

# LUHMAN 16 : UNE BINAIRE CONSTITUÉE DE DEUX NAINES BRUNES ET SITUÉE À 2 PC DU SOLEIL

A binary star consisting of two brown dwarves and located at 2 pc from the sun

André DEBACKERE<sup>(1)</sup>, Jean-François COLIAC<sup>(2)</sup>, Edgar SOULIE<sup>(3)</sup>, Pierre DURAND<sup>(2)</sup>, Patrick WULLAERT<sup>(4)</sup>, Daniel BONNEAU<sup>(5)</sup>.

1 Commission des étoiles doubles de la Société Astronomique de France, utilisateur des Télescopes Faulkes

2 Commission des étoiles doubles de la Société Astronomique de France

3 Vice-Président de la Commission des étoiles doubles de la Société Astronomique de France

4 Président de la Commission des étoiles doubles de la Société Astronomique de France

5 Astronome honoraire de l'Observatoire de la Côte d'Azur et conseiller scientifique de la Commission des étoiles doubles de la Société Astronomique de France



## Résumé

Nous présentons des observations du système binaire très intéressant appelé Luhman 16. Situé dans la constellation des Voiles, Luhman 16 (également appelé WISE J104915.57-531906.1) a été découvert en mars 2013 par Kevin Luhman dans les données de Wide-field Infrared Survey Explorer (WISE). Nous rapportons un suivi astrométrique de cet objet à l'aide du Faulkes Telescope South constitué de 22 programmations d'images individuelles dans les bandes R, I et i' obtenues au cours d'une période de cinq semaines dans le cadre d'un nouveau projet lancé en novembre 2020 par la Commission des Etoiles Doubles de la Société Astronomique de France. Ce projet vise à mesurer des binaires situées dans le voisinage solaire. L'enjeu est d'identifier ces objets à fort mouvement propre dans le champ stellaire puis de réaliser les mesures astrométriques et photométriques de ces binaires.

## Abstract

We present observations of the very interesting binary system called Luhman 16. Located in the Vela constellation, Luhman 16 (also called WISE J104915.57-531906.1) was discovered in March 2013 by Kevin Luhman in the data from the Wide-field Infrared Survey Explorer (WISE). We report an astrometric monitoring of this object using the Faulkes Telescope South and consisting of 22 individual requests in the R, I and i' bands gathered over a five-week period as part of a new project launched in November 2020 by the Double Star Committee of the French Astronomical Society. This project aims to measure binaries located in the solar neighbourhood. The challenge is to identify these high proper motion objects in the star field and then to carry out the astrometric and photometric measurements of these binaries.

**Keywords : astronomy, binaries, brown dwarfs, infrared stars, proper motions, solar neighbourhood, astrometry, photometry**



## 1 INTRODUCTION

C'est la première fois qu'André Debackère tente d'observer un couple de naines brunes. Les naines brunes sont trop massives pour être des planètes, mais pas assez pour être considérées comme des étoiles. Les températures de ces astres sont donc très basses et rendent leur détection difficile dans le domaine des longueurs d'onde visibles. S'adressant à Debackère, Patrick Wullaert remarque : "LUH 16 est sans doute le couple stellaire le plus froid que tu aies jamais imagé". De plus, il s'agit d'un objet proche du Soleil. Lors de la réunion d'octobre 2020 à Saint Étienne, la Commission des Etoiles Doubles s'est intéressée aux couples proches du Système solaire. D'un point de vue statistique, leur proximité doit permettre d'observer des couples liés gravitationnellement tout en étant relativement écartés. Généralement, leur déplacement sur le fond de ciel étoilé est très rapide. Une première liste de cibles à la portée des instruments amateurs a été présentée lors de cette réunion de la Commission. La faible luminosité et le déplacement rapide sur le fond du ciel sont les deux difficultés auxquelles nous sommes confrontés lorsqu'on observe la binaire **LUH 16 de coordonnées équatoriales J2000.0 10h49m15s.53 -53°19'06".2** fournies par le catalogue AllWISE Data Release (Cutri, R. M. et al. 2013). Dans un courriel du 14 novembre 2020, Jean-François Coliac nous propose d'observer LUH 16 ainsi nommée car cette binaire fut découverte en 2013 par Kevin Luhman, (Luhman, 2013). Une découverte étonnante, basée sur des données extraites du Wide-field Infrared Survey Explorer (WISE) et complétée par

d'autres observations, qui place cet objet à la troisième place des astres les plus proches du système solaire, après Alpha du Centaure et l'étoile de Barnard. C'est aussi le Système binaire, constitué de naines brunes, le plus proche du Soleil connu à ce jour. Cet objet se trouve dans "Les Voiles" (génitif Velorum), une constellation de l'hémisphère sud, située entre les constellations de "La Carène" et de "La Machine Pneumatique". Il est donc inobservable depuis l'hémisphère nord. Edgar Soulié, ayant des doutes sur la faisabilité des observations avec un télescope de 80 cm, avait contacté Daniel Bonneau qui précise : "Cela confirme notre première impression que l'observation de ce couple doit être (très) difficile avec un petit télescope ( $D \leq 1$  m) dans le visible (magnitude 16 à 550 nm) et même dans le proche infrarouge avec une magnitude de 15 à 800 nm. La séparation angulaire du couple n'est pas le problème (séparation de 1,5") ni la différence de magnitudes (= 0,45 mag à 800 nm). J'avoue ne pas connaître les performances ultimes des observations effectuées par imagerie électronique sur un télescope de 80 cm, mais je serais tenté de penser qu'une observation sur un plus grand télescope ( $D \geq 1$  m) serait plus facile". Soulié pense alors à l'utilisation d'un télescope robotisé auquel Debackère a accès.

### 1.1 Campagne d'observation

Debackère utilise le réseau de télescopes robotiques du Las Cumbres Observatory (LCO) dans le cadre du Faulkes Telescope Project, et pour effectuer cette observation le télescope Faulkes Telescope South (2,0 m, FTS), situé à Siding Spring (Australie).

### 1.1.1 Etat des observations

La gestion des observations est assurée par Debackère du 19 novembre au 22 décembre 2020. Il assure également le téléchargement, la décompression, la conversion au format FITS, l'orientation standard des images (Nord en haut et Est à gauche) des images obtenues.

L'analyse et l'exploitation des données sont réalisées par notre groupe avec l'expertise scientifique de Daniel Bonneau.

### 1.1.2 LUH 16, une binaire actuellement très étudiée

Une recherche documentaire menée par Wullaert a montré que de nombreux articles sont publiés depuis 2013. Articles à partir desquels nous pouvons extraire des informations (Table 1).

Paramètres	Primaires	Secondaire	Références
<b>Spectre</b>	L7.5 ±1	T0.5 ±1	Burgasser et al. (2013) : <a href="https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0004-637X/772/2/129">https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0004-637X/772/2/129</a> , et Kniazev et al. (2013) : <a href="https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0004-637X/770/2/124">https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0004-637X/770/2/124</a>
<b>Masse / Jupiter</b>	33.51 +0.3 -0.29	28.55 +0.26 -0.25	Lazorenko & Sahlmann (2018) : <a href="https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2018A%26A...618A.111L/abstract">https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2018A%26A...618A.111L/abstract</a>
<b>T eff (K)</b>	1310 ±30	1280 ±75	Faherty et al. (2014) : <a href="https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0004-637X/790/2/90">https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0004-637X/790/2/90</a>
<b>μα ("an.<sup>-1</sup>) μδ ("an.<sup>-1</sup>)</b>	-2.759 ±0.006 +0.354 ±0.006		Luhman (2013) : <a href="https://iopscience.iop.org/article/10.1088/2041-8205/767/1/L1">https://iopscience.iop.org/article/10.1088/2041-8205/767/1/L1</a>
<b>Distance (UA) entre comp.</b>	3.1 ±0.3		Luhman (2013)
<b>Distance (pc) au Soleil</b>	1.9937 ±0.0003		Lazorenko & Sahlmann (2018)

Table 1 - Caractéristiques de la binaire LUH 16 (Information concernant les types spectraux L et T : [https://fr.wikipedia.org/wiki/Type\\_spectral](https://fr.wikipedia.org/wiki/Type_spectral)).

### 1.1.3 Système imageur

Nom de la caméra : Spectral - 4Kx4K 15-μm  
Classe du télescope : 2 mètres  
Echantillonnage (" /pix.) : 0.304 (binning 2x2)  
Champ (') : 10 x 10

Pour un télescope de D = 2m, l'échantillonnage semble bien adapté pour une résolution angulaire limitée par l'agitation atmosphérique à environ à peine mieux que 1" ce qui est

effectivement un peu juste pour observer un couple à 1".5 comme le souligne Pierre Durand.

### 1.1.4 Acquisition des images

Debackère programme les acquisitions d'images à partir du site Internet du réseau LCO en tenant compte de la visibilité de la cible depuis Siding Spring (Australie) et de ses mouvements propres importants (Table 2).

