

MESURES D'ÉTOILES DOUBLES RÉALISÉES EN 2016 ET 2017 À L'AIDE D'UN T200

Measurements of double stars made in 2016 and 2017 with a 8" reflector telescope

Benjamin POUPARD

bpoupard@gmail.com



Résumé

Cet article présente un ensemble de 259 mesures d'étoiles doubles obtenues en 2016 et 2017 avec un télescope Schmidt-Cassegrain de 200mm, une caméra CCD DMK31 et une caméra CMOS ZWO ASI224. Les aspects pratiques de la méthodologie utilisée, l'instrumentation et le processus de mesure sont aussi présentés dans cet article.

Abstract

This article presents a set of 259 double star measurements obtained in 2016 and 2017 with an 8-inch Schmidt-Cassegrain reflector, a DMK31 CCD camera, and a ZWO ASI224 CMOS camera. Practical aspects about methodology, instrumentation and process are also discussed in this article.

Keywords : astrometry, stars, binaries: visual



1 Introduction

Cet article présente les mesures d'étoiles doubles réalisées au cours des années 2016 et 2017 à l'aide de caméras dédiées à l'imagerie planétaire et d'un Schmidt-Cassegrain de 203mm. Il fait suite à l'article présentant mes premières mesures réalisées en 2015, et présentées dans la revue Etoiles Doubles n°1 de décembre 2020[1].

Ces 259 mesures, réalisées sur 13 soirées, portent sur 224 couples appartenant à 176 systèmes doubles ou multiples. L'article présente également les mesures plus spécifiques de J 1062 et POU 5812, deux systèmes multiples au sein desquels figurent des couples pour lesquels ne semblent pas exister de mesures. Enfin, l'article apporte des précisions d'ordre méthodologique, notamment sur le choix des cibles et le traitement des images.

2 Matériel

2.1 Instrument et monture

Toutes les acquisitions d'images ont été réalisées à l'aide d'un Celestron 8 (Diam. 203 mm, focale : 2 000 mm). Le pouvoir séparateur théorique de l'instrument est 0,6".

Le pointage et le suivi des cibles sont assurés par une monture Skywatcher HEQ5, équipée d'un système Go-To Synscan.

2.2 Caméras utilisées

Les acquisitions ont été réalisées pour partie à l'aide d'une caméra Imaging Source DMK31 (acquisitions de 2016,044 et 2016,33) et d'une caméra ZWO ASI 224 MC (acquisitions de

2016,542 et suivantes.)

Les caractéristiques de la caméra DMK 31 sont les suivantes :

- Capteur CCD Sony ICX204AL noir et blanc
- Résolution : 1024px x 768px
- Pixels de 4,65µm x 4,65µm
- Taille du capteur : 4,8mm x 3,6mm
- Échantillonnage mesuré derrière le Celestron 8 : 0,48"/ pixel

Les caractéristiques de la caméra ASI 224 MC sont les suivantes :

- Capteur CMOS Sony IMX224 couleur
- Résolution : 1304px x 976px
- Pixels de 3,75µm x 3,75µm
- Taille du capteur : 4,8mm x 3,6mm
- Échantillonnage derrière le C8 : 0,36"/pixel (mesuré)

L'ASI 224 MC dispose donc de pixels plus petits que la DMK 31, et exploite davantage le pouvoir séparateur de l'instrument. Surtout, l'ASI 224 MC offre deux atouts majeurs : une sensibilité et une cadence de prise de vue plus élevées que celles de la DMK31, qui autorisent des temps de poses très courts, plus à même de passer dans les trous de turbulence. A titre d'exemple, l'ASI 224 me permet de capturer sans ambiguïté des étoiles de magnitude 12 sans dépasser le 1/10ème de seconde de pose, ce qui était impossible avec la DMK 31.

2.3 Accessoires

Les deux caméras, conçues pour de l'imagerie planétaire, disposent de très petits capteurs. A titre d'exemple, au foyer du C8, le champ couvert par ces deux caméras est de l'ordre de $0,14^\circ \times 0,1^\circ$. Même en soignant la mise en station de la monture et l'initialisation du Go-To, il n'est pas rare que les étoiles ciblées (dont les coordonnées AD et DEC sont rentrées à la main dans le Go-To) tombent en dehors du champ de la caméra. Reste à savoir où, bien évidemment ... J'ai résolu ce problème en installant un flip-mirror, sur lequel sont fixés la caméra (dans l'axe du tube) et un oculaire grand champ (de 90°). Miroir relevé, l'image est projetée directement sur le capteur. Miroir baissé, l'image est renvoyée dans l'oculaire grand champ. Ainsi, les étoiles visées sont systématiquement repérées à l'oculaire, et il ne reste plus qu'à les recentrer pour les retrouver dans le champ de la caméra. La figure 1 illustre ce montage.



Figure 1 : le train optique utilisé pour le pointage et les acquisitions

L'utilisation du flip-mirror complique toutefois le train optique : la caméra est désormais séparée du télescope par deux points de fixation (contre un seul auparavant) : la fixation tube <> flip-mirror et la fixation flip-mirror <> caméra. Il m'est arrivé de voir une des vis de fixation de mon dispositif se desserrer pendant une session de prise de vue, entraînant la rotation de l'ensemble, et ruinant mes acquisitions de la soirée... Incident formateur : je veille désormais à bien serrer les vis de mon système !

2.4 Lieux de prise de vue

Les observations ont été réalisées depuis Reims intra-muros, et depuis les environs de Cormicy (51), petite commune située à 15 km au nord de Reims. La pollution lumineuse (modérée à Cormicy, plus présente à Reims) n'a que peu d'incidence sur les acquisitions vidéos.

3 Choix des cibles et des étoiles étalons

3.1 Choix des cibles

Lors de mes premières séries de mesures, en 2015, je n'avais pas établi de programme précis. Le choix de mes cibles visait avant toutes choses à tester la chaîne de prise de vue, de traitement des images et de mesures.

Pour cette deuxième série de mesures, je me suis progressivement concentré sur des systèmes ne disposant que de peu de mesures (généralement moins de 10) et/ou sur des systèmes n'ayant pas été mesurés depuis au moins 5 ans.

Pour établir mes listes d'objets, je me suis dans un premier temps appuyé sur le moteur de recherche du site web Stelle

Doppie[2]. Par la suite, j'ai utilisé le moteur de recherche du logiciel AstroPlanner[3]. Ces deux outils permettent d'établir des listes de systèmes à partir de critères multiples (magnitude mini et maxi des étoiles visées, écart de magnitudes, séparation mini et maxi des composantes, position RA/Dec...) et s'appuient sur des versions du catalogue fournies par le WDS[4] remises régulièrement à jour.

