



PROPOSITION DE PROGRAMME DE RECHERCHE

Période Ete 2004

Type de programme : <i>(cocher la case correspondante)</i> Court terme <input type="checkbox"/> Long terme <input checked="" type="checkbox"/>	
Titre du programme : Binarité, composition chimique et pulsation d'étoiles δ Scuti	
Résumé du programme : <p>Les étoiles δ Scuti sont des étoiles variables de type spectral A précoce ou F tardif localisées, dans le diagramme HR, à la base de la bande d'instabilité des Céphéides. Dans la présente demande, nous proposons d'étudier l'occurrence de pulsations de type δ Scuti parmi les composantes de systèmes binaires ou multiples. Nous proposons de combiner une campagne d'observations spectroscopiques et photométriques afin d'aborder l'étude du lien non-trivial qui existe entre pulsation, rotation, diffusion radiative, binarité et composition chimique.</p>	
Nombres de nuits demandées : 4 Lune : <input type="checkbox"/> NL <input type="checkbox"/> PQ <input type="checkbox"/> PL <input type="checkbox"/> DQ	
Dates préférentielles : 1 : Eté 2 :	
Périodes à éviter : Hivers	
Chercheur principal : P. Lampens Adresse : Observatoire Royal de Belgique (ORB) 3 avenue circulaire B1180 Uccle, Belgique E-mail : Patricia.Lampens@oma.be Tél. : +32 (0)2 373 02 63 Fax : +32 (0)2 374 98 22	Collaborateurs : Y. Frémat P. Van Cauteren

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

Titre du programme :

Binarité, composition chimique et pulsation d'étoiles δ Scuti

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

OUI

NON

Nom du chercheur principal :

P. Lampens

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.

L'astéroisologie est la seule discipline qui permet à l'heure actuelle de sonder la physique et la structure internes des étoiles. Elle apporte un éclairage nouveau sur des phénomènes qui influencent l'évolution stellaire telles que la convection, la diffusion ou la rotation différentielle. Pour les mêmes raisons, elle constitue un outil désormais incontournable qui offre une description affinée des différentes phases de la vie d'une étoile.

Classées en fonction de leur température, de leur luminosité et de l'échelle de temps de leurs variations photométriques et spectroscopiques, il existe de nombreuses classes d'étoiles variables. L'ensemble des étoiles δ Scuti (<http://www.deltascuti.net/>) en forme l'une des plus prometteuses et regroupe des étoiles de type spectral A tardif ou F précoce qui sont sous-géantes ou appartiennent encore à la séquence principale. Elles pulsent principalement dans des modes de pression radiaux et/ou non-radiaux tandis que certains modes de gravité peuvent également être observés dans des phases plus évoluées. Dans le diagramme HR, elles se localisent au bas de la bande d'instabilité des céphéides et y cohabitent notamment avec des étoiles de type spectral A riches en métaux, dites étoiles Am. Contrairement aux étoiles δ Scuti, on estime généralement que les étoiles Am ne pulsent pas. En effet, la diffusion radiative de certains atomes ou ions au sein de l'étoile, à l'origine de leurs particularités chimiques, inhiberait ou atténuerait la pulsation. Dans la mesure où la diffusion serait quant-à-elle tempérée par la rotation stellaire, et peut-être même favorisée dans des systèmes binaires ou multiples (e.g.: Budaj & Iliiev 2003), il est donc attendu que la classe des étoiles δ Scuti ne rassemble que des rotateurs rapides sans anomalie chimique apparente. Certaines exceptions (e.g.: Zhiping 2000) ont cependant été recensées, et les implications ainsi que la nature exacte du lien qui relie pulsation, diffusion radiative, binarité et rotation stellaire restent toujours à établir. C'est ce dernier point que nous aimerions aborder dans notre projet d'étude.

L'échantillon d'étoiles que nous proposons d'observer ont toutes été classées δ Scuti. Elles ont une magnitude supérieure à 5 et ont la particularité d'être associées à des systèmes binaires ou multiples. L'étude de ce genre de systèmes présente quelques avantages dont: la possibilité de déterminer par des procédés astrométriques la masse des étoiles, permettre l'étude du comportement sismique d'étoiles formées dans le même nuage protostellaire ou/et encore l'opportunité d'observer l'influence de la binarité sur la pulsation. Les objectifs principaux de notre projet consistent en l'étude (1) de la composition chimique de ces étoiles, (2) de leur binarité et (3) de leur variabilité.

