

LDS 838AB : UNE BINAIRE VISUELLE SITUÉE À 2,7 PC DU SOLEIL CONSTITUÉE DE DEUX NAINES ROUGES VARIABLES

LDS 838AB : a visual binary located 2.7 pc from the sun consisting of two variable red dwarves

André DEBACKERE⁽¹⁾, Jean-François COLIAC⁽²⁾, Edgar SOULIE⁽³⁾, Philippe LAURENT⁽²⁾, Patrick WULLAERT⁽⁴⁾, Daniel BONNEAU⁽⁵⁾.

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 LDS 838AB, situé dans la constellation de la Baleine. Cet objet, découvert en 1948-1949 par l'astronome Willem Jacob Luyten sous la dénomination Luyten 726-8, est une binaire à fort mouvement propre située à environ 2,7 pc du Soleil. Ses composantes sont des étoiles naines rouges variables. Nous rapportons la programmation de huit images de cet objet dans la bande R à l'aide du Faulkes Telescope South, s'étalant du 11 décembre 2020 au 15 janvier 2021. Nous donnons les résultats des mesures astrométriques (position et mouvement propre du système ; positions relatives des composantes) et photométriques (photométrie globale et différence de magnitude) obtenus par l'analyse de trois images exploitables.

Abstract

We present observations of the binary system LDS 838AB, located in the Cetus constellation. This object discovered in 1948-1949 by astronomer Willem Jacob Luyten is a high proper motion binary located about 2.7 pc of the Sun. These components are variable red dwarf stars. We report the scheduling of eight images of this object in the R-band using the Faulkes Telescope South, gathered over the period from December 11th, 2020 to January 15th, 2021. We give the results of the astrometric (position and proper motion of the system; relative positions of the components) and photometric (global magnitude and magnitude difference) measurements obtained by the analysis of the three usable images.

Keywords : astronomy, binaries, red dwarfs, variable stars, proper motions, solar neighbourhood, astrometry, photometry



1 INTRODUCTION

Les observations de LDS 838AB viennent à la suite de celles de LUH 16AB décrites dans un précédent article (Luhman 16 : une binaire constituée de deux naines brunes et située à 2 pc du Soleil, A. Debackère et al., revue électronique Étoiles Doubles, 27 janvier 2021) et s'inscrivent dans le cadre du programme d'observation de binaires proches de la Commission des Étoiles Doubles de la Société Astronomique de France. Ce programme lancé en septembre 2020 dont l'enjeu est d'identifier des couples à grand mouvement propre puis de réaliser leurs mesures astrométriques et photométriques suscite un grand intérêt parmi plusieurs membres de notre commission notamment Jean-François Coliac qui recherche des binaires de ce type, André Debackère qui gère les observations et les mesures, Patrick Wullaert qui recherche les publications professionnelles concernant les objets étudiés.

La binaire LDS 838AB, également appelée G 272-61AB, GJ 65AB, L 726-8, WDS J01388-1758AB ou encore BL Cet / UV Cet, est la deuxième cible proposée par Coliac (courriel du 11 décembre 2020). Willem Luyten, dans le cadre de ses recherches d'étoiles à forts mouvements propres, découvre L 726-8 en 1948 (Luyten, Willem J. 1949). Luyten 726-8 est constituée de deux naines rouges, étoiles de la séquence principale (classe de luminosité V), peu massives et de température peu élevée (type spectral M). Dans tout ce qui suit nous utiliserons LDS 838AB pour désigner cet objet. La composante primaire LDS 838A est classée M5,5Ve, c'est aussi l'étoile variable BL Ceti. La composante secondaire LDS

838B est classée M6Ve (non loin de la limite des naines brunes fixée au type spectral M6,5). C'est également l'étoile variable UV Ceti, l'un des meilleurs exemples de variable éruptive. Puisqu'il s'agit d'une binaire résolue, au CDS dans SIMBAD, on trouve non seulement le système sous les diverses appellations données précédemment mais également les deux composantes comme des étoiles isolées sous les appellations :