AstroPlanner intègre par ailleurs un indicateur intitulé « Difficulty Index » (ou DI) ; cet index vise à évaluer la difficulté à séparer les couples écartés de moins de $10''$, en fonction de la séparation angulaire et de l'écart de magnitudes. La valeur de l'index varie de 1 (facile à séparer) à 100 (très difficile).

Une première sélection est effectuée suivant ces critères :

- Mag. A < 10 et Mag. B < 12
- Sep. A-B > $1''$
- Nombre de mesures : < 10
- Mesure la plus récente : < 2010
- DI < 95

À cette première sélection s'ajoutent généralement des systèmes « coup de cœur », sélectionnés suivant des critères hautement subjectifs, généralement d'ordre esthétique.

3.2 Choix des couples-étalons

Mes listes d'étoiles doubles étant constituées, je choisis ensuite une série de couples-étalons renseignés dans la liste établie par Ronald Charles TANGUAY pour le site de Sky & Telescope[5] ou bien dans la liste établie par Florence & Pascal MAUROY et Guy MORLET[6]. Ces couples-étalons affichent une séparation et un angle connus et réputés stables dans le temps. La mesure de ces couples permet d'étalonner convenablement le montage mécanique (c'est à dire l'orientation de la caméra par rapport au ciel – indispensable pour mesurer les angles) et le montage optique (c'est à dire l'échantillonnage de la caméra – qui permet ensuite de mesurer précisément les séparations angulaires).

4 Acquisition & traitement

Les deux premières séries d'acquisitions ont été réalisées avec une caméra Imaging Source DMK31. Pour les séries suivantes, j'ai utilisé une caméra ZWO ASI 224 MC.

4.1 Acquisitions avec la DMK31 et IC Capture

La DMK31 utilise un logiciel propriétaire (IC Capture) pour les acquisitions vidéos. IC Capture génère des vidéos au format Y800. Le logiciel REDUC[7], grâce auquel je réalise les réductions, n'est toutefois pas capable d'exploiter directement les vidéos au format Y800. Pour obtenir des fichiers vidéo exploitables dans REDUC, je dois donc préalablement les convertir en utilisant VirtualDub. Je dois ensuite supprimer les images redondantes que génère IC Capture à l'aide du logiciel de traitement d'images astronomiques IRIS[8], et de sa fonction « suppression des redondances ». Passées ces multiples étapes, j'obtiens un fichier vidéo exploitable dans REDUC.

4.2 Acquisitions avec l'ASI 224 MC et FireCapture

Le passage de la DMK 31 à l'ASI 224, courant 2016, m'a permis de simplifier considérablement le workflow qui vient d'être décrit.

J'utilise le logiciel FireCapture pour réaliser mes acquisitions vidéos à l'aide de l'ASI 224MC. Les fichiers vidéo générés sont des AVI directement utilisables sous REDUC. Chaque fichier vidéo s'accompagne par ailleurs d'un fichier de log (au format txt) qui vient rappeler les conditions de prise de vue : heure et date, nombre d'images, cadence de prise de vue, temps de pose et gain utilisés...

4.3 Méthodologie d'acquisition et de calibration des images

La méthodologie suivie est commune aux deux caméras utilisées lors des séances présentées dans l'article. Je réalise d'abord deux acquisitions sur deux étoiles-étalons différentes en début de séance, et une acquisition sur étoile-étalon en fin de séance. Ainsi, je m'assure tout à la fois de la cohérence de mes étoiles de calibration les unes par rapport aux autres, et de la cohérence de l'ensemble des acquisitions sur la durée de la session.

Pour chaque couple, je réalise des séquences d'images courtes – généralement de 100 à 200 images – en ajustant le temps d'exposition (qui suivant les cibles peut varier entre 10 et 250 ms) et le gain. Je garde toujours un œil vigilant sur les histogrammes pendant les acquisitions, en prenant soin de ne jamais saturer les images.

4.4 Réduction des images à l'aide de REDUC

Les mesures sont réalisées à l'aide du logiciel REDUC. Je retiens généralement 50 % des meilleures images, qui sont ensuite traitées de façon automatique par la fonction AutoReduc. J'élimine ensuite les mesures les plus éloignées de la valeur moyenne obtenue. A titre d'exemple, sur une acquisition de 100 images au départ, la mesure porte finalement sur une trentaine d'images.

Pour les couples dont le DI est élevé (autour de 90), je procède de la même manière, mais en effectuant la réduction de manière manuelle. Les couples pour lesquels les magnitudes des étoiles mesurées sont très voisines nécessitent également un traitement manuel : REDUC n'est pas toujours en mesure de déterminer quelle étoile est la plus brillante. Du coup, d'une image à une autre, le PA mesuré peut brutalement varier de 180°.

Enfin, pour les couples dont le DI est proche de 95, il m'est arrivé d'utiliser la fonction de réduction après compositage. La mesure se fait donc sur une seule image compositée. Seules quelques mesures obtenues par cette méthode sont publiées ici.

5 Mesures réalisées en 2016 et 2017

Lors de ces 13 sessions d'observation, j'ai réalisé environ 300 mesures. Certaines mesures – portant sur des couples très serrés – ont été éliminées car elles étaient affectées d'un écart-type trop important sur la composante Thêta. Je n'ai conservé que les mesures pour lesquelles l'écart-type était inférieur à 3.

Au final, j'ai conservé 259 mesures portant sur 179 systèmes doubles ou multiples. 223 couples d'étoiles ont ainsi pu être mesurés, à une, deux voire trois reprises.

