

iles doubles en HRA par interférométrie d

barbare pour une technique simple à mettre e



Uranoscope de l'Ile de France





IRA (Haute Résolution Angulaire) par interférence

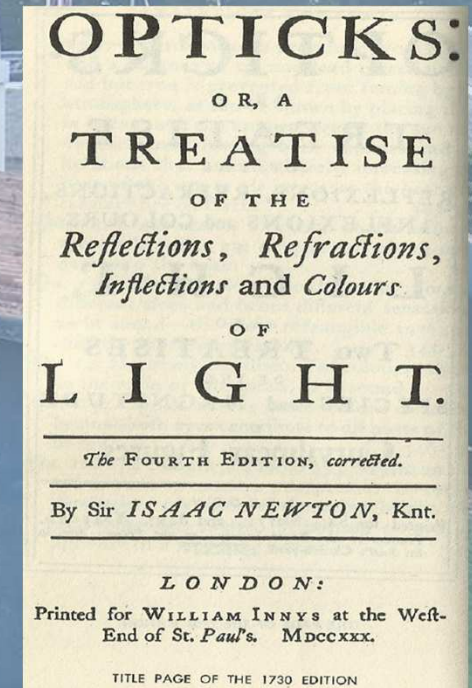


•Rappels historiques



Is. Newton

« L'air par lequel nous regardons vers les étoiles, est en perpétuel tremblement; comme on peut le voir dans les timides mouvements des ombres, projeté depuis de hautes tours; et par le scintillement des étoiles fixes. Mais ces étoiles ne scintillent pas lorsque nous les voyons au travers de télescopes ayant de larges ouvertures. Pour les rayons de lumière qui passent au travers de diverses parties de l'ouverture, tremblant chacune séparément, et par le fait de leurs variations et parfois de leurs tremblements contraires, chutent au même moment et sur différents points de l'arrière de l'oeil, et leurs mouvements de tremblements sont trop rapides et confus pour être perçus séparément. **Et tout ces points illuminés constituent un large point lucide, composé de tous ces points tremblants, confusément et insensiblement mélangés les uns les autres par très courts et rapides tremblements, et par la même font apparaître l'étoile comme plus large qu'elle est, et sans aucun tremblements.** »



Newton, Optiks, 1704, Book One, part I

Tavelures Labeyrie 1970



IRA (Haute Résolution Angulaire) par interférométrie



•Rappels historiques



LABEYRIE, Antoine

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



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

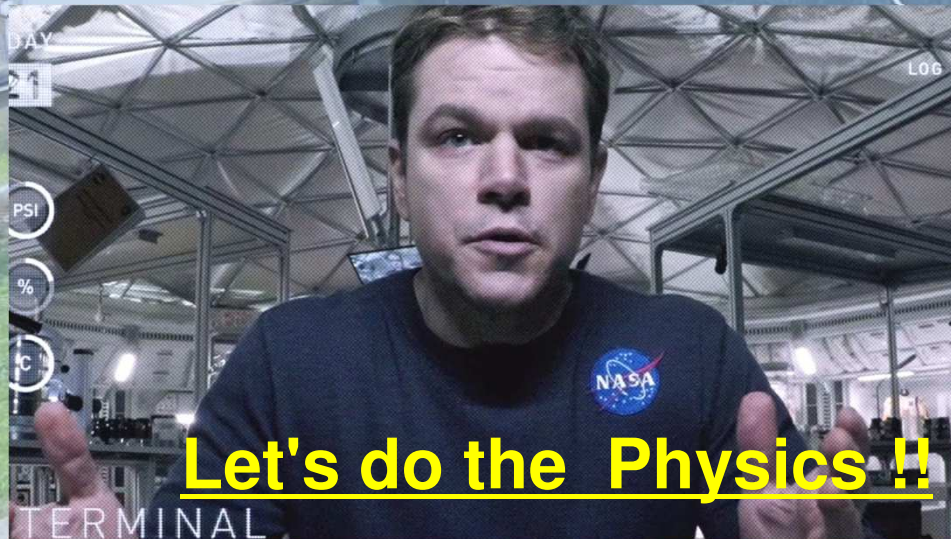


IRA (Haute Résolution Angulaire) par interférence



- Le principe des speckles et les interférences à 2 télescopes s'expliquent par le même phénomène physique :

La nature ondulatoire de la lumière



Premières interférences de lumière: Thomas Young (1804)



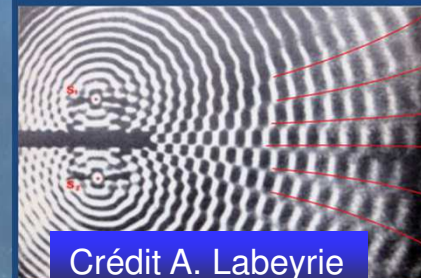
- intuitions de modèle ondulatoire de la lumière

1. *The Bakerian Lecture. Experiments and Calculations relative to physical Optics.* By Thomas Young, M. D. F. R. S.

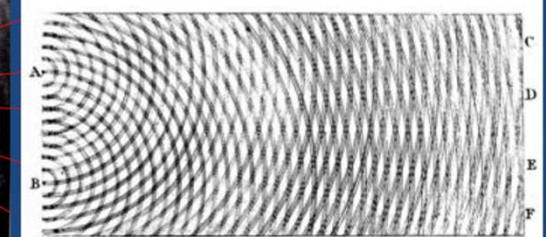
Read November 24, 1803.

I. EXPERIMENTAL DEMONSTRATION OF THE GENERAL LAW OF THE INTERFERENCE OF LIGHT.

IN making some experiments on the fringes of colours accompanying shadows, I have found so simple and so demonstrative a proof of the general law of the interference of two portions of



Crédit A. Labeyrie





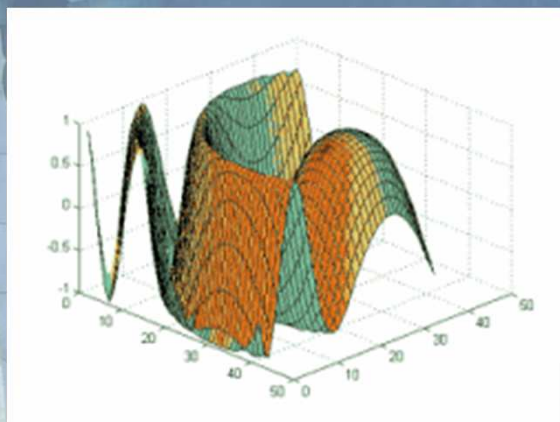
IRA (Haute Résolution Angulaire) par interférence



- Le principe des speckles et les interférences à 2 télescopes s'expliquent par le même phénomène physique :

La nature ondulatoire de la lumière

Notion de front d'onde :



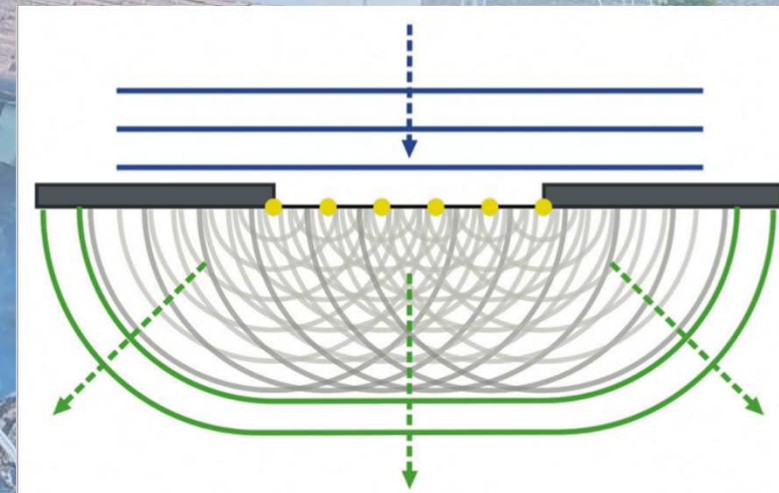
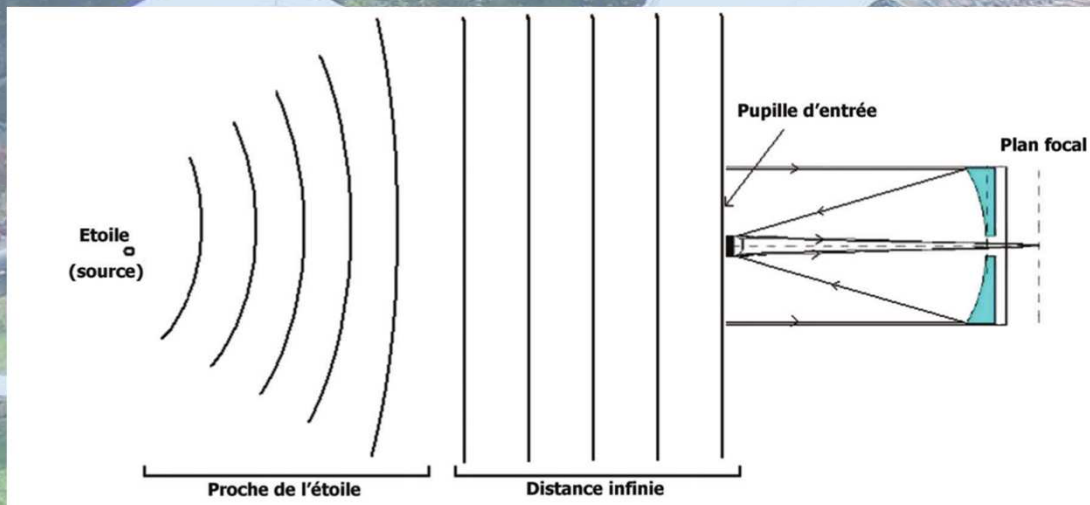
- La lumière, sous son aspect ondulatoire, peut être considérée comme l'oscillation de l'amplitude d'un champ électromagnétique en un point de l'espace
- Une source de rayonnement électromagnétique est dite monochromatique si la longueur d'onde (séparation entre 2 maxima par exemple) est constante dans le temps.
- Le front d'onde est l'ensemble des points dont l'amplitude est identique (ici le front d'onde est circulaire)
- La phase est l'avance ou le retard de propagation de cette onde lors de sa propagation dans l'espace, depuis l'émission par la source.



IRA (Haute Résolution Angulaire) par interférence



•Principes : Les tavelures



Principe de Huygens-Fresnel (source Wikipédia)

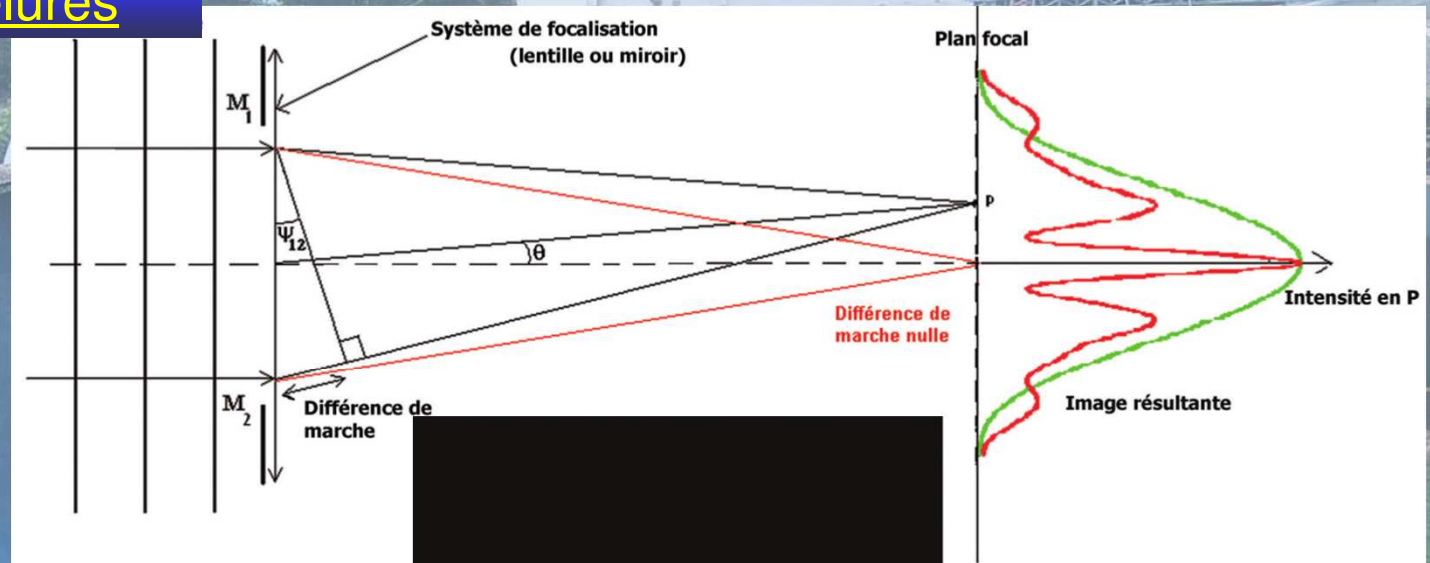
Cas idéal (Malheureusement assez difficile à obtenir) : Pas d'atmosphère



