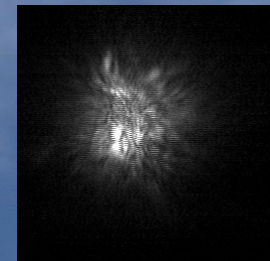


# Étoiles doubles par Interférométrie des tavelures au T60 du pic du midi

Rencontres Pro/Am3 La Rochelle - 26-29/10/2009



# Interférométrie des tavelures au T60 du pic du midi



- Rappels historiques



## Analyse Harmonique : la transformée de Fourier

*FOURIER, Jean Baptiste Joseph (21 Mars 1768, Auxerre, France - 16 Mai 1830, Paris, France)*



## Expérience des trous d'Young

*YOUNG, Thomas (13 Juin 1773, Milverton, Angleterre - 10 Mai 1829, Londres, Angleterre)*



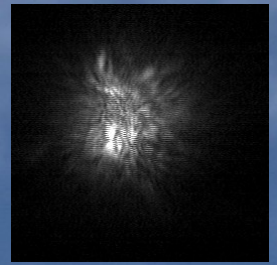
## Application de l'expérience des trous d'Young aux étoiles

*FIZEAU, Armand Hippolyte Louis (23 Septembre 1819, Paris, France- 18 Septembre 1896, Venteuil, France)*

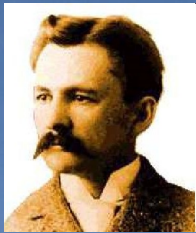
Rencontres Pro/Am3 La Rochelle - 26-29/10/2009



# Interférométrie des tavelures au T60 du pic du midi



- Rappels historiques



## En 1920, Mesure du diamètre de Betelgeuse

*MICHELSON, Albert Abraham (19 Décembre 1852, Strzelno, Pologne - 9 Mai 1931, Pasadena, Californie, Etats-Unis)*

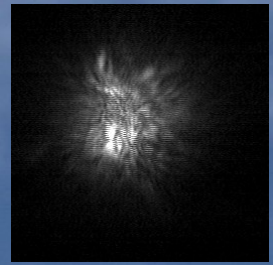


1970, Invention de l'interférométrie des tavelures  
(Speckles Interferometry)

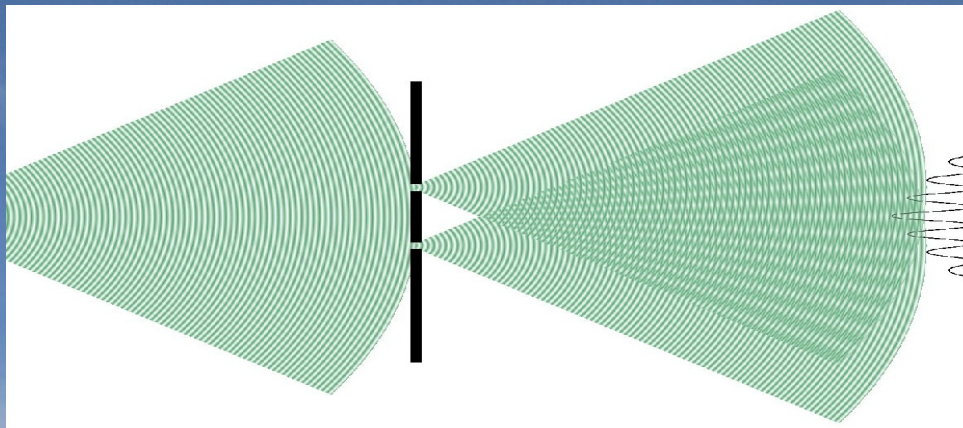
LABEYRIE, Antoine



# Interférométrie des tavelures au T60 du pic du midi



- Principes des interférences : Expérience des trous d'Young



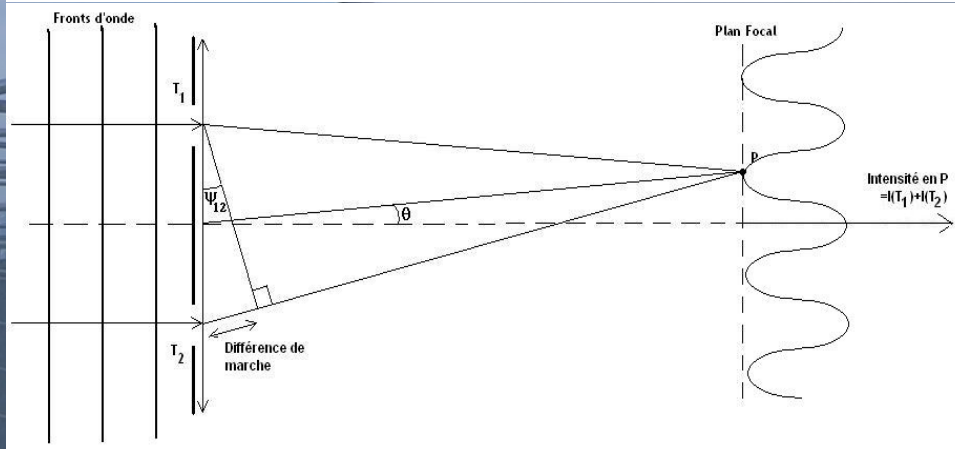
- Source monochromatique
- Onde incidente plane (source non résolue)
- Distance au plan du détecteur grande devant l'écartement des trous

En notant  $I_1$  et  $I_2$  les champs électriques issus des trous 1 et 2

$$I(t) = I_1(t) + I_2(t) = I_0 \sin(\omega t) + I_0 \sin(\omega t + \frac{2\pi}{\lambda} \delta)$$

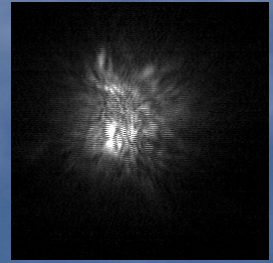
On obtient une succession de franges claires et sombres dépendant de  $\delta$  la différence de marche entre les 2 ondes

$\frac{2\pi}{\lambda} \delta$  est la phase de la source 1 par rapport a la source 2

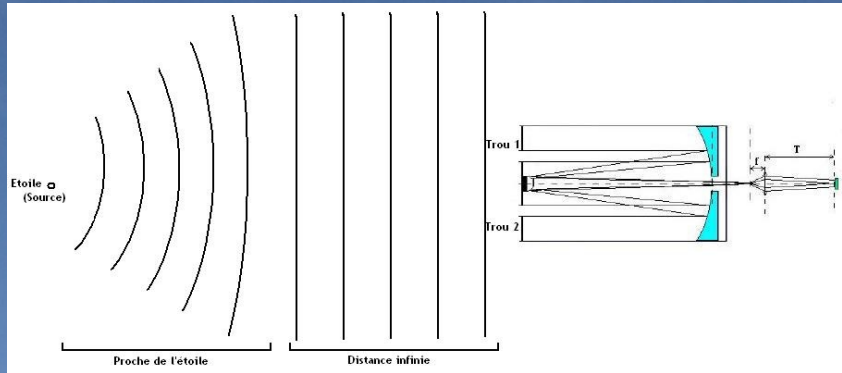




# Interférométrie des tavelures au T60 du pic du midi



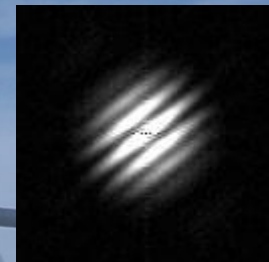
- Principes : Masque de Fizeau



- Cas d'école : hors turbulence atmosphérique (la phase est modulée par le système d'acquisition)
- Source monochromatique
- Onde incidente plane (source non résolue)



- LX200 203mm
- Masque à trous
- Filtre rouge
- F/D=50 (tirage oculaire)
- Pose < tps de cohérence de la turbulence



Capella : pose 20ms

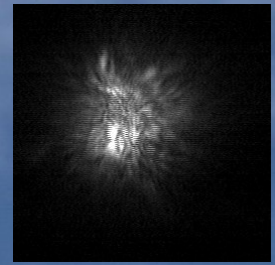
Image B. TREGON

Avec turbulence atmosphérique, les franges sont simplement translatées de part et d'autre de la position centrale