La table I présente les 259 mesures et se décompose de la manière suivante :

- Colonne 1 : index dans le catalogue WDS
- Colonne 2 : nom du couple
- Colonne 3 : magnitude de la composante principale donnée par le catalogue WDS
- Colonne 4 : magnitude de la composante secondaire donnée par le catalogue WDS
- Colonne 5 : date de la mesure (époque julienne)
- Colonne 6 : Rho mesuré (séparation en ")
- Colonne 7 : Thêta mesuré (Angle, mesuré en °)
- Colonne 8 : Écart-type sur Rho (mesuré par Reduc)
- Colonne 9 : Écart-type sur Thêta (mesuré par Reduc)
- Colonne 10: notes et observations éventuelles
 - [1] : couple absent du WDS
 - [2] : magnitude de la composante secondaire mesurée par Reduc
 - [3] : mesure établie sur une image unique

La table II présente les mesures d'O-C portant sur des couples orbitaux inscrits au catalogue Orb6 de l'USNO[9] . Elle se décompose de la manière suivante :

- Colonne 1 : index dans le catalogue WDS
- Colonne 2 : nom du couple
- Colonne 3: date de la mesure (époque julienne)
- Colonne 4: Grade de l'orbite de référence
- Colonne 5: Orbite de référence
- Colonne 6 : O-C sur l'angle de position en degrés, à la date de l'observation
- Colonne 7 : O-C sur la séparation en secondes de degré, à la date de l'observation

6 Trois composantes non référencées dans J 1062 et POU5812

Durant les sessions de 2017,203 et 2017,885, de nouvelles composantes de couples connus, non référencées dans le WDS, ont été repérées et mesurées.

6.1 Deux nouvelles composantes dans le système WDS 07247+1753 (J 1062)

WDS 07247+1753 a été mesuré pour la première fois par Robert Jonckheere en 1914. Ce couple n'a été mesuré qu'à dix reprises. Les deux étoiles A et B ont respectivement une magnitude de 9,6 & 9,8.

Lors de mon observation, deux autres étoiles relativement brillantes étaient également présentes dans le champ (Figure 2)

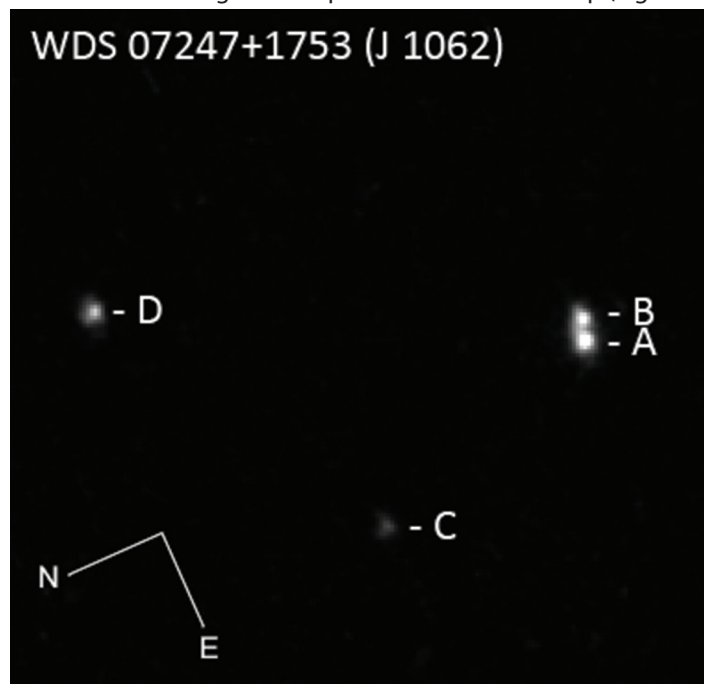


Figure 2 : J 1062, poses de 0,2s, compositage de 50 images

La magnitude de l'étoile notée C a été mesurée à 10,9, La magnitude de l'étoile notée D a été mesurée à 10,1

6.2 Une nouvelle composante dans le système WDS 23283+2346 (POU 5812)

WDS 23283+2346 a été découvert par Abel Pourteau et n'a été mesuré qu'à 11 reprises depuis 1891. Les deux étoiles A et B ont respectivement une magnitude de 9,5 et 11.

Là encore, mon observation (Figure 3) a permis de mettre en évidence la présence d'une étoile supplémentaire.

La magnitude de l'étoile notée C a été mesurée à 12,2.

WDS 23283+2346 (POU 5812)



Figure 3 : POU 5812, poses de 0,06s, compositage de 50 images

La table III présente les mesures correspondant à ces deux systèmes, et se décompose de la manière suivante :

- Colonne 1 : index dans le catalogue WDS
- Colonne 2 : nom du couple
- Colonne 3 : composantes mesurées (AB,AC...)
- Colonne 4 : magnitude de la composante principale donnée par le catalogue WDS
- Colonne 5 : magnitude de la composante secondaire (W = WDS, O = déterminée par l'observateur)
- Colonne 6 : date de la mesure (époque julienne)
- Colonne 7 : Rho mesuré (séparation en ")
- Colonne 8 : Thêta mesuré (Angle mesuré en °)
- Colonne 9 : Écart-type sur Rho (mesuré par Reduc)
- Colonne 10 : Écart-type sur Thêta (mesuré par Reduc)
- Colonne 11 : Notes ([1] : magnitude donnée par le catalogue WDS, [2] magnitude déterminée par REDUC)

La table IV complète la précédente table avec les références Gaia DR3 des différentes composantes :

- Colonne 1 : index dans le catalogue WDS
- Colonne 2 : composante
- Colonne 3 : référence Gaia DR3

Remerciements

Je tiens à remercier tout particulièrement Philippe Laurent et Josefina F. Ling pour leur relecture, leurs précieux conseils et la mise à disposition des outils qui m'ont permis d'exploiter au mieux ces mesures.

Références

[1] : Poupard, B - Mesures d'étoiles doubles réalisées l'année 2015 avec une L100, un T200 et une caméra CCD - <https://etoiledoubles.org/revue/ED-2020-01/ED-2020-01-Poupard.pdf>

[2] : StelleDoppie - <http://stelledoppie.goaction.it/index2.php?section=1>

[3] : Rodman P. - Astroplanner (v2.2 - 2015) - <http://www.astroplanner.net/>

[4] : Mason, B. D., Wycoff, G. L., & Hartkopf, W. I. 2023, Washington Double Star Catalog. <http://www.astro.gsu.edu/wds/>

[5] : Tanguay R. C. - Observing Double Stars for Fun and Science (2006) - <http://www.skyandtelescope.com/observing/celestial-objects-to-watch/observing-double-stars-for-fun-and-science/>

[6] : Mauroy F.&P., Morlet G. - Liste de 32 couples étalons, basés sur les résultats d'Hipparcos (2007)

[7] : Losse F., Reduc, logiciel de réduction (V4.7, 2012) : <http://www.astrosurf.com/hfosaf/>

[8] : Buil C., IRIS, logiciel de traitement d'images et de vidéo astro (V5.59, 2010) : <http://www.astrosurf.com/buil/iris-software.html>