IRA (Haute Résolution Angulaire) par interférence



•Principes : Les tavelures



Principe de Huygens-Fresnel (source Wikipédia)



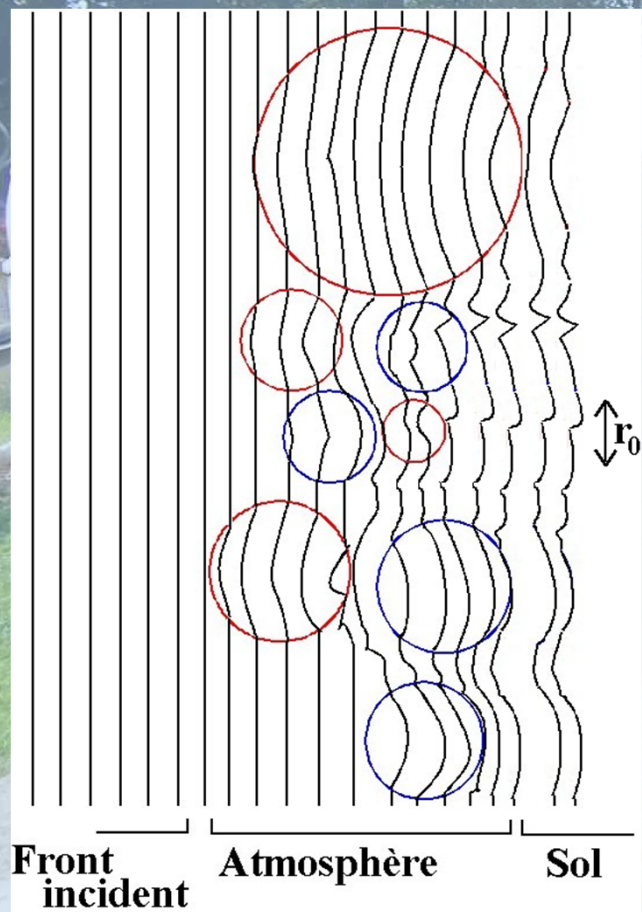
La tache d'Airy



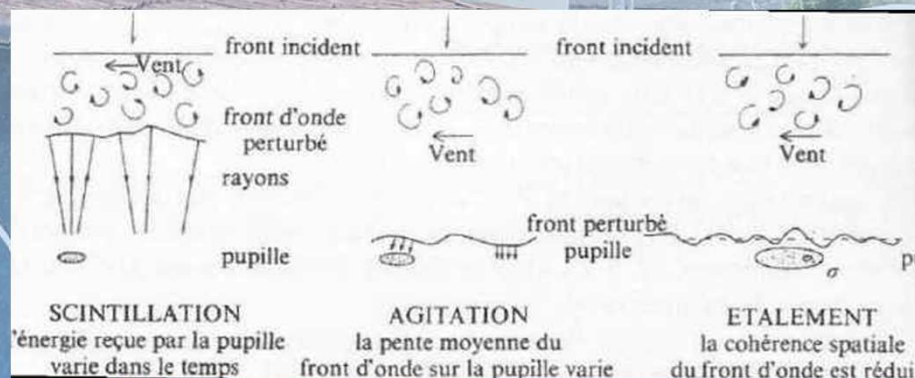
IRA (Haute Résolution Angulaire) par interférométrie



Cas Réel : Avec l'atmosphère



=>



Trois type d'effets principaux pour mesurer 2 composantes principales de la turbulence :

En fonction du diamètre de la pupille l'un de ces 3 effets domine :

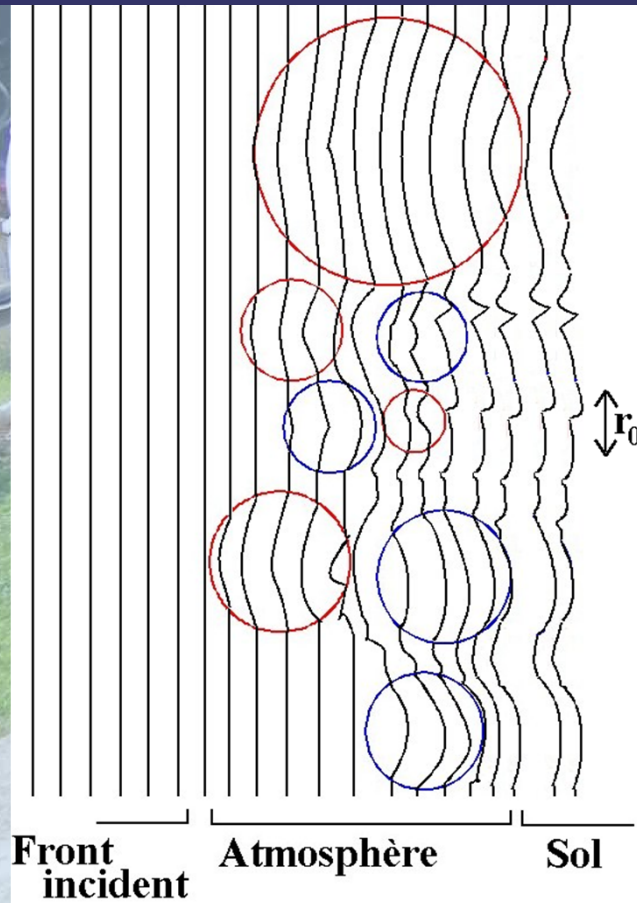
- Scintillation ($D < 100\text{mm}$) => **Angle d'isoplanétisme**
- Agitation (tip/tilt) ($100\text{mm} < D < 250\text{mm}$)
- Fonction d'étalement ($D > 250\text{mm}$) => **Diamètre de Fried r_0**



IRA (Haute Résolution Angulaire) par interférence

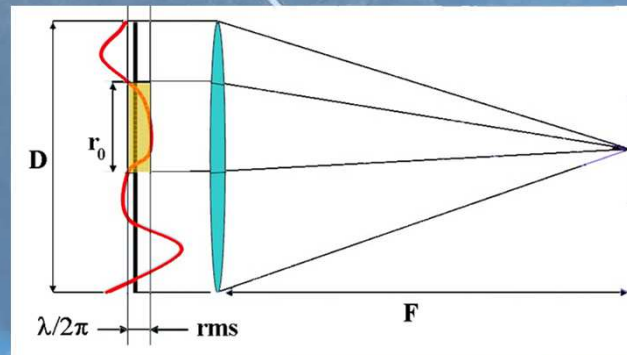


•Principes : Les tavelures



Cas Réel : Avec l'atmosphère

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



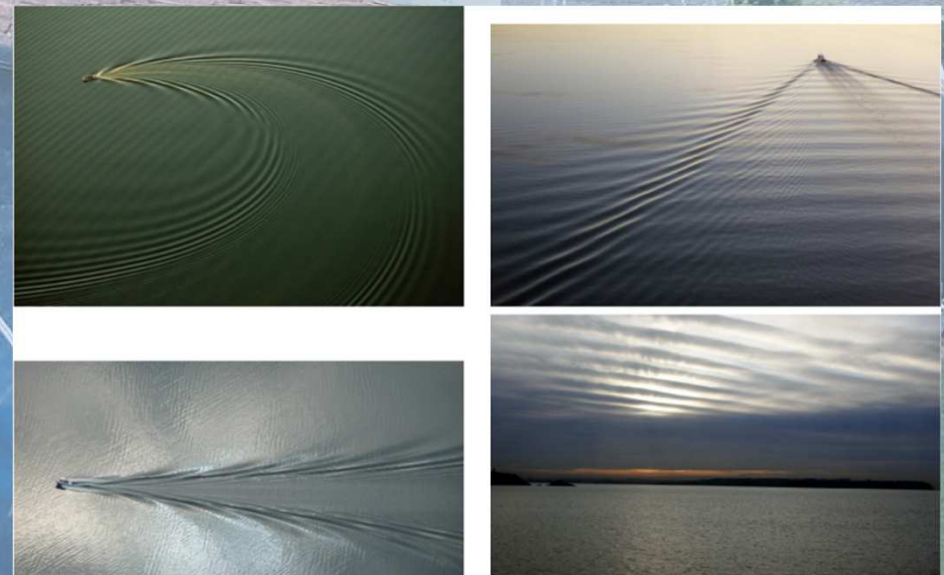
IRA (Haute Résolution Angulaire) par interférence



Analogie intéressante : propagation de la houle



Milieu perturbé : Speckles



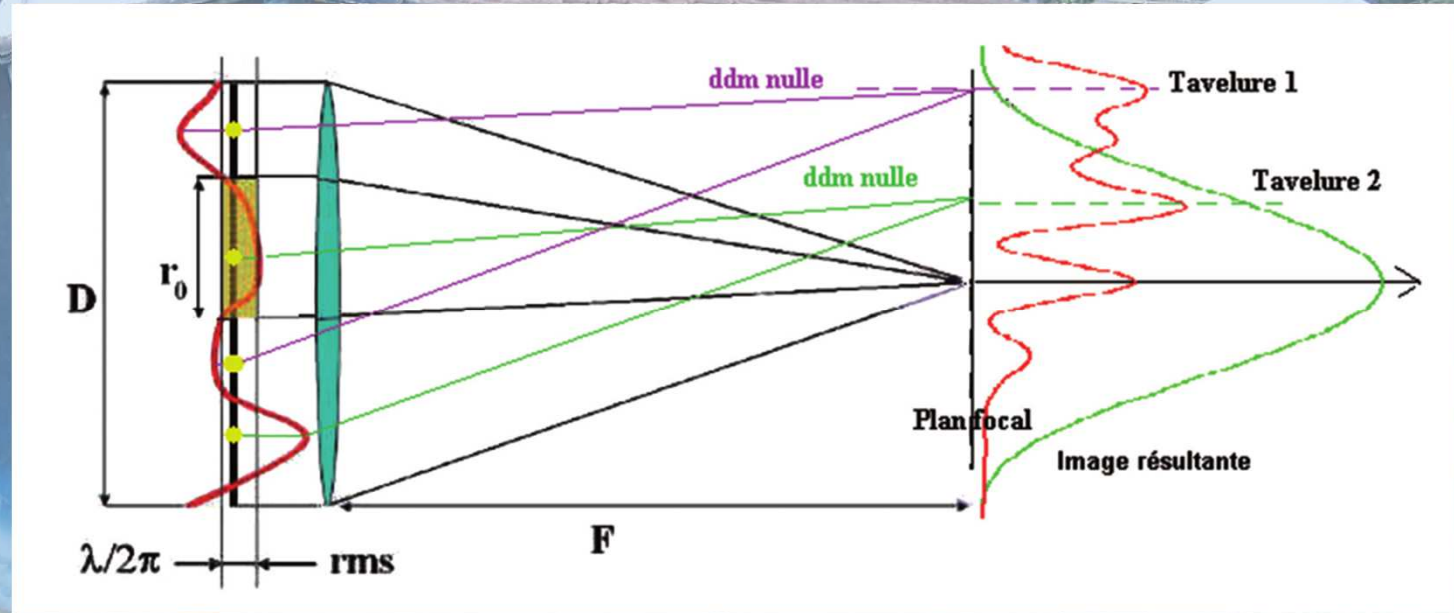
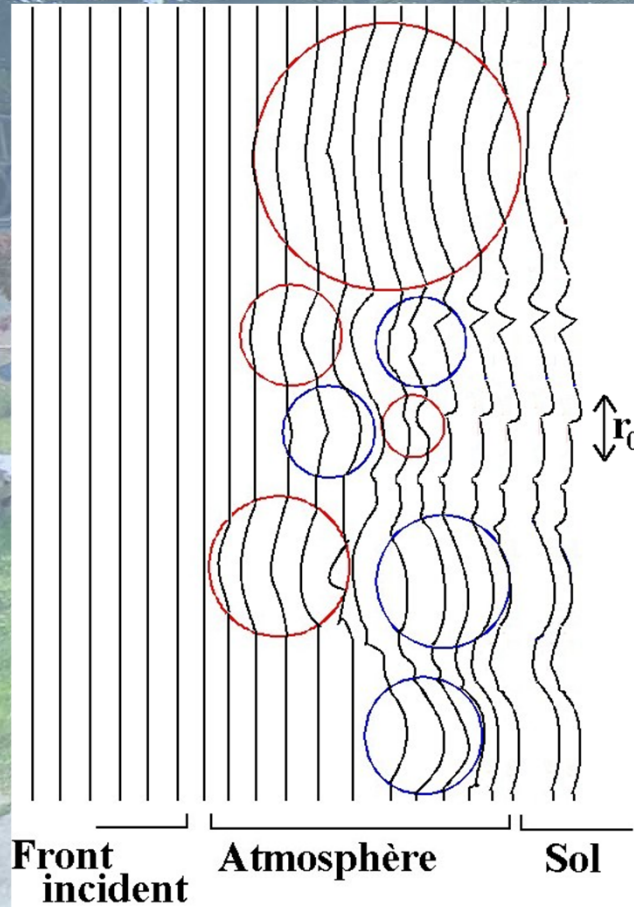
Milieu non perturbé : Interférences



IRA (Haute Résolution Angulaire) par interférence



Comment alors se forment les tavelures ??