1. Composition Chimique

La composition chimique des étoiles de notre échantillon ainsi que leurs paramètres fondamentaux (température effective, gravité superficielle, vitesse de microturbulence et vitesse de rotation) seront déterminés par ajustement de spectres théoriques aux observations. Les modèles d'atmosphère que nous utiliserons seront calculés à l'aide du programme ATLAS 9 (Kurucz 1994) dans l'hypothèse d'un équilibre thermodynamique local (ETL) des couches photosphériques. Afin de tenir compte de la binarité des étoiles observées, nous combinerons plusieurs spectres théoriques en les pondérant par leur luminosité intrinsèque comme nous l'avons fait par exemple pour l'étoile DG Leo (Frémat et al. 2004b).

Nous déterminerons les paramètres fondamentaux des étoiles en trois étapes consécutives en nous basant sur certaines de leurs particularités spectrales suivantes: 1) le profil de leurs raies d'Hydrogène varie avec la température effective mais est peu sensible à la rotation, à la gravité superficielle et à la microturbulence ; 2) leurs raies de Fe I sont peu sensibles à la gravité superficielle ; 3) leurs raies de Fe II varient sensiblement avec la gravité superficielle. Nous projetons donc, dans un premier temps, de déterminer la température effective en ajustant les raies d'Hydrogène, ensuite de déterminer l'abondance du fer, la vitesse de rotation apparente et la vitesse de microturbulence en reproduisant théoriquement les raies de Fe I, et enfin d'estimer la gravité superficielle en ajustant les raies de Fe II. Connaissant les paramètres fondamentaux, il nous sera alors possible de mener une analyse complète de la composition chimique des étoiles de notre échantillon. Notons également que la connaissance des paramètres fondamentaux sera une étape importante pour l'identification des modes de pulsations (voir paragraphe 3).

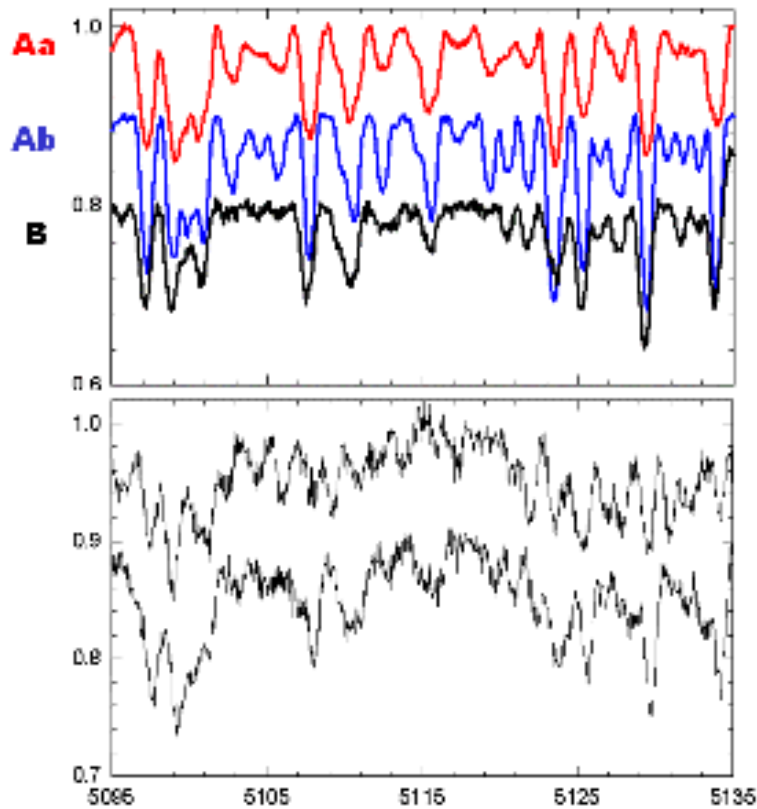


Figure 1: DG Léo - Application de la méthode dite de "spectral disentangling". Deux spectres composites, observés lors de deux phases orbitales différentes, sont repris dans la figure du bas. Les spectres séparés sont repris dans la figure du haut et correspondent aux composantes Aa, Ab et B de DG Leo.