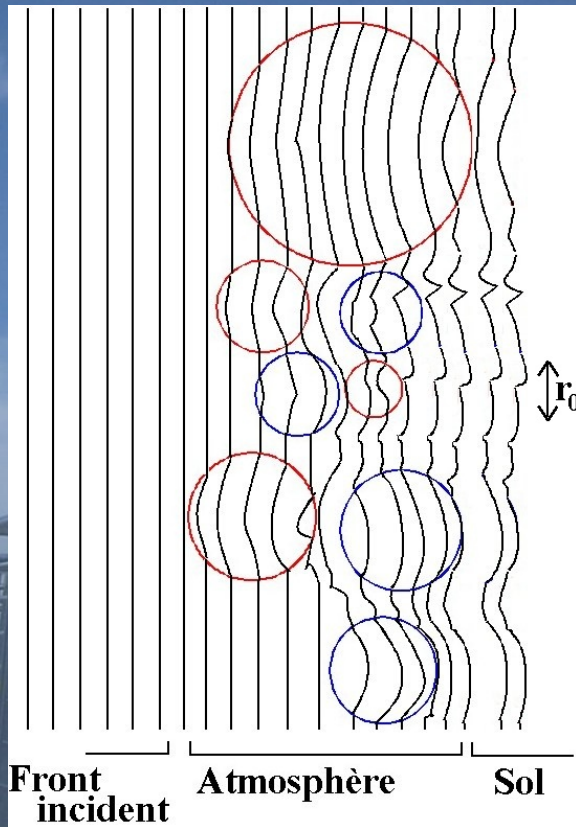
Rencontres Pro/Am3 La Rochelle - 26-29/10/2009



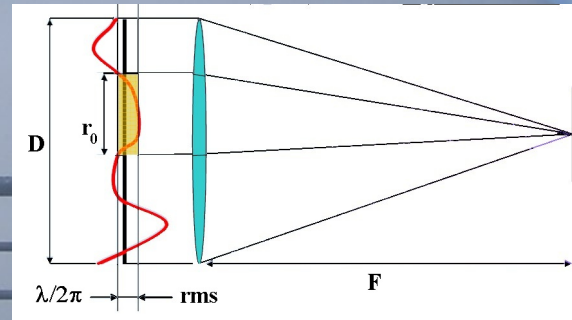
# Interférométrie des tavelures au T60 du pic du midi



- Principes : Les tavelures



La phase est modulée avant l'arrivée dans le système d'acquisition

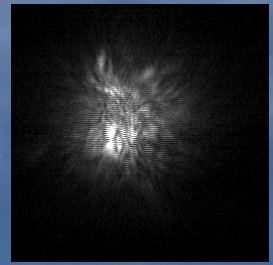


On définit  $r_0$  le rayon de Fried comme le diamètre de la zone de la pupille pour laquelle la variation de la phase est inférieure à  $\lambda/2\pi$  rms

Chaque zone de Fried produit sa figure de diffraction



# Interférométrie des tavelures au T60 du pic du midi



- Principes : Les tavelures

Ex :  $R_0 = 40 \text{ mm}$   $D = 240 \text{ mm}$

$D/R_0 = 6$

36 sous pupilles de  $R_0$

La résolution sera limité à  
 $1.22 \lambda/r_0 = 3.5''$

Alors que  
 $1.22 \lambda/D = 0.57''$

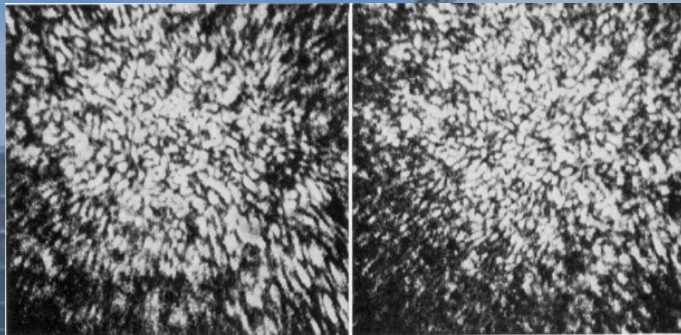
Dégradation de la résolution  
d'un facteur 6

Crédit C.Cavadore 2006

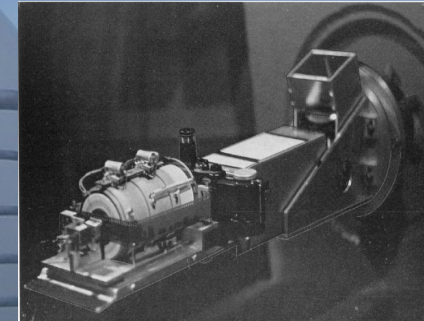
Front d'onde

Chaque sous pupille va interférer avec ses voisines => les tavelures sont des interférences des sous pupilles atmosphériques

$r_0$  est en moyenne de 40 à 50mm en plaine. Il peut atteindre 400mm sur des sites exceptionnel



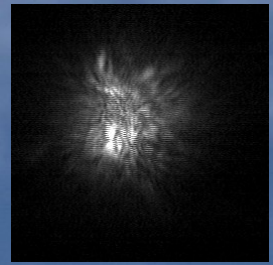
Tavelures obtenues par A. Labeyrie au 5m du mont Palomar en 1973 sur l'étoile Véga



On peut d'ailleurs remarquer que le nombre de tavelures présent dans une image est proportionnel à  $(D/r_0)^2$



# Interférométrie des tavelures au T60 du pic du midi



- Les tavelures : Et les étoiles doubles dans tout ça ???

Hypothèse de base : l'angle d'isoplanétisme est supérieur à la séparation du couple

Angle Isoplanétique

« ce qui fait que les images sont distordues »

Layer 1

Aperture Plane

Conjugate Plane

$\theta_0$

$h$

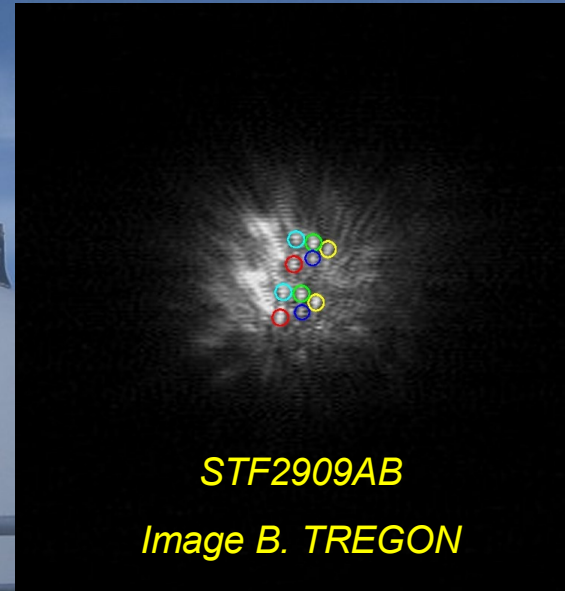
Étoile double

$\theta > \theta_0$

⇒ vidéo

- Angle où la turbulence est « identique », ou la corrélation de phase est meilleure que  $\lambda/2\pi$  rms
- qq arcsec dans le visible
- Effet : distorsion des images d'objets étendus

Crédit C.Cavadore 2006



Sous la condition d'isoplanétisme, l'étoile double apparaît dupliquée dans l'image de tavelures

Subtilité de la méthode : Extraction de la répétition du motif de l'étoile double

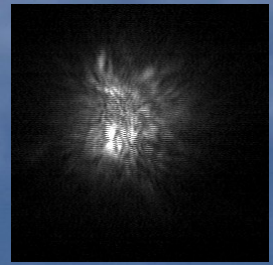
=> analyse dans l'espace de Fourier (nous verrons cela plus loin)

Rencontres Pro/Am3 La Rochelle - 26-29/10/2009





# Interférométrie des tavelures au T60 du pic du midi



Quelle perspectives amateur envisager ?