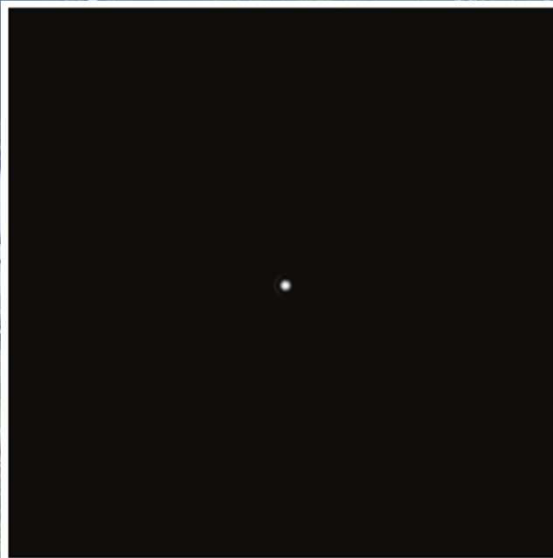
Les tavelures se forment où la différence de marche des fronts incidents à l'arrivée au foyer, est un multiple de 2π (y compris 0)



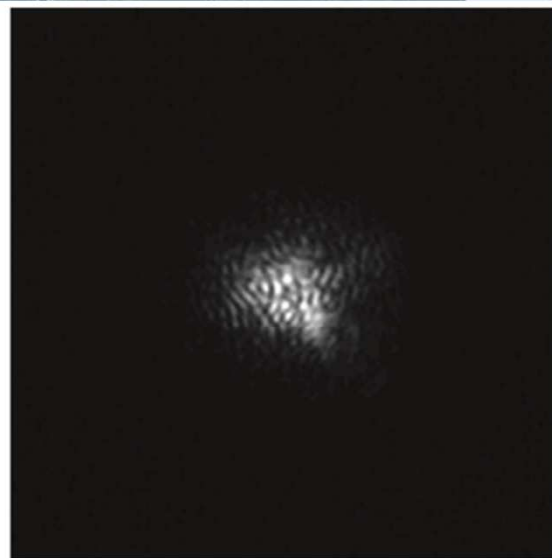
IRA (Haute Résolution Angulaire) par interférométrie



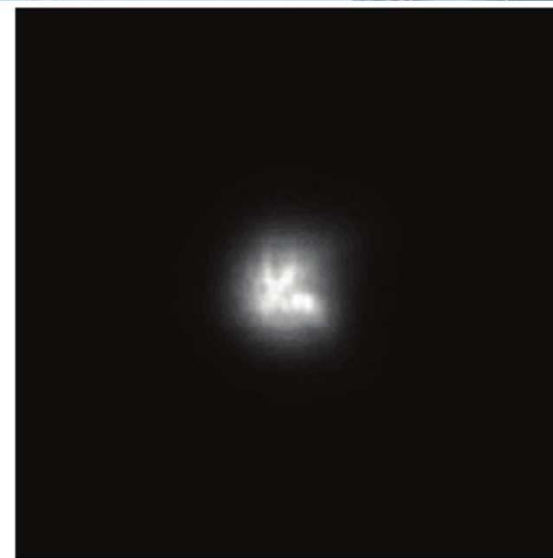
Comment alors se forment les tavelures ??



(a) Hors atmosphère



(b) Instantanée étalement
(Tavelures)



(c) Tavelures Cumulées

Le nombre de Tavelures est de l'ordre de $(D/r_0)^2$

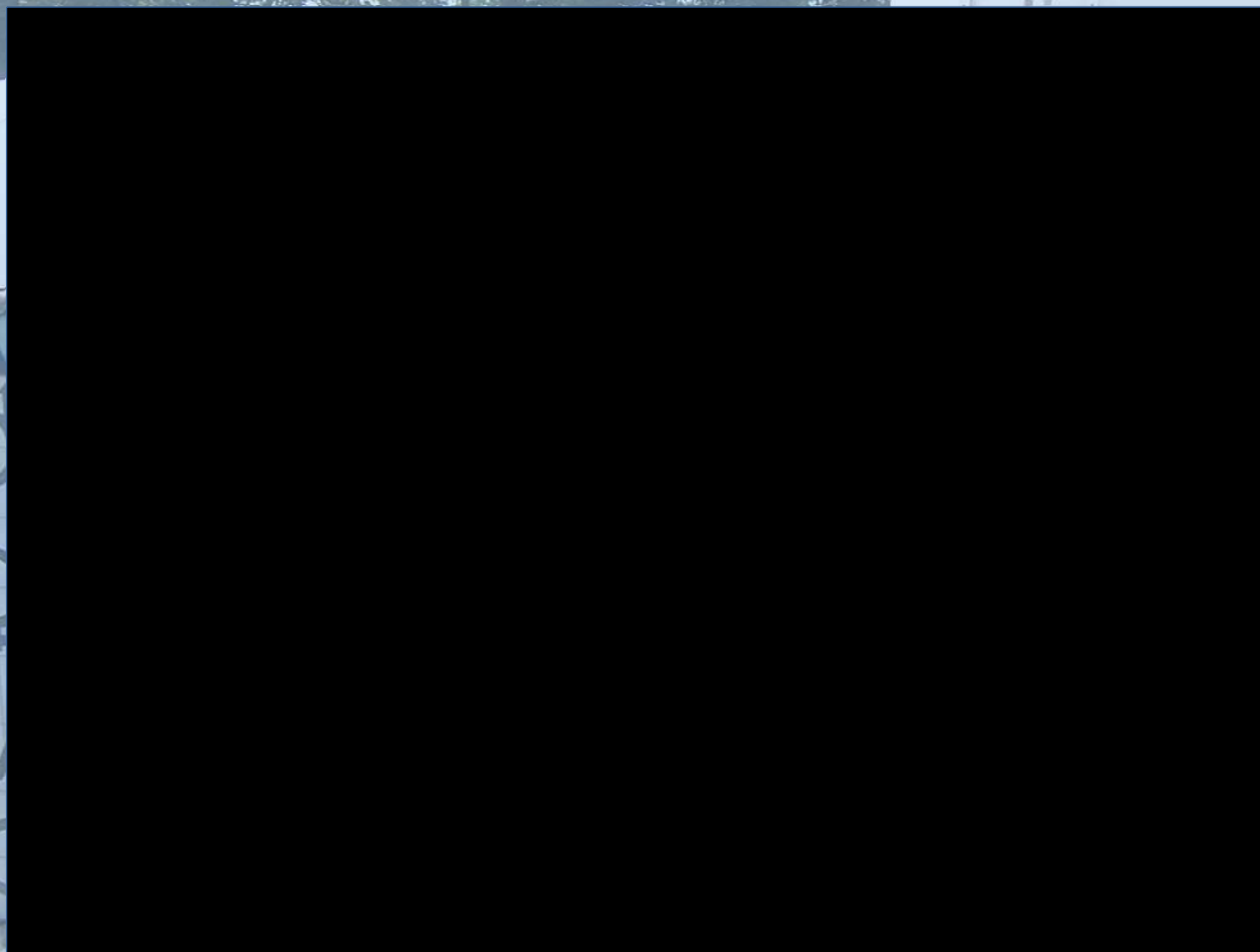
Les tavelures ne sont visibles que pour des temps de poses extrêmement courts ($<$ Temps de cohérence de la turbulence)



IRA (Haute Résolution Angulaire) par interférence

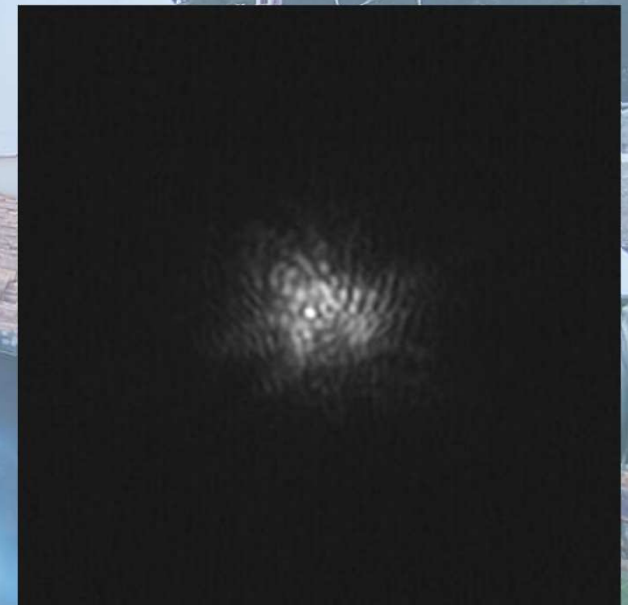
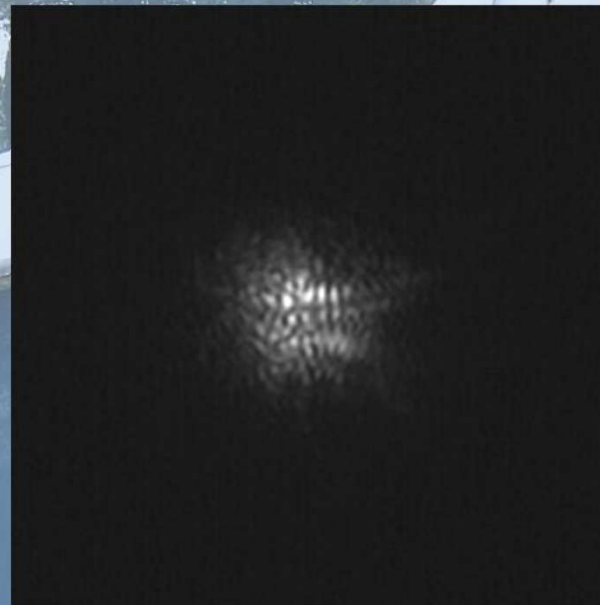
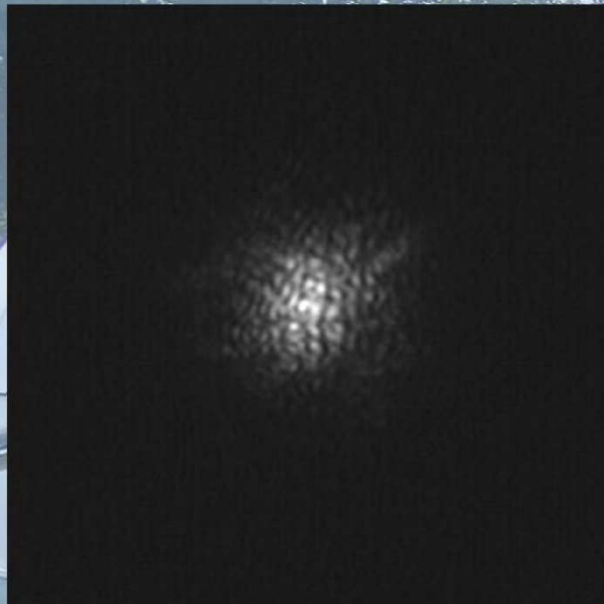


Comment alors se forment les tavelures ??



