OFFRE D'EMPLOI

Poste postdoctoral sur la "Tomographie de l'atmosphère des Céphéides : La distance de Baade-Wesselink des Céphéides du Groupe Local"

- **Résumé du poste**

Catégorie : Postes et bourses post-doctorales
Institution : Observatoire de la Côte d'Azur
Département : Lagrange
Nombre de postes disponibles : 1 (2 ans + 1 an)
Modalités de travail : En personne

- **Résumé de la description du poste**

Poste de chercheur postdoctoral à l'Observatoire de la Côte d'Azur (Lagrange) sur la calibration de l'échelle des distances extragalactiques : La distance de Baade-Wesselink des Céphéides du Groupe Local

Nous proposons un poste de chercheur postdoctoral pour travailler sur l'amélioration de la calibration de l'échelle des distances extragalactiques dans le cadre du projet ANR Unlockpfactor.

Le chercheur revisitera la méthode Baade-Wesselink de détermination de la distance des Céphéides en construisant une vue tomographique de leur atmosphère à l'aide d'observations à haute résolution spectrale et de modèles d'atmosphère stellaire. L'objectif principal est d'améliorer la robustesse de la distance BW des Céphéides.

Ce poste est financé pour deux ans, avec une extension possible d'un an, est prévu pour démarrer le 1er octobre 2025. Le candidat retenu rejoindra le laboratoire Lagrange, situé à Nice.

Un doctorat en astrophysique est requis au moment de la signature du contrat. Le candidat idéal doit être familier avec l'analyse de différents types de données observationnelles, en particulier la spectroscopie. Une expérience préalable avec les étoiles variables ou la modélisation de l'atmosphère stellaire est souhaitable. Des compétences en programmation (python) sont également requises.

Les candidats sont invités à envoyer par courriel une lettre de motivation, un curriculum vitae, un bref exposé de leurs intérêts de recherche (maximum 4 pages) avec des liens vers des publications récentes, et deux lettres de recommandation au Prof. Nicolas Nardetto. Les candidatures doivent être reçues idéalement avant le 15 juin 2025. Après cette date, les candidatures seront prises en compte jusqu'à ce que le poste soit pourvu.

Rémunération et avantages

Fourchette de rémunération : environ 3250 € net/mois (variable selon expérience)

Avantages inclus : Les avantages incluent 46 jours de vacances par an, ainsi que les avantages légaux en vigueur en France (congé maternité et parental, assurance maladie...).

Détails de l'application

Date limite de candidature : 15 juin 2025

Renseignements
Nom : Prof. Nicolas Nardetto
Email : Nicolas.Nardetto@oca.eu
Détail du poste post-doc
Tomographie de l'atmosphère des Céphéides : La distance de Baade-Wesselink des Céphéides du Groupe Local

Pour comprendre la nature de l'énergie noire, il faut mesurer le taux d'expansion de l'univers, c'est-à-dire la constante de Hubble (Ho), avec une précision et une exactitude de 1%, ce qui est l'objectif de plusieurs groupes au niveau international, dont le groupe d'Adam Riess (corécipiendaire du prix Nobel 2011) qui pilote le projet SHOES (Riess+16, Riess+21). Il existe principalement deux méthodes pour mesurer Ho avec une précision meilleure que 1-2% : d'une part, le rayonnement de fond cosmologique, et d'autre part, la détermination des distances dans l'univers. Ces deux approches présentent actuellement des désaccords importants : on parle de « tension ». La valeur de Riess+21 est supérieure de 5 sigma par rapport à celle déduite du rayonnement de fond cosmologique établi par le satellite Planck. Les céphéides, grâce à leur relation période-luminosité (PL, Leavitt & Pickering 1912), sont actuellement utilisées pour calibrer les échelles de distance dans l'univers et contraindre la constante de Hubble (Riess et al. 1998 ; prix Nobel 2011). Une première façon d'étalonner la relation PL est d'utiliser les parallaxes trigonométriques des Céphéides galactiques (HST, Gaia). Une deuxième approche consiste à appliquer la méthode Baade-Wesselink pour déterminer la distance des Céphéides.