Site	Siding Spring					
Filtres	Largeur de bande (nm)	Longueur d'onde centrale (nm)	Temps d'exposition (s)	Nombre d'images demandées	Nombre d'images obtenues	Nombre d'images exploitables
<b>Bessel R</b>	158.0	640.7	60	3	2	1
<b>Bessel I</b>	154.0	798.0	60	9	5	0
			70	8	3	2
<b>SDSS i'</b>	129.0	754.5	60	1	1	0
			90	1	1	0
<b>Total</b>				22	12	3

Table 2 - Informations observationnelles.

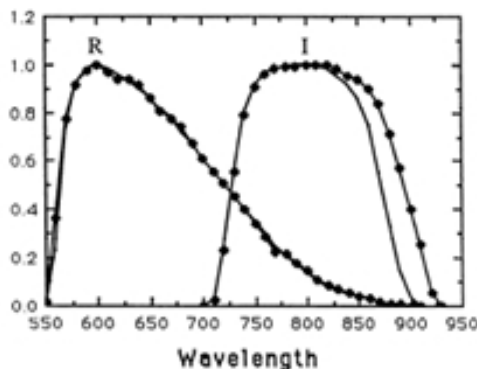


Figure 1 - Courbes de transmission des bandes R et I définies par Bessel (1990, "UBVRI bandpass", M. S. Bessel, PASP, 102, 1181).

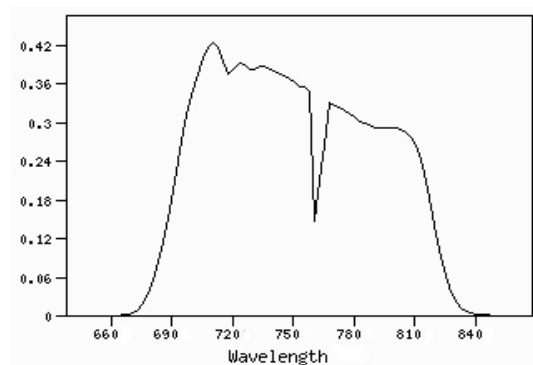


Figure 2 - Courbe de transmission de la bande i' du Sloan Digital Sky Survey photometric system (SVO Filter Profile Service).

## 2. DONNEES

### 2.1 Préparation des images obtenues

Debackère prépare toutes les images pour l'astrométrie (téléchargement depuis le site web du LCO, décompression, conversion au format FITS et orientation), (Fig 3).

#### 2.1.1 Où se trouve LUH 16 ?

Le catalogue AllWISE Data Release (Cutri, R. M. et al. 2013, wise rept. 1C) fournit les coordonnées équatoriales J2000.0 (ascension droite  $\alpha$  et déclinaison  $\delta$ ) ainsi que les mouvements propres en ascension droite ( $\mu\alpha$ ) et en déclinaison ( $\mu\delta$ ) de LUH 16:

$$\begin{aligned} \alpha &= 10\text{h } 49\text{m } 15\text{s}.529440 & \mu\alpha &= -2''.646 / \text{an} \\ \delta &= -53^\circ 19' 06''.18492 & \mu\delta &= +0''.408 / \text{an} \end{aligned}$$

A l'aide de ces informations nous pouvons calculer la position de notre cible à la date d'observation, nous obtenons par exemple pour l'image du 26 novembre 2020 : LUH16, J2020.906,  $\alpha = 10\text{h}49\text{m}12\text{s}.352$  et  $\delta = -53^\circ 18' 57''.65$

Ce qui nous permet d'identifier LUH 16 parmi le champ assez dense des étoiles visibles sur l'image (Fig. 3).

### 2.2 Images

Noter la différence de luminosité des objets en fonction de la bande spectrale utilisée. LUH 16 est nettement plus brillante en infrarouge qu'en rouge (comparez les extraits 2 et 3 de la figure 4). En abaissant les seuils de luminosité pour éviter la saturation des composantes de LUH 16, la paire "C" (Fig. 5) est bien visible en lumière rouge (extraits 1 et 2) alors qu'elle ne l'est plus dans l'infrarouge (extraits 3 et 4).

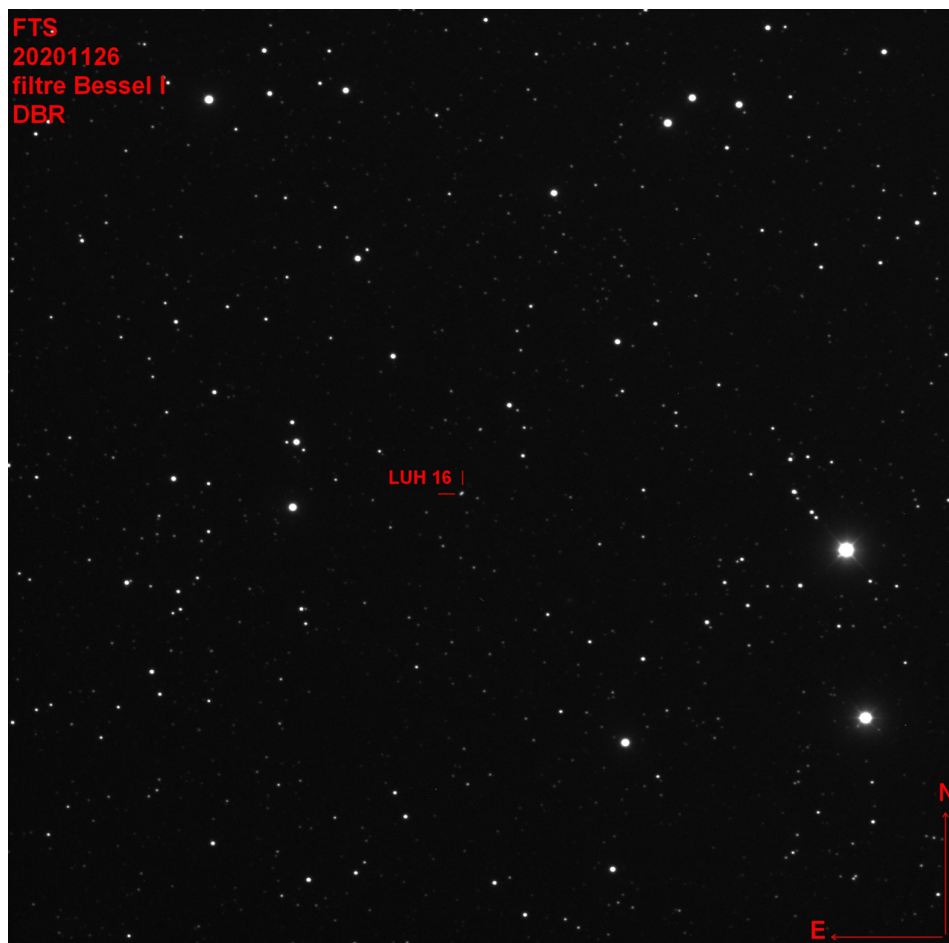


Figure 3 - Une image prête pour l'astrométrie, pixel 0.3". Champ 10'x10'

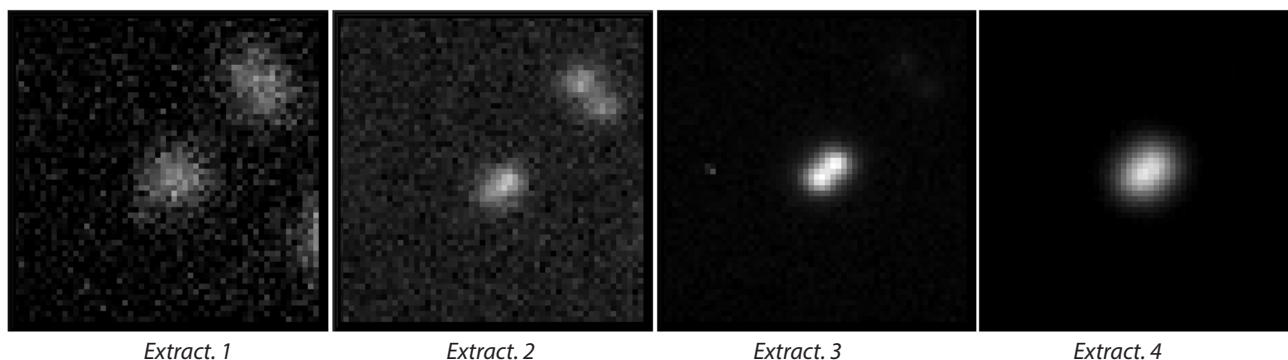


Figure 4 - Quatre extraits d'images dans REDUC centrées sur LUH 16, les deux images de gauche, filtre Bessel R, montrent le couple LUH 16 et la composante C, sur les deux images de droite, filtre Bessel I, cette composante n'est pas visible.