Sur étoile simple :
Gamma Aquilae
Mag 2,7,
LX200 8"
Camera Watec

es en HRA (Haute Résolution Angulaire) par interférence



Véga est toujours
une étoile simple !

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



-La magnitude limite est
sensiblement la même mais on filtre
à 13nm de BP
- Hors filtrage, on gagne 4.5
magnitude (lim=12.5)



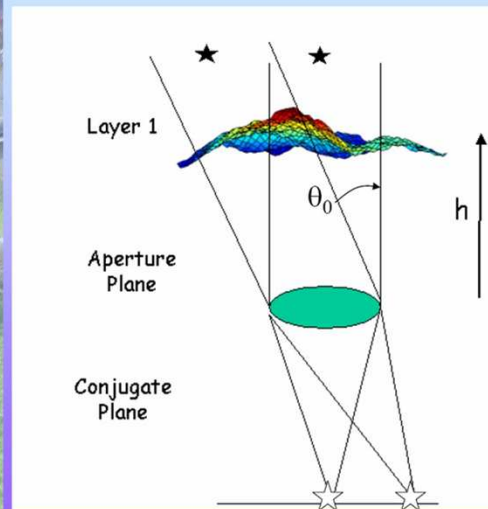
IRA (Haute Résolution Angulaire) par interférométrie



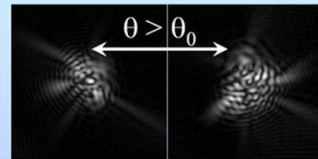
• Les tavelures : Et les étoiles doubles dans tout ça ???

Angle Isoplanétique

« ce qui fait que les images sont distordues »



Étoile double



⇒ 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

Exemple des étoiles doubles :

- si la séparation du couple est inférieure à l'angle d'isoplanétisme, les 2 figures de diffraction (tavelures) seront identiques

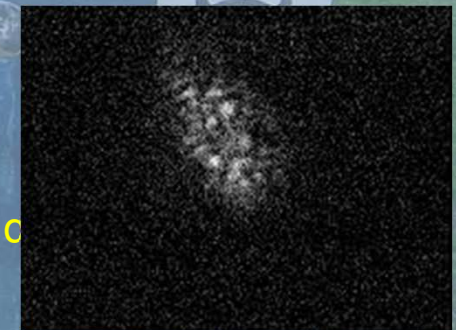
- si la séparation du couple est supérieure à l'angle d'isoplanétisme, les 2 figures de diffraction seront différentes

Exemple Gamma Virgo : Séparation $\varepsilon_r = 1''4$

$\varepsilon_r < \theta_0$



$\varepsilon_r > \theta_0$



L'angle d'isoplanétisme se définit

comme l'angle sous-tendu par la zone dans laquelle la déformation du front d'onde



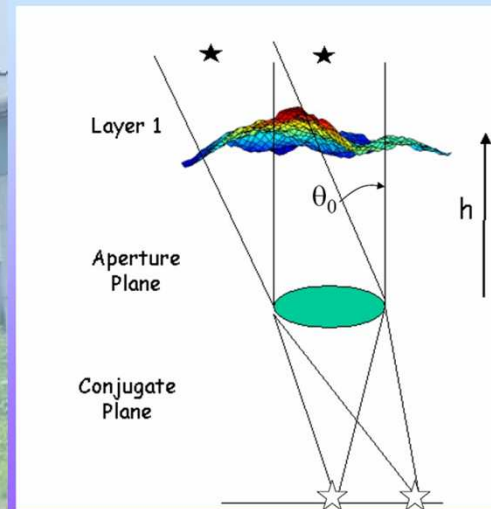
IRA (Haute Résolution Angulaire) par interférométrie



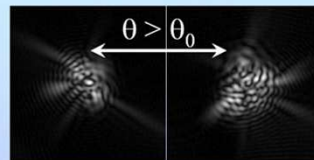
- Les tavelures : Et les étoiles doubles dans tout ça ???

Angle Isoplanétique

« ce qui fait que les images sont distordues »



Étoile double



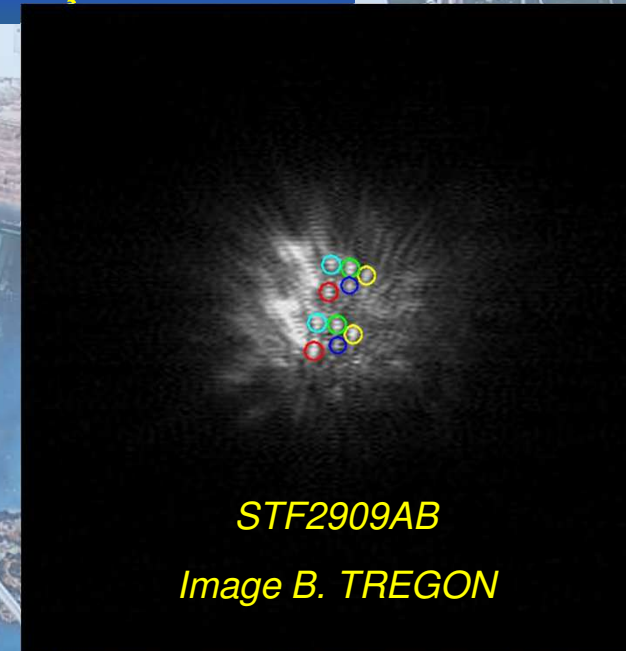
⇒ vidéo

- 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, les tavelures associées à chaque étoile apparaissent dupliquées dans l'image

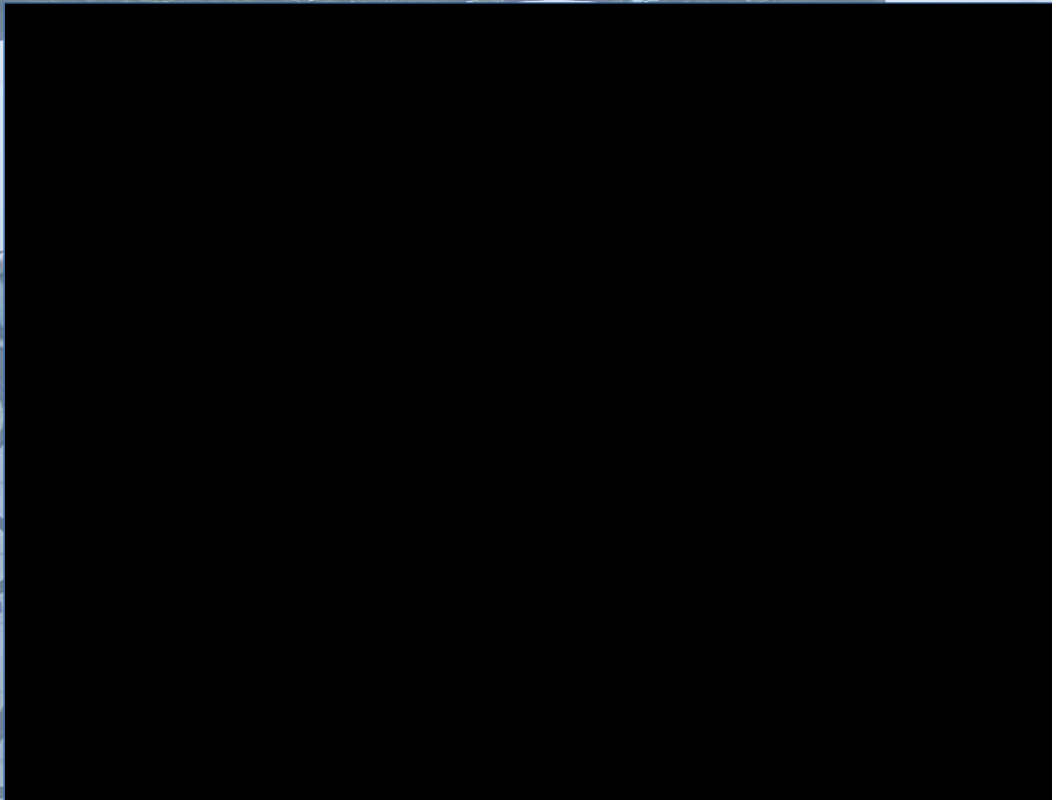
Subtilité de la méthode : Extraction de la répétition du motif de Speckle de chaque étoile double => analyse dans l'espace de Fourier (nous verrons cela plus loin)



IRA (Haute Résolution Angulaire) par interférence



Ce que donne une séquence vidéo de Tavelures :

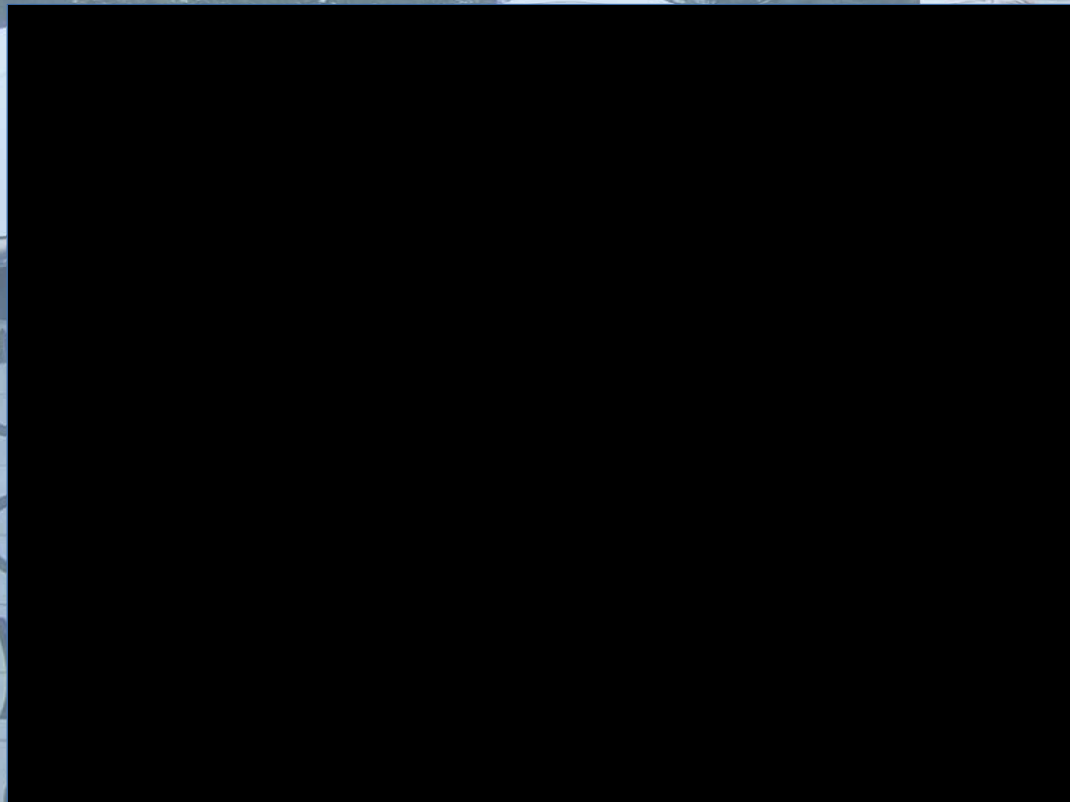




IRA (Haute Résolution Angulaire) par interférométrie



Ce que donne une séquence vidéo de Tavelures :