Le principe de la méthode est simple : il s'agit de comparer les dimensions linéaires et angulaires de la Céphéide afin de déterminer sa distance au moyen d'une simple division. Des mesures photométriques (associées à une relation luminosité de surface - couleur) et/ou interférométriques fournissent la variation du diamètre angulaire photosphérique de l'étoile sur l'ensemble du cycle de pulsation, tandis que la variation du diamètre linéaire est déterminée par une intégration temporelle de la vitesse de pulsation (Vpuls) de l'étoile. La détermination de cette dernière, à partir du décalage Doppler de la raie spectrale (Vrad), est extrêmement délicate et fait intervenir ce que l'on appelle le facteur de projection, p, défini par Vpuls=p x Vrad. Ce nombre résume à lui seul toute la physique de l'atmosphère des Céphéides (assombrissement centre-bord, gradient de vitesse et dynamique atmosphérique). Le facteur de projection a été étudié sous différents angles en utilisant des modèles hydrodynamiques ou via la spectroscopie dans le domaine visible (Nardetto et al. 2004, 2006, 2009, 2017). A ce jour, la méthode de Baade-Wesselink est limitée par plusieurs incertitudes (Nardetto et al. 2023) et il manque une pièce du puzzle : quelle est la structure dynamique de l'atmosphère des Céphéides ? En effet, il a été montré que l'atmosphère des Céphéides ne pulse pas d'un seul bloc : il existe un gradient de vitesse.

Ainsi, le point clé de la méthode BW est d'extrapoler la courbe de vitesse radiale associée à la (aux) région(s) de zones de formation des raies spectrales à la photosphère, c'est-à-dire à la couche correspondant aux mesures photométriques et interférométriques. Cette opération n'est pas triviale et correspond certainement à la plus grande source d'incertitude dans le facteur de projection. Une façon de procéder, et c'est la procédure actuellement adoptée par la communauté, est d'estimer où les raies se forment dans l'atmosphère en utilisant leur profondeur : une raie profonde se forme dans la partie supérieure de l'atmosphère tandis qu'une raie de « profondeur zéro » correspond par définition à la photosphère. La question clé à laquelle nous voulons répondre est la suivante : "La dynamique de l'atmosphère des Céphéides de périodes similaires est-elle la même ou non ? En particulier, comment l'atmosphère pulsante des Céphéides se déplace en fonction du temps ; et

finalement quel est l'impact de l'atmosphère en mouvement sur le facteur p, et donc, sur la distance des Céphéides ?

L'objectif de cette bourse post-doctorale est de réaliser pour la première fois une tomographie de l'atmosphère pulsante des Céphéides (c'est-à-dire en déterminant exactement où les raies spectrales se forment dans l'atmosphère) afin de mieux extrapoler la vitesse radiale des zones de formation des raies spectrales vers la vitesse de pulsation de la photosphère. La tomographie de l'atmosphère des Céphéides permet de déterminer précisément leur gradient de vitesse atmosphérique pour une période donnée et de réduire les systématiques de la méthode de BW de ~7% à 1-3% (voir le budget d'erreur dans Nardetto et al. 2023).

Ce travail fait partie du projet ANR Unlockpfactor ainsi que du projet Araucaria pour la détermination des distances dans le groupe local (https://araucaria.camk.edu.pl/). La thèse sera réalisée à l'Observatoire de la Côte d'Azur sur le site du Mont Gros. L'objectif global est d'améliorer la robustesse de la méthode BW et de l'appliquer aux Céphéides du groupe local avec l'instrument ELT/MOSAIC.

- **Contexte**

Distances dans l'univers. Constante de Hubble. Les céphéides et la méthode de Baade-Wesselink.

Aujourd'hui, il existe 2 méthodes pour estimer la constante de Hubble (Ho) à mieux que 2% : par l'analyse du rayonnement de fond cosmologique (PLANCK) d'une part, et par la détermination des distances (Céphéides, binaires à éclipses, supernova 1a). Les 2 méthodes sont incompatibles à hauteur de 5.5 sigma. L'objectif est de vérifier l'absence de biais dans l'approche basée sur les "distances" en étudiant la physique des Céphéides, et aussi, d'ouvrir une nouvelle voie vers Ho basée sur la méthode BW dans le contexte de MOSAIC/ELT.

- **Objectifs**

1/ réaliser pour la première fois la tomographie de l'atmosphère pulsante des Céphéides en utilisant des données spectroscopiques à haute résolution et des modèles d'atmosphère stellaire. Déterminer le gradient de vitesse atmosphérique des Céphéides de différentes périodes.

2/ Lancer une étude à haute résolution avec Armazones et d'autres installations en collaboration avec le groupe Araucaria.

- **Méthode**

Notre méthodologie à partir des données HARPS+NIRPS pour une meilleure compréhension du facteur de projection sera la suivante :

- Réduire et analyser les données spectroscopiques à haute résolution des Céphéides dont nous disposons déjà.

- Lancer une étude à haute résolution avec Armazones et d'autres installations en collaboration avec le groupe Araucaria.

- Ajuster des modèles d'atmosphère quasi-statiques aux profils des raies spectrales en utilisant différentes approches.