[9] : Matson R., Williams S., Hartkopf W. & Mason, B - Sixth Catalog of Orbits of Visual Binary Stars - <http://www.astro.gsu.edu/wds/orb6.html>

Table 1 : couples mesurés

Index WDS	Code découvreur	Magnitude composante principale	Magnitude composante secondaire	Date de la mesure (époque Julienne)	Thêta (°)	Rho (")	Ecart-type Rho	Ecart-type Thêta	Notes
03305+2006	STF 399 AB	8,33	10,75	2016,044	146,49	19,59	0,15	0,55	
03305+2006	STF 399 AC	8,4	12,07	2016,044	221,92	57,57	0,25	0,48	
03314+2148	STF 404 AB	9,84	11,35	2016,044	202,94	28,74	0,26	0,31	
03314+2148	STF 404 AC	9,84	8,88	2016,044	50,31	121,52	0,25	0,48	
03314+2148	STF 405 CD	8,88	11,2	2016,044	47,94	26,91	0,20	0,39	
03322+1133	AG 68	6,79	9,87	2016,044	249,08	16,82	0,16	0,39	
03345+1948	STF 414	8,15	8,28	2016,044	186,52	7,56	0,13	1,30	
03349+1949	STF 416 AB	8,91	10,61	2016,044	68,32	30,64	0,33	0,47	
03349+1949	ES 2600 AC	8,91	12,5	2016,044	293,71	24,10	0,49	1,23	
03428+1028	HEI 452	9,7	11	2016,044	312,57	3,13	0,16	2,88	
03495+1255	AG 74	9,72	10,8	2016,044	195,82	12,00	0,18	0,48	
03554+1738	BU 85	7,95	9,95	2016,044	215,58	3,60	0,28	2,34	
03579+0938	STF 473	9,53	11,23	2016,044	94,21	16,72	0,14	0,44	
03598+1133	STF 478 AB	8,83	10,22	2016,044	138,38	9,66	0,10	0,77	

Table 1 : couples mesurés

Index WDS	Code découvreur	Magnitude composante principale	Magnitude composante secondaire	Date de la mesure (époque Julienne)	Thêta (°)	Rho(")	Ecart-type Rho	Ecart-type Thêta	Notes
04018+1000	STT 70 AB	5,81	11,21	2016,044	230,80	11,31	0,20	0,79	
04018+1000	WAL 27 AC	5,81	11,7	2016,044	241,21	84,25	0,14	0,10	
04029+2208	STF 482	8,95	10,53	2016,044	123,89	13,60	0,11	0,55	
07029+2223	J 997	9,6	9,6	2017,189	156,38	2,39	0,14	2,09	
07029+2223	J 997	9,6	9,6	2017,203	156,04	2,39	0,08	1,92	
07030+2427	AG 134 AB	9,96	9,89	2017,189	22,52	1,64	0,12	2,30	
07030+2427	AG 134 AB	9,96	9,89	2017,203	22,02	1,67	0,08	2,55	
07030+2427	HJ 409 AC	9,89	10,81	2017,189	355,31	15,72	0,13	0,40	
07030+2427	HJ 409 AC	9,89	10,81	2017,203	355,79	15,76	0,09	0,30	
07030+2427	HJ 409 BC	9,96	10,81	2017,189	352,32	14,31	0,16	0,42	
07030+2427	HJ 409 BC	9,96	10,81	2017,203	352,76	14,34	0,13	0,21	
07057+2142	HU 454 AB	9,52	11,7	2017,203	219,91	2,16	0,10	2,48	
07057+2142	HU 454 AC	9,52	10,9	2017,203	44,23	13,02	0,17	0,74	
07057+2608	STF 1014	9,91	9,93	2017,189	216,26	1,96	0,07	1,69	
07057+2608	STF 1014	9,91	9,93	2017,203	219,17	1,87	0,12	1,68	
07061+1903	J 728	8,8	10,39	2017,189	72,13	3,05	0,12	1,10	
07061+1903	J 728	8,8	10,39	2017,203	70,90	3,00	0,11	0,77	
07127+2154	COU 275 AB	9,55	11,6	2017,189	205,52	5,16	0,20	1,60	
07127+2154	COU 275 AB	9,55	11,6	2017,203	204,53	5,21	0,11	1,10	
07127+2154	BTG 11 AC	9,43	12,74	2017,203	300,33	44,45	0,24	0,30	
07181+1632	STF 1061 AB	3,58	10,7	2017,203	35,28	9,46	0,10	0,61	
07201+2159	STF 1066	3,55	8,18	2017,189	229,72	5,63	0,20	1,16	
07215+2514	A 2736 AC	9,33	11,63	2017,189	146,04	9,76	0,09	0,83	
07215+2514	A 2736 AC	9,33	11,63	2017,203	146,31	9,83	0,11	0,74	
07247+1753	J 1062 AB	9,6	9,8	2017,203	248,71	2,14	0,13	1,86	
07247+1753	07247+1753 AC	9,6	10,9	2017,203	15,54	26,35	0,12	0,27	[1] [2]
07247+1753	07247+1753 AD	9,6	10,1	2017,203	329,38	47,87	0,18	0,16	[1] [2]
07260+2205	AG 140	9,89	10,57	2017,203	175,57	2,11	0,12	1,80	
07277+2127	SHJ 368 AB	5,28	10,92	2017,203	323,83	42,72	0,12	0,14	
07313+1619	STF 1106	9,4	9,47	2017,189	33,99	10,67	0,08	0,61	
07324+1822	A 2871	7,98	11,83	2017,203	116,41	3,98			[3]
07344+2138	HU 707	9,04	10,81	2017,189	20,35	2,29	0,16	2,15	
07344+2138	HU 707	9,04	10,81	2017,203	18,88	2,25	0,14	2,02	
07414+2312	AG 142	9,81	10,45	2017,203	19,93	1,56	0,13	2,47	
07417+2138	HO 523 AB	9,56	11,1	2017,203	324,89	8,69	0,08	0,75	
07417+2138	HO 523 AC	9,56	12,41	2017,203	3,47	33,70	0,18	0,27	
07417+2138	BKO 113 AD	9,56	13,5	2017,203	131,13	13,34			[3]
07503+2432	STF 1147	9,66	9,68	2017,189	175,60	1,98	0,15	2,09	
07542+2753	COU 951	9,87	10,69	2017,189	134,31	3,16	0,08	1,31	
07542+2753	COU 951	9,87	10,69	2017,203	134,27	3,09	0,09	1,55	
09005+2244	STF 1297 AB	8,88	9,96	2017,252	159,04	4,95	0,12	1,20	
09129+2420	BRT 155 AB	9,83	10,6	2017,252	269,44	4,48	0,20	1,38	
09140+2611	STF 1324	9,3	10,95	2017,252	348,92	11,45	0,24	1,32	
09162+2324	STT 198	6,2	13	2017,252	114,96	14,88	0,21	0,72	
09423+1705	STT 206	8,34	11,38	2017,252	222,97	18,01	0,26	0,69	
09521+1628	STF 1390 AB	9,31	10,12	2017,252	204,76	2,04			[3]
09521+1628	SE 5 AC	9,31	11,2	2017,252	41,12	11,28	0,19	0,74	
10151+1907	STF 1417	9,24	9,31	2016,331	79,00	2,00	0,20	1,90	
10172+2306	STT 523	5,8	11,4	2016,331	299,40	7,60	0,10	1,00	
10200+1950	STF 1424 AB	2,37	3,64	2016,331	125,30	4,80	0,20	2,00	

