

# Effet de résonance pour les AGB.

Par Etienne Morelle Observatoire SIRENE

## 1. Le contexte :

J'ai réalisé deux réductions de courbe de lumière sur des étoiles Mira avec l'outil Period04. Ce dernier permet de faire des analyses de type Fourier sur des signaux complexes. Les courbes de lumière sont réalisées avec mes propres mesures CCD (V) et complétées par d'autres mesures de l'AAVSO.

Les irrégularités dans les courbes sont très importantes. L'une des principales causes pourrait être la présence de poussières qui absorbent une grande quantité de lumière dans le visible. Ces couches de poussières entourant l'étoile peuvent rentrer en résonance avec l'enveloppe stellaire. Ce qui se traduirait par de grande variation de l'absorption lumineuse (voir les publications antérieures).

## 2. Le principe d'analyse retenu

Pour vérifier cette hypothèse, j'ai donc cherché dans un premier temps la période stellaire des étoiles en analysant la période principale sur la courbe de lumière. Ensuite, j'ai calculé les 5 harmoniques pour affiner la courbe générale de la période stellaire.

En traçant la courbe sur la phase, on constate des dérives globales en magnitude, en amplitude et éventuellement sur la position des maximums. En traçant le résidu sur l'ensemble, on constate une forme presque périodique dans certains cas. Le but est de déterminer la période et l'amplitude de ce résidu. La solution finalement adoptée est de considérer que le signal perturbateur (ou résidu) est le fruit d'une résonance avec la période stellaire. Dans cette dernière analyse de Fourier, on utilise des multiples de la période pour décomposer le signal résiduel.

## 3. Les premiers résultats

- **AA Aur**

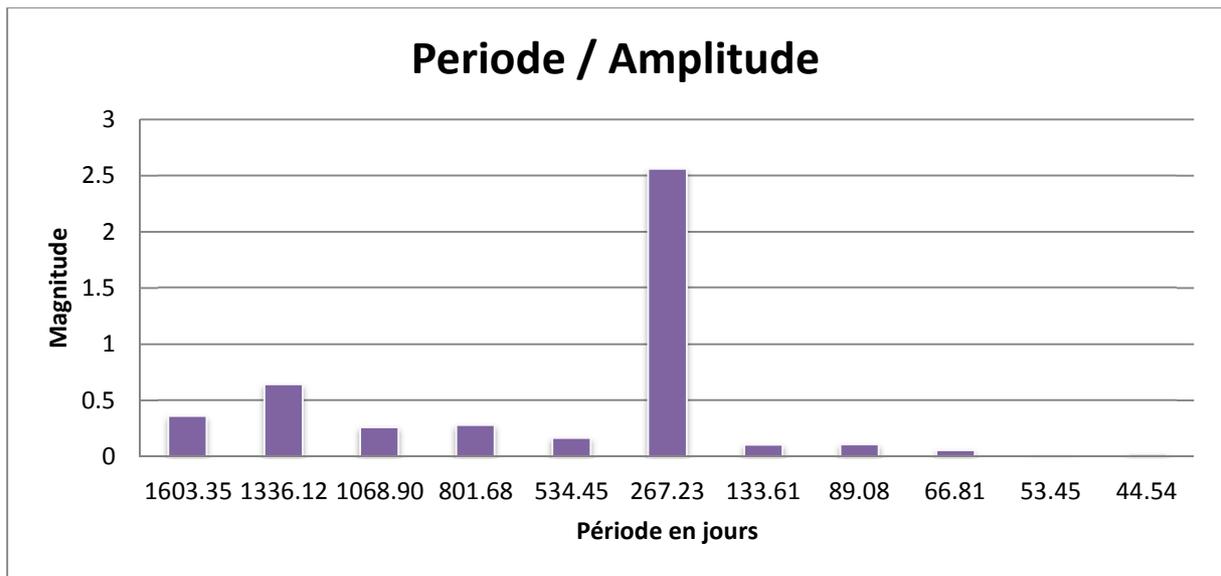
AA Aur est une mira typique présentant des variations en apparence assez aléatoires. Avec une période P de 267.23 jours, les fréquences suivantes sont utilisées pour l'analyse :