2. Binarité ou Multiplicité

Nous souhaiterions resoumettre à plusieurs reprises notre demande de temps d'observation. Toutes les étoiles de notre échantillon ont en effet une période orbitale de plusieurs mois, voire de quelques années. Par conséquent, le projet ARAS offre, pour ces objets, une opportunité inespérée d'obtenir une bonne couverture spectroscopique de la période orbitale. Notons qu'en plus de donner la possibilité d'augmenter la précision sur les paramètres orbitaux, une couverture orbitale uniforme permettra également d'utiliser des techniques numériques modernes de "spectral disentangling" (Hadrava P., 1995) et de fournir, à partir des spectres composites observés, les spectres individuels de chaque composante. L'une de ces techniques a déjà été appliquée avec succès par notre équipe à l'étude de l'étoile multiple δ Scuti DG Leo (étoile triple composée notamment d'un système binaire rapproché dont la période orbitale est de 4.15 jours). Dans le cas de DG Leo (Fig.1, Frémat et al. 2004a,b), l'étude de la multiplicité et la séparation spectrale des observations nous ont permis de démontrer: 1) qu'une seule composante varie; 2) que les deux autres composantes sont marginalement Am et appartiennent à un système binaire rapproché elliptoidal. Les observations spectroscopiques effectuées à St Veran débuteraient ainsi une étude similaire pour un plus grand nombre d'objets. Elles nous permettraient d'étudier des systèmes multiples de période orbitale plus longue et sonderaient la diversité (du point de vue de la rotation, de la composition chimique et de l'orbite) des étoiles multiples à composantes variables δ Scuti.

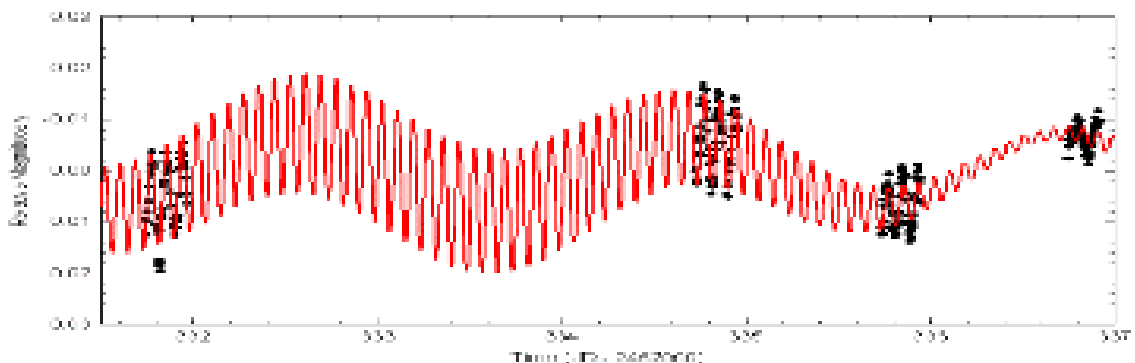


Figure 2: DG Léo - Analyse des fréquences de pulsation. Les observations sont notées à l'aide de points et comparées à nos prédictions (courbe).

3. Pulsation et Variabilité

L'étude de la pulsation et de la variabilité des étoiles δ Scuti de notre échantillon sera menée sur la base d'observations photométriques effectuées par un astronome amateur belge (P. Van Cauteren: <http://users.skynet.be/bho/index.htm>). Ses observations ont notamment déjà été utilisées lors de l'étude de l'étoile DG Leo (Fig.2, Lampens et al. 2004) où, associées à d'autres mesures faites en Espagne et au Mexique, elles ont permis l'analyse de la pulsation multipériodique et de l'éllipsoidalité du système (i.e.: la déformation des étoiles par effets de marée). Dans le même esprit, un suivi régulier des étoiles de notre échantillon nous permettra à terme de déterminer de façon précise, par l'analyse Fourier des variations photométriques, leurs différentes fréquences de pulsation. Dans la mesure où toutes les étoiles multiples de notre échantillon ont des périodes orbitales de quelques mois ou de quelques années, l'obtention de spectres MUSICOS dans les jours qui suivent ou qui précèdent les mesures photométriques permettront d'identifier fidèlement la configuration du système au moment des observations.

Références

- Budaj J., Iliev, I.Kh. 2003, MNRAS, 346, 27
Frémat Y., Lampens P., Hensberge H., et al. 2004a, in: ASP Conf. Ser.: IAU Coll. 193, in press
Frémat Y., Lampens P., Hensberge H. 2004b, in: ASP Conf. Ser.: Spectroscopically and Spatially Resolving the Components of Close Binary Stars, in press
Hadrava P. 1995, A&AS 114, 393
Lampens P., Garrido R., Parrao L., et al. 2004, in: Rev. Mex. de A. Ap. Conf. Ser., IAU Coll. 191, ed. C. Allen & C. Scarfe, in press
Zhiping, Li 2000, A&A, 360, 185

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.