*Complementary Approaches to Double and Multiple Star Research,  
IAU Colloquium 135, ASP Conference Series, Vol. 32, 1992  
Harold A. McAlister and William I. Hartkopf (eds.)*

577

## Astrometric Speckle Interferometry for the Amateur

N. H. TURNER, D. J. BARRY, & H. A. McALISTER

Center for High Angular Resolution Astronomy, Georgia State University,  
Atlanta, Georgia 30303-3083, USA

Edmund Scientific Company 101 E. Gloucester Pike, Barrington, NJ 08007-1380 Telephone: (609)573-6259	
4X Microscope Objective, Stk. No. A38,345	\$ 32.95
535-700nm Filter, Stk. No. A43,386	\$ 15.75
Amperex Electronic Company A Division of North American Philips Corporation Imaging Products Business Unit Providence Pike, Slatersville, RI 02876 Telephone: (401)762-3800	
CCD Monochrome Imaging Module, type 56471	\$440.00
Catenary Systems 470 Belleview, St. Louis, MO 63119 Telephone: (314)962-7833	
Image Processing Library and Digitizer Card	\$490.00
IDEC, Inc. 1195 Doylestown Pike, Quakertown, PA 18951 Telephone: (215)538-2600	
Manufacturer of Digitizer Card available through Catenary Systems	
<b>Total Price for Components</b>	<b>\$978.70</b>

Interférométrie des tavelures amateur :  
une question de moyen ??

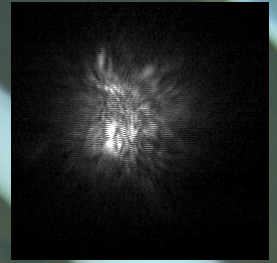
Si l'on excepte le prix du télescope  
et le cas d'une caméra CCD  
intensifiée ou en technologie  
EMCCD

Budget < 600 euros

Rencontres Pro/Am3 La Rochelle - 26-29/10/2009



## Interférométrie des tavelures au T60 du pic du midi

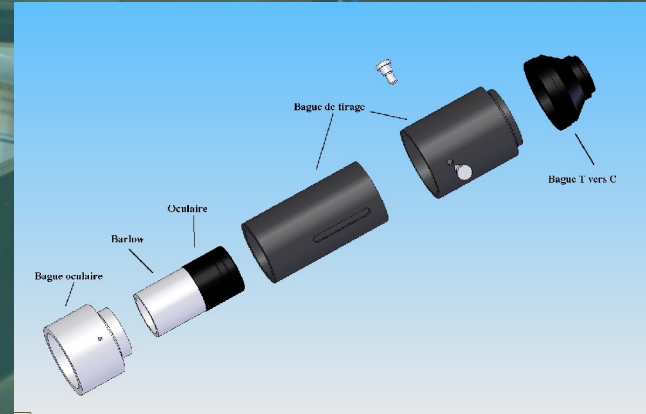
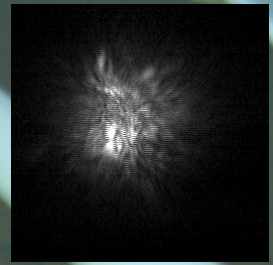


Les conditions d'obtention des tavelures :

- Télescope de grand diamètre (pour accéder à des étoiles faibles)
  - T60 :  $D=600\text{mm}$ , Focale =  $2135\text{mm}$
- Echantillonnage important (Théorème de Shannon)
  - Pouvoir séparateur :  $0.23''$  à  $\lambda=550\text{nm}$  donc échantillonnage maxi =  $0.12''$
- Caméra ultrasensible (Quelques picowatts)
  - $\text{Mag}0=930\text{pW}$   $\text{Mag}9=0.23\text{pW}$
- Temps de pose courts (tps de cohérence de la turbulence)
  - De l'ordre de qqes dizaines de ms
- Filtrage (condition quasi monochromatique)
  - Sinon dilution chromatique des tavelures



# Interférométrie des tavelures au T60 du pic du midi



Le système de grandissement choisi :  
Tirage Oculaire

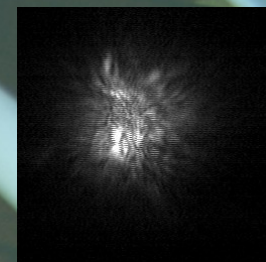
$$n = \frac{206265}{\alpha \cdot \frac{F}{l} \left( \frac{d}{f} - 1 \right)}$$

F focale objectif avec barlow (mm)	f focale oculaire (mm)	d tirage (mm)	l taille pixel (mm)
4270	15.00	88.00	0.0086
<b>Focale résultante (en mm)</b>		<b>20781</b>	
<b>Echantillonnage (en "/pixels)</b>		<b>0.085</b>	





# Interférométrie des tavelures au T60 du pic du midi



Caméra de vidéo surveillance : WATEC 902H2 Ultimate



## DESCRIPTION

Mini caméra N&B haute résolution ultra sensible  
CCD 1/2" hyper HAD EX-View Sony  
Absence totale de smear  
Système anti contre-jour actif par zones (9 zones)  
Monture CS (ou C par bague supplémentaire)  
Sortie de contrôle pour objectifs asservis  
Electronique CMS et boîtier métal assurant une grande résistance mécanique et thermique  
Fixation par pas Kodak 1/4" dessus et dessous  
Sortie vidéo CCIR par connecteur RCA  
Température de fonctionnement: -10°C à +50°C  
Température de stockage -30°C à +80°C  
Dimensions hors tout: 34 (H) x 34 (P) x 50 (L) mm  
Poids 90g

## CARACTERISTIQUES TECHNIQUES

Capteur CCD 1/2" à transfert interligne  
752 (H) x 582 (V) pixels utiles (8,6 x 8,3  $\mu$ )  
Standard CCIR 15 625 Khz 50 Hz,  
Sortie Vidéo CCIR 1 Vpp / 75 ohms,  
Sensibilité 0.0003 lux @ F/1:2, AGC High  
0.002 lux @ F/1.4, AGC Low  
Synchronisation interne à quartz,  
Résolution > 570 lignes TV,  
Rapport S/B mieux que 46 dB,  
Auto-iris électronique de 1/50 à 1/ 100 000  
sec. débrayable (on/off)  
Alimentation 12 V continu +/- 10% par mini  
jack, Consommation 160 mA max  
Gamma réglable 0.45 ou 1  
AGC 2 gammes 5-50 dB (Hi) ou 5-32 dB (L)

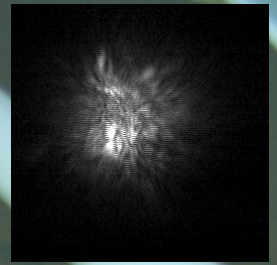
Acquisition des vidéos : 30 secondes, à 25ips, pose de 20ms

Numérisation Pinnacle Dazzle video recorder 10bits

Rencontres Pro/Am3 La Rochelle - 26-29/10/2009



# Interférométrie des tavelures au T60 du pic du midi



Le Filtrage :

Seeing 0.45"