Table 1 : couples mesurés

Index WDS	Code découvreur	Magnitude composante principale	Magnitude composante secondaire	Date de la mesure (époque Julienne)	Thêta (°)	Rho(")	Ecart-type Rho	Ecart-type Thêta	Notes
10255+2322	POU 3080	9,74	10,9	2016,331	101,10	5,60	0,10	0,60	
10271+1804	STF 1434	9,49	9,68	2016,331	281,70	6,50	0,10	0,40	
10285+1309	STF 1438	9,58	11,11	2016,331	244,60	9,40	0,10	0,60	
10320+2202	STF 1442	8,18	8,54	2016,331	156,60	13,20	0,10	0,20	
10336+1513	STF 1446	9,29	10,03	2016,331	250,90	5,60	0,10	0,80	
10338+2321	STF 1447	7,52	8,88	2016,331	124,40	4,30	0,10	1,10	
10344+2136	STF 1448 AC	7,54	9,55	2016,331	260,10	11,00	0,10	0,40	
10401+1914	STT 225 AC	8,53	10,38	2016,331	356,00	6,60	0,10	0,60	
10447+2042	STF 1468	9,68	9,65	2016,331	333,70	4,20	0,10	0,80	
10496+1256	STF 1477	9,44	9,69	2016,331	274,90	17,70	0,10	0,20	
10496+1630	A 2370	9,95	10,87	2016,331	332,10	2,30	0,20	1,40	
10496+2250	HO 374	9,16	11,91	2016,331	269,80	3,60	0,20	1,40	
10511+2427	STF 1478	8,83	11,43	2016,331	347,70	8,80	0,10	0,50	
10527+2312	HO 376	9,9	11,1	2016,331	216,40	2,70	0,20	2,00	
10545+2046	STT 230	8,71	11,95	2016,331	39,90	9,40	1,10	1,10	
10556+2445	STF 1487	4,48	6,3	2016,331	112,00	6,60	0,20	1,10	
10566+1739	STF 1490	8,62	10,52	2016,331	100,80	17,50	0,20	0,40	
10583+1317	STF 1496 AB	8,54	10,59	2016,331	351,80	19,40	0,10	0,40	
10595+1248	HEI 360	9,9	10	2016,331	100,40	3,80	0,10	1,30	
10596+2527	AG 342 AB	8,57	9,22	2016,331	115,10	5,30	0,10	0,70	
15245+3723	STF 1938 Ba,Bb	7,09	7,63	2016,542	4,810	2,20	0,07	1,05	
16011+2808	AG 349	9,59	10,86	2016,537	227,35	11,74	0,11	0,46	
16076+2900	GUI 16 AC	7,93	9,48	2016,537	350,73	117,51	0,39	0,07	
16117+3321	STT 305 AB	6,44	10,17	2016,537	263,51	5,13	0,18	0,91	
16138+2844	STF 2029	7,95	9,62	2016,537	186,30	6,15	0,05	0,97	
16147+3352	STF 2032 AB	5,62	6,49	2016,537	237,56	7,15	0,12	0,53	
16181+2551	STF 2035	9,71	10,9	2016,537	36,05	2,53	0,09	1,60	
16242+3702	STF 2044	8,43	8,79	2016,537	341,24	8,22	0,09	0,56	
16278+2506	COU 413	9,7	10,5	2016,537	319,34	4,44	0,10	1,23	
16284+3108	STF 2053 AB	9,95	10,83	2016,537	351,44	21,53	0,12	0,28	
16299+2452	J 3324	9,8	11,8	2016,537	55,49	2,52	0,10	1,59	
16354+3655	BU 952 BC	11,04	14,4	2016,537	191,55	5,38	0,11	1,54	
16396+2300	STF 2079	7,56	8,13	2016,537	90,80	16,81	0,15	0,28	
16426+2340	STF 2087 AB	8,84	8,9	2016,537	287,75	5,17	0,08	0,61	
16426+3113	SEI 540	9,55	11,1	2016,537	226,89	11,48	0,15	0,58	
16442+2331	STF 2094 AC	7,48	11,7	2016,537	311,53	24,92	0,15	0,30	
16448+3544	STF 2097 AB	9,37	9,55	2016,537	80,33	1,82	0,09	2,04	
16448+3544	STF 2097 AB	9,37	9,55	2016,542	78,27	1,84	0,09	1,10	
16448+3544	STF 2097 AC	9,37	13,88	2016,537	183,23	45,11	0,16	0,22	
16451+2821	STF 2095	7,36	9,16	2016,537	158,82	5,46	0,11	0,68	
16457+3000	STF 2098 AB	8,77	9,61	2016,537	145,58	14,19	0,11	0,31	
16457+3000	STF 2098 AC	8,77	8,81	2016,537	128,75	65,71	0,14	0,11	
16457+3000	STF 2098 AD	8,77	11	2016,537	17,99	67,33	0,20	0,24	
16457+3000	STF 2098 BC	9,61	8,81	2016,537	124,18	52,27	0,26	0,15	
16457+3000	STF 2098 DE	10,96	13,7	2016,537	268,21	5,80	0,14	0,26	
16458+3538	STF 2101 AB	7,51	9,39	2016,537	48,99	4,12	0,07	0,50	
16476+2538	WEI 31 AB	9,94	10,12	2016,537	317,06	4,92	0,07	0,61	
16476+2538	WEI 31 AC	9,94	11,21	2016,537	259,83	31,09	0,20	0,25	
16476+2538	WEI 31 BC	10,12	11,21	2016,537	251,60	28,80	0,14	0,16	
16487+3556	STF 2104 AB	7,49	8,78	2016,537	19,79	5,68	0,10	0,50	