	Extract. 1	Extract. 2	Extract. 3	Extract. 4
Date	19 nov. 2020	20 nov. 2020	26 nov. 2020	27 nov. 2020
Heure TU	16h34m54.4s	16h32m09.6s	16h07m51.6s	16h05m53.6s
FWHM (")	3.0	1.9	2.0	1.2
Rapport signal/bruit	9.6	15.1	67.6	67.0
Filtre Bessel	R	R	I	I
Exposition (s)	60	60	70	60

Table 3 - Informations sur les images fournies par Astrometrica.

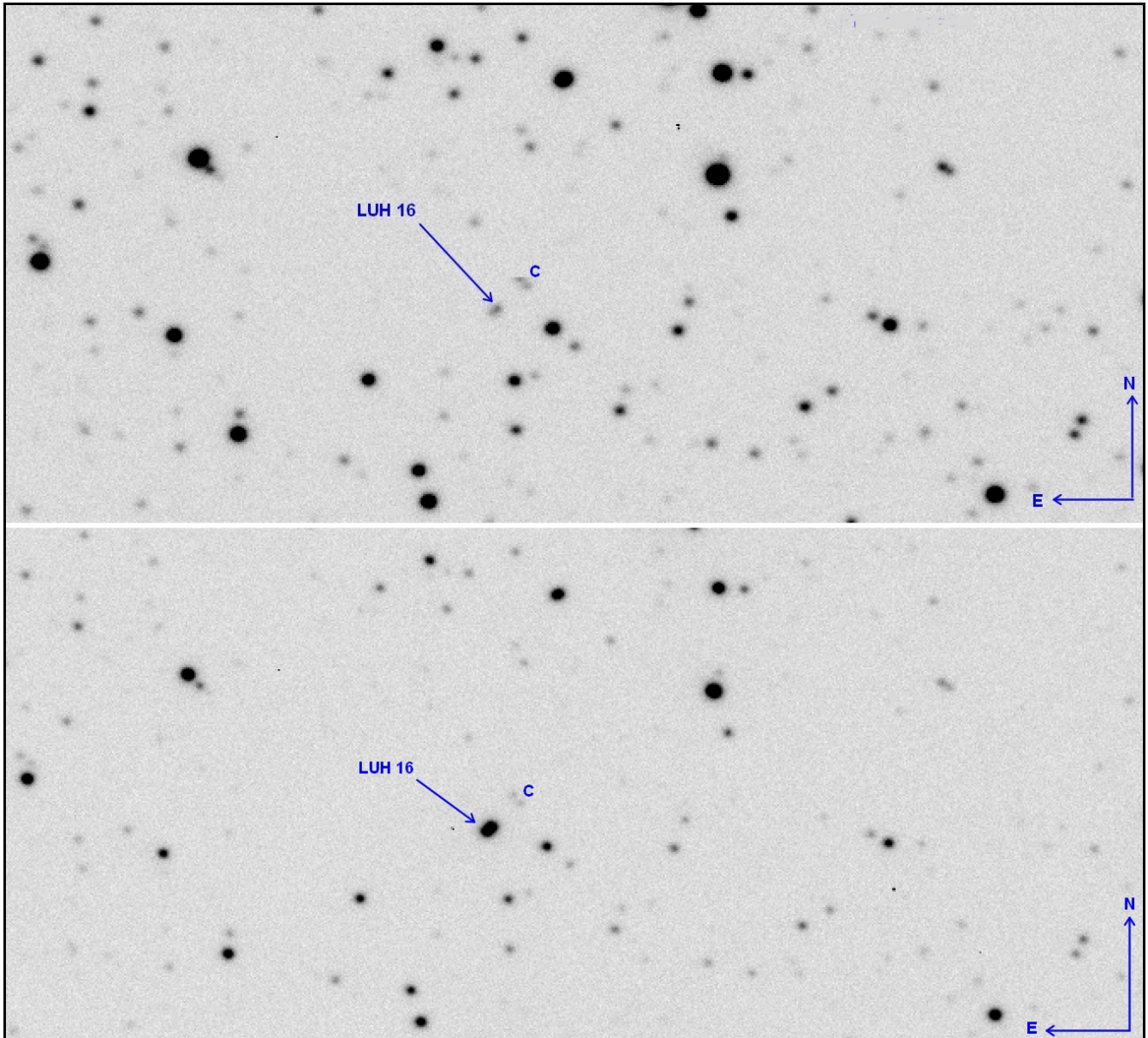


Figure 5 - Comparaison R en haut et I en bas.

## 2.3 Astrométrie

### 2.3.1 Calibration des images

Pour entreprendre l'astrométrie d'une binaire visuelle, nous devons disposer de couples étalons dont l'angle de position ( $^{\circ}$ ) et la séparation (") sont bien connus à la date d'observation. La mesure de LUH 16, est assurée par Debackère. Nous ouvrons l'image dans ALADIN et sélectionnons le catalogue GAIA early data release 3 (du 3 décembre 2020).

Ensuite nous avons choisi trois couples d'étoiles dans ce champ appelés A1B1, A2B2 et A3B3. Le catalogue Gaia-eDR3

permet d'identifier les étoiles précédentes mais les coordonnées J2000.0 fournies par ce catalogue ne sont pas retenues en raison du déplacement des étoiles dû à leurs mouvements propres durant 21 ans environ et qui sont bien visibles sur l'image. Pour obtenir les coordonnées équatoriales à la date de l'observation des six étoiles précédentes il faut pointer le photocentre de chacune d'elles, ALADIN affiche alors les coordonnées recherchées à la date de l'observation. Nous pouvons ensuite calculer l'angle de position  $\theta$  ( $^{\circ}$ ) et la séparation  $\rho$  (") de ces trois couples à partir des coordonnées équatoriales respectives de leurs composantes (Table 4).

Références	Catalogue GAIA eRD3 Id	Mesures de position		Calculs	
		A.D. (hh:mm:ss.sss)	Décl. (dd:mm:ss.ss)	$\theta$ (°)	$\rho$ (")
<b>A1</b>	5353637053282538752	10:48:48.68636	-53:18:42.0048	277.97263	11.4109
<b>B1</b>	5353637048966577280	10:48:47.42541	-53:18:40.4221		
<b>A2</b>	5353625748928846464	10:49:24.00605	-53:20:16.2512	195.40563	9.8499
<b>B2</b>	5353625744618859648	10:49:23.71388	-53:20:25.7472		
<b>A3</b>	5353625950770711424	10:49:24.24968	-53:18:28.4777	11.79049	12.9262
<b>B3</b>	5353625955087291264	10:49:24.54435	-53:18:15.8242		

Table 4 - Trois couples étalons et calibration dans REDUC.

### 2.3.2 Première mesure de LUH 16 (Filtre Bessel R)

La première image obtenue le 19 novembre 2020 n'est pas mesurable (Table 3 ; Extract.1) par contre celle du 20 novembre (Table 3 ; Extract 2), filtre Bessel R et exposition 60s devient accessible à la mesure avec REDUC.

Ce logiciel de Florent Losse permet de déterminer l'orientation  $\Delta$  (°) du capteur de la caméra ainsi que l'échantillonnage E ("/pix) de l'image pour chaque étalon. Nous retenons la moyenne de  $\Delta$  et de E (Table 5).

Calibration du REDUC	
$\Delta$ (°)	E ("/pix)
0.33	0.30131
0.81	0.30020
0.68	0.30031
Moyenne	
<b>0.61</b> <b>± 0.25</b>	<b>0.30061</b> <b>± 0.00061</b>

Table 5 - Orientation et échantillonnage

#### 2.3.2.1 Angle de position et séparation

Nous déterminons ensuite l'angle de position  $\theta$  (°) et la séparation  $\rho$  (") du couple LUH 16. Après découpage et alignement, puis en utilisant un rééchantillonnage avec QuadPx à deux reprises, nous mesurons le couple. Le logiciel SURFACE, mis au point par Morlet et Salaman en langage C à partir de l'algorithme développé par Bacchus, est très performant dans le cas de couples serrés dont la lumière est mélangée. La mesure est répétée trois fois en manuel.

Nos résultats sont consignés dans la table 6. Notons toutefois que la précision de cette mesure est limitée par la détermination incertaine du photocentre de la deuxième composante (Table 3 ; Extract.2). Finalement, en tenant compte des erreurs déterminées précédemment sur  $\Delta$  et sur E, nous obtenons pour LUH 16 :  $\theta = 124^\circ.57 \pm 0^\circ.96$   $\rho = 1''.170 \pm 0''.006$

Mesures	$\theta$ (°)	$\rho$ (")
<b>1</b>	124.49	1.169
<b>2</b>	123.90	1.174
<b>3</b>	125.31	1.166
Moyenne	124.57	1.170
Erreur	0.71	0.004

Table 6 - Mesures et calcul d'erreur.