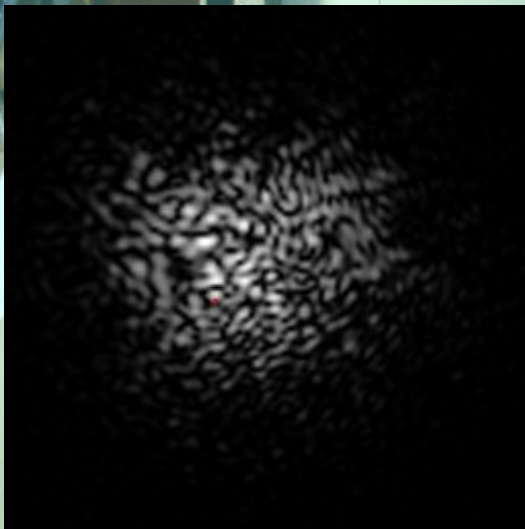


Image  
monochromatique

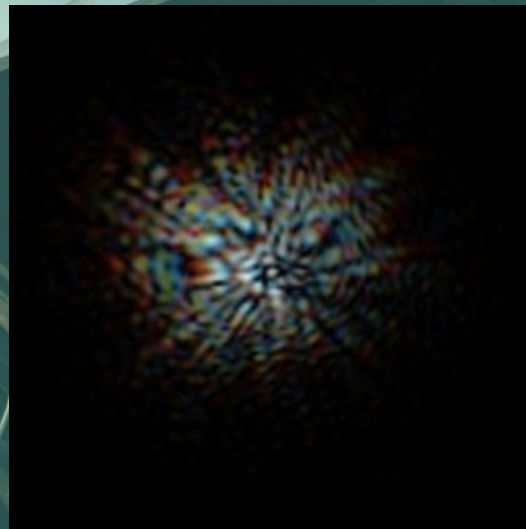


Image sans filtrage

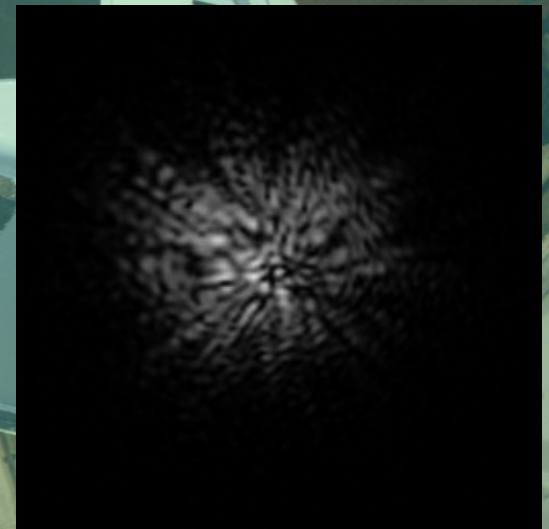


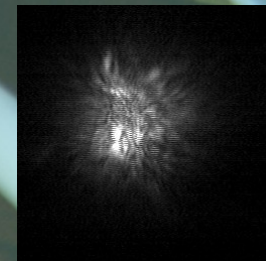
Image Numérisée  
monochrome

Simulations effectuées avec le logiciel Aberrator V3

Rencontres Pro/Am3 La Rochelle - 26-29/10/2009



# Interférométrie des tavelures au T60 du pic du midi



Juillet 2008 : Les premiers essais de la configuration choisie

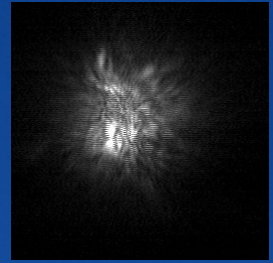


Essais et mesures non filtrée pour atteindre les magnitudes les plus basses

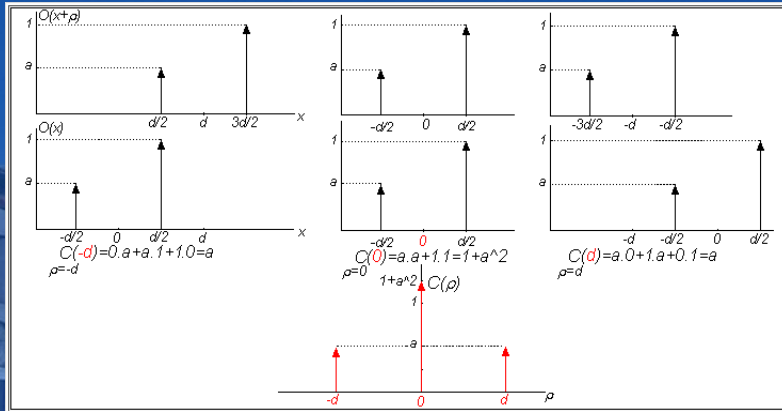
Rencontres Pro/Am3 La Rochelle - 26-29/10/2009



# Interférométrie des tavelures au T60 du pic du midi



Choix de la méthode d'extraction : Autocorrélation vs Intercorrélation

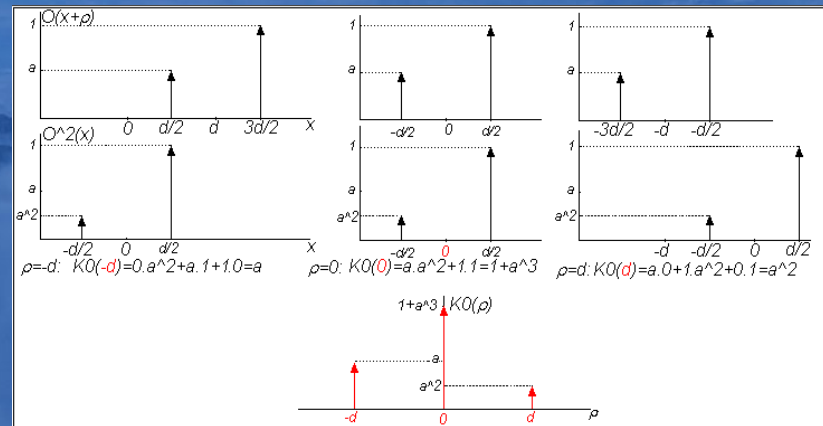


$$K_o(\rho) = \int_{-\infty}^{\infty} O(x)O(x+\rho)dx$$

Autocorrélation = convolution de l'image par elle-même :

Ambiguïté sur l'angle de position

$$K_o(\rho) = \int_{-\infty}^{\infty} O^2(x)O(x+\rho)dx$$



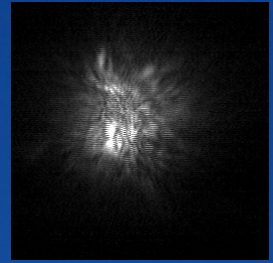
Intercorrélation = convolution de l'image par son carré :

Levée de l'ambiguïté sur l'angle de position

Astron. Astrophys. Supp. Ser. **125**, 139-148 (1997).  
**"Imaging binary stars by the cross-correlation technique"**  
 E.Aristidi, M.Carbillet, J-F.Lyon and C.Aime.



# Interférométrie des tavelures au T60 du pic du midi

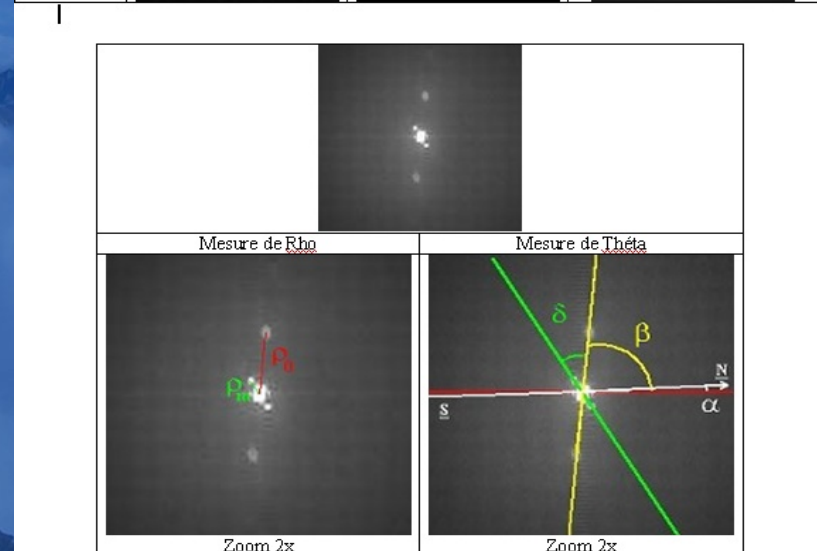


Les logiciels de traitements utilisés sont :

- Iris de C. Buil (Traitement dans l'espace de Fourier)
- Prism de C. Cavadore (Extraction des mesures)

	Image tavelure	Somme Autocorrel.	Somme intercorrel.
Véga			
Mu Cyg (STF2822)			
Zeta Aqr (STF2909)			

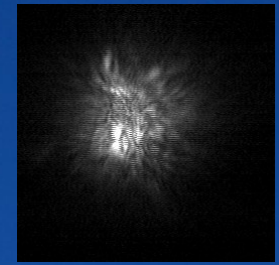
	Image tavelure	Somme Autocorrel.	Somme intercorrel.
Epsilon2 Lyr (STF2383)			
Zeta Boo (STF1865)			