Table 1 : couples mesurés

Index WDS	Code découvreur	Magnitude composante principale	Magnitude composante secondaire	Date de la mesure (époque Julienne)	Thêta (°)	Rho(")	Ecart-type Rho	Ecart-type Thêta	Notes
16487+3556	WAL 74 AC	7,49	10,47	2016,537	216,06	97,47	0,17	0,09	
16550+2544	STF 2110	6,1	10,8	2016,537	92,06	18,07	0,14	0,23	
16582+2520	STT 320	8,47	11,79	2016,542	251,06	5,50	0,10	0,93	
16582+3147	STF 2112	9,68	10,29	2016,542	261,28	2,08	0,08	1,30	
17121+2114	STF 2135 AB	7,59	8,88	2016,542	192,82	8,66	0,08	0,42	
17121+2114	STF 2135 AB	7,59	8,88	2016,666	193,52	8,60	0,23	1,19	
17127+2352	POU 3262	9,56	11,2	2016,542	9,90	19,33	0,12	0,33	
17139+1557	STF 2137	9,15	10,03	2016,542	143,02	4,09	0,11	0,97	
17145+1956	HU 488 AB	9,71	11,16	2016,542	107,47	2,93	0,06	0,60	
17146+1423	STF 2140 AB	3,48	5,4	2016,542	99,07	4,78	0,15	0,81	
17146+1423	STF 2140 AB	3,48	5,4	2016,666	100,68	5,02	0,31	0,83	
17150+2450	STF 3127 AB	3,12	8,3	2016,542	289,15	12,58	0,19	0,54	
17166+2635	STF 2145 AB,C	8,87	10,55	2016,542	182,72	18,70	0,11	0,23	
17209+2429	DOO 66	9,5	11,9	2016,542	17,92	9,90	0,10	0,66	
17229+1628	STF 2157 AB,C	8,92	10,17	2016,542	206,99	3,34	0,10	0,63	
17246+1536	STF 2160 AB	6,4	9,28	2016,542	67,14	3,43	0,06	0,72	
17246+1536	STF 2160 AB	6,4	9,28	2016,666	68,65	3,65	0,28	1,20	
17268+2240	J 1032	9,5	9,6	2016,542	351,09	4,03	0,09	0,79	
17268+2240	J 1032	9,5	9,6	2016,666	349,53	3,98	0,15	1,31	
17270+2243	J 1033	9,5	10,5	2016,542	245,67	6,44	0,13	0,41	
17270+2243	J 1033	9,5	10,5	2016,666	246,71	6,48	0,15	0,88	
17275+1627	LBU 5 AC	7,31	10,1	2016,542	257,27	48,65	0,12	0,14	
17291+1727	DAL 14 AC	8,75	11,71	2016,542	182,77	18,07	0,11	0,32	
17291+1727	DAL 14 AC	8,75	11,71	2016,666	183,39	18,13	0,18	0,29	
17296+1945	HO 632	8,59	11,9	2016,542	196,10	6,60	0,09	0,68	
17296+2439	POU 3293	9,49	11,16	2016,542	228,27	21,09	0,09	0,21	
17299+1558	STT 330 AB	8,22	11,15	2016,542	56,50	14,45	0,10	0,31	
17324+2352	STF 2182 AB	9,06	9,96	2016,542	359,19	5,38	0,11	0,54	
17324+2352	STF 2182 AB	9,06	9,96	2016,666	0,77	5,32	0,12	1,13	
17324+2352	WAL 82 AC	9,06	12,66	2016,666	59,62	55,98	0,17	0,26	
17324+2352	WAL 82 AC	9,06	12,66	2016,542	58,79	56,16	0,15	0,18	
17339+1747	COU 627	9,86	10,86	2016,542	143,06	1,99	0,14	1,31	
17349+1519	STT 332 AB	8,19	11,15	2016,666	110,09	10,50	0,15	0,69	
17349+1519	STT 332 AC	8,19	12,44	2016,666	55,61	41,67	0,25	0,31	
17352+2545	WFC 196	9,93	10,48	2016,666	103,49	7,82	0,14	0,72	
17360+2100	WAL 83 AC	6,13	12,11	2016,666	36,78	76,85	0,21	0,20	
17360+2100	STF 2190 AB	6,13	9,48	2016,666	22,28	10,54	0,13	0,60	
17406+2017	AG 211	9,57	9,78	2016,666	128,12	2,66	0,11	1,70	
17426+2633	STF 2198	7,63	11,22	2016,666	25,68	7,88	0,14	0,63	
17432+2447	A 233	8,02	11,37	2016,666	241,06	3,17	0,11	1,73	
17467+1447	STF 2217 AB	8,77	8,92	2016,666	283,82	7,02	0,24	1,10	
17504+2505	HJ 1305	9,6	10,5	2016,666	291,11	23,50	0,18	0,52	
19008+2318	HJ 2850	8,83	9,74	2016,663	273,20	2,42	0,17	1,23	
19014+2917	HJ 1361	8,47	11,82	2016,663	160,90	18,34	0,08	0,41	
19014+2917	HJ 1361	8,47	11,82	2016,666	161,28	18,40	0,22	0,51	
19015+2724	AG 370	9,71	10,49	2016,663	340,05	3,96	0,06	1,33	
19019+2718	ES 479	9,3	10,5	2016,663	141,08	8,10	0,09	0,55	
19019+2718	ES 479	9,3	10,5	2016,688	142,46	8,10	0,08	0,45	
19019+2718	ES 479	9,3	10,5	2016,666	140,93	8,20	0,17	0,92	
19020+1907	HJ 2851 AB	7,06	11,82	2016,663	163,58	13,87	0,13	0,65	