#### 2.3.2.2 Position de LUH 16

Nous avons mesuré la position de LUH 16 à la date de l'observation sur notre image ouverte dans ALADIN, la fonction "zoom" s'avère ici très utile comme on peut le voir sur la figure 6. Sur cette image, il est impossible de déterminer les coordonnées de chaque composante, nous pointons le pixel le plus brillant :

**LUH 16 AB : J2020.890**

**$\alpha = 10h49m11s$  et  $\delta = -53^\circ18'21''$**

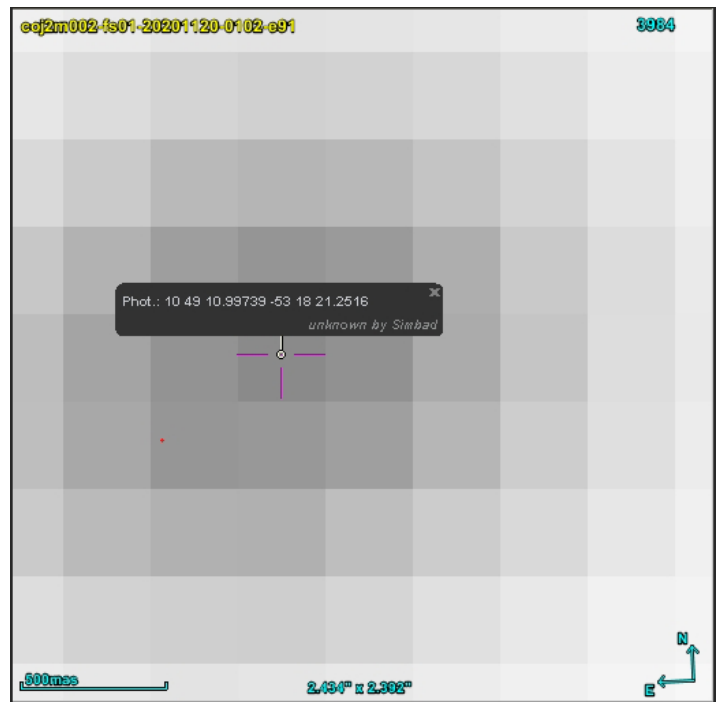


Figure 6 - Position de LUH 16 à la date d'observation du 20/11/2020).

### 2.3.3 Deuxième mesure de LUH 16 (filtre Bessel I, infrarouge proche)

#### 2.3.3.1 Angle de position et séparation

L'image du 26 novembre 2020 (Extract.3, filtre Bessel I et exposition 70s) est de bonne qualité, l'image du 27 novembre 2020 (Extract. 4) n'est pas mesurable. Nous reprenons la méthode décrite plus haut et l'appliquons à l'image du 26 novembre 2020. Nous effectuons la calibration de l'image puis les mesures de  $\theta$  et  $\rho$  de LUH 16.

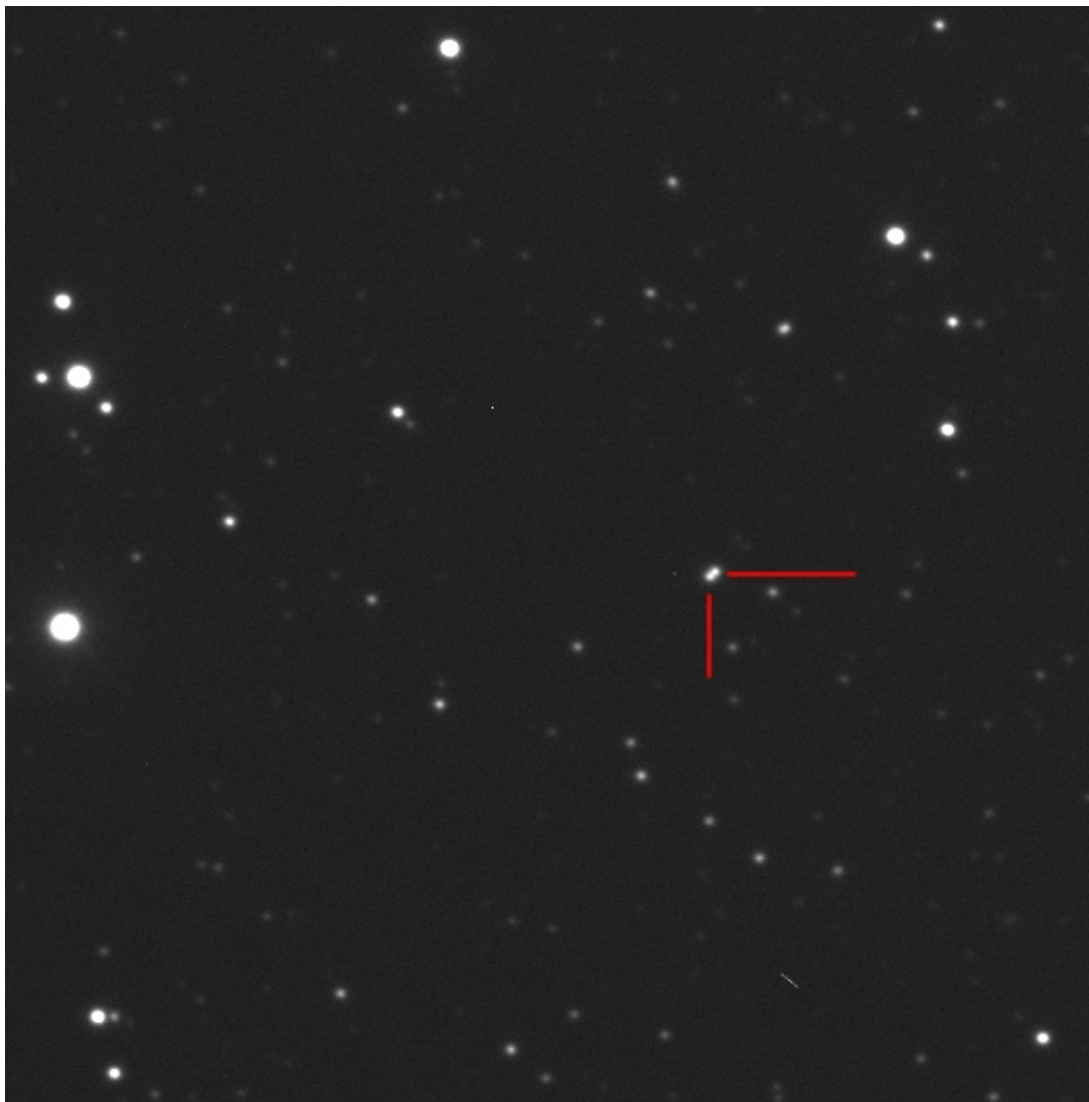


Figure 7 - La binaire Luhman 16 (extrait de l'image du 26 novembre 2020 ouverte dans REDUC).

Calibration du REDUC	
$\Delta$ (°)	E ("/pix)
0.10	0.30131
0.46	0.30020
0.65	0.30031
Moyenne	
<b>0.40</b> <b>± 0.28</b>	<b>0.30334</b> <b>±0.00179</b>

Table 7 - Orientation et échantillonnage.

Mesures	$\theta$ (°)	$\rho$ (")
1	308.25	1.230
2	305.10	1.231
3	308.63	1.228
<b>Moyenne</b>	308.33	1.230
<b>Erreur</b>	0.27	0.002

Table 8 - Mesures et calcul d'erreur.

### 2.3.3.2 Position de LUH 16

Nous pouvons ici bien mesurer la position de chaque composante à la date d'observation du système LUH 16 en pointant le photocentre de chacune d'elle sur l'image ouverte dans ALADIN.

Finalement, en tenant compte des erreurs déterminées précédemment sur  $\Delta$  et sur E, nous obtenons pour LUH 16 :

**LUH 16, J2020.906**  
 $\theta = 308^{\circ}.33 \pm 0^{\circ}.55$   
 $\rho = 1''.230 \pm 0''.009$

### Coordonnées équatoriales de LUH 16, J2020.906 :

**LUH 16 A**  
 $\alpha = 10\text{h}49\text{m}12\text{s}.420$   
 $\delta = -53^{\circ}19'02''.84$

**LUH 16 B**  
 $\alpha = 10\text{h}49\text{m}12\text{s}.320$   
 $\delta = -53^{\circ}19'02''.23$

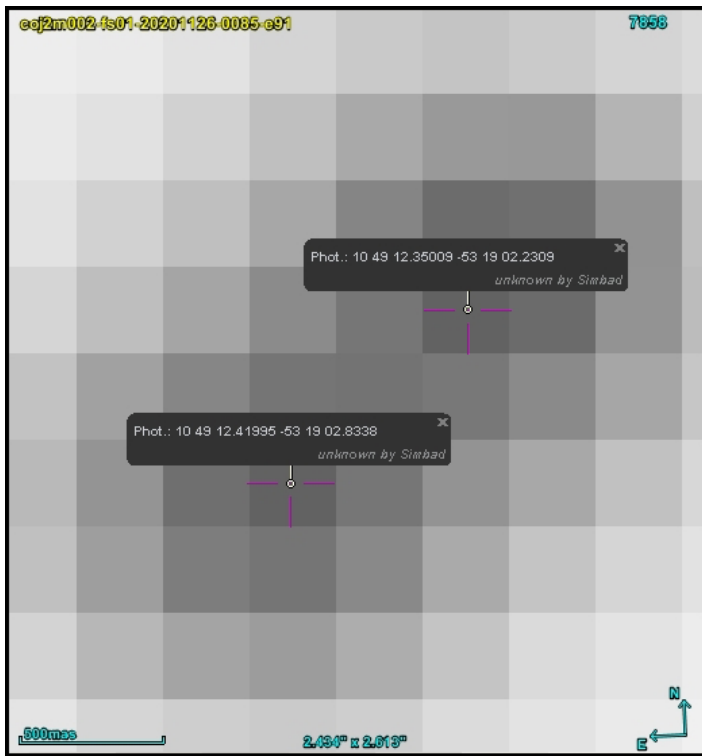


Figure 8 - Positions de LUH 16 A et B à la date d'observation (26 novembre 2020).