Toutes les étoiles de notre échantillon sont plus lumineuses que la magnitude 5, un temps de pose moyen de 1 heure devrait par conséquent nous garantir un rapport signal sur bruit minimal de 150. Cette estimation est faite en tenant compte du diamètre du télescope (60 cm) et de la résolution maximale supposée de MUSICOS (35000). Etant donné que dans les étoiles de type A la densité de raies spectrales est moins élevée aux grandes longueurs d'onde, la partie rouge des spectres devra être préférée à la partie bleue. Même si cette région, qui s'étend de 5400 Å à 8700 Å, compte moins de raies spectrales que la partie bleue, elle en regroupe néanmoins suffisamment pour permettre une analyse suffisamment précise des paramètres fondamentaux et de la composition chimique.

A des fins de vérification et de calibration, l'étoile Vega sera également observée pendant quelques minutes avant ou après chaque pose.

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.*

Dans un premier temps, 4 nuits d'observation sont jugées nécessaires selon le schéma suivant:

Nuit 1:

- Une pose de 10 minutes sur VEGA.
- Deux poses de 60 minutes sur HD 197461.
- Une pose de 10 minutes sur VEGA.
- Deux ou trois poses de 60 minutes sur HD 160613.

Nuit 2:

- Une pose de 10 minutes sur VEGA.
- Deux poses de 60 minutes sur HD 197461.

Une pose de 10 minutes sur VEGA.
Deux ou trois poses de 60 minutes sur HD 43378.

Nuit 3:

Une pose de 10 minutes sur VEGA.
Deux poses de 60 minutes sur HD 197461.
Une pose de 10 minutes sur VEGA.
Deux ou trois poses de 60 minutes sur HD 127762.

Nuit 4:

Une pose de 10 minutes sur VEGA.
Deux poses de 60 minutes sur HD 197461.
Une pose de 10 minutes sur VEGA.
Deux ou trois poses de 60 minutes sur HD 160613.

La période orbitale de HD 197461 étant de l'ordre de 41 jours, il sera intéressant de l'observer quotidiennement afin d'y déceler d'éventuels changements de vitesses radiales liés au mouvement orbital des composantes. On suspecte HD 160613 d'être une binaire spectroscopique. Son observation lors des premières et dernières nuits nous permettrait de vérifier si son mouvement orbital est perceptible sur une échelle de temps de quelques jours. HD 43378 est une binaire à éclipses, son observation dans le cadre de notre objet est par conséquent très prometteuse.

- *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.*

Dans la mesure où nous projetons, autant que possible, d'appliquer une technique de "spectral disentangling" afin de résoudre le spectre des différentes composantes, un recouvrement régulier de la période orbitale s'avère nécessaire. Dix observations par étoile, espacées de plusieurs mois devraient nous permettre d'assurer l'application de la méthode aux étoiles de notre échantillon. 4 jours sont utiles à l'observation de nos cibles. 36 nuits étalées sur 4 ans seraient par conséquent nécessaires pour compléter l'ensemble de nos objectifs.

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 ?*

oui. Observations photométriques (voir justification scientifique).

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

Cette information est indispensable ; ajoutez une annexe si nécessaire.

Nom	HD	V	α	δ	Remarques
γ Boo	127762	3.04	14h 32' 04.67"	+38° 18' 29.7"	Binaire spectroscopique faisant partie d'un système plus large (1).
UZ Lyn	43378	4.44	06h 19' 37.39"	+59° 00' 39.5"	P=819j, e=0.30 (2) ; connue comme binaire à éclipses (3).
σ Ser	160613	4.24	17h 41' 24.87"	-12° 52' 31.1"	Binaire spectroscopique (SB) ?
δ Del	197461	4.43	20h 43' 27.53"	+15° 04' 28.5"	SB avec 2 spectres superposés (P _{orb} =40.58j, e=0.7) (4)

(1) Morgan B.L., Beddoes D.R., Scaddan R.J., Dainty J.C. 1978, MNRAS, 183, 701

(2) Base de données HIPPARCOS (<http://astro.estec.esa.nl/Hipparcos/>)

(3) Kholopov P.N. 1985, General Catalogue of Variable Stars, 4th ed., Nauka, Moscow

(4) Frost E.B. 1924, ApJ, 60, 319

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.

7 Publications

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

Frémat Y., Lampens P., Hensberge H., et al. 2004a, in: ASP Conf. Ser.: IAU Coll. 193, in press

Frémat Y., Lampens P., Hensberge H. 2004b, in: ASP Conf. Ser.: Spectroscopically and Spatially Resolving the Components of Close Binary Stars, in press

Lampens P., Garrido R., Parrao L., et al. 2004, in: Rev. Mex. de A. Ap. Conf. Ser., IAU Coll. 191, ed. C. Allen & C. Scarfe, in press

Preprints disponibles sur demande

Date : January 15, 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.
-