



PROPOSITION DE PROGRAMME DE RECHERCHE

Période Ete 2004

<p>Type de programme : (cocher la case correspondante)</p> <p>Court terme <input type="checkbox"/> Long terme <input checked="" type="checkbox"/></p>	
<p>Titre du programme : Pulsation non-radiales dans Polaris?</p> <p>Résumé du programme :</p> <p>Les Céphéides sont des étoiles cruciales pour la calibration des échelles de distances extra-galactiques. Cependant, l'emploi de la relation Période-Luminosité ne se fait actuellement que dans le cadre de modes purement radiaux. Or la précision des observations aidant, et les modèles se développant, il est possible que des modes non-radiaux soient mis en évidence dans ces étoiles et dans les étoiles évoluées en général. La relation PL serait donc entâchée d'une dispersion dont il faudrait alors tenir compte. Nous nous proposons donc de vérifier la présence de modes non-radiaux dans la Céphéide Polaris, modes qui, jusqu'à présent ont seulement été soupçonnés. Avec MUSICOS, nous sommes en mesure d'obtenir des observations de bien meilleure qualité au niveau à la fois des amplitudes détectables et des fréquences recherchées.</p>	
<p>Nombres de nuits demandées : 6 Lune : <input type="checkbox"/> NL <input type="checkbox"/> PQ <input type="checkbox"/> PL <input type="checkbox"/> DQ</p> <p>Dates préférentielles : 1 : Mars – Août 2 :</p> <p>Périodes à éviter :</p>	
<p>Chercheur principal : N. Nardetto</p> <p>Adresse : Observatoire de la Côte d'Azur Dépt. GEMINI Avenue Nicolas Copernic F-06130 Grasse</p> <p>E-mail : Nicolas.Nardetto@obs-azur.fr Tél. : 04 93 40 53 66 Fax : 04 93 40 53 33</p>	<p>Collaborateurs : M. Chadid, P. Mathias, D. Mourard (OCA)</p>

Remplir un formulaire par programme. En faire un fichier Post-Script à envoyer à cneiner@rssd.esa.int avant le 15 janvier 2004.

Titre du programme : Pulsation non-radiales dans Polaris?

S'agit-il de la poursuite d'un programme antérieur ?

OUI

NON

Nom du chercheur principal : N. Nardetto

1 Justification scientifique du programme

Remplacez votre programme dans le contexte scientifique international actuel (avec les références bibliographiques nécessaires) et mettez en relief les questions auxquelles les observations demandées sont appelées à répondre.

Les Céphéides sont des étoiles cruciales pour la calibration des échelles de distances extragalactiques. Si en première approximation il existe une relation Période-Luminosité-Couleur, cette loi présente en réalité une certaine dispersion. Afin de diminuer cette dispersion, on peut revenir à la mesure des distances des Céphéides les plus proches en utilisant soit des méthodes indirectes telle que la relation Baade-Wesselink, soit des mesures interférométriques de diamètres angulaires. Cette partie du travail a été abordée sur le VLTI avec l'instrument de test Vinci (Kervella, Nardetto et al., in press 2003I, Kervella et al. in preparation, 2003II) et est en cours de préparation dans le cadre du temps garanti de l'OCA sur l'instrument AMBER du VLTI.

Cependant, il est nécessaire de bien connaître la pulsation de ces objets qui, suivant la place qu'ils occupent dans le diagramme HR, peuvent pulser dans le mode fondamental, dans des harmoniques supérieurs, ou encore présenter une mixture de ces différents modes radiaux. Récemment, un examen systématique des fréquences dans les Céphéides des surveys OGLE et MACHO a montré que de nombreuses étoiles, principalement celles pulsant en double-mode ou dans le premier harmonique, présentaient une période additionnelle correspondant à une faible amplitude de variation (Moskalik et al. 2003). Dans la plupart des cas, les rapports de périodes ne sont pas compatibles avec ceux attendus dans des pulsateurs radiaux. Les auteurs interprètent cela comme la première évidence de détection de modes non radiaux dans les Céphéides.