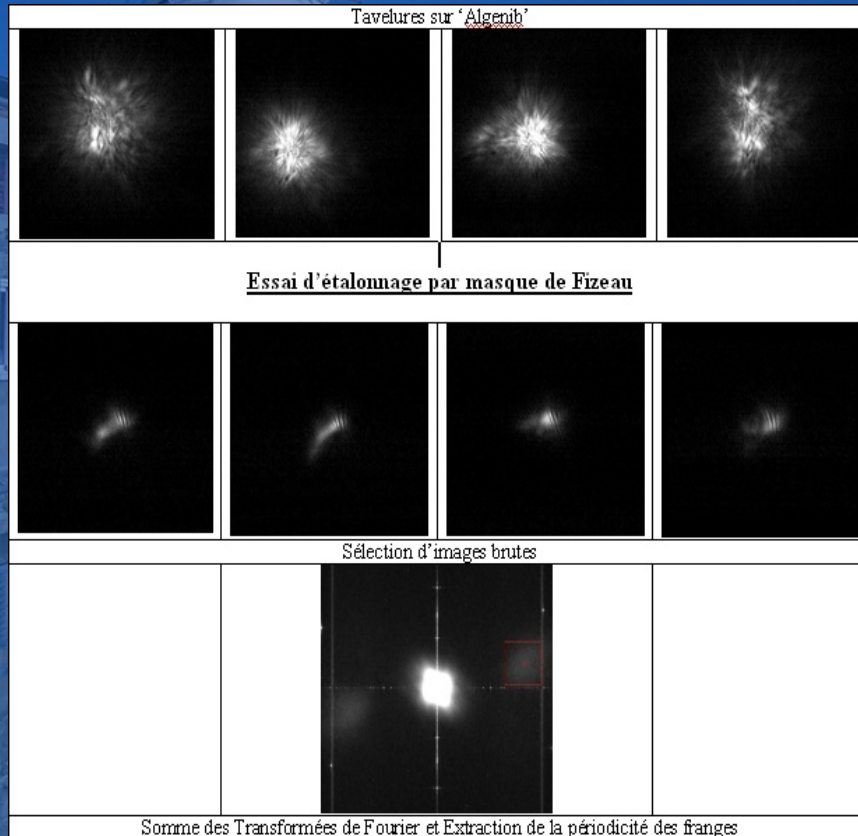


# Interférométrie des tavelures au T60 du pic du midi



Novembre 2008 : Les premières Mesures

La calibration :



- Filé d'étoile impossible (trajectoire du CDG chaotique)
- « Shift and Add » et mesure directe (risque d'incertitude sur la position de la PSF)
- Masque de Fizeau (problème si mesure non filtrée)

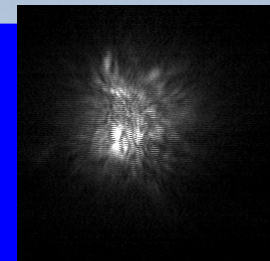
Etalonnage par mesure directe					
Date	Date normalisée	Airmass	Hauteur	Asc. dr. 2000 (h min)	Dcl. 2000 (° min)
16/11/2008 4h27	2008.888	1.02888	+76°22'35"	06 48 13	+55 42 12.9
Sélection d'images brutes					
Meilleure image de la séquence obtenue par « Best of » sous Iris					
Rho = 52.639 (Pixels)		Beta = -15.511 (°)		Somme de 600 images par « décalage et addition » (méthode « shift and add »)	
Rho = 52.658 (Pixels)		Beta = -15.258 (°)		Mesure image Seule	
				Mesure shift & add 600 im	

Rencontres Pro/Am3 La Rochelle - 26-29/10/2009





# Interférométrie des tavelures au T60 du pic du midi

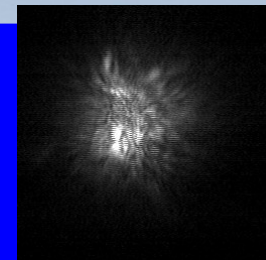


Couple choisis : extrait de la liste « Morlet-Durand » établie en Avril 2002 par la SAF

WDS NOM usuel	Const	Airmass	Hauteur	Orbite	Magnit. (WDS)	Mesure directe		Cross-correlation	
Couples privilégiés					Epsilon (")	Moyenne Théta	Epsilon (")	Moyenne Théta	
STF 202	Psc	1.4784	+42°29'18"	*	4,1 5,2			1.83	265.78
STF 333	Ari	1.0999	+65°21'25"		5,2 5,6	1.36	207.48	1.40	208.61
DA 5	Ori	1.42626	+44°26'52"		3,6 4,9			1.76	76.02
STF 795	Ori	1.24778	+53°12'54"		6,0 6,0	1.04	218.98	1.06	219.00
STF 948AB	Lvn	1.0432	+73°25'46"	*	5,4 6,0	1.86	69.39	1.87	69.50
STF 948AC	Lvn	1.0432	+73°25'46"		5,4 6,0	8.71	309.50	8.68	308.65
STF 1291	Cnc	1.0645	+69°55'35"		6,1 6,4	1.47	309.44	1.47	312.30
STF 1333	Lyn	1.0545	+71°27'39"		6,6 6,7	1.81	54.10	1.88	50.05
STF 1523	UMa	1.3100	+49°42'01"	*	4,3 4,8			1.58	216.63
Couples difficiles									
STF 228		1.0086	+82°30'16"	*	6,6 7,1	0.86	289.67	0.83	293.28
STI 20	Psc	1.1472	+60°36'38"	*	6,2 6,9			0.57	187.21
STI38BC	And	1.0000	+89°18'11"	*	5,5 6,3			0.17	183.12
STI38A-BC	And	1.0000	+89°18'11"		5,5 6,3			9.43	63.02
BU 4	Psc	1.2219	+54°52'25"	*	7,4 8,0	0.51	-10.56	0.50	118.18
STF 511	Cam	1.0618	+70°19'17"	*	7,5 7,9	0.48	-25.89	0.51	80.55
BU 720	Peg	1.0837	+67°17'56"	*	6,0 6,0			0.54	100.45



# Interférométrie des tavelures au T60 du pic du midi

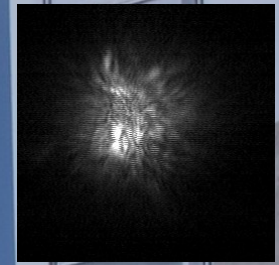


Couple choisis : extrait de la liste « Morlet-Durand » établie en Avril 2002 par la SAF

WDS NOM usuel	Const	Airmass	Hauteur	Orbite	Magnit.	Mesure directe		Cross-correlation	
					(WDS)			I	
Couples délaissés					Epsilon (")	Moyenne Théta	Epsilon (")	Moyenne Théta	
AC 1	And	1.0469	+72°45'29"		7,3 8,3	1.57	216.39	1.84	288.14
STF 59	Cas	1.0895	+66°34'41"		7,2 8,1	2.26	112.62	2.26	147.90
STF 113A-BC	Cet	1.5455	+40°14'10"		6,5 7,0	1.57	35.75	1.65	19.05
STF113 BC	Cet	1.5455	+40°14'10"		6,5 7,0			<0.16	
STF 138	Psc	1.3169	+49°20'48"		7,5 7,6	1.77	58.97	1.71	57.14
STF 147	Cet	1.9197	+31°16'48"		6,2 7,3			0.25	191.45
STF 162 AA	Per	1.0529	+71°43'53"	*	6,5 7,2			<0.16	
STF 162 AB	Per	1.0529	+71°43'53"		6,5 7,2	1.90	199.15	1.91	199.36
STF 162 AC	Per	1.0529	+71°43'53"		6,5 7,2	20.10	179.51	20.42	178.01
STF 186	Cet	1.4952	+41°53'59"	*	6,8 6,8	0.78	68.03	0.80	65.35
STF 269	Tri	1.1017	+65°09'28"		7,6 9,0	0.51	21.07	1.64	344.70
STF 265	Tri	1.0848	+67°09'31"		7,5 8,1	1.65	162.23	1.71	162.17
HU 544	Per	1.0377	+74°28'20"		6,7 8,2	1.57	100.01	1.60	102.24
STF 400	Cam	1.0635	+70°04'33"	*	6,8 8,0	1.50	267.81	1.56	266.74
STF 425	Per	1.0442	+73°14'58"		7,5 7,6	1.95	61.84	1.93	62.02
STF 521	Per	1.0208	+78°23'55"		7,4 9,2	2.00	257.10	1.98	258.73
STF 644	Aur	1.0052	+84°06'42"		6,8 7,0	1.58	223.31	1.63	221.42
STF 652	Ori	1.3945	+45°44'42"		6,3 7,4			1.64	180.03
STF 734	Ori	1.4409	+43°52'27"		6,7 8,2	1.51	11.16	1.65	357.30
STF 3050	And	1.0298	+76°08'53"	*	6,5 6,7	2.17	335.95	2.25	335.36
Couples liste supplémentaires									
STF 2878	Peg	1.3484	+47°48'24"		6,9			1.44	120.05
STF 2909	Agr	1.5162	+41°11'02"	*	4,3	2.03	168.17	2.08	169.82
STF 2950	Cep	1.0876	+66°49'05"		6,0			1.25	279.53
STT 12	Cas	1.0321	+75°39'16"	*	5,5			0.28	208.25
STT 616	And	1.0121	+81°01'46"	*	4,5			0.51	121.14
STF 346	Ari	1.0689	+69°16'39"	*	6,2	0.405	249.811	0.404	242.48
HDS473	Per	1.0314	+75°48'18"		3,03			<0.16	
HU304	Tau	1.3015	+50°08'46"	*	5,8			0.28	13.14