### 2.3.4 Troisième mesure de LUH 16 (Bessel I)

La méthode de mesure décrite précédemment est appliquée à une nouvelle image du 9 décembre 2020. Nous obtenons :

LUH 16, J2020.941  
 $\theta = 308^{\circ}.61 \pm 0^{\circ}.22$   
 $\rho = 1''218 \pm 0''.003$

Coordonnées équatoriales de LUH 16, J2020.941:

LUH 16 A  
 $\alpha = 10\text{h}49\text{m}12\text{s}.410$   
 $\delta = -53^{\circ}19'02''.85$

LUH 16 B  
 $\alpha = 10\text{h}49\text{m}12\text{s}.313$   
 $\delta = -53^{\circ}19'02''.21$

### 2.4 Photométrie de LUH 16

Nous ne pouvons pas mesurer la magnitude de chaque composante car celles-ci ne sont pas suffisamment séparées sur notre image mais par contre nous pouvons déterminer la magnitude globale de cet objet.

#### 2.4.1 Etoiles de comparaison

Pour entreprendre la photométrie d'un astre, nous devons choisir des étoiles de comparaison dont la luminosité reste stable pendant la durée des observations. Cependant, dans le cas de LUH 16, il n'y a pas de champ de référence connu pour la photométrie. Debackère a donc recherché des étoiles de comparaison en suivant les recommandations pour la photométrie de l'Association Américaine des Observateurs d'Etoiles Variables (AAVSO). Ce choix comporte quatre étoiles de comparaison: C1, C2, C3 et C4 dont les magnitudes dans l'infrarouge proche sont données dans le catalogue APASS Data Release 9, (Table 9).

Références	Catalogue GAIA eRD3			Catalogue APASS DR9			
	Id	A.D.	Décl.	B-V	B mag	V mag	i' mag
C1	5353626642282046720	10:49:10.973	-53:18:21.18	0.850	16.071	16.921	15.651
C2	5353626573562711680	10:49:17.538	-53:19:24.06	0.802	16.143	16.945	15.940
C3	5353626607922101504	10:49:18.307	-53:18:34.90	0.926	15.346	16.272	14.906
C4	5353625852008069632	10:49:21.482	-53:18:53.16	0.750	15.859	16.610	15.219

Table 9 - Etoiles de comparaison.

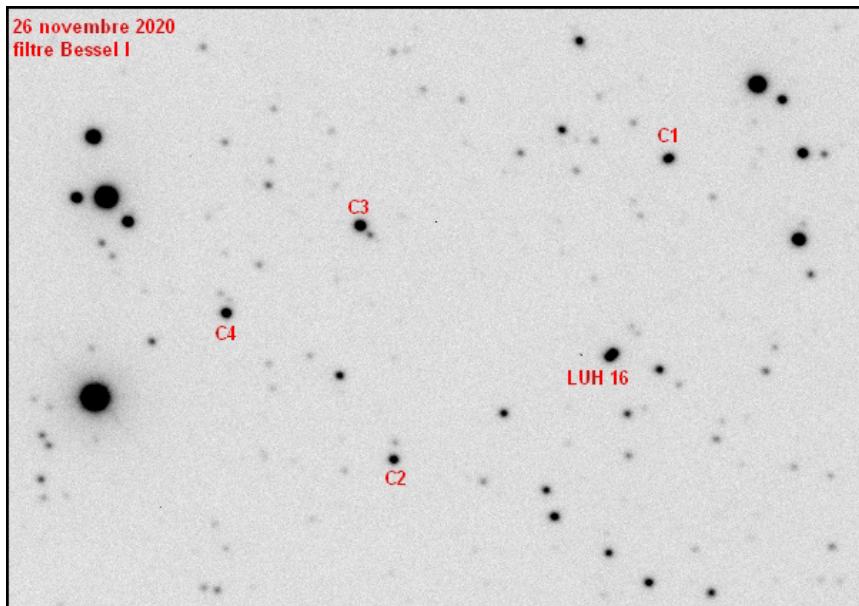


Figure 9 - Etoiles de comparaison (extrait image du 26 novembre 2020 ouverte dans Makali'i).

## 2.4.2 Mesures

### 2.4.2.1 Photométrie d'ouverture

Nous utilisons le logiciel SUBARU Image processor : Makali'i.

Etoiles	R1 objet	R2 fond de ciel	Largeur anneau extérieur	Intensité ADU
C1	9	25	6	141396.353
C2	9	25	6	108296.899
C3	9	25	6	238848.784
C4	9	25	6	159904.476
LUH 16 AB	9	25	6	252199.368

Tableau 10 - Photométrie d'ouverture

Les valeurs des rayons des 3 cercles sont : R1 = 9, R2 = 25 et R3 = 31. Ces mesures d'intensité étant effectuées nous pouvons calculer la magnitude de la cible en utilisant la loi de Pogson (Formule 1) à partir des magnitudes en infrarouge des étoiles de comparaison données par le catalogue APASS DR9, (Table 11).

Magnitude I' de l'étoile de comparaison	Intensité (ADU) de l'étoile de comparaison	Intensité ADU de la cible	Magnitude i' de la cible
C1	15.651	129793.9835	15.039
C2	15.940	99589.18498	15.040
C3	14.906	211980.0696	14.827
C4	15.219	146357.7619	14.737
		<b>Moyenne Mag.</b>	<b>14.888</b>
		<b>Erreur</b>	<b>0.151</b>

Table 11 - Conversion des intensités (ADU) en magnitude.

### 2.4.2.2 Détermination du $\Delta m$

Nous avons tenté une estimation du  $\Delta i$  en effectuant une mesure de l'intensité en utilisant ASTROMETRICA centré sur chaque photocentre, nous avons obtenu pour A:  $i = 15,570 \pm 0,123$  et pour B:  $i = 15,667 \pm 0,123$  soit  $\Delta i = 0,097$  mag. Luhman (2013) donnait  $\Delta i = 0,45$  mag et indiquait que la composante B était placée dans le 3ème quadrant. La différence entre notre estimation de  $\Delta m$  et la mesure de Luhman peut s'expliquer par la variabilité des deux composantes du couple (Buenzli, E. et al., 2015).

### 2.4.2.3 Composition des magnitudes

Nous appliquons la loi de Pogson (Formule 2) pour calculer la magnitude globale du couple à partir de la magnitude de chaque composante.

Formule 2. Magnitude globale

$$m_{AB} = -2.5 \times \log_{10}(10^{(-0.4 \times m_A)} + 10^{(-0.4 \times m_B)}) \quad (2)$$

Ce qui donne  $m_{AB} = 14.87$ , valeur en accord avec la mesure obtenue au paragraphe 2.4.2.1.

## 3 ANALYSE

### 3.1 Mouvement propre de LUH 16

Des images d'archive du Space Telescope Science Institute (STScI Digitized Sky Survey) permettent de montrer le mouvement propre rapide de LUH 16.

Nous avons retrouvé la position de l'objet en 1978 et nous

Formule 1. Calcul de magnitude

$$m(\text{cible}) = 2,5 \times \log_{10}(E/C) + m(\text{ét. comp.}) \quad (1)$$

où C est l'intensité de la cible et E l'intensité de l'étoile de comparaison.

### Filtres utilisés :

- Pour l'acquisition de l'image : Bessel I, largeur de bande 154,0 nm, centré sur 798,0 nm.
- Dans le catalogue APASS-DR9 : SDSS i', largeur de bande 129,0 nm centré sur 754,5 nm.

Ces deux filtres ont donc une bande passante commune dans l'intervalle [644,0; 883,5] nm. La correction à apporter entre I et i' est négligeable par rapport à l'erreur de mesure de la magnitude globale de la cible (Table 11).