La présence des modes non-radiaux dans les pulsateurs de grande amplitude n'a pu être établie que pour l'étoile RR Lyrae (Chadid et al 1999). Il faut donc confirmer ces modes à l'ensemble du diagramme HR. En effet, si les hydrodynamiciens arrivent à exciter des modes non radiaux assez facilement, particulièrement au voisinage des modes radiaux (Van Hoolst et al. 1998), les conditions aux limites ne sont pas toujours définies clairement. En particulier, les Céphéides étant des objets présentant une grande amplitude radiale ($\Delta R/R \approx 10\%$), la cavité résonante change considérablement au cours de la phase de pulsation: les modes à symétrie non sphériques devraient alors être diminués dans l'atmosphère.

Cependant, Kovtyuck et al. (2003) montrent que plusieurs Céphéides présentent dans leur spectre des profils "anormaux", avec une largeur à mi-hauteur des raies plutôt importante par rapport à la moyenne de l'échantillon, mais aussi des profils présentant des "bumps" de nature similaire à ceux détectés dans les pulsateurs non-radiaux. Cependant, la résolution temporelle n'est pas suffisante pour valider cette hypothèse: pour le seul candidat de l'hémisphère Nord, V1334 Cyg, seulement 2 spectres avec bumps sont présentés, distants de ... 10 ans. Si l'on ajoute que cette étoile possède un compagnon proche (période de 5.3 ans, et type spectral pouvant être identique à l'objet central, Evans, 2000), les chances sont élevées que les bumps présentés soient le résultat d'un compositage des spectres des 2 composantes.

L'ambiguïté pulsation non-radiale/présence d'un compagnon a été discutée par Hatzes & Cochran (2000) dans le cas de Polaris, avec une troisième hypothèse de taches à la surface stellaire. En effet, Polaris (qui pulse dans le premier harmonique) présente un mode principal d'amplitude $2K = 1.5 \text{ km.s}^{-1}$, associé à une période $P = 3.97$ jours, "typique" des Céphéides, auquel semble s'ajouter une périodicité d'environ 40 jours, correspondant à une amplitude $2K = 0.4 \text{ km.s}^{-1}$, que les auteurs attribuent à un mode de gravité, ces derniers étant entre autre caractérisés par une faible amplitude dans les couches externes de l'étoile.

L'interprétation du spectre de puissance est donc un point important pour comprendre la modulation à long terme des variations observés, qui intéresse directement la relation Période-Luminosité-Couleur. Pour cela, nous proposons de confirmer l'hypothèse de modes non-radiaux dans Polaris à l'aide d'observations à haute précision afin d'une part de confirmer la période additionnelle, et d'autre part de lever l'ambiguïté sur la présence d'un éventuel compagnon.

Bibliographie:

Chadid M., 1999, A&A 352, 201

Evans N.R., 2000, ApJ 119, 3050

Hatzes A.P., Cochran W.D., 2000, ApJ 120, 979

Kovtyukh V.V., Andrievsky S.M., Luck R.E., Gorlova N.I., 2003, A&A 401, 661

2 Justification de la faisabilité du programme avec le reseau ARAS

Indiquez ce qui doit être réellement observé et ce qui doit ressortir des observations (notamment en terme de rapport signal/bruit, résolution spectrale, etc) afin de démontrer que le programme est réalisable avec l'instrumentation ARAS.

Polaris semble présenter, en plus de sa périodicité propre à son caractère Céphéide, une longue période (40 jours) associée à une relativement faible amplitude: $2K = 400 \text{ m.s}^{-1}$. Une autre longue période (17 jours) d'amplitude similaire pourrait également être présente, mais sa détection (Hatzes & Cochran 2000, ApJ 120, 979) interfère trop avec la fenêtre des observations pour être retenue définitivement.