- Pour chaque raie ajustée, nous implémenterons la fonction de contribution du flux dans les modèles d'atmosphère quasi-statiques. Ceci fournira la position de la région de formation de la raie dans l'atmosphère. L'inclusion de cet outil dans les modèles de Céphéides (qui sont par ailleurs extrêmement bien contraints par les observations) permettra de mieux comprendre le lien entre la structure dynamique de l'atmosphère pulsante (profils de vitesse, de température, de pression) et les régions de formation des raies spectrales (tomographie).

- Produire la figure 4 de Nardetto et al. 2023 mais avec une dimension spatiale réelle (par exemple en km) sur l'axe X au lieu de l'estimateur de base de la profondeur des raies et calculer le gradient de vitesse atmosphérique.

- Les collègues de l'équipe Unlockpfactor utiliseront le dernier point pour effectuer une extrapolation vers la photosphère en utilisant soit la méthodologie décrite dans Nardetto et al. (2009), soit en définissant une nouvelle méthodologie basée sur les résultats des différents WPs de l'ANR. Une nouvelle méthodologie sera fournie à la communauté pour déterminer les facteurs p dans le contexte de la méthode BW.

- **Résultats attendus**

Une meilleure compréhension de la physique des Céphéides (photosphère, atmosphère, environnement).

Renforcement de la méthode Baade-Wesselink pour ouvrir des applications extragalactiques avec l'ELT

- **Références bibliographiques**

Thèse d'habilitation de N. Nardetto

https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2018arXiv180104158N/abstract

https://www.aanda.org/articles/aa/pdf/2017/01/aa29400-16.pdf

https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2023A%26A...671A..14N/abstract

Précision sur le poste de post-doc

Le post-doc se déroulera au Mt Gros à l'Observatoire de la Côte d'Azur. Des missions à l'étranger (Pologne, Mt Wilson en Californie, Chili) sont possibles et à planifier. Il est également possible d'observer en mode télécommande sur l'interféromètre CHARA (Mt Wilson) depuis le plateau de Calern dans l'arrière-pays grassois.

- **Conditions scientifiques matérielles et financières du projet de recherche**

Cette bourse post-doctorale est financée dans le cadre du projet ANR Unlockpfactor. Ce poste est financé pour deux ans, avec une extension possible d'un an, à partir du **1er octobre 2025**. Le candidat retenu rejoindra le laboratoire Lagrange, situé à l'Observatoire de la Côte d'Azur à Nice/France.

- **Ouverture internationale**

Le post-doc est au cœur d'un large réseau de collaboration et fait notamment partie du projet Araucaria pour la détermination des distances dans le groupe local. Une Synergie ERC (UniverScale) a été obtenue dans le cadre du projet Araucaria (PIs : G. Pietrzynski, W. Gieren, P. Kervella, Bożena Czerny) : https://araucaria.camk.edu.pl/

Ce projet de thèse vise également à préparer le dossier scientifique "Céphéides" de l'ELT/MOSAIC. Le laboratoire Lagrange et l'Observatoire de la Côte d'Azur sont responsables du WP11 (optique relais) de l'instrument.

Objectifs de valorisation des travaux de recherche du doctorant : diffusion, publication et confidentialité, droits de propriété intellectuelle, etc.

3 publications de rang A en premier auteur et plusieurs publications en co-auteur sont prévues

- **Collaborations prévues**

Des collaborations sont prévues avec des collègues du projet Araucaria principalement pour les distances dans l'univers et les aspects spectroscopiques. Pour la modélisation de l'atmosphère stellaire, plusieurs collègues nous aideront : P. Kervella (LESIA, Paris) et A. Mérand (ESO). De même, pour l'implémentation des fonctions de contribution dans le modèle d'atmosphère stellaire, nous serons en contact avec A. Chiavassa (au Laboratoire Lagrange).

- **Profil et compétences recherchées - Profile and skills required**

Un doctorat en astrophysique est requis au moment de la signature du contrat. Le candidat idéal doit être familier avec l'analyse de différents types de données d'observation, en particulier la spectroscopie. Une expérience préalable avec les étoiles variables ou la modélisation de l'atmosphère stellaire est souhaitable. Des compétences en programmation (python) sont également requises.

- **Comment postuler à ce poste :**

Les candidats sont invités à envoyer par courriel une lettre de motivation, un curriculum vitae, un bref exposé de leurs intérêts de recherche (maximum 4 pages) avec des liens vers des publications récentes, et deux lettres de référence au Prof. Nicolas Nardetto. Les candidatures doivent être reçues idéalement **avant le 15 juin 2025**. Après cette date, les candidatures seront prises en compte jusqu'à ce que le poste soit pourvu.