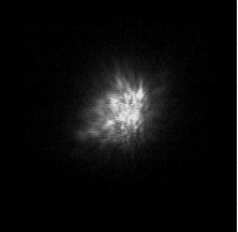
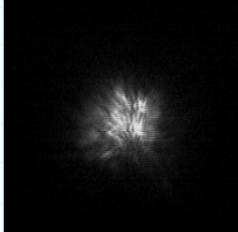
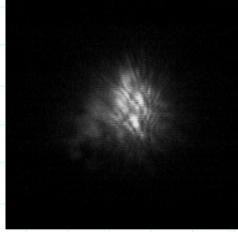
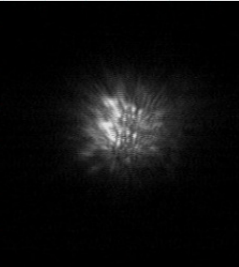
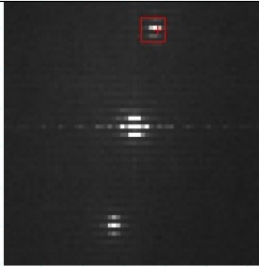
# Interférométrie des tavelures au T60 du pic du midi



Quelques exemples de mesures :

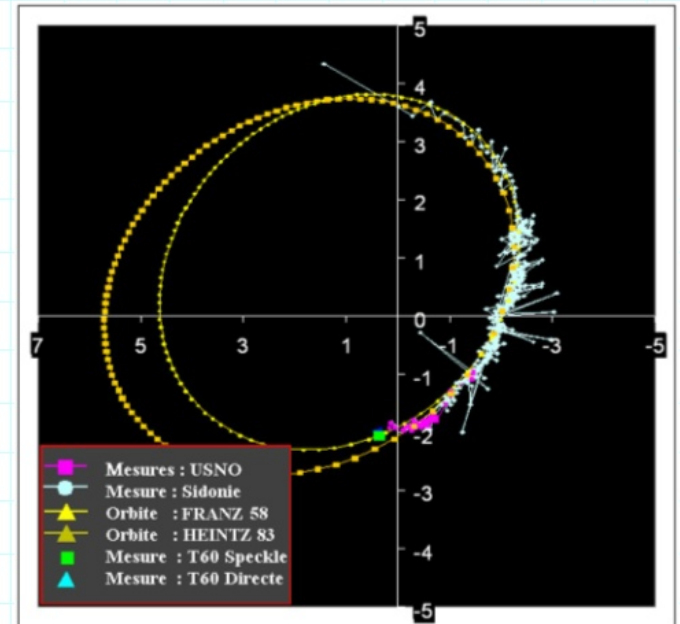
WDS NOM usuel	Const	Date	Date normalisée	Airmass	Hauteur	Asc.dr. 2000 (h min)	Decl. 2000 (° min)
STF2909AB	Agr	19/11/2008 03h34 local	2008.888	1.5162	+41°11'02"	22 28 49	-00 01 13

			
Sélection d'images brutes			
			
Meilleure image de la séquence obtenue par « Best of » sous iris		Cross corrélation sur une séquence de 600 images (agrandissement)	
Rho = 2.025 (")	Theta = 168.171 (°)	Rho = 2.077 (")	Theta = 169.819 (°)
Mesure image Seule		Mesure cross corrélation 600 im	

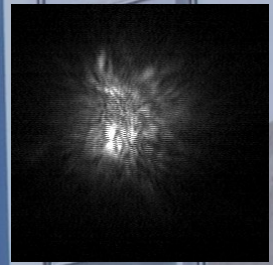
Comparaison aux orbites officielles :

Auteur	P	n	T	a	e	i	o	w
FRANZ 1958	600	0.6	1972.75	4.013	0.45	137	124.37	253.62
HEINTZ 1983	760	0.4737	1968	4.507	0.5	135.87	124.64	63.42





# Interférométrie des tavelures au T60 du pic du midi

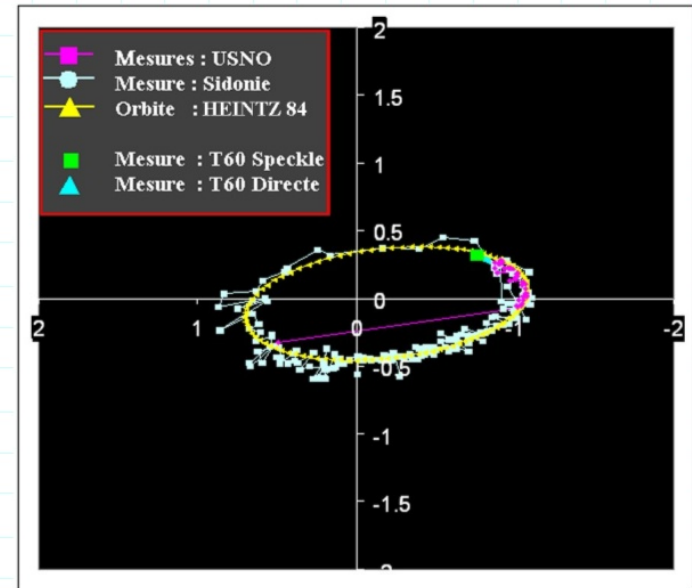


Quelques exemples de mesures :

WDS NOM usuel	Const	Date	Date normalisée	Airmass	Hauteur	Asc.dr. 2000 (h min)	Dcl. 2000 (° min)
STF228	And	17/11/2008 23h58 local	2008.888	1.0086	+82°30'16"	02 14 02	+47 29 03
		sélection d'images brutes					
		Meilleure image de la séquence obtenue par « Best of » sous Iris				Cross corrélation sur une séquence de 1200 images [agrandissement]	
		Rho = 0.862 (*)		Theta = 289.66 (*)		Rho = 0.828 (*)	
		Theta = 293.27 (*)					
		Mesure image Seule				Mesure cross corrélation 600 µm	
		Date		Theta		Rho	
		2004.972		266.0		0.915	
		Mesure officielle la plus récente (source : Sidonie & USNO)					

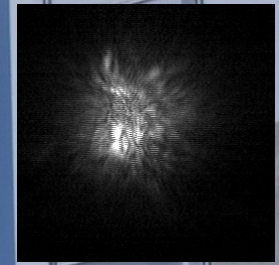
Comparaison aux orbites officielles :

Orbite disponible	P	n	T	a	e	i	o	w
Heintz 1983	143.6	2.507	1898.8	0.253	0.908	63	99.2	321.6





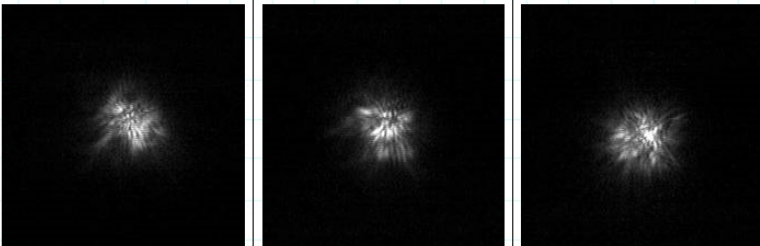
# Interférométrie des tavelures au T60 du pic du midi



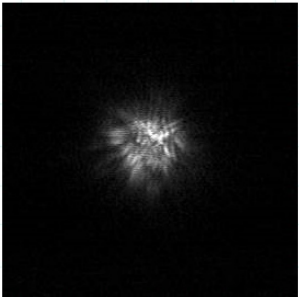
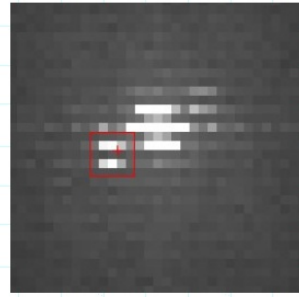
Quelques exemples de mesures :

WDS NOM usuel	Const	Date	Date normalisée	Airmass	Hauteur	Asc.dr. 2000 (h min)	Dcl. 2000 (° min)
<u>ST1515AB</u>	And	19/11/2008 03h34 local	2008.888	1.0121	+81°01'46''	01 09 30	+47 14 31