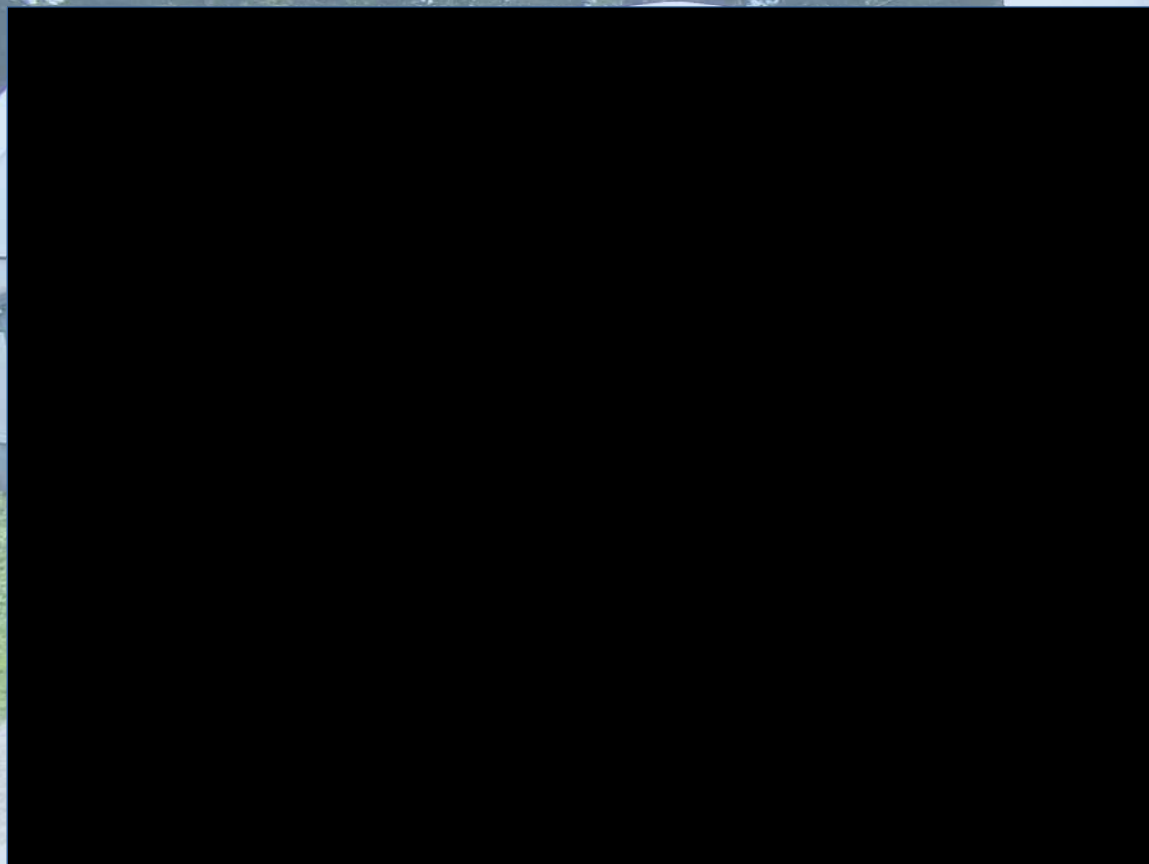




IRA (Haute Résolution Angulaire) par interférométrie



Ce que donne une séquence vidéo de Tavelures :





IRA (Haute Résolution Angulaire) par interférométrie



Les conditions d'obtention des vidéos de tavelures :

- Télescope de diamètre raisonnable (pour accéder à des étoiles faibles)
- T60 : D=600mm, Focale =2135mm
- 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 quelques dizaines de ms
- Filtrage (condition quasi monochromatique)
- Sinon dilution chromatique des tavelures



IRA (Haute Résolution Angulaire) par interférence



Les conditions d'obtention des vidéos de tavelures :

Configurations utiles (Jocelyn Serot)

Instrument (diamètre/ focale native en mm)	Camera (taille pixel)	Dispositif amplificateur	Focale résultante	E (arcsec/pixel)	référence
L 500 / 7500	Raptor Merlin EM-CCD (10 μ m)	Barlow	18,3 m	0,11	[3]
N 600 / 2135	Raptor Merlin EM-CCD (10 μ m)	Projection oculaire	24 m	0,084	[3]
SCT 280 / 2800	Raptor Kite EM-CCD (10 μ m)	Powermate 5x	11 m	0,13	[4]
SCT 280 / 2800	Raptor Kite EM-CCD (10 μ m)	Projection oculaire	17 m	0,11	[5]
SCT 280 / 2800	ASI 290MM (2,9 μ m)	Barlow	6,2 m	0,095	[6,7,8,9,10]
RC 500 / 4000	ASI 290MM (2,9 μ m)	Barlow	8,4 m	0,07	[11]
RC 500 / 4000	Raptor Kite EM-CCD (10 μ m)	Projection oculaire	27,4 m	0,074	[11]
CC 620 / 9000	ASI 290MM (2,9 μ m)	Aucun	9 m	0,064	[11]

Table 1 - Exemples de configurations expérimentales utilisées par l'auteur (L=lunette, N=Newton, SCT=Schmidt-Cassegrain, CC=classical Cassegrain, RC=Ritchey-Chrétien)



IRA (Haute Résolution Angulaire) par interférence



Les conditions d'obtention des vidéos de tavelures :



Train optique (Jocelyn Serot)

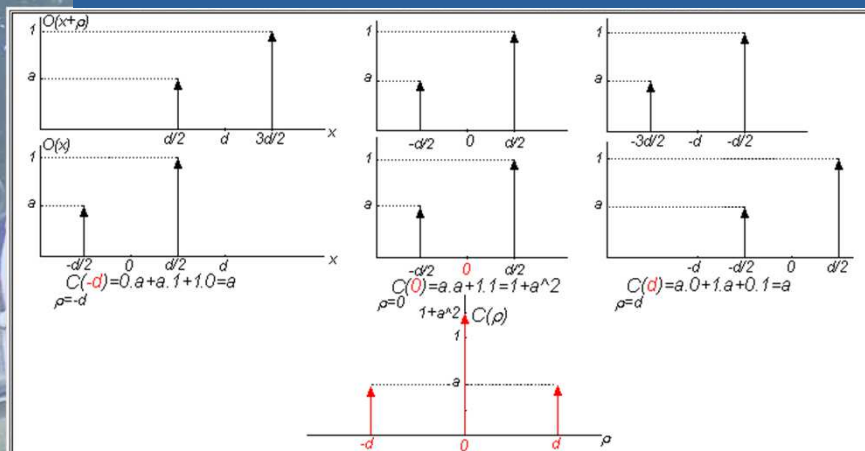
Figure 3 – Train optique utilisé par l'auteur derrière un Celestron C11 ($E=0,093$ arcsec/pixel)



IRA (Haute Résolution Angulaire) par interférométrie



Choix de la méthode d'extraction : Autocorrélation vs Intercorrélation



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

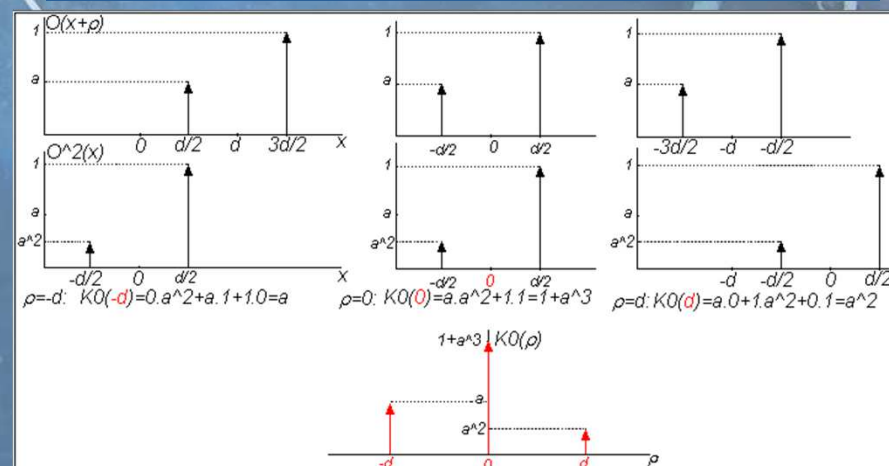
Autocorrélation = convolution de l'image par elle-même :

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.Carillet, J-F.Lyon and C.Aime.

es en HRA (Haute Résolution Angulaire) par interférométrie

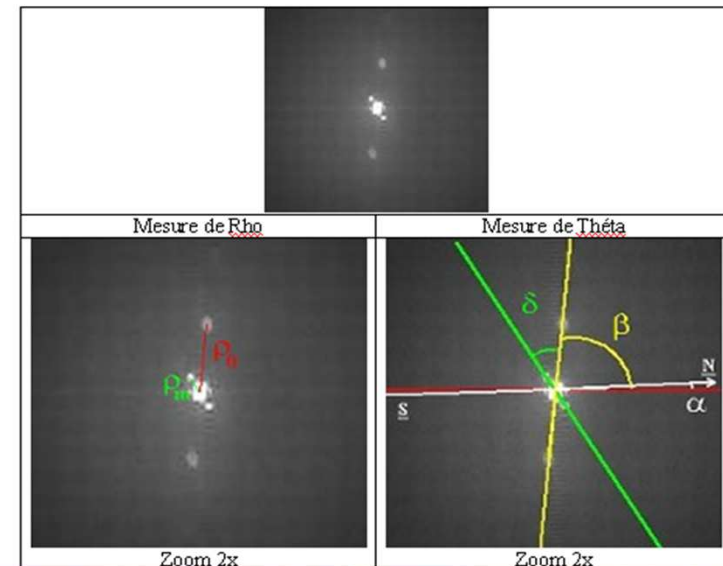


Les logiciels de traitements utilisés sont :

- Iris de C. Buil (Traitement dans l'espace de Fourier)
- Prism de C. Cavadore (Extraction des mesures)
- Reduc (Florent Losse)
- SpeckleToolBox (David Rowe)

	Image tavelure	Somme Autocorrel	Somme intercorrel
Véga			
Mu Cyg (STF2622)			
Zeta Aqr (STF2909)			

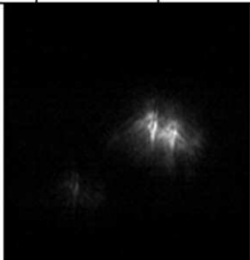
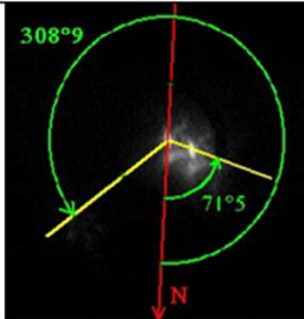
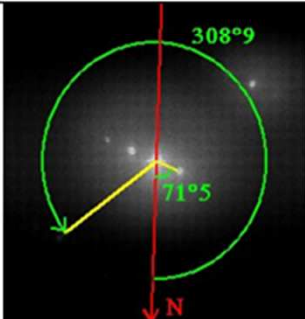
	Image tavelure	Somme Auto correl	Somme inter correl
Epsilon2 Lyr (STF2383)			
Zeta Boo (STF1865)			

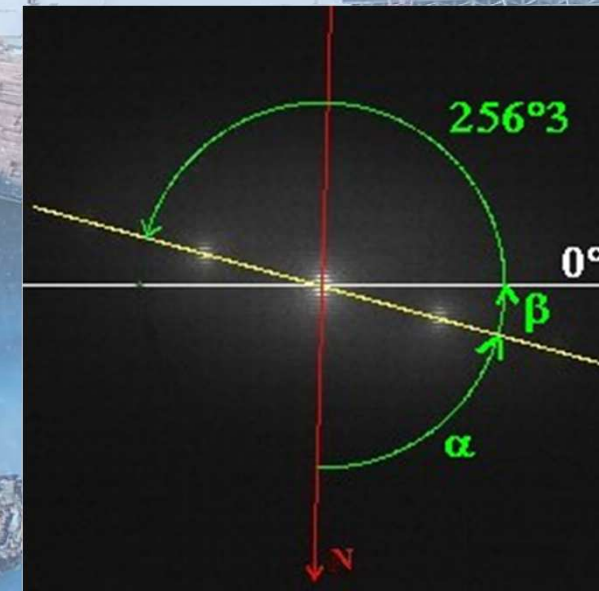


- Intercorrelation sur chaque images de la video
- Somme de toutes les intercorrélations de la video

es en HRA (Haute Résolution Angulaire) par interférométrie



Deuxième étalonnage par mesure directe et cross corrélation							
WDS NOM usuel	Const	Date	Date normalisée	Airmass	Hauteur	Asc.dr. 2000	Dcl. 2000 (° min)
STF948AB-C	Lyn	18/11/2008 4h06	2008.888	1.04333	+73°24'55"	06 46 14	+59 26 30
  							
Sélection d'images brutes							
							
Meilleure image de la séquence obtenue par « Best of » sous Iris				Cross corrélation sur une séquence de 600 images			
Rho (AB) = 21.796	Beta (AB) = -22°27			Rho (AB) = 21.869	Beta (AB) = -22.160		
Rho (AC) = 101.899	Beta (AC) = 37.842			Rho (AC) = 101.538	Beta (AC) = 36.993		
(Pixels)	(°)			(Pixels)	(°)		
Mesure image Seule				Mesure cross corrélation 600 im			