- Résonance :  $6x P = 1603.35j$
- Résonance :  $5x P = 1336.12j$
- Résonance:  $4x P = 1068.90j$
- Résonance:  $3x P = 801.68j$
- Résonance:  $2x P = 534.45j$
- $P = 267.23j$
- Harmonique :  $P / 2 = 133.61j$
- Harmonique :  $P / 3 = 89.08j$
- Harmonique :  $P / 4 = 66.81j$
- Harmonique :  $P / 5 = 53.45j$
- Harmonique:  $P / 6 = 44.54j$

Après calculs avec Period04 nous obtenons les résultats suivants :

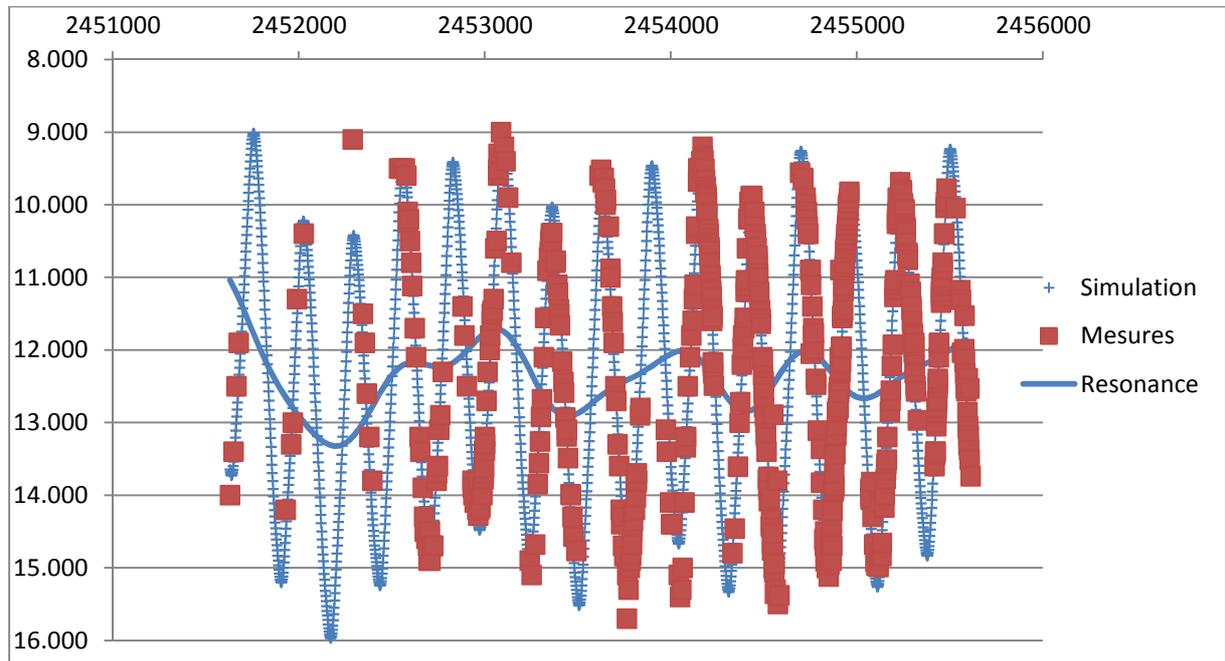
### AA Aur

Epoch	2455233		Période :		267.23	Max :	9.0	Min :	16.0
	Période	Fréquence	Amplitude	Phase	Per. Sigma	Freq. sigma	Ampl. sigma	Pha. sigma	
F1	1603.35	0.00062369	0.35976408	0.61075558	15.8221777	6.1547E-06	0.01598759	0.0070727	
F2	1336.12	0.00074843	0.63878271	0.95638442	6.1882547	3.4664E-06	0.01598759	0.00398336	
F3	1068.90	0.00093554	0.26205023	0.19043315	9.65421555	8.4497E-06	0.01598759	0.00970998	
F4	801.68	0.00124739	0.2821274	0.70366682	5.04404324	7.8484E-06	0.01598759	0.00901899	
F5	534.45	0.00187108	0.16778661	0.82145512	3.76950447	1.3197E-05	0.01598759	0.01516512	