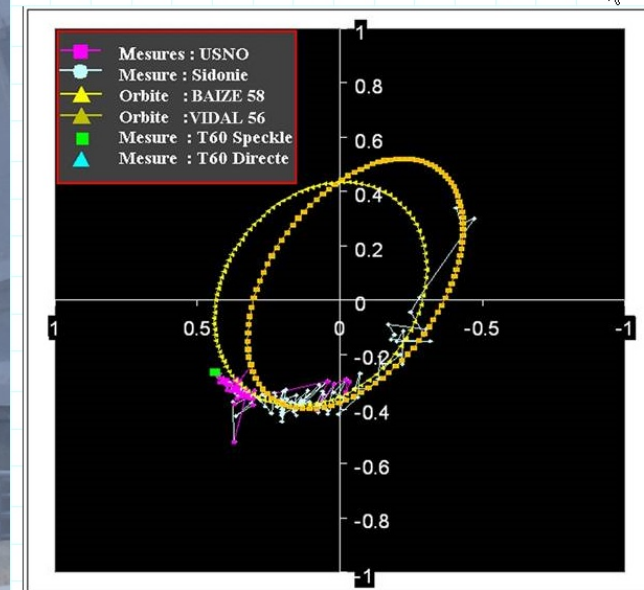
Sélection d'images brutes

Meilleure image de la séquence obtenue par « Best of » sous Iris		Cross corrélation sur une séquence de 1200 images (agrandissement)	
Rho = S/O	Theta = S/O	Rho = <b>0.513</b>	Thêta = <b>121.135</b>
(")	(°)	(")	(°)
Mesure image Seule		Mesure cross corrélation 600 im	

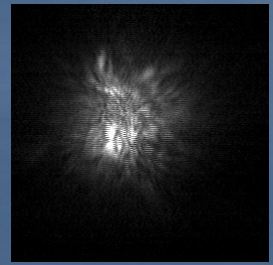
Comparaison aux orbites officielles :

Orbites disponibles	P	n	T	a	e	i	o	w
VIDAL 1956	314.13	1.146	1974.5	0.513	0.165	126.8	147.4	14.2
BAIZE 1958	371.6	0.96878	1889.9	0.447	0.21	139.8	148.2	259.7





# Interférométrie des tavelures au T60 du pic du midi



- L'importance du filtrage :



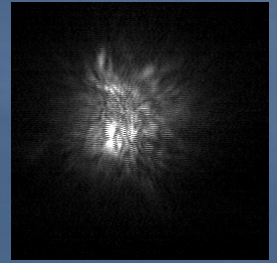
Filtre Celestron Red n°25A  
Transmission : 14%  
Largeur : environ 100nm

Le filtrage diminue la dilution des speckles, et améliore la lisibilité des cross-corrélations, mais limite la magnitude limite (8.5 hors filtrage dans la configuration utilisée)





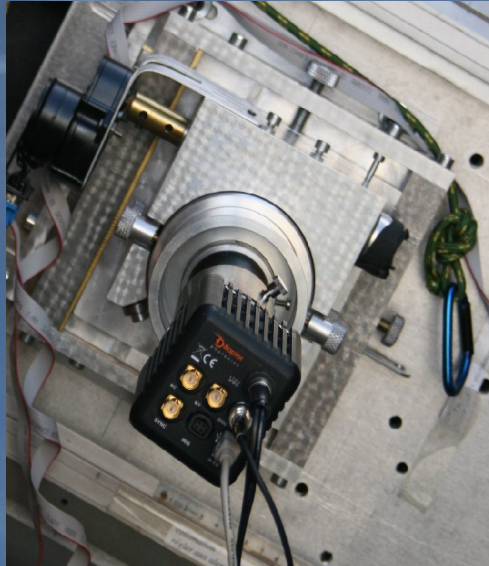
# Interférométrie des tavelures au T60 du pic du midi



Juin 2009 : Une alternative

## MERLIN EM247

24/7/365 High Sensitivity  
B/W EMCCD Camera  
RS232 / RS485

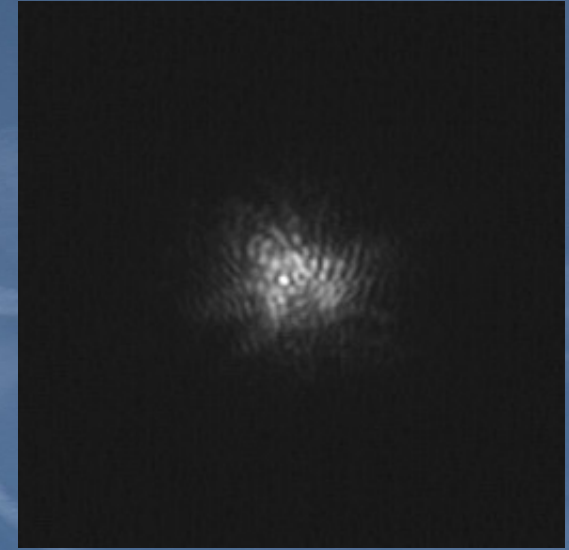
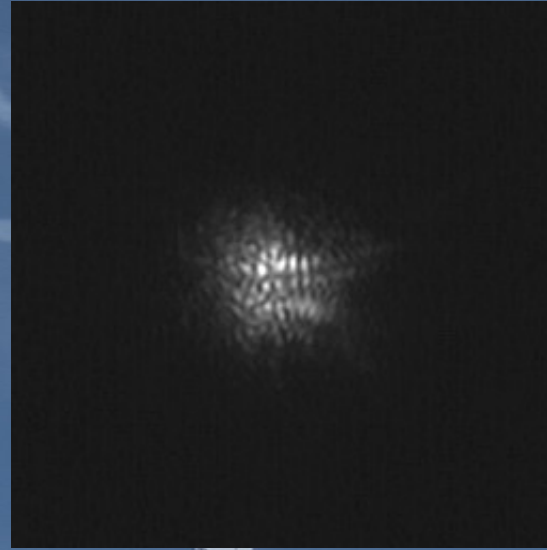
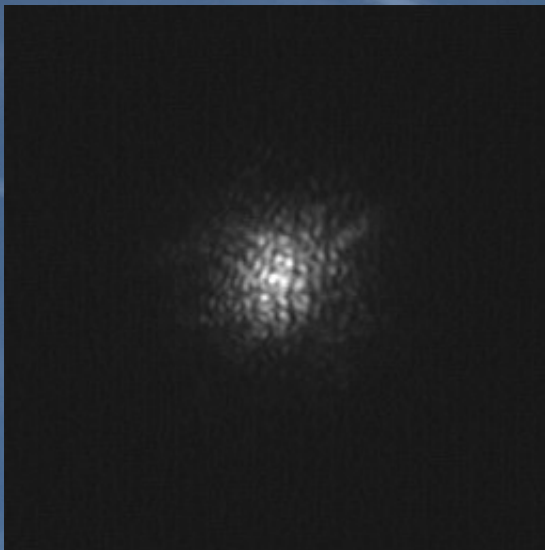
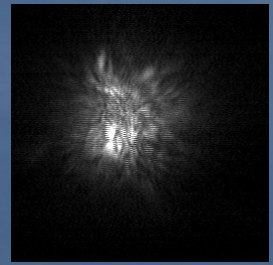


Camera EMCCD  
Raptor Photonics  
Filtre Halpha  
Transmission : 90%  
Largeur : 13nm

Beaucoup plus cher !!  
-Mais filtrage plus étroit  
Meilleur contraste sur  
les tavelures  
-Même sensibilité en  
Magnitude

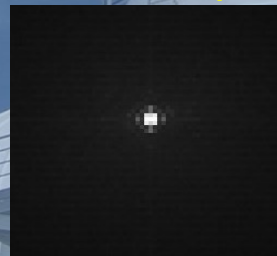


# Interférométrie des tavelures au T60 du pic du midi



Véga est toujours  
une étoile simple !