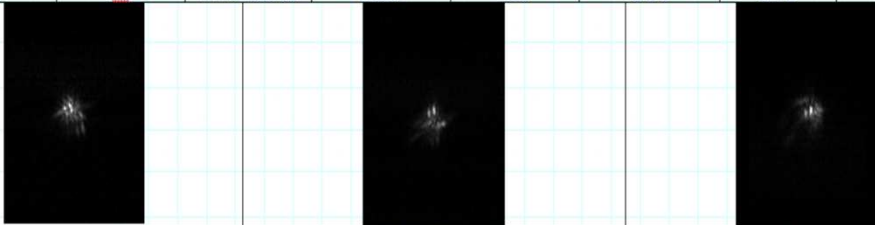
$$\Delta \epsilon = 0.0855''/\text{pixels}$$

$$\delta = 91^\circ 66'$$

Mesures en HRA (Haute Résolution Angulaire) par interférométrie



Quelques exemples de mesures :

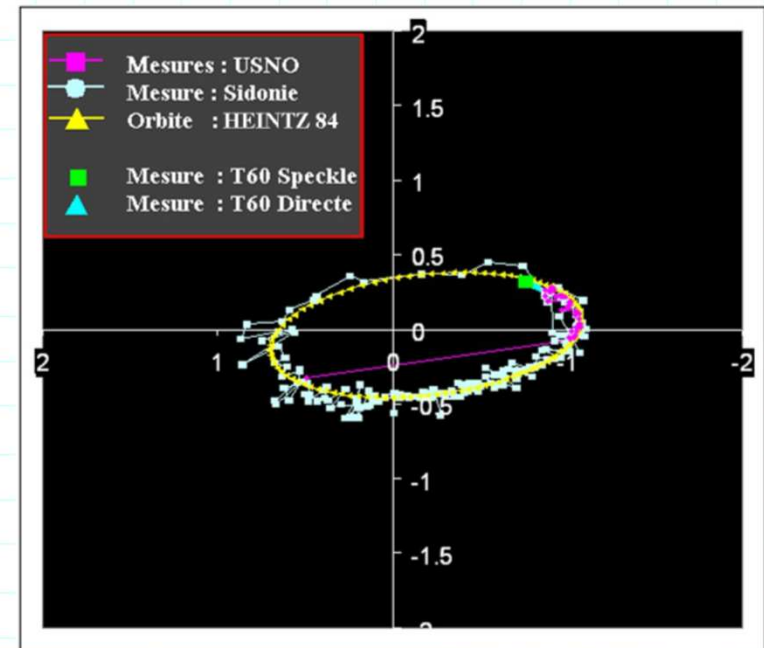
WDG NOM usuel	Const	Date	Date normalisee	Airmass	Hauteur	Asc.ar. 2000 (h min)	Dec. 2000 (° min)
STF228	And	17/11/2008 23h58 local	2008.888	1.0086	+62°30'16"	02 14 02	+47 29 03
							
Sélection d'images brutes							
							
Meilleure image de la séquence obtenue par « Best of » sous Iris				Cross corrélation 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 im			
Mesure officielle la plus récente (source : Sidonie & USNO)							
Date		Theta		Rho			
2004.972		286.8		0.915			

Comparaison aux orbites officielles :

Hartkopf, W.I., Mason, D.B.

Sixth Catalog of Orbits of Visual Binary Stars. USNO, 2009

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



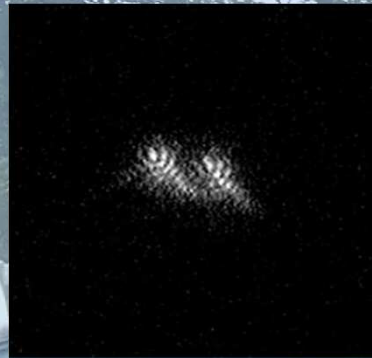
Principal avantage de la méthode :

Quasi indépendante du seeing !!

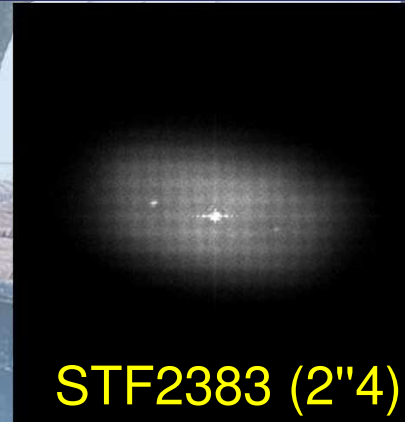
Toutes les images de la video sont utiles



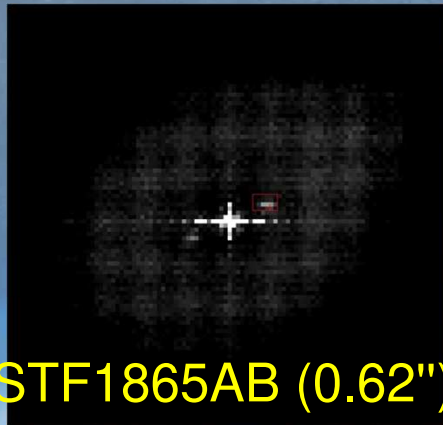
IRA (Haute Résolution Angulaire) par interférométrie



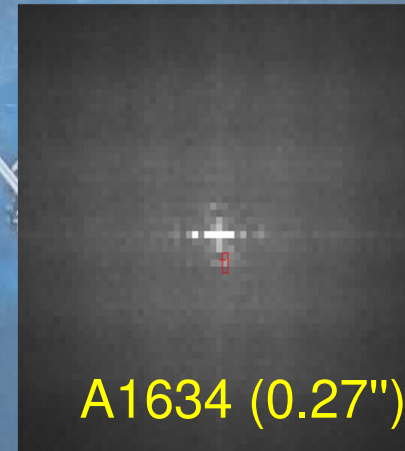
STF2383 (Eps Lyr 2)



STF2383 (2''4)



STF1865AB (0.62'')



A1634 (0.27'')

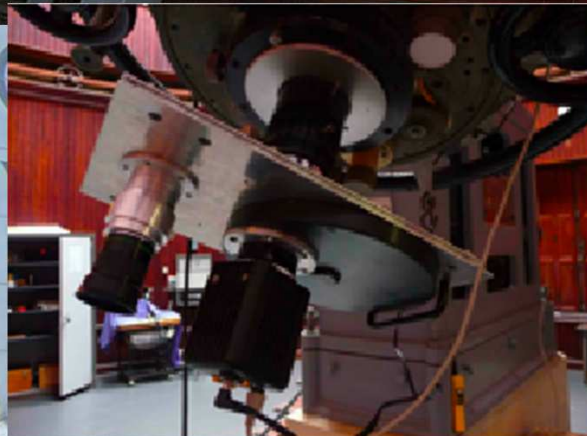
Actuellement, seulement 150 systèmes subarcsecond mesurés avec ce télescope



IRA (Haute Résolution Angulaire) par interférométrie



Transposition à une autre instrument mis a disposition des amateurs : Lunette de 55cm de l'observatoire de Nice



STF2215 mP=6 mS=6,9 $\rho=0,49''$	STF1937 (η CrB) mP=5,6 mS=5,9 $\rho=0,63''$	STF1940 mP=8,5 mS=8,9 $\rho=0,43''$

Images : J.SEROT/B. TREGON

L50 (F/D104)+ Raptor EM247 $\Delta\epsilon = 0,036''/\text{pixels}$

Temps de poses proches de 10ms :

*On est proche du temps de cohérence de la
turbulence atmosphérique : (Lucky Imaging)*



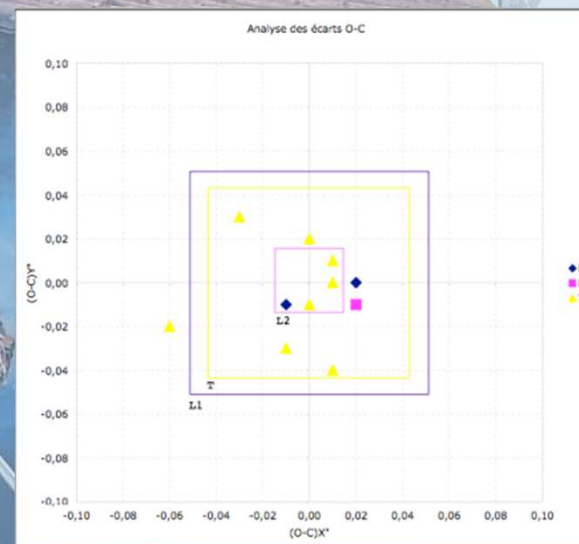
IRA (Haute Résolution Angulaire) par interférométrie



WDS	couple	mP	mS	n	date	p o"	θ o°	Δm	p c"	θ c°	(O-C)p"	(O-C)θ°	Orb gr	Orb ref	Instr	M notes
06555+3010	STF 981	8,7	8,9	1	2010,16	1,15	304		1.072	297.7	0.078	6.3	5	Hop1971	T60 (24)	L O
07128+2713	STF 1037AB	7,2	7,2	1	2010,16	1,08	308,1		1.021	309.2	0.059	1.1	2	Sod1999	T60 (24)	A O
07346+3153	STF 1110AB	1,9	2,9	1	2010,16	4,65	57,3		4.649	57.1	0.001	0.2	3	Doc1985c	T60 (24)	A O
07461+2107	HO 247	7,6	9,1	1	2010,16	0,43	259		0.504	255.4	0.074	3.6	4	Sey1999b	T60 (24)	A O
08148+3630	HU 1123	8,9	9,3	1	2010,16	0,41	159,3								T60 (24)	A
09179+2834	STF 3121AB	7,9	8,1	1	2010,16	0,46	219,2		0.476	215.7	0.016	3.5	1	Sod1999	T60 (24)	A O
10040+3239	HU 631	8	9,3	1	2010,16	0,84	256								T60 (24)	A
10056+3105	STF 1406	8,3	9,4	1	2010,16	0,8	219,8								T60 (24)	L
10279+3642	HU 879	4,6	6,1	1	2010,16	0,56	222,3		0.517	222.8	0.043	0.5	2	Man2001c	T60 (24)	A O
11050+3825	HO 378AB	8,2	9,1	1	2010,16	1,07	236,1								T60 (24)	A
11137+2008	STF 1517AB	7,5	8,1	1	2010,16	0,68	316,7		0.243	300.8	0.437	15.9	5	Hop1970	T60 (24)	A O
11151+3735	STT 232AB	8	8,9	1	2010,16	0,52	243								T60 (24)	A
11239+1032	STF 1536AB	4	6,7	1	2010,31	2	99,88	2,4	1.98137	100.09	0.019	0.2	2	Sod1999	L50 (18)	L O
11244+0155	A 2574	9,2	11,2	1	2010,31	1,81	65,87	2,5							L50 (18)	L D
11292+0606	HEI 851	9,9	10,6	1	2010,31	0,96	145,29	1,3							L50 (18)	L
11297+3302	COU 782	10,4	10,5	1	2010,31	0,82	55,40	0,3							L50 (18)	L D
11363+2747	STF 1555AB	6,4	6,7	1	2010,16	0,76	148,9		0.694	149.3	0.066	0.4	4	Doc2007i	T60 (24)	L C
11367+2128	STF 1558AB	9,9	10,2	1	2010,31	1,28	165,13	0,8							L50 (18)	L
12108+3953	STF 1606	7,4	7,9	1	2010,16	0,45	153,2		0.474	153.7	0.024	0.5	4	Man1999a	T60 (24)	L O
12291+3123	STT 251	8,3	9,2	1	2010,16	0,77	57,6		0.663	60.2	0.107	2.6	5	Sca2003c	T60 (24)	L O
12291+3123	STT 251	8,3	9,2	1	2010,31	0,72	58,54	1,2	0.664	60.3	0.056	1.7	5	Sca2003c	L50 (18)	L O
12328+2301	AG 179	9,8	10,5	1	2010,31	1,03	140,83	1,0							L50 (18)	L
12340+2650	COU 595	9,4	10,3	1	2010,31	0,99	181,43	1,0							L50 (18)	L
12345+0558	BU 797AB	9,1	9,3	1	2010,31	0,61	143,63	0,2							L50 (18)	L
12417-0127	STF 1670AB	3,4	3,5	1	2011,36	1,67	16,68		1.658	17.1	0.012	0.3	2	Sca2007c	L50 (57)	L O
12422+1431	HU 892	10,6	10,3	1	2010,18	0,628	184,48								T60 (24)	A
12422+2622	A 1851	10	10	1	2010,18	0,407	357,39	0,7	0.368	355.0	0.039	2.4	2	Hei1998	T60 (24)	A O
12507+2032	HU 640	10,1	9,9	1	2010,18	0,435	232,38		0.376	239.5	0.059	7.1	4	Baz1984a	T60 (24)	A O
13100+1732	STF 1728AB	4,8	5,5	1	2010,16	0,65	12,8		0.646	12.3	0.004	0.5	1	WSI2006b	T60 (24)	L O
13258+4430	A 1609AB	9,4	8,7	1	2010,18	0,435	36,35		0.455	34.9	0.02	1.4	2	Hei1991	T60 (24)	A O
13336+2944	A 1095	8,9	9,3	1	2010,16	0,36	280,8		0.361	281.3	0.001	0.5	4	Ole2002a	T60 (24)	L O
13446+3224	COU 788	11,6	12,1	1	2010,31	1,61	295,40	0,9							L50 (18)	L
13514+3441	BU 613AB	10,9	10,9	1	2010,18	0,814	148,28								T60 (24)	A
13571+3426	BU 937	9	9,4	2	2010,17	1,06	134,50	0,3							T60 (24)	L
14012+2522	A 569	10,1	10,3	1	2010,18	0,61	147,1								T60 (24)	L
14078+2443	A 346	10,3	10,4	1	2010,18	0,96	308,6								T60 (24)	L
14276+2037	HO 542	10,2	10,2	1	2010,18	0,99	32,40	0,4							T60 (24)	L
14339+2949	AGC 6	9,8	10,3	1	2010,18	0,76	133,80	0,5							T60 (24)	L
14426+1929	HU 575AB	9,7	10	1	2010,18	0,59	157,10	0,5	0.596	157.6	0.006	0.5	2	Sod1999	T60 (24)	A O
14590+1732	A 2072	10,3	10,4	1	2010,18	0,7	239,50	0,9							T60 (24)	A D
15109+1749	COU 64	11,4	11,5	1	2010,18	1,117	21,23								T60 (24)	A D
15210+2104	HU 146	9,5	9,7	1	2010,18	0,71	124,20	0,4							T60 (24)	A
15232+3017	STF 1937AB	5,6	5,9	1	2011,36	0,63	178,13	0,3	0.640	179.5	0.01	1.4	1	WSI2006b	L50 (57)	L O
15261+1810	STF 1940	8,4	8,8	1	2011,36	0,43	330,10	0,3							L50 (57)	L
16025+2633	COU 618	9,5	12,7	1	2011,35	0,62	172,79	2,8							L50 (18)	L
16032+2851	STF 2004	9,5	10,3	1	2011,35	1,83	277,95	0,8							L50 (18)	L
16071+1654	BU 812	9	9,8	1	2011,35	0,73	95,77	0,6							L50 (18)	L
16121+3303	HU 1171	9,7	12,8	1	2011,35	1,13	304,37	1,5							L50 (18)	L D
16126+2623	COU 485	11,5	12	1	2011,35	0,86	327,01	0,9							L50 (18)	L D
16128+2640	STF 2022	6,5	10	1	2011,35	2,21	153,39	3,3							L50 (18)	L
16148+1600	A 2083	9,9	10,1	1	2011,35	1,16	153,21	0,3							L50 (18)	L
16156+1944	HU 480	10	11	1	2011,35	1,65	262,76	1,5							L50 (18)	L
16169+1948	COU 107	9	9,6	1	2011,35	0,6	109,88	2,1							L50 (18)	L D
16192+2553	COU 412	9,9	12,4	1	2011,35	0,98	842,4								L50 (18)	L D
17471+1742	STF 2215	6	6,8	1	2011,36	0,49	252,62	1,3	0.465	250.5	0.025	2.1	4	Cve2006e	L50 (57)	L O

