

**AVIS DE SOUTENANCE**
**Garance BRAS**
**Astronomie et astrophysique**

Soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulés

*Modélisation optimisée des étoiles pulsantes pour l'échelle des distances extragalactiques*

 Soutenance prévue le **19 mars 2026 à 14h00**

 Lieu : Amphithéâtre Evry Schatzmann  
 Bâtiment 18, 5 place Jules Janssen, 92190 Meudon

**Composition du jury proposé**

|                         |                     |                                                                     |                    |
|-------------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------|--------------------|
| M. Pierre KERVELLA      | Astronome           | Observatoire de Paris                                               | Directeur de these |
| Mme Louise BREUVAL      | Post-doc            | Space Telescope Science Institute                                   | Membre du jury     |
| M. Grzegorz PIETRZYŃSKI | Full professor      | Nicolaus Copernicus Astronomical Center, Polish Academy of Sciences | Membre du jury     |
| Mme Yveline LEBRETON    | Astronome           | Observatoire de Paris                                               | Membre du jury     |
| Mme Katrien KOLENBERG   | Associate professor | KU Leuven                                                           | Rapporteur du jury |
| M. Denis MOURARD        | Astronome           | Observatoire de la Côte d'Azur                                      | Rapporteur du jury |

**Mots-clés :** Observations, Analyse de données, Apprentissage automatique, Physique stellaire, Modélisation, Cosmologie,

**Keywords :** Stellar physics, Observations, Machine learning, Cosmology, Data analysis, Modeling,

**Résumé :**

Les étoiles variables pulsantes, notamment les Céphéides et RR Lyrae, sont des outils puissants pour la détermination des distances. Les relations Période-Luminosité permettent de déduire leur luminosité intrinsèque, ensuite comparée à leur magnitude apparente. Par ailleurs, la méthode de la parallaxe de pulsation utilise la relation trigonométrique entre la variation du rayon et du diamètre angulaire d'une étoile pour en déterminer la distance. Cette dernière fait intervenir un paramètre, le facteur de projection, qui convertit les vitesses radiales observées à la vitesse de la photosphère. Ce paramètre, entièrement dégénéré avec la distance, montre d'importantes variations statistiques, nous empêchant d'utiliser la parallaxe de pulsation à grande échelle. Une compréhension plus fine de la pulsation est requise afin de déterminer l'origine de cette dispersion. Dans cette thèse j'étudie tout d'abord le facteur de projection dans le cas des RR Lyrae, à l'aide du code SPIPS et de nouvelles mesures de vitesses radiales, afin de le comparer aux Céphéides. Je montre que la valeur et la dispersion du facteur de projection des RR Lyrae sont assez similaires à ce qui a été observé pour les Céphéides et que les différentes méthodes de mesure des vitesses

radiales ont peu d'impact sur cette dispersion à condition de considérer des données homogènes. Je présente aussi mes travaux relatifs à la variation du coefficient d'assombrissement centre-bord lors de la pulsation, un ingrédient clé du facteur de projection, grâce à des observations interférométriques de la Céphéide  $\eta$  Aql. Dans un second temps, je développe des courbes de lumière génériques pour les Céphéides, à l'aide des modèles multi-bandes SPIPS. Ces courbes génériques permettent pour une période de pulsation donnée de prédire la forme de la courbe de lumière dans une large sélection de bandes photométriques. Elles sont particulièrement efficaces pour modéliser des courbes de lumière sur des observations rares ou peu précises, comme c'est le cas pour les Céphéides extragalactiques.

**Summary :**

Pulsating variable stars, particularly Cepheids and RR Lyrae stars, are powerful tools for determining distances. Period-luminosity relations allow us to deduce their intrinsic luminosity, which is then compared to their apparent magnitude. In addition, the parallax-of-pulsation method uses the trigonometric relationship between the radius variation and the angular diameter variation to determine the distance. This latter technique involves a parameter, the projection factor, which converts the observed radial velocity to the photospheric pulsation velocity. This parameter, which is entirely degenerate with distance, shows significant statistical variations, preventing us from using parallax-of-pulsation on a large scale. A more detailed understanding of pulsation is required in order to determine the origin of this dispersion. In this thesis, I first study the projection factor of RR Lyrae stars, using the SPIPS code and new radial velocity measurements, in order to compare it with Cepheids. I show that the value and dispersion of the projection factor for RR Lyrae stars are quite similar to what has been observed for Cepheids and that the different methods of measuring radial velocities have little impact on this dispersion, provided that homogeneous data are considered. I also present my work on the variation of the centre-to-limb darkening coefficient during pulsation, a key ingredient of the projection factor, using interferometric observations of the Cepheid  $\eta$  Aql. Secondly, I develop generic light curves for Cepheids using SPIPS multi-band models. These templates make it possible to predict the shape of the light curve for a given pulsation period in a large variety of photometric bands. They are particularly effective for modelling light curves based on rare or imprecise observations, as is the case with extragalactic Cepheids.