F6	<b>267.23</b>	<b>0.00374216</b>	<b>2.55801986</b>	<b>0.84291443</b>	<b>0.06181269</b>	<b>8.6561E-07</b>	<b>0.01598759</b>	<b>0.00099472</b>	
F7	133.61	0.00748433	0.10860786	0.08842428	0.36396558	2.0388E-05	0.01598759	0.02342835	
F8	89.08	0.01122649	0.11095359	0.05905342	0.15834257	1.9957E-05	0.01598759	0.02293304	
F9	66.81	0.01496866	0.06098073	0.38853088	0.16205745	3.6311E-05	0.01598759	0.04172635	
F10	53.45	0.01871082	0.0064856	0.00995282	0.97519478	0.00034141	0.01598759	0.39233117	
F11	44.54	0.02245298	0.02600501	0.59203013	0.16889702	8.5147E-05	0.01598759	0.09784664	



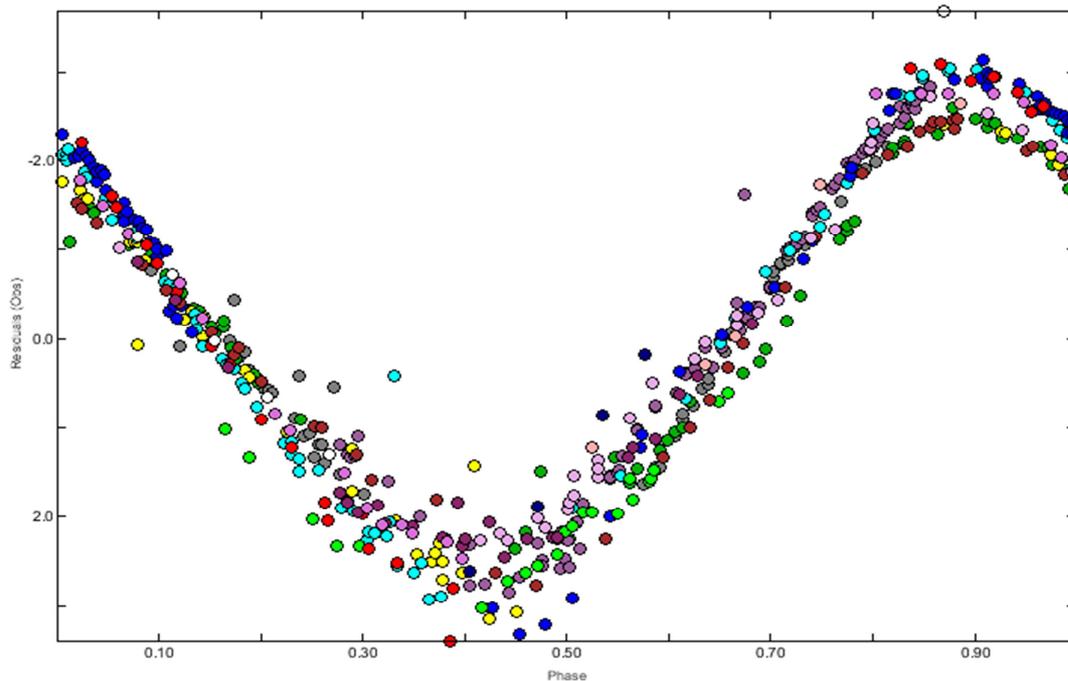
On constate une résonance plus importante à 5 fois la période.

Ce qui se traduit d'ailleurs par une modulation de la magnitude toutes les 5 périodes environ (voir la courbe de lumière globale) :



Les petites croix bleues représentent la courbe obtenue avec la série de Fourier. La ligne bleue représente l'effet de résonance modélisé.

La courbe de lumière sur plusieurs phases est tracée en soustrayant la composante de la résonance. On constate qu'il reste toujours des écarts de 0.4 magnitude environ.