L'instrument MUSICOS permettant de mesurer une bonne part du spectre visible (on considèrera la voie rouge), nous pourrons utiliser la puissance de la corrélation afin d'améliorer d'un facteur supérieur à 2 l'erreur sur les vitesses détectées par Hatzes & Cochran (2000, ApJ 120, 979). Pour obtenir les profils les plus propres, la corrélation sera calculée à partir d'un spectre synthétique ne comprenant que les raies formées dans la même région atmosphérique.

De plus, en établissant un calendrier d'observation tenant compte des fréquences suspectées, nous pourrons confirmer ou infirmer les 2 périodes précédemment suggérées.

L'utilisation de MUSICOS sur une longue base temporelle (voir section suivante) nous permettra ainsi:

- de détecter les fréquences additionnelles des fréquences typiques des Céphéides; si 2 pics ou plus sont confirmés (vers 17 et 40 jours), la meilleure interprétation sera celle des pulsations non-radiales.
- de mesurer les vitesses associées afin de tester l'hypothèse de la présence d'un compagnon.

3 Justification du nombre de nuits demandées

- *Sont à prendre en compte le nombre d'objets du programme, le temps d'intégration par objet (y compris les étoiles standard) pour obtenir le rapport signal/bruit requis, et les temps d'étalonnages instrumentaux.*

Comme indiqué ci-dessus, la base temporelle des observations a une importance cruciale. Hatzes & Cochran (2000, ApJ 120, 979) ont détectés les variations dans Polaris à partir de 42 spectres répartis sur 1.7 ans. Cependant, leur fenêtre d'observation introduit un spectre riche dans le domaine des basses fréquences, avec notamment un pic vers 17 jours qui est également détecté dans les data mais dont l'origine est ainsi suspecte.

Nous avons réalisé des simulations (voir Figure) permettant de réduire au minimum le temps demandé tout en garantissant une fenêtre d'observation propre et l'assurance de couvrir les périodes les plus longues attendues.

De par sa situation, Polaris peut s'observer toute l'année, c'est pourquoi notre demande de temps s'étale de Mars à Août inclus. La période principale de l'étoile étant proche de 4 jours, il nous semble nécessaire de l'observer à la fois en début et en fin de nuit. Mais afin de bien mesurer la modulation, nous proposons d'observer cette étoile ainsi durant 5 nuits consécutives, puis d'arrêter durant les 5 nuits suivantes, etc... Le total se monte ainsi à 15 nuits par mois. Pour ne pas pénaliser les nuits les plus courtes, Juin et Juillet ne seraient pas demandées. Le mois d'Avril n'est pas non plus inclus. Cet échantillonnage concerne donc 3 mois (Mars, Mai, Août), soit 45 nuits.

Enfin, étant donné la magnitude de l'étoile, une pose de 10 minutes est nécessaire pour dépasser un rapport signal sur bruit de 300. En ajoutant une étoile standard de vitesse radiale, les temps de lecture et de pointage, nous estimons à 30 minutes en début et en fin de nuit le temps nécessaire à cette mission. Compte-tenu de l'échantillonnage demandé, cela revient à environ 45 heures soit, si une nuit compte 8 heures, à moins de 6 nuits au total.

- *S'il s'agit d'un programme à long terme, indiquez le nombre de nuits déjà attribuées au programme, et justifiez le nombre de nuits supplémentaires nécessaires à son achèvement.*