Nous obtenons la magnitude (SDSS i') globale de la binaire LUH 16 en infrarouge proche :  $i_{AB} = 14,89 \pm 0,15$

l'avons placé sur notre image du 26 novembre dernier (Fig. 11.), le déplacement est noté d. Dans ALADIN, nous mesurons les positions de LUH 16 sur les images de 1978 et de 2020.

Position de LUH 16, le 19 avril 1978  
à 12h03m03s.00 TU, MJD 43617.5021181  
 $\alpha = 10\text{h}49\text{m}25\text{s}.457$   
 $\delta = -53^\circ 19' 17''.53$

Position de LUH 16, le 26 nov. 2020  
à 16h07m51s.61 TU, MJD 59179.6717139  
 $\alpha = 10\text{h}49\text{m}12\text{s}.420$   
 $\delta = -53^\circ 19' 02''.84$

Nous avons donc un déplacement dans la direction O-NO d'environ -17" en ascension droite et d'environ +15" en déclinaison soit un déplacement "d" d'environ 118" en 42.6 ans. Nous obtenons :

$$\mu \alpha \cos \delta = -2''.737 \text{ par an}$$

$$\mu \delta = +0''.342 \text{ par an}$$

Soit un mouvement propre important d'environ 2".8 par an.

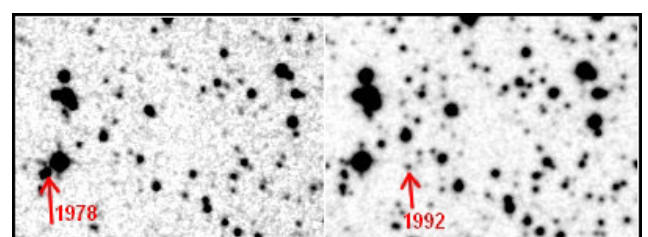


Figure 10 - Mouvement de LUH 16.



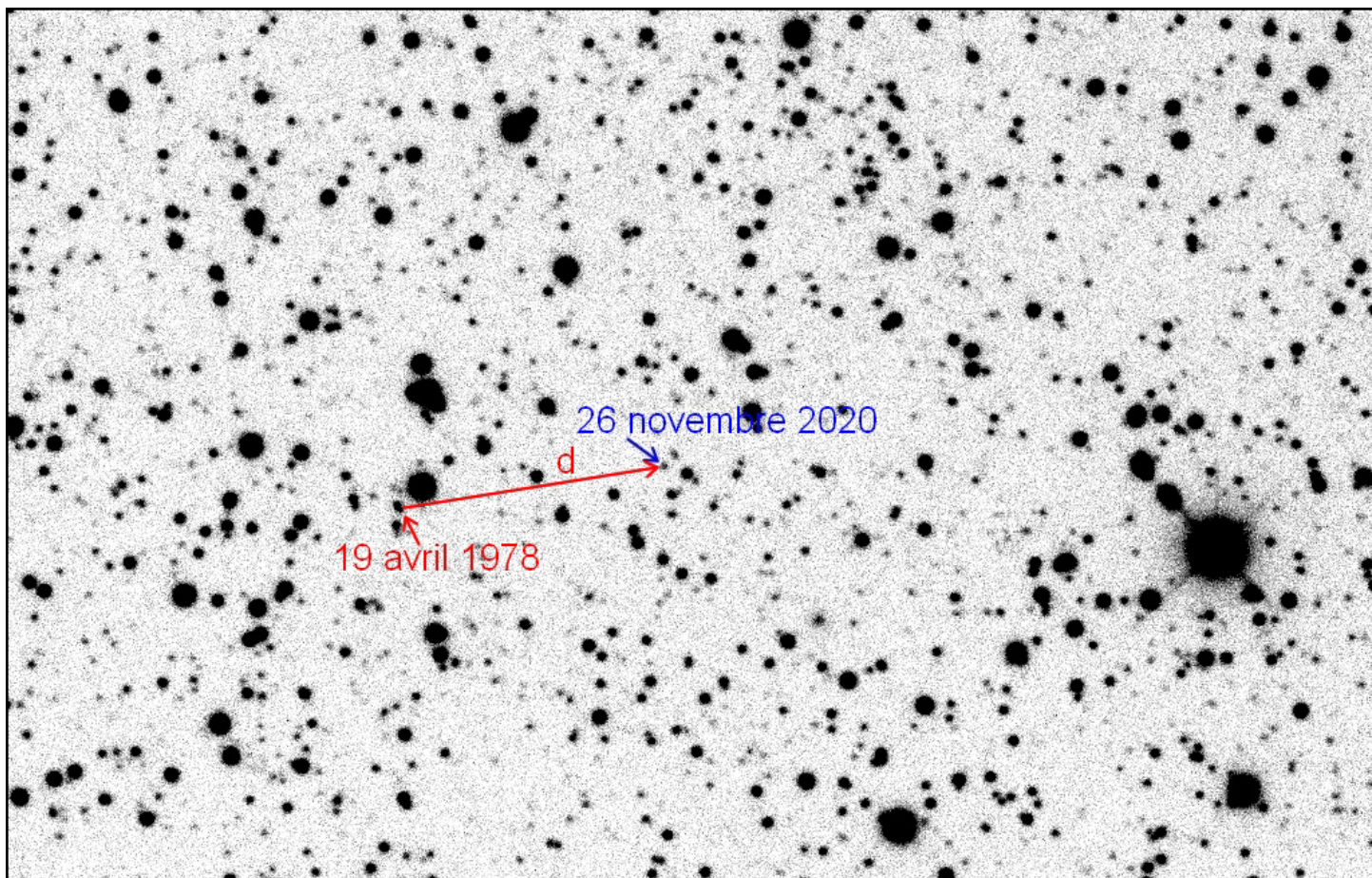


Figure 11 - Déplacement de LUH 16.

### 3.2 Orbite de LUH 16

Wullaert signale que deux orbites ont été calculées : par Garcia et al. (2017) et Lazorenko et al. (2018), (Table 12). Seule l'orbite de Garcia est référencée dans le Sixth Orbit Catalog, (Table 13).

Bonneau remarque que les orbites ne sont pas très différentes sauf pour les valeurs de l'inclinaison ( $100.3/79.5$ ) et le nœud ( $130.1/139.7$ ). Il ajoute que le grade 5 attribué à cette orbite signifie que celle-ci est pour le moins préliminaire.

<b>Période (P)</b> [années]	27.54	+0.39 -0.43	<b>Périastre (T)</b> [année]	2017.78	+0.05 -0.05	<b>Demi-grand axe</b> [arcsecondes]	1.784	+0.013 -0.014
<b>Excentricité (e)</b>	0.343	+0.005 -0.005	<b>Inclinaison (i)</b> [degrés]	100.26	+0.05 -0.05	<b>Longitude du périastre (ω)</b> [degrés]	128.1	+1.5 -1.5
<b>Noeud (Ω)</b> [degrés]	139.67	+0.05 -0.05						
<b>Équinoxe</b>	2000							

Table 12 - Eléments orbitaux Lazorenko et al.(2018).

<b>Période (P)</b> [années]	27.4	± 0.5	<b>Périastre (T)</b> [année]	2017.8	± 0.8	<b>Demi-grand axe</b> [arcsecondes]	1.77	± 0.05
<b>Excentricité (e)</b>	0.35	± 0.04	<b>Inclinaison (i)</b> [degrés]	79.5	± 0.6	<b>Longitude du périastre (ω)</b> [degrés]	130.4	± 7
<b>Noeud (Ω)</b> [degrés]	130.12	± 0.24	<b>Note</b>			<b>Grade</b>	5	(1=Définitive, 5=Indéterminée)
<b>Équinoxe</b>	2000		<b>Dernière observation</b>	2015				

Table 13 - Eléments orbitaux Garcia et al. (2017).

WDS	Gr.	θ	ρ	θ	ρ	θ	ρ	θ	ρ	θ	ρ
		2019.0		2020.0		2021.0		2022.0		2023.0	
10493-5319	5	307.4	1.165	311.9	1.299	316.1	1.275	320.9	1.137	327.5	0.929

Table 14 - Ephémérides.