Les aspects très chaotiques de cette courbe sont réduits mais pas encore parfaitement modélisés.

- **AC Aur**

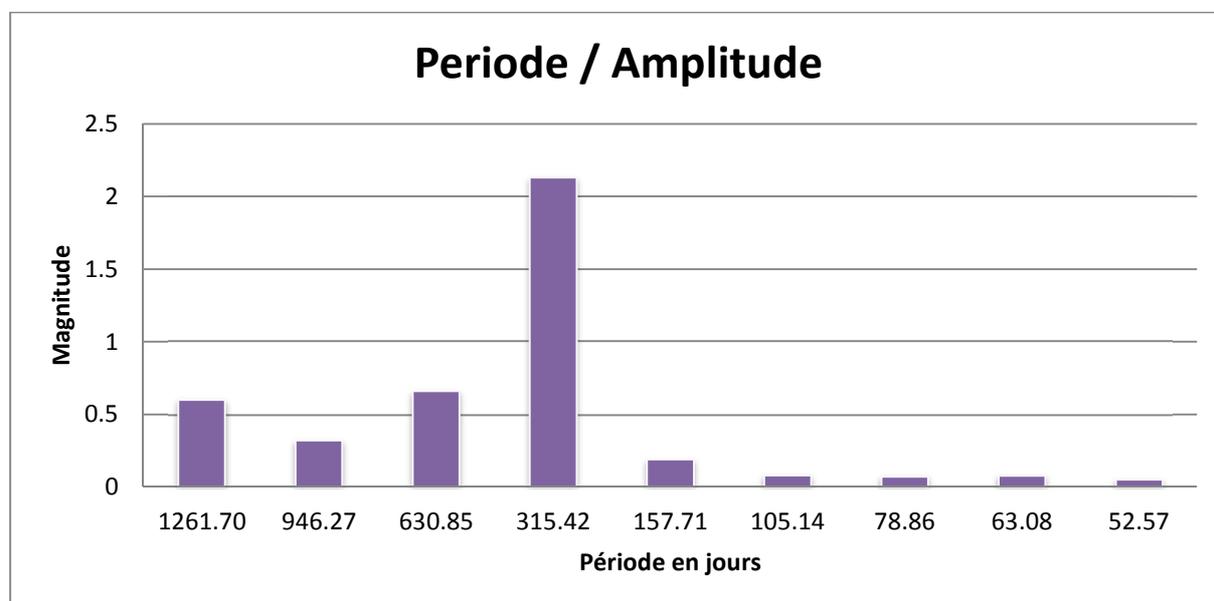
Sur AC Aur la durée d'observation et le nombre de périodes couvertes sont plus réduits par rapport à AC Aur. Les variations d'amplitude fortes rendent la détermination de période très hasardeuse. Il a été nécessaire d'affiner les calculs pour obtenir la bonne période stellaire de l'étoile. Dans ce cas particulier, le nombre de résonances étudiées est réduit à 3. En effet, il serait illusoire de mesurer des résonances couvertes moins de deux fois par les mesures.