Table 1 : couples mesurés

Index WDS	Code découvreur	Magnitude composante principale	Magnitude composante secondaire	Date de la mesure (époque Julienne)	Thêta (°)	Rho(")	Ecart-type Rho	Ecart-type Thêta	Notes
19020+1907	WAL 102 AD	7,06	12	2016,663	135,74	46,34	0,20	0,22	
19025+2640	BRT 36 AB	9,81	11,3	2016,666	46,04	4,84	0,13	1,02	
19025+2640	BRT 36 AB	9,81	11,3	2016,663	47,08	4,78	0,08	1,00	
19025+2640	LBU 4 AC	9,81	12,45	2016,663	234,56	51,25	0,14	0,13	
19037+1658	STF2442 AB	8,48	9,77	2016,688	210,40	9,98	0,13	0,83	
19037+1658	STF2442 AB	8,48	9,77	2016,663	209,81	9,94	0,09	0,71	
19038+2602	BU 52 AB	9,3	10,7	2016,663	297,84	51,23	0,14	0,22	
19038+2602	BU 52 AB	9,3	10,7	2016,666	297,83	51,31	0,32	0,34	
19038+2602	BU 52 BC	10,7	12,4	2016,663	178,89	9,76	0,16	1,00	
19038+2602	BU 52 BC	10,7	12,4	2016,666	179,04	9,97	0,39	1,11	
19046+2320	STF2445 AB	7,25	8,57	2016,663	261,85	12,34	0,14	0,41	
19046+2320	SLE1030 AD	7,25	11,19	2016,663	116,41	55,82	0,11	0,11	
19050+2114	HDS2708	8,22	11,79	2016,663	4,03	6,02	0,11	0,79	
19050+2114	HDS2708	8,22	11,79	2016,666	4,38	6,14	0,24	1,35	
19050+2114	HDS2708	8,22	11,79	2016,688	4,5	5,98	0,14	1,07	
19050+2904	AG 372 AB	9,3	10,6	2016,663	180,89	5,90	0,10	0,65	
19050+2904	AG 372 AB	9,3	10,6	2016,688	182,81	5,97	0,17	1,06	
19050+2904	AG 372 AB	9,3	10,6	2016,666	182,01	5,91	0,20	0,89	
19050+2904	BKO 57 AC	9,3	11,4	2016,666	163,40	57,91	0,22	0,20	
19050+2904	BKO 57 CD	11,4	13,4	2016,666	91,73	8,48			[3]
19052+2326	BU 359 AB	8,81	9,79	2016,663	81,05	4,69	0,10	0,83	
19052+2326	BU 359 AC	8,81	11,15	2016,663	111,58	38,78	0,14	0,17	
19069+2745	STF 2458 AB	9,71	10,39	2016,663	227,17	11,17	0,05	0,31	
19071+2235	STF 2457	7,46	9,52	2016,663	201,05	10,21	0,07	0,42	
19074+2558	STF 2459	9,12	10,07	2016,663	232,59	13,79	0,06	0,34	
19075+2728	J 1205	10	10,2	2016,663	315,08	3,56	0,08	1,35	
19079+2948	STF 2466 AB	8,57	9,02	2016,688	104,43	2,36	0,15	1,42	
19079+2948	STF 2466 AB	8,57	9,02	2016,666	102,44	2,22	0,13	1,79	
19079+2948	STF 2466 AC	8,57	10,84	2016,688	141,48	98,33	0,32	0,15	
19079+2948	STF 2466 AC	8,57	10,84	2016,663	140,30	98,50	0,10	0,10	
19079+2948	STF 2466 AC	8,57	10,84	2016,666	140,58	98,55	0,29	0,21	
19088+2825	ES 348	8,78	11,3	2016,663	254,32	5,41			[3]
19096+1803	J 1300	9,6	11,1	2016,666	347,11	1,98			[3]
19097+2112	J 2946	9,6	10,2	2016,666	56,34	4,06	0,25	2,49	
19097+2112	J 2946	9,6	10,2	2016,688	57,71	4,00	0,11	1,27	
19118+2443	MRG 3	9,98	10,35	2016,688	145,54	5,27	0,10	1,24	
19124+2435	HO 445	9,8	10,9	2016,688	243,52	5,16	0,15	0,97	
19133+2719	MLB 694	10	10,2	2016,688	124,98	4,17	0,11	1,27	
19147+2853	AG 376	9,31	9,73	2016,688	78,16	4,47	0,11	1,01	
19153+1522	J 483 AB	9,4	10	2016,688	220,80	2,61	0,14	1,87	
19153+1522	J 483 AC	9,4	14,5	2016,688	164,66	20,41			[3]
19156+2925	AG 377	9,4	10,4	2016,688	131,26	9,72	0,07	0,57	
19157+1654	J 1303	9,8	10,3	2016,688	211,44	4,90	0,12	1,33	
19160+1610	STT 368 AC	7,53	11,3	2016,688	108,76	15,86	0,28	0,56	
19162+1534	KU 57 AB	9,71	10,4	2016,688	230,65	9,94	0,14	0,51	
19162+1534	KU 57 AC	9,71	11,4	2016,688	126,28	36,16	0,21	0,24	
19162+2757	HO 447	9,5	9,5	2016,688	171,32	2,25	0,10	1,85	
19171+2417	GCB 36	12,4	13,4	2016,688	293,98	3,52	0,23	2,77	
19192+1540	A 1646	9,82	10,58	2016,688	206,39	4,29	0,09	1,00	
19194+1943	STF 2500 A,BC	8,21	10,74	2016,688	23,46	19,83	0,35	0,38	