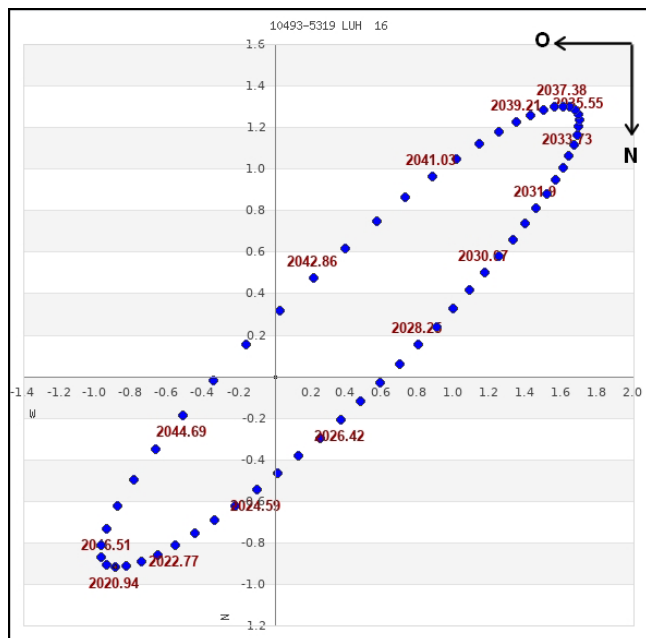


Figure 12 - Orbite calculée en 2017 (Garcia)

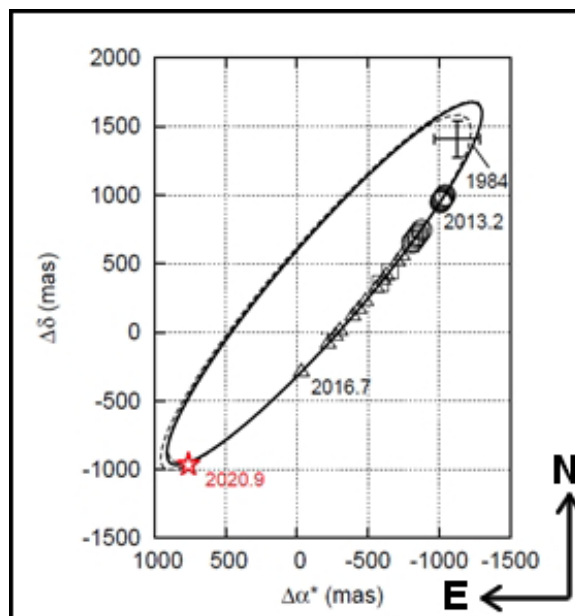


Figure 13 - Orbite calculée en 2018 (Lazorenko)

L'examen de la figure 13 où figurent l'orbite calculée et les mesures montre bien cela. Nous sommes donc actuellement dans une période favorable d'observation, avec une séparation proche d'un des 2 extrema. La période favorable suivante serait dans l'intervalle [2030-2040]. Wullaert a intégré notre mesure sur la figure 5 de la note de Lazorenko (Fig.13). Cette mesure est la première mesure publiée qui montre la composante B située au voisinage de cette extrémité de l'ellipse. A noter l'inversion des sens d'orientation entre la figure 12 issue du Stelle Doppie et la figure 13 (Fig. 5 de la note de Lazorenko).

### 3.3.2 Comparaison des images

Images obtenues les 20 et 26 novembre 2020, la première dans le rouge (filtre Bessel R) et la seconde dans l'infrarouge proche (filtre Bessel I).

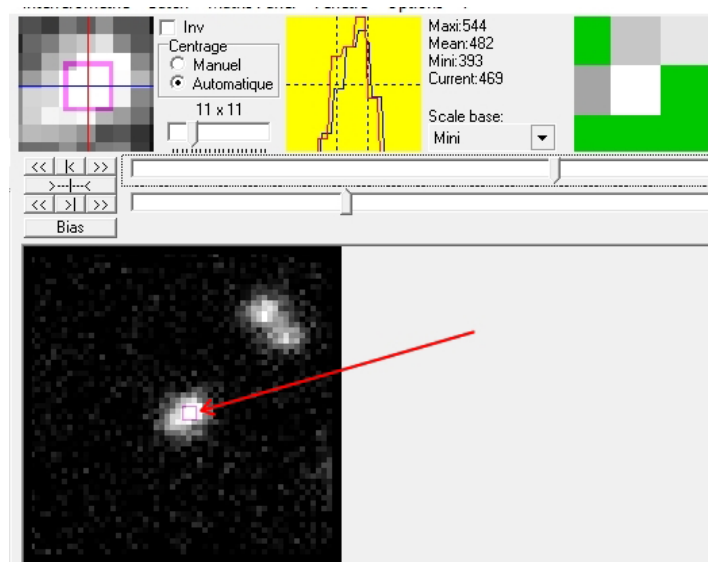


Figure 14 - Avec filtre Bessel R

REDUC pointe automatiquement la composante la plus brillante indiquée par la flèche. Bonneau précise : sur la figure 14 (filtre R, Extract 2), la composante N-O (LUH 16 B) semble plus brillante que la composante S-O (LUH 16 A) si l'on adopte la dénomination donnée par Garcia (2017). Sur la figure 15 (filtre I, Extract 3) les deux composantes paraissent avoir un très faible Δm. Ceci doit expliquer la différence trouvée dans les mesures

de l'angle de position. Comme l'indique Durand, la longueur d'onde utilisée explique l'inversion de quadrant notée par Debackère ainsi que dans les mesures enregistrées par exemple dans le Washington Double Star Catalog, WDS ( $\theta = 309^{\circ}.70$  en 2014 et  $186^{\circ}.20$  en 2016). Wullaert remarque que cela peut être expliqué par un effet lié aux magnitudes très proches des deux composantes.

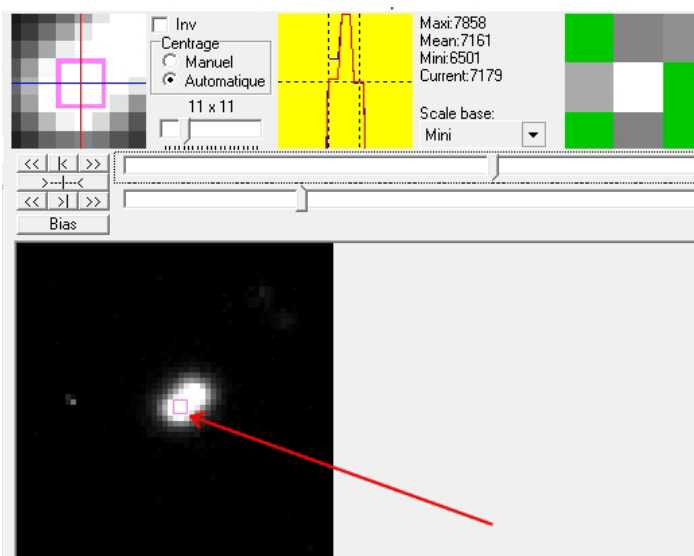


Figure 15 - Avec filtre Bessel I

## 4 DISCUSSION

Edgar Soulié dans un message du 27 novembre 2020 félicite Debackère pour "l'obtention d'une image du couple LUH 16 assez peu lumineux même en infrarouge à l'aide du télescope Faulkes de 2 mètres d'ouverture installé en Australie". Il s'adresse ensuite à l'ensemble des collègues : "L'image de la binaire LUH16 du 20 novembre 2020 (filtre R) m'apparaît comme une ellipse nettement allongée, dont le grand axe va du bas à gauche vers le haut à droite. Toutes les autres images stellaires m'apparaissent aussi comme des ellipses allongées. Mais elles ont toutes leur grand axe parallèle au grand côté de l'image. Cette remarque suggère que le télescope a suivi imparfaitement les étoiles du champ. Si cette explication était exacte, je pense que l'orientation du grand axe de la binaire LUH16 sur cette image ne serait pas la projection de l'orientation réelle du segment

joignant les photocentres des deux étoiles. Il y aurait alors une correction à faire. Qu'en pensez-vous ?"

Bonneau pose la question : pourquoi une telle variation apparente du  $\Delta m$  dans les images ? Il ne pense pas que cela soit dû à la différence de couleur des deux composantes classifiées L7.5 pour A et T0.5 pour B, mais il faudrait connaître les indices de couleurs ( $R - I$ ) pour ces deux types spectraux pour en être certain. Concernant les mesures de LUH 16, Bonneau indique qu'il lui semble que les mesures de la position relative des composantes ont été faites à partir de la mesure des photocentres des images de chacune des composantes et non de l'ellipticité des images. Les mesures de séparation et d'angle de position ne devraient donc pas être à corriger. Par contre, il est bien vrai que d'autres observations faites avec une longueur focale plus importante permettraient de meilleures mesures astrométriques et photométriques du couple.

Tenant compte de notre mesure de LUH 16 et au vu de la figure 5 de la note de Lazorenko (Fig. 13), Wullaert pense qu'une nouvelle mesure dans 2 à 3 ans constituerait un bon test pour les orbites calculées. Debackère ajoute que Lazorenko a affiné la détermination des masses individuelles du couple LUH 16 avec une précision relative de trois à quatre fois meilleure que les estimations de Garcia. Les mesures s'affineront encore à l'avenir lorsque l'astrométrie couvrira une plus grande partie de l'orbite. En ce qui concerne la parallaxe et les mouvements propres, Lazorenko a utilisé des images de la caméra FORS2 du Very Large Telescope, il souligne qu'il a obtenu une précision deux fois supérieure à celle fournie par le catalogue GAIA DR2. Les bonnes performances astrométriques de FORS2 sont dues à un rapport signal sur bruit plus élevé.