Depuis 2010 :
Validation sur plusieurs configurations optiques

- L1 : L50cm Nice F36 Basler AC640
- L2 : L50cm Nice F104 EM247
- T : T60cm Pic du Midi F40 EM247
- T : T280 mm Jocelyn Serot ASI290



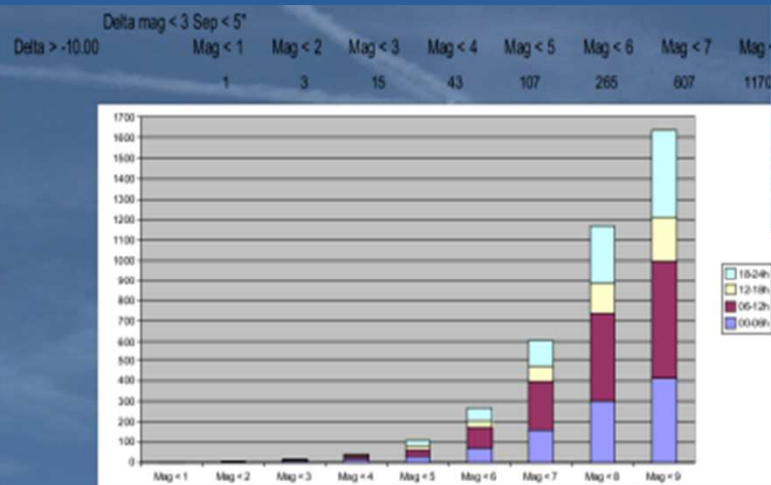
Analyse des écarts astrométriques
mesurés de 11 orbitales
(écarts O-C)



IRA (Haute Résolution Angulaire) par interférométrie



Quelle est la dimension du terrain de jeu



Au faibles magnitudes : de possibles découvertes de nouveau systèmes multiples

The Washington Double Star Catalog

Brian D. Mason, Gary L. Wycoff, and William I. Hartkopf

Astrometry Department, U.S. Naval Observatory
3450 Massachusetts Ave, NW, Washington, DC 20392
wds@ad.usno.navy.mil

The Double Star Website of Nice

The Côte d'Azur Observatory, Fizeau Department

[Danielle Le Contel](#) Technical Director
[Daniel Bonneau](#) and [Jean Claude Valtier](#) Scientific Directors

WDS Astrometry, Interferometric, Linear, Orbit, and DM Catalogs: References

<pre>

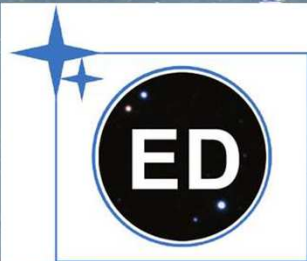
| DO | REFCODE | AUTHOR(S) | REFERENCE |
|----|---------|-----------|-----------|
| | | METHOD | |

| | | | |
|-----|---------|-----|--------------------------|
| CTR | CTR2009 | Spe | Castets, M. & Tregon, B. |
| CTR | | | |

El Observador de estrellas dobles 3, 7, 2009
(all measures also in Obs. et Travaux 73, 2, 2009)



IRA (Haute Résolution Angulaire) par interférométrie



Étoiles Doubles

Revue francophone des observateurs d'étoiles doubles



<https://etoiledoubles.org/>

Sur l'interférométrie des tavelures :

<https://etoiledoubles.org/revue/ED-2020-01/ED-2020-01-Tregon.pdf>

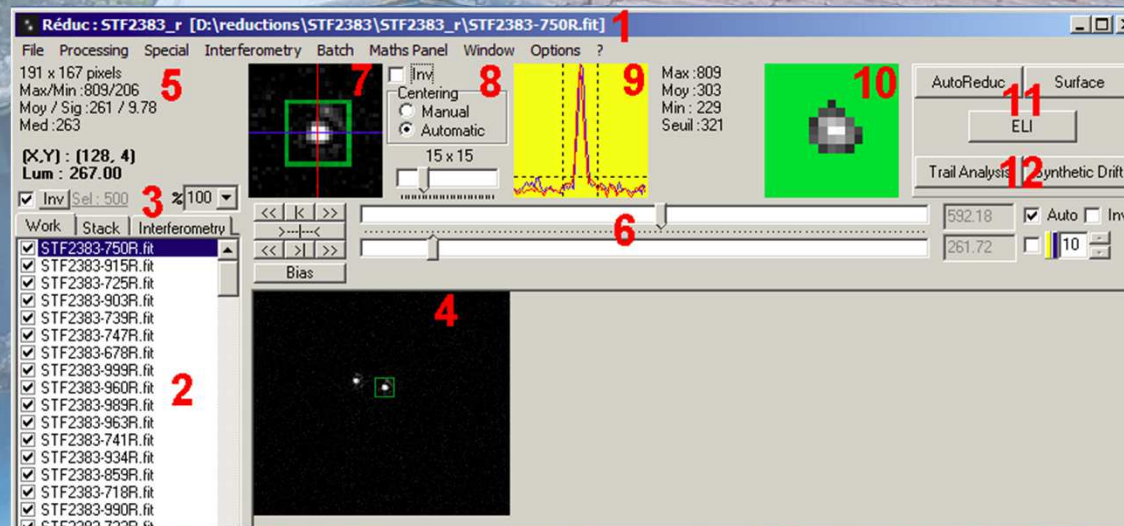
<https://etoiledoubles.org/revue/ED-2021-03/ED-2021-03-SEROT.pdf>



IRA (Haute Résolution Angulaire) par interférométrie



Logiciels dédiés :



Reduc

<http://www.astrosurf.com/hfosaf/fr/tdownload.htm#reduc>

<http://www.astrosurf.com/hfosaf/reduc/tutoriel.htm>



IRA (Haute Résolution Angulaire) par interférométrie



Logiciels dédiés :

SpecklesToolBox <https://www.dropbox.com/s/wmr58i9owd2lvja/STB%201.14.zip?dl=0>

http://www.jdso.org/volume13/number1/Harshaw_52_67.pdf

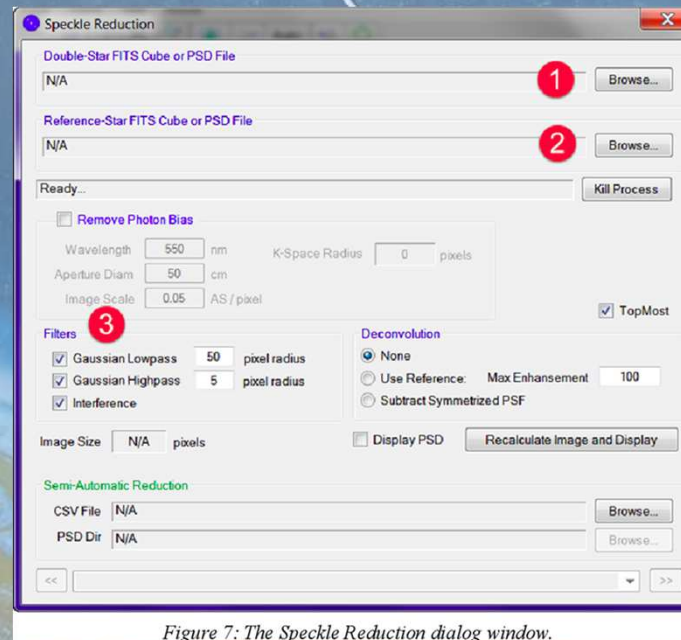


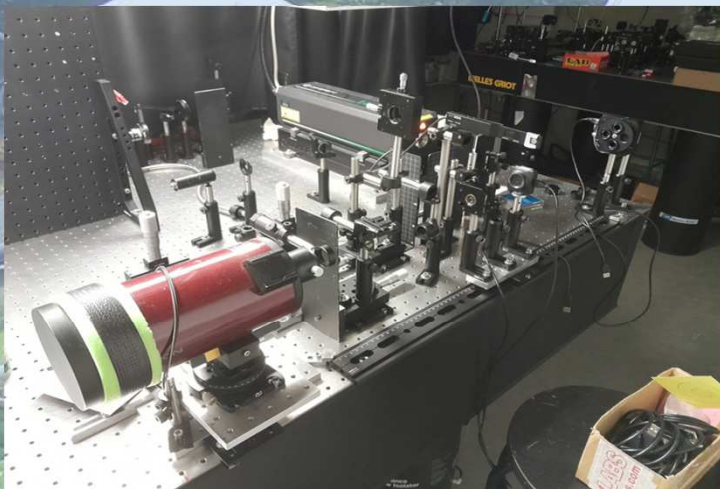
Figure 7: The Speckle Reduction dialog window.