**Les résultats de calculs avec Period04**

**AC Aur**

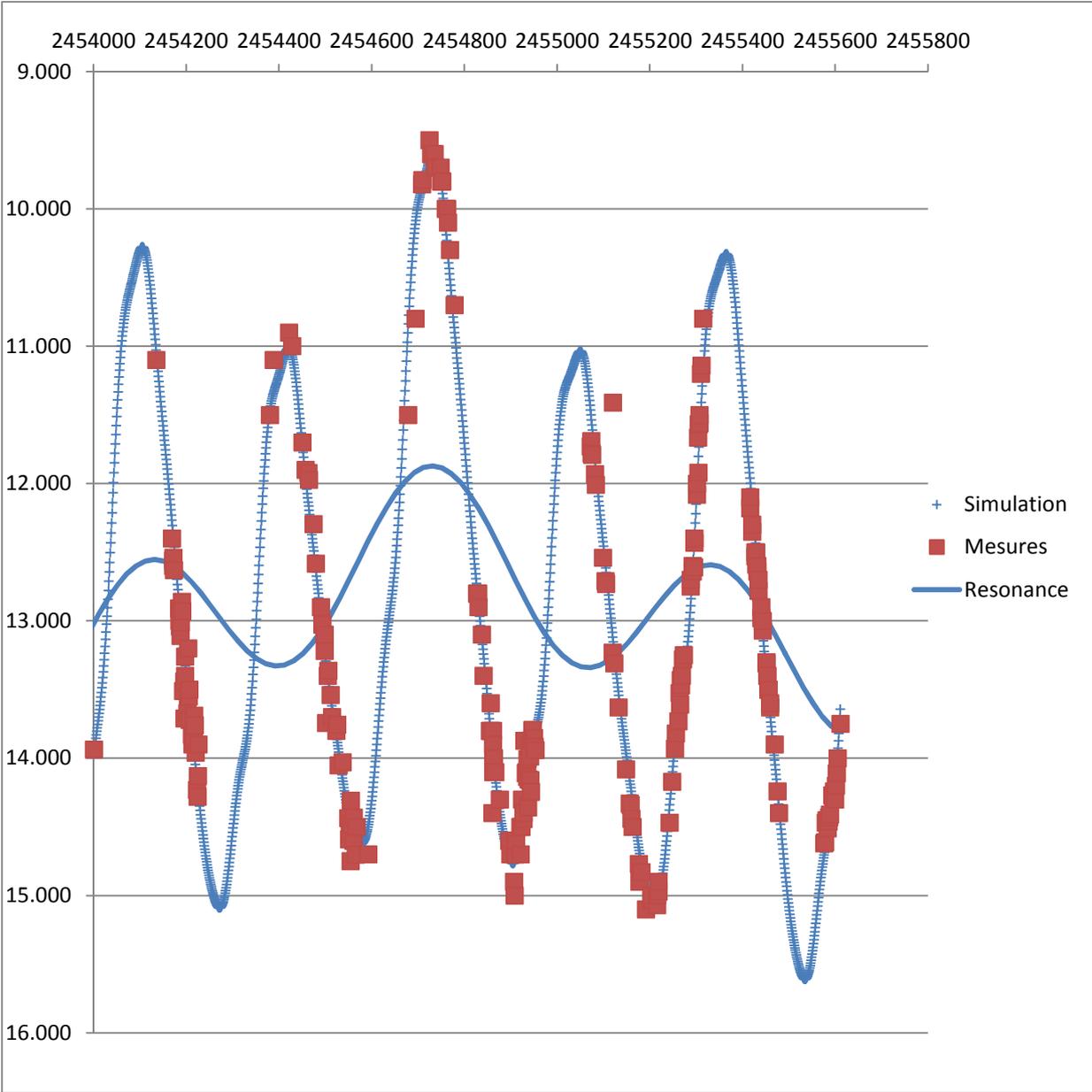
Epoch **2455365** Période : **315.42** Max : **9.1** Min : **15.6**

	Période	Frequence	Amplitude	Phase	Per. Sigma	Freq. sigma	Ampl. sigma	Pha. sigma
<b>F1</b>	1261.70	0.00079258	0.60557554	0.180682	6.80106344	4.2723E-06	0.01933174	0.00508069
<b>F2</b>	946.27	0.00105678	0.32092375	0.1597	7.21881336	8.0618E-06	0.01933174	0.00958714
<b>F3</b>	630.85	0.00158516	0.66363695	0.59927	1.55151007	3.8985E-06	0.01933174	0.00463618
<b>F4</b>	<b>315.42</b>	<b>0.00317033</b>	<b>2.12954327</b>	<b>0.440938</b>	<b>0.12087562</b>	<b>1.2149E-06</b>	<b>0.01933174</b>	<b>0.00144479</b>
<b>F5</b>	157.71	0.00634066	0.19070531	0.263259	0.33744452	1.3567E-05	0.01933174	0.01613349
<b>F6</b>	105.14	0.00951098	0.08217787	0.9286	0.34803889	3.1483E-05	0.01933174	0.03744003
<b>F7</b>	78.86	0.01268131	0.07418403	0.028456	0.21686766	3.4876E-05	0.01933174	0.04147445
<b>F8</b>	63.08	0.01585164	0.08059953	0.951963	0.12774757	3.21E-05	0.01933174	0.0381732
<b>F9</b>	52.57	0.01902197	0.05397472	0.811697	0.1324745	4.7934E-05	0.01933174	0.05700339