## 5 CONCLUSION

Ce travail d'observation et de mesure de LUH 16 nous a amené à résoudre quelques difficultés dues aux caractéristiques de ce couple. En premier lieu son identification dans un champ stellaire assez dense compte tenu de son mouvement propre important est plus difficile. Deuxièmement, la nature de cette binaire, constituée de deux naines brunes donc de faible température rend l'observation très difficile en lumière rouge mais aussi en infrarouge proche. Troisièmement, les magnitudes proches des deux composantes induisent une inversion de quadrant suivant la longueur d'onde utilisée pour l'observation comme nous l'avons constaté dans nos images mais aussi dans les mesures de LUH 16 publiées au WDS. Nos deux seules mesures de l'angle de position et de la séparation sont cohérentes avec les éphémérides du Sixth Orbit Catalog (orbite calculée en 2017). Notre mesure de mouvement propre d'environ 2".8 par an, montre un mouvement important en accord avec les mesures de Luhman (2013). Notre mesure de magnitude globale en infrarouge proche est cohérente avec celle fournie par la base de données DENIS data base, DR3 (2005) :  $I = 14.95 \pm 0.04$ . Nous notons un faible  $\Delta m$  entre les composantes ne correspondant pas à la mesure de Luhman (2013).

Bonneau ajoute : cette première tentative est finalement un succès remarquable. On peut seulement regretter que Debackère n'ait pas pu obtenir un plus grand nombre d'images exploitables. A l'avenir, il faudrait aussi essayer de faire des mesures photométriques différentielles qui pourraient aider à mieux déterminer la nature des composantes.

Pour terminer Wullaert nous indique deux liens très intéressants visualisant la "valse" de ce couple au cours du temps :

- [ESA/Hubble, L. Bedin et al.](#)

- [Modelled motions \(proper motions + annual parallax + A-B orbital motion\) of WISE J104915.57-531906.1, a.k.a. Luhman 16AB. Credit: Luigi R. Bedin \(INAF OAPD\)](#)

Une très récente publication du 8 janvier 2021 nous est signalée par Wullaert (Apai, D. et al., 2021). Il s'agit d'une analyse photométrique réalisée à l'aide du télescope spatial TESS. Wullaert dit : "Il est très curieux de voir qu'une analyse photométrique globale, je veux dire intégrant le flux issu des 2 composantes, a permis de donner des informations sur LUH 16B. L'auteur a fait une analyse en périodes du signal obtenu, ce qui lui a permis de sélectionner des informations provenant de LUH 16A et d'autres de LUH 16 B. Les informations obtenues pour LUH 16B, indiqueraient la présence de vents rapides (jet streams) au voisinage de l'équateur et de vortex aux pôles." Wullaert donne également les liens permettant d'accéder à deux vidéos sur :

- [Phys.org](#)
- [publication de l'IOP](#)

## 6 REMERCIEMENTS

L'auteur remercie chaleureusement toutes les personnes impliquées dans cette première tentative d'observation d'une binaire de naines brunes et plus particulièrement le Professeur Paul Roche de l'Université de Cardiff, directeur du Faulkes Telescope Project, qui lui permet d'accéder au réseau de télescopes robotiques du LCO et d'obtenir du temps de télescope (en particulier au Faulkes Telescope South dans le cadre de cette étude). Il tient également à remercier Florent Losse, concepteur du logiciel REDUC. Enfin il rend un hommage posthume à Maurice Salaman (1928-2016) et à Guy Morlet (1923-2020) qui ont développé le logiciel SURFACE, outil très utile et performant dans ce type de mesure.

Ce travail a utilisé :

- Las Cumbres Observatory, LCO global network, <https://lco.global/>
- American Association of Variable Star Observers AAVSO, <https://www.aavso.org/>
- VizieR catalogue access tool, CDS, Strasbourg, France (DOI: 10.26093/cds/vizieR). The original description of the VizieR service was published in A&AS 143, 23 (2000)., <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2000A%26AS..143...23O/abstract>
- AllWISE Data Release Catalog, November 13, 2013, <https://wise2.ipac.caltech.edu/docs/release/allwise/>
- Sixth Catalog of Orbits of Visual Binary Stars, November 24, 2020, <http://www.astro.gsu.edu/wds/orb6.html>
- GAIA EDR3 catalogue, <https://gaia.obspm.fr/la-mission/les-resultats/article/gaia-edr3-3-decembre-2020-174>
- AAVSO Photometric All Sky Survey (APASS) DR9 (Henden+, 2016), <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2016yCat.2336....0H/abstract>
- Washington Double Star Catalog maintained at the U.S. Naval Observatory, <https://www.usno.navy.mil/USNO/astrometry/optical-IR-prod/wds/WDS>
- STELLE DOPPIE- Double Star Database, <https://www.stelledoppie.it/index2.php?section=1>
- WDS tool, David Chiron, <http://wdstool.com/>
- DENIS database, 3rd Release (2005), <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2005yCat...102002D/abstract>

LUH 16	A	B	A	B
<b>Coord. équat.</b>	<b>J2020.906</b>		<b>J2020.941</b>	
$\alpha$	10:49:12.420	10:49:12.320	10:49:12.438	10:49:12.340
$\delta$	-53:19:02.84	-53:19:02.23	-53:19:03.13	-53:19:02.24
<b>Mvts propres</b>				
$\mu\alpha.\cos\delta$ (" an <sup>-1</sup> )	-2.737			
$\mu\delta$ (" an <sup>-1</sup> )	+0.342			
$\mu$ (" an <sup>-1</sup> )	2.8			
<b>Magnitudes</b>	<b>A</b>		<b>B</b>	
Bessel I	15.57±0.12		15.67±0.12	
$\Delta m$	0.10±0.17			
globale	<b>AB</b>			
Bessel I	14.89±0.15			
<b>Angle de pos. <math>\theta</math> (°)</b>	308.33±0.55		308.61±0.22	
<b>Séparation <math>\rho</math> (")</b>	1.230±0.009		1.218±0.003	

Table 15. Nos résultats

- STScI Digitized Sky Survey, [https://archive.stsci.edu/cgi-bin/dss\\_form](https://archive.stsci.edu/cgi-bin/dss_form)
- SVO Filter Profile Service supported from the Spanish MINECO through grant AYA2017-84089, <http://svo2.cab.inta-csic.es/theory/fps/>
- REDUC, Florent Losse, <http://www.astrosurf.com/hfosaf/fr/tdownload.htm#reduc>
- ASTROMETRICA, Herbert Raab, <http://www.astrometrica.at/>
- SUBARU Image Processor : Makali'i, <https://makalii.mtk.nao.ac.jp/>
- Cutri, R. M. et al., wise, rept. 1C, (2013), <https://wise2.ipac.caltech.edu/docs/release/allwise/expsup/index.html>
- Buenzli, E. et al., The Astrophysical Journal, Volume 812, Number 2, 2015 October 20, p. 163, <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0004-637X/812/2/163/meta>
- Karalidi, T. et al., The Astrophysical Journal, Volume 825, Number 2, 2016 July 10, p. 90, <https://iopscience.iop.org/article/10.3847/0004-637X/825/2/90>
- Garcia. E. V. et al., Astrophysical Journal, Volume 846, Number 2, 2017 September 10, p. 97, <https://iopscience.iop.org/article/10.3847/1538-4357/aa844f>
- Lazorenko, P. F. et al., Astronomy & Astrophysics 618, A111 (2018), <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2018A%26A...618A.111L/abstract>
- Millar-Blanchaer, M. A. et al., The Astrophysical Journal, Volume 894, Number 1, 2020 May 1, p. 42, <https://iopscience.iop.org/article/10.3847/1538-4357/ab6ef2>
- Apai, D. et al., arxiv.org, 2021 January 8, draft version, <https://arxiv.org/pdf/2101.02253.pdf>

## 7 REFERENCES

- Morley, G., Salaman, M., Obs. & Trav., première partie n°61, pp. 34-48 et deuxième partie n°62, pp. 34-68, décembre 2005 et juin 2006
- Luhman. K. L., The Astrophysical Journal Letters, Volume 767, Number 1, 2013 April 10, L1 (6pp), <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/2041-8205/767/1/L1>
- Sacco. L., Futura Sciences, 2013 March 15, <https://www.futura-sciences.com/sciences/actualites/astronomie-wise-decouvert-nouveau-systeme-binaire-proche-soleil-45193/>



### André Debackère

Astronome amateur depuis l'âge de 18 ans. Je suis membre de la commission des étoiles doubles depuis 1981. C'est Pierre Durand qui m'a initié aux méthodes d'observation et de mesures. J'ai découvert plus de 300 étoiles doubles. Depuis janvier 2010, j'utilise des télescopes robotisés du réseau LCO et de l'université de l'Iowa. Je participe à des projets Pro/Am. Plus récemment j'ai commencé à observer les binaires à éclipses dans le cadre d'une collaboration internationale.