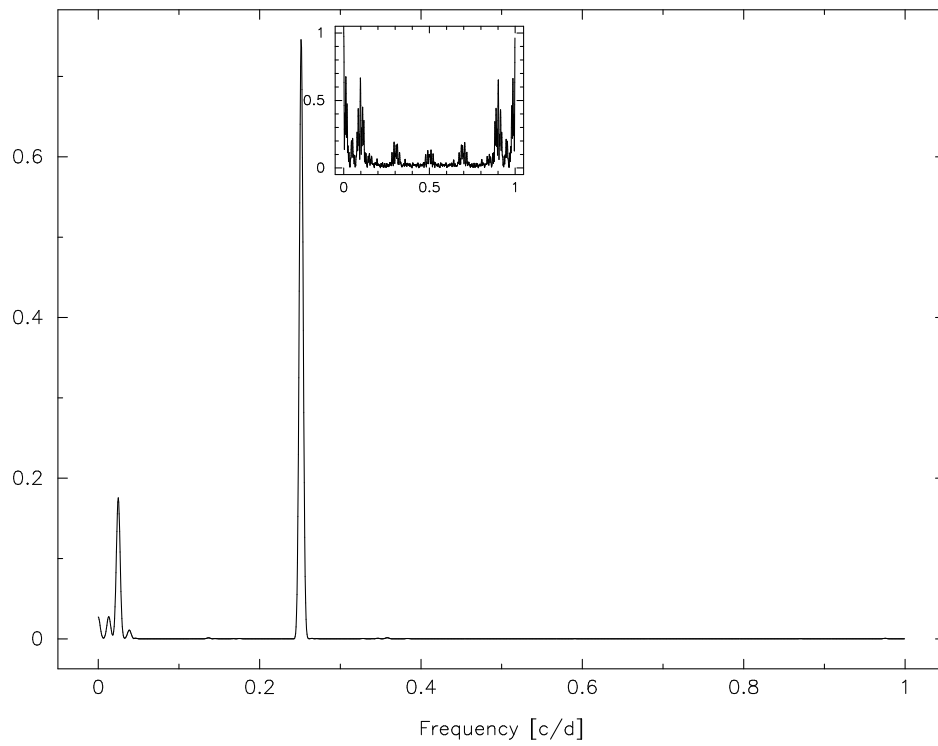


Figure 1: Application de CLEAN sur POLARIS dont le mode principal est modulé à 40 jours. La petit graphique incrusté montre la fenêtre des observations telle qu'elle est souhaitée dans le texte.

Ces données seront suffisantes pour confirmer la période de 40 jours détectée par Hatzes et Cochran (2000).

4 Propriété des données

- *Ce programme nécessite-t-il de conserver la propriété des données au-delà de la période normale de 1 an ? Si oui, justifier.*

Non

- *Ce projet fait-il l'objet d'une campagne couplée à d'autres moyens d'observations ? Lesquels ?*

Pas directement, mais si l'hypothèse du compagnon se révèle exacte, celui-ci pourrait être suivi interférométriquement (GI2T ou CHARA en collaboration avec des collègues de l'Observatoire de Paris).

5 Coordonnées équatoriales (2000) et magnitudes des astres à observer

Cette information est indispensable ; ajoutez une annexe si nécessaire.

Polaris = α UMi:

α = 02 31 49.08

δ = +89 15 50.8

SpT: F7 II

V=2.0

Période de pulsation: 3.9746 jours

Etoile de comparaison (stabilité en vitesse radiale): HD 109358

α = 12 33 44.54

δ = +41 21 26.9

SpT: G0V

V=4.26

6 Attributions précédentes

Liste des programmes ARAS précédents dont a bénéficié le demandeur au cours des trois dernières années, et rapport succinct sur les résultats obtenus.

Aucune

7 Publications

Liste des 5 publications (recentes) les plus pertinentes de l'équipe proposante, liées au projet envisagé.