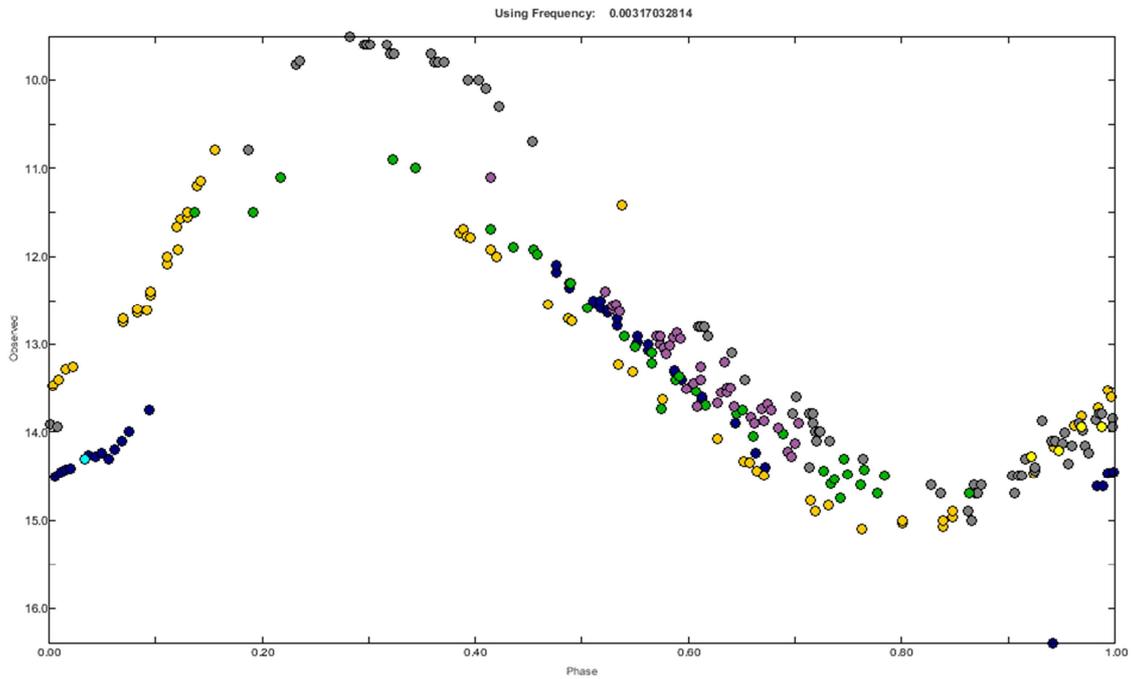


Cette fois les effets de résonance sont spectaculaires car ils interviennent beaucoup à deux et quatre fois la période.