**G 272-61A = GJ 65A = LDS 838A = L 726-8A =
WDS J01388-1758A = BL Cet**

**G 272-61B = GJ 65B = LDS 838B = L 726-8B =
WDS J01388-1758A = UV Cet**

De plus s'agissant d'un objet proche du Soleil (à la 9ème place par ordre d'éloignement au Soleil), son déplacement sur le fond de ciel étoilé est très rapide. Heureusement le champ des images obtenues n'est pas très riche ce qui facilite l'identification de l'objet. Le catalogue Gaia early data release 3 : The Gaia Catalogue of Nearby Stars (Gaia Collaboration, 2020 : <https://arxiv.org/abs/2012.02061>) donne les coordonnées équatoriales J2000,0 (ascension droite notée α et déclinaison notée δ) des composantes du couple LDS 838AB :

**LDS 838A : $\alpha = 01^{\text{h}} 39^{\text{m}} 01,38^{\text{s}}$ et $\delta = -17^{\circ} 57' 02,6''$
LDS 838B : $\alpha = 01^{\text{h}} 39^{\text{m}} 01,64^{\text{s}}$ et $\delta = -17^{\circ} 57' 01,0''$**

Cet objet se trouve dans la partie australe de la constellation de la "Baleine" (génitif Ceti), située entre les constellations des "Poissons" et du "Sculpteur". Il est plus accessible depuis l'hémisphère sud. Les observations de LDS 838AB ont donc été réalisées en bande R au moyen du télescope robotisé de 2m de diamètre situé en Australie utilisé fréquemment par Debackère. Nous présentons la campagne d'observation de LDS 838AB, l'acquisition des images et leur exploitation astrométrique d'une part (coordonnées équatoriales, angle de position, séparation et mouvements propres) et d'autre part photométrique (détermination de la magnitude apparente globale du couple et des magnitudes apparentes des composantes A et B).

2 OBSERVATIONS

2.1 Campagne d'observation

Comme dans la campagne précédente concernant LUH 16AB,

Debackère utilise le réseau de télescopes robotiques du Las Cumbres Observatory (LCO) dans le cadre du Faulkes Telescope Project, en particulier le télescope Faulkes Telescope South (2,0 m, FTS), situé à Siding Spring (Australie). De même, la gestion des observations est assurée par Debackère du 11 décembre 2020 au 15 janvier 2021. Il assure également le téléchargement, la décompression, la conversion au format FITS et l'orientation standard (Nord en haut et Est à gauche) des images obtenues.

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

2.2 Une étoile à fort mouvement propre

Cette étoile bien étudiée fait l'objet de nombreuses publications, car il s'agit d'une binaire proche du Soleil constituée de naines rouges variables. Nous avons regroupé dans la table 1 des caractéristiques de cet objet extraites de publications les plus récentes.

Paramètres	Primaires	Secondaire	Références
Spectre	M5,5V	M6V	Henry et al.(1994) : http://adsabs.harvard.edu/pdf/1994AJ....108.1437H
Masse / Soleil	0,1225 ± 0,0043	0,1195 ± 0,0043	Kervella et al. (2016) : https://www.aanda.org/articles/aa/full_html/2016/09/aa28631-16/aa28631-16.html
Rapport de masse mB/mtot	0,4938 ± 0,0031		Geyer et al. (1988) : http://articles.adsabs.harvard.edu/pdf/1988AJ.....95.1841G
T eff (K)	~2800	~2700	MacDonald et al. (2018) : https://iopscience.iop.org/article/10.3847/1538-4357/aac2c0/pdf
μα ("an.⁻¹)	0,33853 ± 0,00067	0,31787 ± 0,00043	Gaia early data release 3 (2020) : https://arxiv.org/abs/2012.02061
μδ ("an.⁻¹)	0,05444 ± 0,00038	0,05841 ± 0,00030	
Parallaxe (")	0,36771 ± 0,00074	0,37384 ± 0,00050	

Table 1 - Caractéristiques de la binaire LDS 838A.