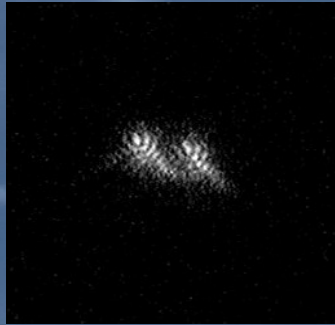
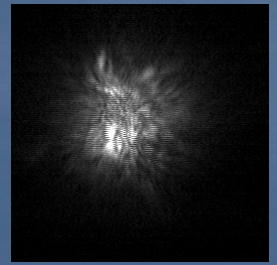
Condition de prise de vue	
Telescope	: Newton T60
Focale	: 33360mm
Camera	: Merlin EM247 Raptor photonics
Temps de pose	: 40 ms
Cadence	: 10 ips
Température	: -15°C
Gain	: 53 %
	Filtre H $\alpha$ 13nm



-La magnitude limite est  
sensiblement la même mais on filtre  
à 13nm de BP  
- Hors filtrage, on gagne  
théoriquement 3.5 magnitude  
(lim=11)



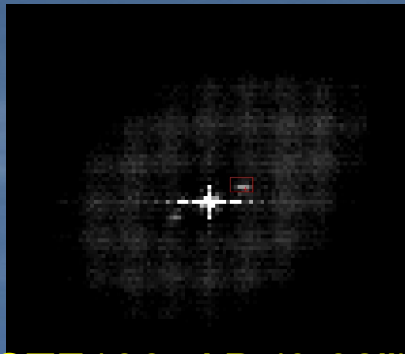
# Interférométrie des tavelures au T60 du pic du midi



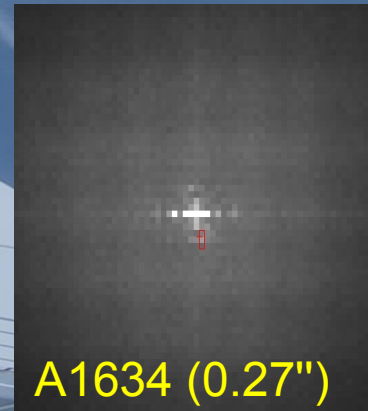
STF2383 (Eps Lyr 2)



STF2383 (2"4)



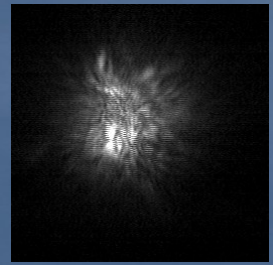
STF1865AB (0.62")



A1634 (0.27")

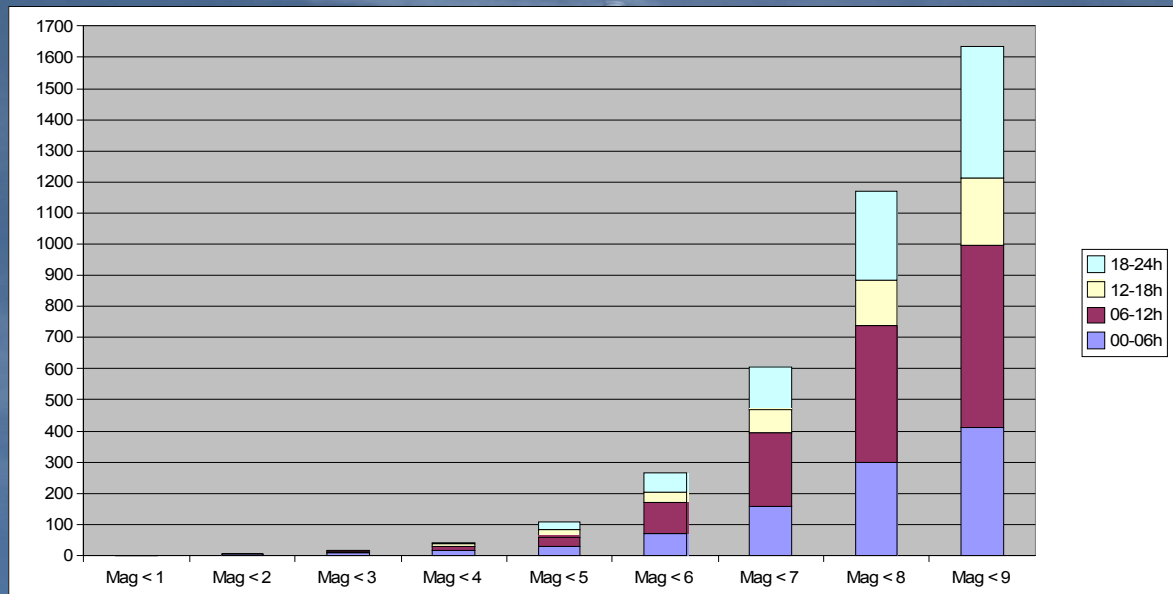


# Interférométrie des tavelures au T60 du pic du midi



Quelle est la dimension du terrain de jeu ??

Delta mag < 3 Sep < 5"	Mag < 1	Mag < 2	Mag < 3	Mag < 4	Mag < 5	Mag < 6	Mag < 7	Mag < 8	Mag < 9
Delta > -10.00	1	3	15	43	107	265	607	1170	1637

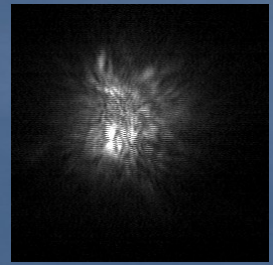


Au faibles magnitudes : de possibles découvertes de  
nouveau systèmes multiples

Rencontres Pro/Am3 La Rochelle - 26-29/10/2009



# Interférométrie des tavelures au T60 du pic du midi



- Les perspectives :

- Utilisation d'un logiciel dédié (Iris, Réduc de F. Losse, Prism ??)
- Utilisation sur étoile simple pour faire de l'optique atmosphérique (déconvolution directe)
- Couplage à une manip de détermination des vitesses Radiales (Utilisation d'un spectro type LhiresIII, Réseau 2400t/mm)

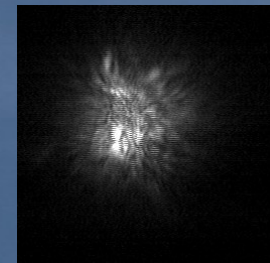
		Réseau utilisé – Lhires III – t/mm				
		2400	1200	600	300	150
Dispersion (H $\alpha$ )	Å/pix	0,12	0,35	0,74	1,49	3,00
Pouvoir de résolution		17000	5850	2750	1350	650
Vitesse	km/s	5	17	35	75	150
Champ	Å	85	250	550	1100	2300
Tout le visible en	Images	45	15	7	4	2
Magnitude limite		5,0	6,8	7,5	8,4	9,2

Prochaine mission prévue au printemps 2010

Rencontres Pro/Am3 La Rochelle - 26-29/10/2009



# Interférométrie des tavelures au T60 du pic du midi

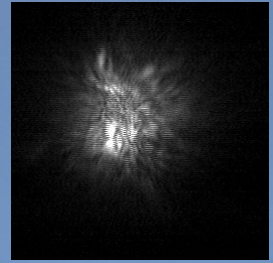


**Merci de votre attention**

Rencontres Pro/Am3 La Rochelle - 26-29/10/2009



# Interférométrie des tavelures au T60 du pic du midi



## Bibliographie sur la partie Interférométrie des tavelures :

- Interférométrie de Fizeau :
- <http://www.brizhell.org/interferointro.htm>
- Article de base rédigé par des professionnels sur l'interférométrie des tavelures pour les amateurs en 1992 :
- [http://www.brizhell.org/interferometrie/1992cadm.conf\\_577T.pdf](http://www.brizhell.org/interferometrie/1992cadm.conf_577T.pdf).
- Pages de A. et S. Rondi => Les fondamentaux :
- <http://astrosurf.com/rondi/Speckle.htm>
- Les premiers essais au T60 :
- <http://www.astrosurf.com/rondi/t60/crabe-tambour/speckle.htm>
- La méthode d'auto corrélation et d'inter corrélation :
- [http://www.astrosurf.com/rondi/binary\\_cross-correl.htm](http://www.astrosurf.com/rondi/binary_cross-correl.htm)
- Page de Patrick Lailly :
- [http://pagesperso-orange.fr/patrick.lailly/astro/tavelures/manip\\_tavelure.html#candidats\\_aventure](http://pagesperso-orange.fr/patrick.lailly/astro/tavelures/manip_tavelure.html#candidats_aventure).
- Programme de recherche sur les étoiles doubles à l'USNO :  
<http://adsabs.harvard.edu/abs?bibcode=1997ApJS..111..289D&>.
- Base des étoiles doubles de l'observatoire de Nice (Sidonie) :
- <http://sidonie.obs-nice.fr/scripts/SidonieAccueilF.asp>.
- Catalogue USNO d'étoiles doubles résolues en Interférométrie des tavelures :
- <http://ad.usno.navy.mil/wds/int4.html>