Table 1 : couples mesurés

Index WDS	Code découvreur	Magnitude composante principale	Magnitude composante secondaire	Date de la mesure (époque Julienne)	Thêta (°)	Rho(")	Ecart-type Rho	Ecart-type Thêta	Notes
19203+2914	J 769	9,7	9,9	2016,688	204,4	3,89	0,12	1,14	
19217+2534	ES 483	7,3	12	2016,688	4,59	13,68	0,15	0,66	
19224+1459	J 822	9,6	9,9	2016,688	350,17	3,11	0,18	1,67	
20001+1737	HO 638 AE	7,16	10,2	2016,759	262,95	4,10	0,17	1,31	
20034+1528	STF 2618	9,41	9,77	2016,742	114,76	5,50	0,08	0,96	
20041+1700	STF 2622 AB	8,74	9,46	2016,742	193,34	5,82	0,13	0,98	
20041+1700	STF 2622 AC	8,74	11,7	2016,742	303,09	17,04	0,23	0,53	
20075+1641	J 832	9,7	9,7	2016,759	86,84	2,70			[3]
20090+2718	BRT 210	9,6	10,5	2016,759	29,66	5,26	0,13	1,10	
20099+2055	STF 2637 AB	6,56	8,85	2016,742	331,32	11,60	0,09	0,60	
20099+2055	STF 2637 AC	6,56	7,52	2016,742	221,55	91,16	0,20	0,12	
20099+2055	STF 2637 BC	8,85	7,52	2016,742	215,05	95,80	0,15	0,13	
20108+1827	J 506	9,5	9,6	2016,759	306,93	3,35			[3]
20123+1524	CHE 191 AB	9,13	9,65	2016,759	334,93	11,96	0,10	0,50	
20123+1524	CHE 191 AC	9,13	11,5	2016,759	336,66	18,31	0,17	0,60	
20141+2213	STF 2655 AB	7,89	7,95	2016,742	2,62	6,13	0,23	1,62	
20141+2213	STF 2655 AC	7,89	10,09	2016,742	154,44	60,83	0,40	0,48	
20160+2703	A 389	9,89	10,11	2016,759	215,31	1,46	0,09	1,49	
20175+2909	BU 441 AB	6,4	10,9	2016,759	66,02	6,38	0,10	0,73	
20284+1713	HJ 2969	9,6	10	2016,759	170,09	5,83	0,06	1,38	
20310+2007	HJ 2974	9,7	9,93	2016,742	297,3	14,23	0,41	0,96	
20310+2007	HJ 2974	9,7	9,93	2016,759	297,57	14,32	0,10	0,60	
20338+2808	STF 2698	8,66	9,09	2016,742	304,05	4,49	0,21	1,59	
20382+2511	AG 260	8,38	10	2016,742	219,15	9,52	0,24	1,00	
20382+2511	AG 260	8,38	10	2016,759	219,44	9,64	0,12	0,46	
20388+1500	BU 435	8,34	10,78	2016,759	119,75	3,01	0,10	1,69	
20411+2133	HJ 922	9,76	9,79	2016,759	313,83	7,62	0,06	1,32	
20448+2051	A 172	9,82	10,84	2016,759	220,1	2,57	0,27	1,29	
20490+2932	BRT 51 AB	9,2	10,6	2016,759	355,3	6,66	0,11	1,05	
20490+2932	BRT 51 AC	9,2	11,8	2016,759	38,27	4,80	0,12	1,14	
20490+2932	BRT 51 BC	10,6	11,8	2016,759	129,37	4,44	0,20	1,37	
23037+2954	HO 193 AB	8,34	10,68	2017,885	172,7	2,40	0,20	1,50	
23133+2205	STF 2990 AB	8,9	8,97	2017,885	56,7	2,50	0,10	1,30	
23133+2205	ZUL 2 AC	8,9	12,4	2017,885	301	31,90	0,20	0,40	
23171+2045	BRT 2512	9,1	10,5	2017,885	350,9	3,60	0,10	0,90	
23193+0639	J 3256	9,9	10,2	2017,885	165,9	3,70	0,10	2,00	
23260+2344	COU 337	8,92	11,4	2017,885	334,5	3,70	0,20	1,90	
23283+2346	POU 5812 AB	9,51	11	2017,885	159,7	7,70	0,10	0,70	
23283+2346	23283+2346 AC	9,51	12,2	2017,885	179,9	37,40	0,10	0,20	[1] [2]
23311+1847	STF 3020	7,89	9,99	2017,885	101,2	2,00	0,10	1,60	
23336+1749	LOS 1 AB	6,88	11,5	2017,885	179,7	7,40	0,30	1,90	
23369+2016	HJ 988	10	11	2017,885	241,4	9,00	0,10	0,70	
23516+0841	CHE 506	9,75	10,7	2017,885	79,9	8,90	0,20	0,80	
23538+2404	COU 443	9,7	10	2017,885	144,5	2,00	0,20	1,70	
23542+2443	COU 145	9,8	10,6	2017,885	147,5	2,40	0,10	2,60	

Table II : O-C des couples orbitaux

Index WDS	Code découvreur	Date de la mesure (époque Julienne)	Grade	Orbite	O-C Thêta (°)	O-C Rho (")
07201+2159	STF 1066	2017,189	5	Izm2019	1,22	0,08
10200+1950	STF 1424 AB	2016,331	4	PkO2014c	-1,84	0,06
10596+2527	AG 342 AB	2016,331	5	Izm2019	-0,179	0,056
15245+3723	STF 1938 Ba,Bb	2016,542	2	Sca2013a	1,55	-0,01
16147+3352	STF 2032 AB	2016,537	4	Izm2019	-1,05	-0,09
17121+2114	STF 2135 AB	2016,542	5	Izm2019	-1,34	0,03
17121+2114	STF 2135 AB	2016,666	5	Izm2019	-0,65	-0,03
17146+1423	STF 2140 AB	2016,542	4	Baz1978	-3,88	0,14
17146+1423	STF 2140 AB	2016,666	4	Baz1978	-2,26	0,38
19162+2757	HO 447	2016,688	5	Izm2019	-0,05	-0,11

Table III : nouveaux couples - mesures

Index WDS	Code découvreur	Composantes	Magnitude de l'étoile primaire	Magnitude de l'étoile secondaire	Date de la mesure (époque Julienne)	Rho (")	Thêta (°)	Ecart-type Rho	Ecart-type Thêta	Note
07247+1753	J 1062	AB	9,6	9,8	2017,203	2,14	248,71	0,13	1,86	[1]
07247+1753		AC	9,6	10,9	2017,203	26,35	15,54	0,12	0,27	[2]
07247+1753		AD	9,6	10,1	2017,203	47,87	329,380	0,18	0,16	[2]
23283+2346	POU 5812	AB	9,51	11	2017,885	7,70	159,70	0,1	0,7	[1]
23283+2346		AC	9,51	12,2	2017,885	37,40	179,90	0,1	0,2	[2]

Table IV - nouveaux couples - références GAIA DR3 des composantes

Index WDS	Composantes	Référence Gaia DR3
07247+1753	A	3169950885405372160
	B	3169950881110086656
	C	3169950885407136896
	D	3169950949829563008
23283+2346	A	2839792007719574912
	B	2839792007718047232
	C	2839792007719575424



Benjamin Poupard

Après avoir été animateur scientifique pendant de longues années, je suis aujourd'hui responsable des activités pédagogiques et scientifiques au Planétarium de Reims. Astronome amateur depuis la fin de la photographie argentique, je suis surtout un explorateur «visuel» du ciel... qui se transforme en chasseur d'étoiles doubles les nuits de Pleine Lune.