2.3 Journal des observations

Nous décrivons dans la table 2 les informations concernant le site d'observation, le matériel utilisé, ainsi que les conditions d'acquisition des images. Pour plus d'informations, le lecteur peut consulter les rubriques "sites & télescopes" et "instruments"

sur la page web du LCO (<https://lco.global/observatory/>). Debackère programme les acquisitions d'images via le site Internet du réseau LCO en tenant compte de la visibilité de la cible depuis Siding Spring (Australie) et de son mouvement propre important.

Localisation			
Site		Siding Spring (Australie)	
Système imageur			
Nom de la caméra	Nom et classe du télescope	Echantillonnage ("/pix.)	Champ (')
Spectral 4Kx4K 15-μm	FTS 2 mètres	0,304 (binning 2x2)	10 x 10
Filtres	Largeur de bande (nm)		Longueur d'onde centrale (nm)
Bessel R	158		640,7
Acquisition des images			
Temps d'exp.(s)	Nombre d'images demandées	Nombre d'images obtenues	Nombre d'images exploitables
20	5	3	2
30	3	1	1
	8	8	3
Les 3 images	Image 1	Image 2	Image 3
Date	26/12/2020	27/12/2020	15/01/2021
Heure TU	10h 21mn 13,3s	12h 21mn 13,5s	11h 21mn 53,6s
MJD	59209,4214	59210,5147	59229,4735
Année besselienne	2020,987	2020,990	2021,042

Table 2 - Informations techniques et observationnelles

3 MESURES ET RÉSULTATS

3.1 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).

3.1.1 Calcul de la position de LDS 838A

Un simple examen de l'image permet d'identifier la binaire qui se trouve au centre du champ sous la forme d'une tache oblongue (Figure 1). Nous ouvrons cette image dans ALADIN et utilisons le catalogue GAIA early data release 3 (Gaia Collaboration, 2020). Les mouvements propres des étoiles du champ sont représentés par des flèches rouges (figure.2).

Le catalogue fournit les coordonnées équatoriales à l'équinoxe J2000,0 ainsi que les mouvements propres :

LDS 838A

$\alpha = 01\text{h } 39\text{mn } 01,377\text{s}$

$\delta = -17^\circ 57' 02,587''$

$\mu\alpha.\cos(\delta) = +3,385316''/\text{an} \pm 0,000672''/\text{an}$

$\mu\delta = +0,544386''/\text{an} \pm 0,000379''/\text{an}$

LDS 838B :

$\alpha = 01\text{h } 39\text{mn } 01,638\text{s}$

$\delta = -17^\circ 57' 01,001''$

$\mu\alpha.\cos(\delta) = +3,178694''/\text{an} \pm 0,000427''/\text{an}$

$\mu\delta = +0,584061''/\text{an} \pm 0,000302''/\text{an}$

A l'aide de ces informations, nous pouvons calculer la position J2000,0 de notre cible à la date d'observation. Par exemple pour le 26 décembre 2020 (2020,987), nous obtenons la position réduite à la date d'observation des composantes A et B du couple :

