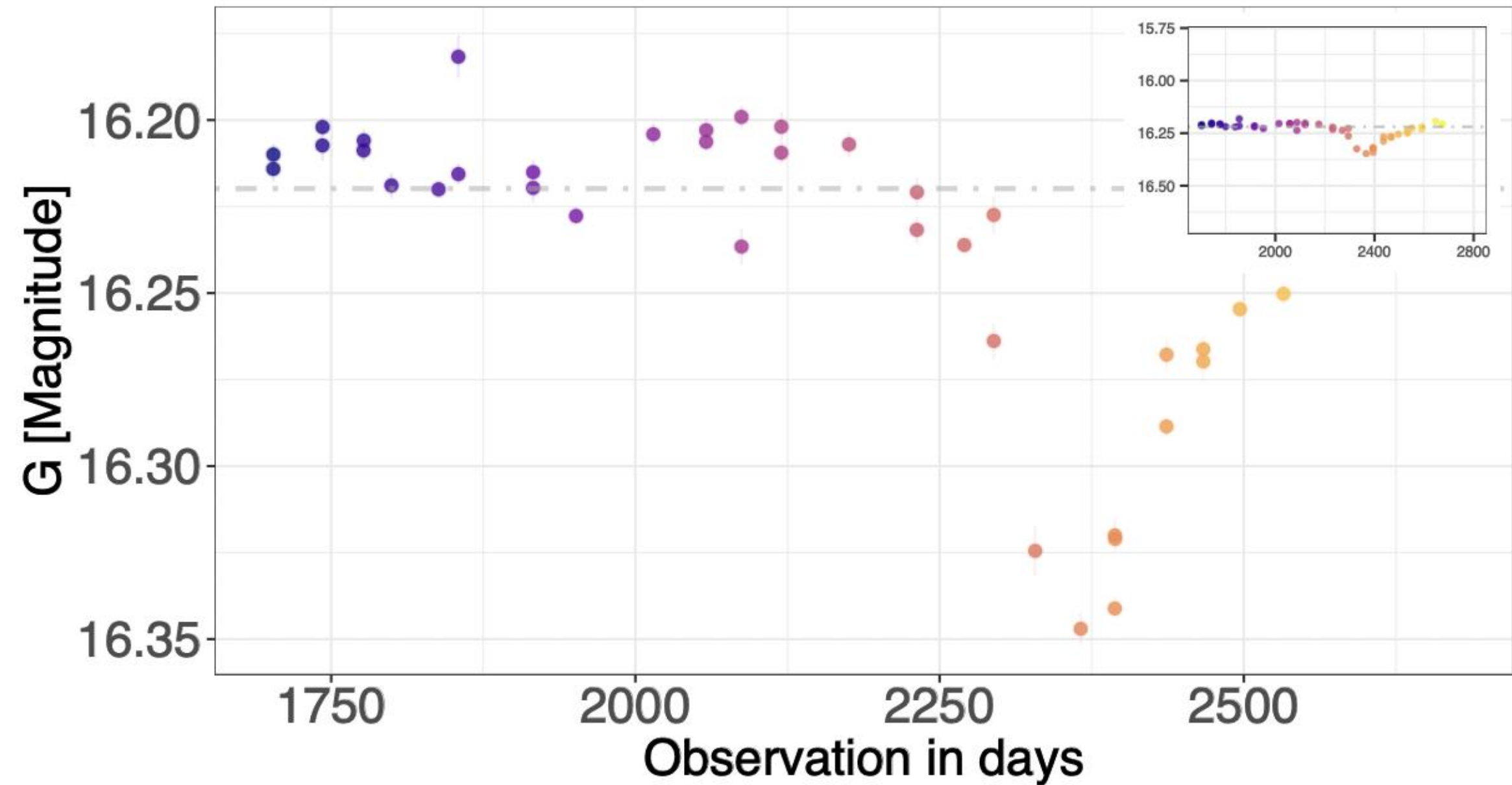
GaiaVari a citizen science project

gaia  esa

HR diagram



GaiaVari a citizen science project



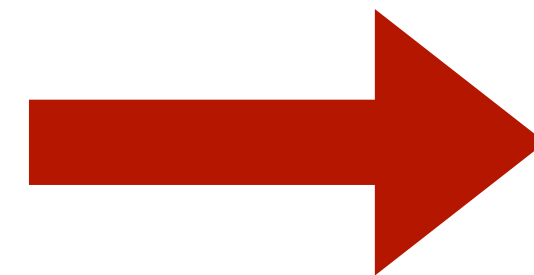
Observations requises

Le “science alerts” de Cambridge

—> organisation de suivis, communauté d’astronomes amateurs et professionnels

La classification coordonnée à Genève

Le projet de science citoyenne



des étoiles dont le comportement est intéressant et méritent d’être suivies

La main à la pâte

Recherche dans l'archive Gaia en ADQL

Extraction des séries temporelles

—> Créer un compte dans l'archive Gaia: <https://gea.esac.esa.int/archive/>

Utilisation de TopCat

—> télécharger TopCat: <https://www.star.bris.ac.uk/~mbt/topcat/#install>

Un projet de science citoyenne GaiaVari

—> Créer un compte sur Zooniverse: <https://www.zooniverse.org/projects/gaia-zooniverse/gaia-vari>

**Merci
pour votre attention**