Cepheid distances from infrared long-baseline interferometry : I. VINCI/VLTI observations of seven Galactic Cepheids. P. Kervella, N. Nardetto, D. Bersier, D. Mourard and V. Coud du Foresto soumis

Cepheid distances from infrared long-baseline interferometry : I. Calibration of the Period-Radius and Period-Luminosity relations. P. Kervella, N. Nardetto, D. Bersier, D. Mourard and V. Coud du Foresto en preparation

No evidence of a strong magnetic field in the Blazhko star RR Lyrae. Chadid et al. A&A 2003 accepted

Optical and Infrared Spectroscopy of SN 1999ee and SN 1999ex. Hamuy et al. 2002AJ 124, 417

No magnetic field variations with pulsation phase in the classical Cepheid star eta Aquilae. Wade, G. A.; Chadid, M.; Shorlin, S. L. S.; Bagnulo, S.; Weiss, W. W., 2002 A&A 392,17

20 CVn: a Monoperiodic Radially Pulsating delta Scuti Star M. Chadid, J. De Ridder, C. Aerts, P. Mathias: 2001, A&A, 375, 113

Van Hoof effect between metallic lines in RR Lyrae. II. Comparison with purely radiative models. Chadid, M.; Gillet, D.; Fokin, A. B. 2001 A&A 363,568

Irregularities in atmospheric pulsations of RR Lyrae stars. Chadid, M. 2001 A&A 359, 991

A New Analysis of the Radial Velocity Variations of the Eclipsing and Spectroscopic Binary. EN Lacertae H. Lehmann, P. Harmanec, C. Aerts, H. Bozic, P. Eenens, G. Hildebrandt, D. Holmgren, P. Mathias, G. Scholz, M. Slechta, S. Yang: 2001, A&A, 367, 236

Atmospheric Abundances in Post-AGB Candidates of Intermediate Temperature. A. Arellano Ferro, S. Giridhar, P. Mathias: 2001, A&A, 368, 250

A Li-rich Post-AGB Star HD 172481 S. Giridhar, A. Arellano Ferro, P. Mathias: 2001, BASI, 29, 289

Activity in the SPB Star 53 Piscium. J.-M. Le Contel, P. Mathias, E. Chapellier, J.-C. Valtier: 2001, A&A, 280, 277

Spectroscopic Monitoring of 10 New Northern Slowly Pulsating B Stars Candidates from the HIPPARCOS Mission. P. Mathias, C. Aerts, M. Briquet, P. De Cat, J. Cuypers, H. Van Winckel, J.-M. Le Contel: 2001, A&A, 379, 905

Spectroscopic Mode Identification for the Slowly Pulsating B Star. HD 147394 M. Briquet, C. Aerts, P. Mathias, R. Scuflaire, A. Noels: 2003, A&A, 401, 281

Preparing the COROT Space Mission: Incidence and Characterisation of Pulsation in the Lower Instability Strip. E. Poretti, R. Garrido, P.J. Amado, E. Poretti, R. Garrido, P.J. Amado, K. Uytterhoeven, G. Handler, R. Alonso, S. Martin, C. Aerts, C. Catala, M.J. Goupil, E. Michel, L. Mantegazza, P. Mathias, et al.: 2003, A&A, 406, 203

Asteroseismology of the beta Cephei star nu Eridani: spectroscopic observations and pulsational frequency analysis. C. Aerts, P. De Cat, G. Handler, U. Heiter, L.A. Balona, K. Krzesinski, P. Mathias et al.: 2003, A&A, accepted

HD173977: an Ellipsoidal delta Scuti Star Variable. E. Chapellier, P. Mathias, R. Garrido, J.-M. Le Contel, J.-P. Sareyan, I. Ribas, L. Parrao, A. Moya, J. Pena, M. Alvarez: 2003, A&A, en révision

Multi-site, multi-technique survey of gamma Doradus candidates I- Spectroscopic results for 59 stars. P. Mathias, J.-M. Le Contel, E. Chapellier, S. Jankov, J.-P. Sareyan et al.: 2004, A&A, in press

Date : January 12, 2004

-
- Vous ne devez remplir qu'un seul formulaire par programme
 - Les informations concernant ARAS sont disponibles sur <http://astrosurf.com/aras>
 - Les publications basées sur des observations effectuées avec les télescopes associés à ARAS doivent en faire mention par une note dans le titre.
 - Les publications basées sur des observations effectuées avec ARAS doivent avoir ARAS comme co-auteur.
-