LDS 838A J2000,0

$\alpha = 01\text{h } 39\text{mn } 06,36\text{s}$

$\delta = -17^\circ 56' 51,2''$

LDS 838B J2000,0

$\alpha = 01\text{h } 39\text{mn } 06,32\text{s}$

$\delta = -17^\circ 56' 48,7''$

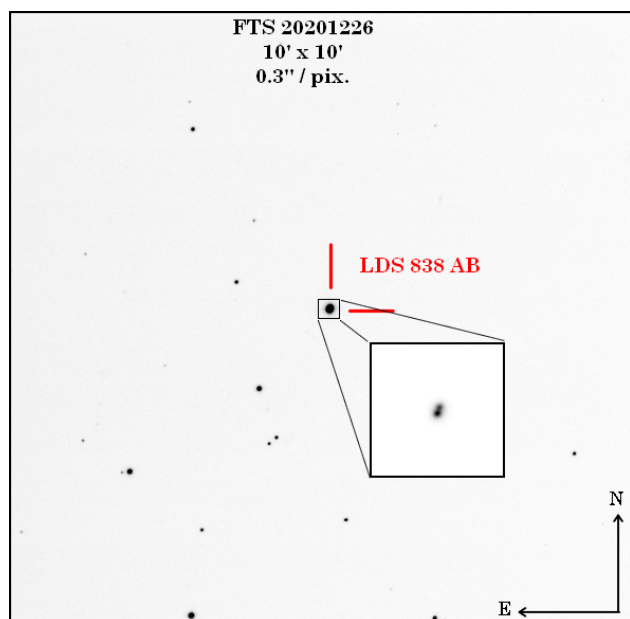


Figure 1 - Notre image est prête pour l'astrométrie. Le champ est de 10'x10' et la valeur du pixel est 0,3".

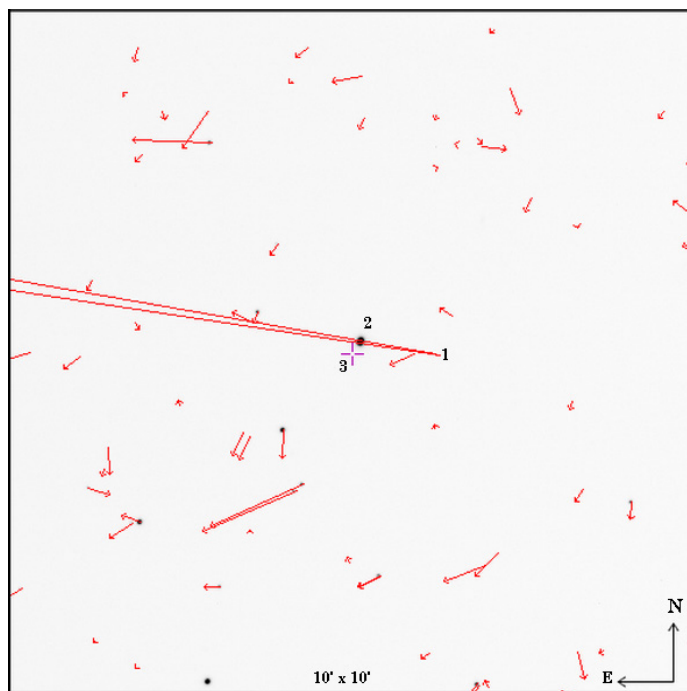


Figure 2 - Notre image est ouverte dans ALADIN avec le catalogue Gaia_eDR3 (les repères 1 et 2 indiquent respectivement les positions de LDS 838 en 2000,000 et en 2020,987. Le repère 3 celle pointée par le télescope).

3.2 Astrométrie

3.2.1 Mesure de la position de LDS 838A

Nous ouvrons notre image du 26 décembre 2020 dans ALADIN et nous mesurons la position des photocentres respectifs des composantes A et B. Nous obtenons l'ascension droite α et la déclinaison δ à la date d'observation (2020,987) de chaque composante :

LDS 838A J2000,0

$\alpha = 01\text{h } 39\text{mn } 06,33\text{s} \pm 0,01\text{s}$

$\delta = -17^\circ 56' 51,0'' \pm 0,1''$

LDS 838B J2000,0

$\alpha = 01\text{h } 39\text{mn } 06,27\text{s} \pm 0,01\text{s}$

$\delta = -17^\circ 56' 49,1'' \pm 0,1''$

Ce qui est conforme aux calculs du paragraphe 3.1.1.