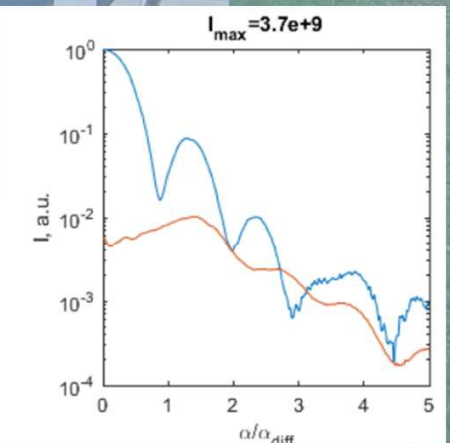
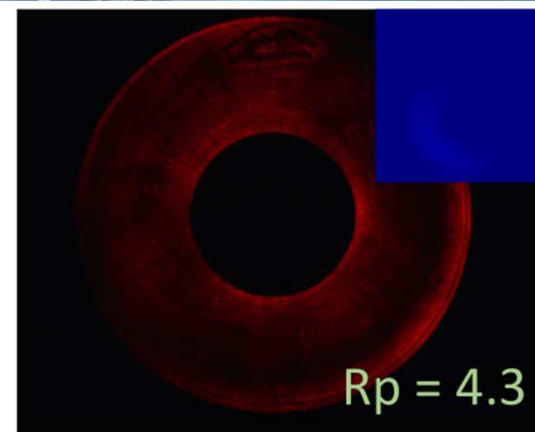
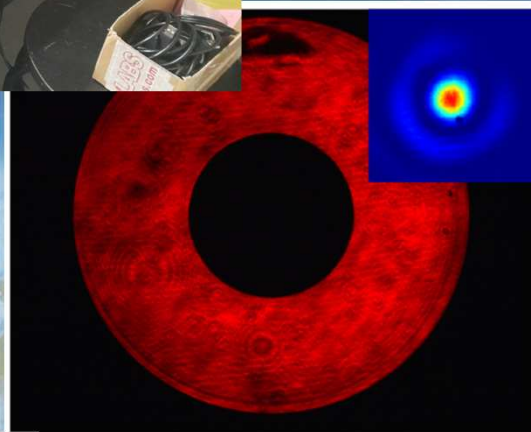
IRA (Haute Résolution Angulaire) par interférométrie



Perspective :
Etendre le champs d'investigation $\Rightarrow 2 < \Delta \text{Mag} < 8$



Mise au point d'un coronographe stellaire lowcost à base de technologie LCD





IRA (Haute Résolution Angulaire) par interférométrie

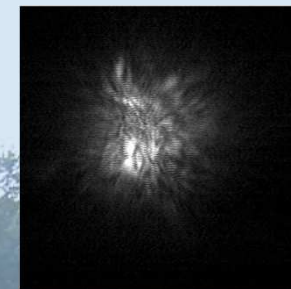


Merci de votre attention





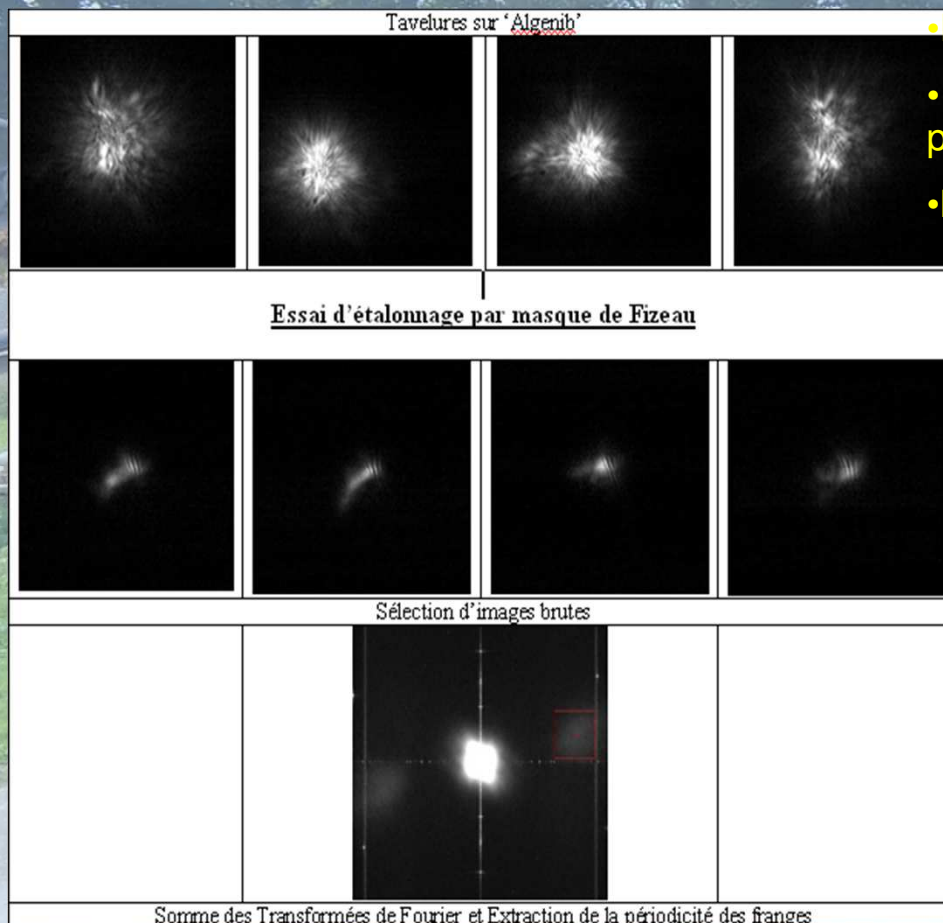
Interférométrie des tavelures au T60 du pic du midi

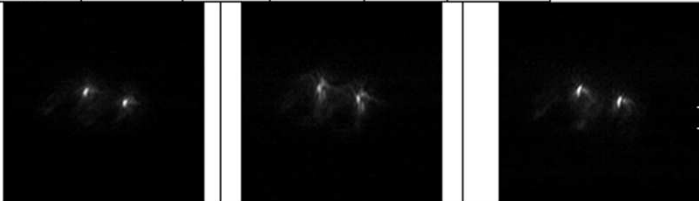
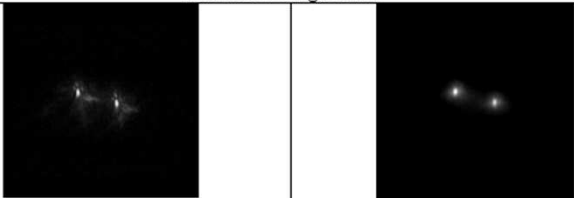


Novembre 2008 : Les premières Mesures

La calibration :

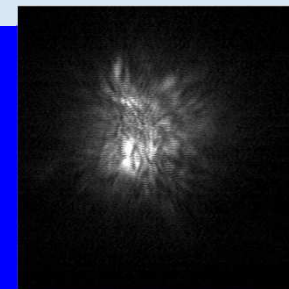
- Filé d'étoile impossible (trajectoire du CDG chaotique)
- « Shift and Add » et mesure directe (risque d'incertitude sur la position de la PSF)
- Masque de Fizeau (problème si mesure non filtrée)



| Etalonnage par mesure directe | | | | | |
|---|-----------------|-----------------------|------------|--|--------------------|
| Date | Date normalisée | Airmass | Hauteur | Asc. dr. 2000 (h min) | Decl. 2000 (° min) |
| 18/11/2008 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 | | | | Somme de 600 images par « décalage et addition » (méthode « shift and add ») | |
| <u>Rho</u> = 52.639 | | <u>Beta</u> = -15.511 | | <u>Rho</u> = 52.658 | |
| (Pixels) | | (°) | | (Pixels) | |
| Mesure image Seale | | | | Mesure shift & add 600 im | |



Interférométrie des tavelures au T60 du pic du midi

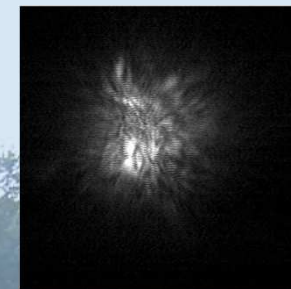


Couple choisis : extrait de la liste « Morlet-Durand » établie en Avril 2002 par la SAF

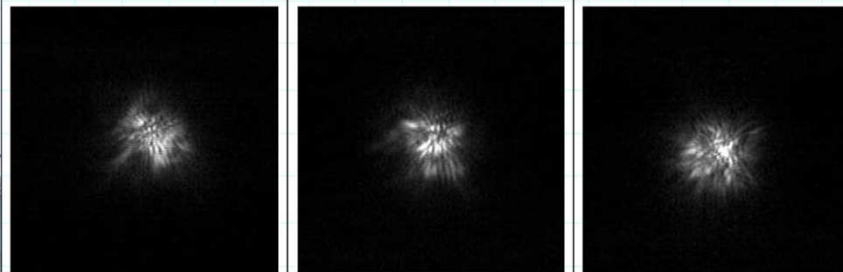
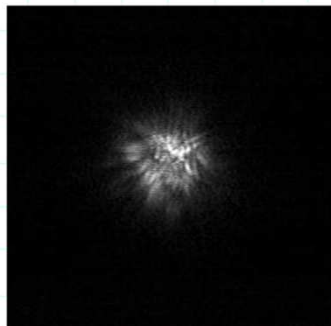
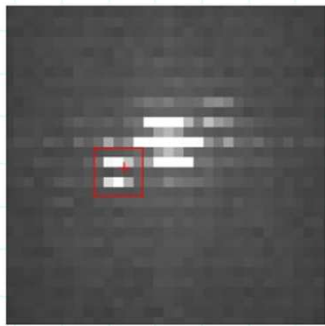
| WDS
NOM
usuel | Const | Airmass | Hauteur | Orbite | Magnit.
(WDS) | Mesure directe | | Cross-correlation | |
|---------------------|-------|---------|------------|--------|------------------|----------------|-------------|-------------------|--------|
| Couples privilégiés | | | | | Epsilon (") | 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 | Lyn | 1.0432 | +73°25'46" | * | 5,4 6,0 | 1.86 | 69.39 | 1.87 | 69.50 |
| STF 948AC | Lyn | 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 |
| STT 20 | Psc | 1.1472 | +60°36'38" | * | 6,2 6,9 | | | 0.57 | 187.21 |
| STT38BC | And | 1.0000 | +89°18'11" | * | 5,5 6,3 | | | 0.17 | 183.12 |
| STT38A-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



Quelques exemples de mesures :

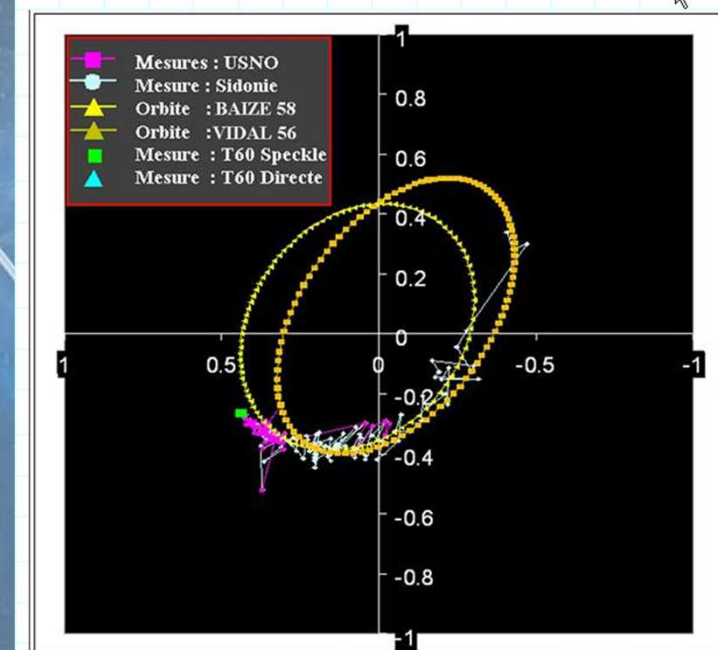
| WDS NOM usuel | Const | Date | Date normalisée | Airmass | Hauteur | Asc.dr. 2000 (h min) | Dcl. 2000 (° min) |
|--|-------|------------------------|-----------------|---|-------------|------------------------|-------------------|
| STT515AB | And | 19/11/2008 03h34 local | 2008.888 | 1.0121 | +61°01'46'' | 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 = 0.513 | | Thêta = 121.135 | |
| (") | | (°) | | (") | | (°) | |
| Mesure image Seule | | | | Mesure cross corrélation 600 im | | | |

Comparaison aux orbites officielles :

Hartkopf, W.L., Mason, D.B.

Sixth Catalog of Orbits of Visual Binary Stars, USNO, 2009

| 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 pour l'amateur ?? Rêve ou réalité

Merci de votre attention

<http://btregon-astro.org>