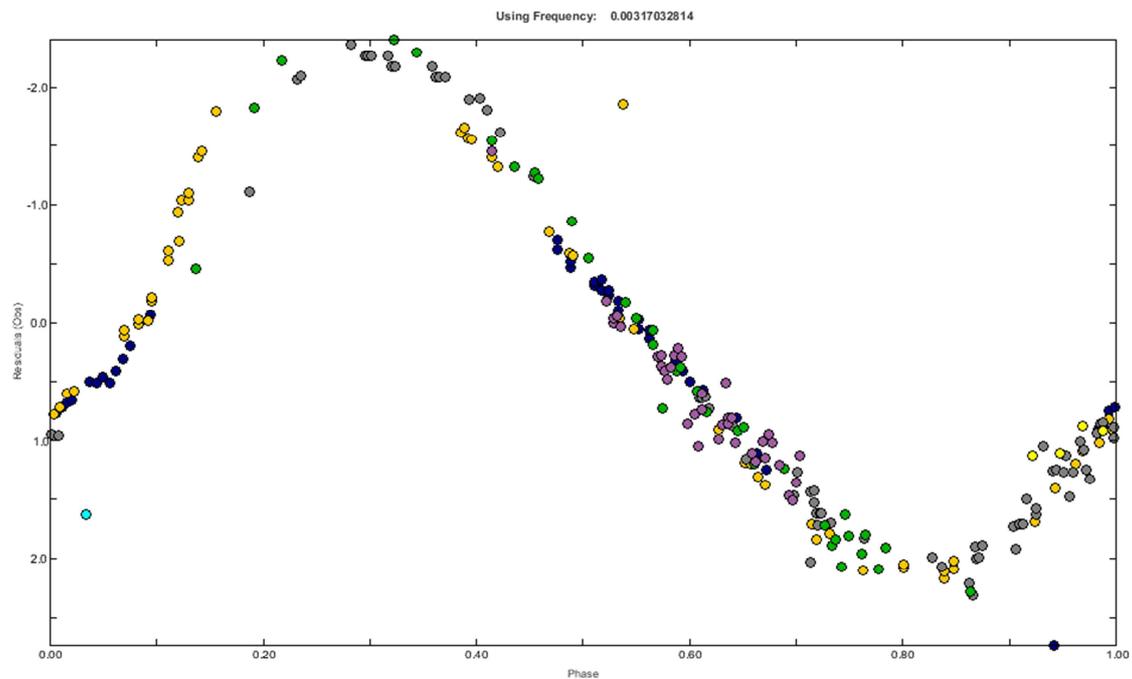
La courbe suivante montre bien l'effet de la résonance sur la luminosité globale dans le visible.



La courbe de mesures en fonction de la phase montre les écarts sur chaque période et la difficulté de déduire la bonne période stellaire.



La courbe corrigée des effets de résonance montre une grande régularité entre chaque phase.



#### 4. Conclusion

La prise en compte d'effet de résonance dans les analyses de Fourier permet d'affiner la mesure de la période stellaire des étoiles Miras en réduisant l'aspect chaotique des courbes. Elle permet de mieux identifier les dates des maximums et minimums ce qui devrait permettre d'améliorer la mesure des dérives de période.

La constitution d'une base de données regroupant les effets de résonance sera peut-être utile pour faire de nouvelles analyses sur des populations d'étoiles AGB. La confrontation de ces dernières avec la modélisation des enveloppes de poussières permettra peut-être de mieux comprendre les interactions avec l'enveloppe stellaire des étoiles pulsantes.

#### 5. Sources et remerciements :

Base de données des mesures CCD et estimations visuelles de l'AAVSO :

"We acknowledge with thanks the variable star observations from the AAVSO International Database contributed by observers worldwide and used in this research"

#### 6. Publications antérieures

- **arXiv:1011.0948v1 [astro-ph.SR] 3 Nov 2010**

Dynamics of extended AGB star envelopes

Claudia Dreyer, Michael Hegmann, and Erwin Sedlmayr

Zentrum für Astronomie und Astrophysik, Technische Universität Berlin,

Berlin, Germany

- **arXiv:1011.0948 Received 2004 May 11; accepted 2004 July 9**

PULSATION PHASE-DEPENDENT DUST SHELL MODELS FOR OXYGEN-RICH

ASYMPTOTIC GIANT BRANCH STARS1

Kyung-Won Suh

Department of Astronomy and Space Science, Chungbuk National University, Cheongju-City 361-763, Republic of Korea

- **arXiv:1010.2672 Wed, 13 Oct 2010 14:38:57 GMT**

The shapes of light curves of Mira-type variables - Thomas Lebzelter

- **arXiv:astro-ph/0702618v1 22 Feb 2007**

Dust from AGB stars

Anja C.Andersen

Dark Cosmology Centre, Niels Bohr Institute, University of

Copenhagen, Juliane Maries Vej 30, DK-2100 Copenhagen, Denmark.