3.2.2 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. Nous ne disposons pas de couples étalons dans le champ de LDS 838AB aussi nous utilisons des paires d'étoiles dont nous calculons l'angle de position et la séparation (Observing and Measuring Visual Double Stars, B. Argyle, Springer, Some Useful Formulae, p. 348, 2004). La mesure de la binaire LDS 838AB, est assurée par Debackère. Nous ouvrons nos images dans ALADIN et sélectionnons le catalogue GAIA early data release 3. Les critères de sélection de ces deux paires d'étoiles appelées A1B1 et A2B2 sont les suivants : étoiles non saturées, proximité de la cible et séparation angulaire maximum de l'ordre de la minute de degré. En pointant les photocentres des étoiles nous obtenons leurs coordonnées à la date de l'observation. Nous pouvons ensuite calculer l'angle de position θ ($^\circ$) et la séparation ρ ($''$) de ces paires à partir des coordonnées équatoriales respectives de leurs composantes (Table 3).

Réf.	Catalogue GAIA-eDR3	Images	Mesures de position		Calculs	
	Id	Dates	AD (hh:mn:mn:ss,sss)	DEC (dd:mn:mn:ss,s)	θ (°)	ρ (")
A1	5140693639878216192	26/12/2020	01:39:12,73896	-17:56:23,9963	343,64019	62,9321
B1	5140693949115860992		01:39:11,49695	-17:55:22,6120		
A2	5140692746525036928		01:39:11,21744	-17:58:08,1773	198,98078	51,1267
B2	5140692368567897472		01:39:10,05191	-17:58 :56,5239		
A1	5140693639878216192	27/12/2020	01:39:12,75847	-17:56 :23,7643	343,44959	63,6917
B1	5140693949115860992		01:39:11,48723	-17:55 :22,7111		
A2	5140692746525036928		01:39:11,22667	-17:58 :08,4279	199,01391	51,2108
B2	5140692368567897472		01:39:10,05726	-17:58 :56,8444		

Table 3 - Deux couples étalons et calibration dans REDUC

3.2.3 Mesures astrométriques différentielles de LDS 838

Les images obtenues les 26 et 27 décembre 2020 sont accessibles à la mesure avec REDUC (Fig. 3). Ce logiciel de Florent Losse permet de déterminer l'orientation Δ (°) du capteur de la caméra (par rapport à la direction du nord, compté positivement vers l'est) et l'échantillonnage E ("/pix) de l'image pour l'étalon choisi (Table 4).

Calibration dans REDUC		
Dates	Δ (°)	E ("/pix.)
26/12/20	0,44	0,30085
	0,52	0,30103
	Moyennes	
	0,48 ± 0,06	0,30094 ± 0,00001
27/12/20	0,41	0,30402
	0,59	0,30157
	Moyennes	
	0,50 ± 0,13	0,30278 ± 0,00173

Table 4 - Orientation et échantillonnage

3.2.3.1 Angle de position et séparation

Nous déterminons ensuite l'angle de position θ (°) et la séparation ρ (") du couple LDS 838AB. Après découpage et alignement, puis en appliquant à deux reprises un ré-échantillonnage de l'image en l'agrandissant d'un facteur deux à chaque fois, tout en conservant la répartition du flux lumineux par unité de surface avec la commande QuadPx, nous mesurons le couple en utilisant SURFACE, "Logiciel de mesure d'étoiles doubles sur images CCD par ajustement d'une surface de lumière (en langage C)" (Morlet, G. et Salaman, M., 2005, 2006), mis au point à partir de l'algorithme développé par Pierre Bacchus et récemment intégré au logiciel REDUC. SURFACE est très performant dans le cas de couples serrés dont la lumière est mélangée ce qui est le cas dans notre étude. En tenant compte des erreurs déterminées précédemment sur Δ et E , nous obtenons les résultats consignés dans la table 5.

Dates	θ (°)	ρ (")
2020,987	338,28 ± 0,06	1,908 ± 0,001
2020,990	338,24 ± 0,13	1,912 ± 0,011

Table 5 - Mesures de l'angle de position et de la séparation des composantes de LDS 838AB

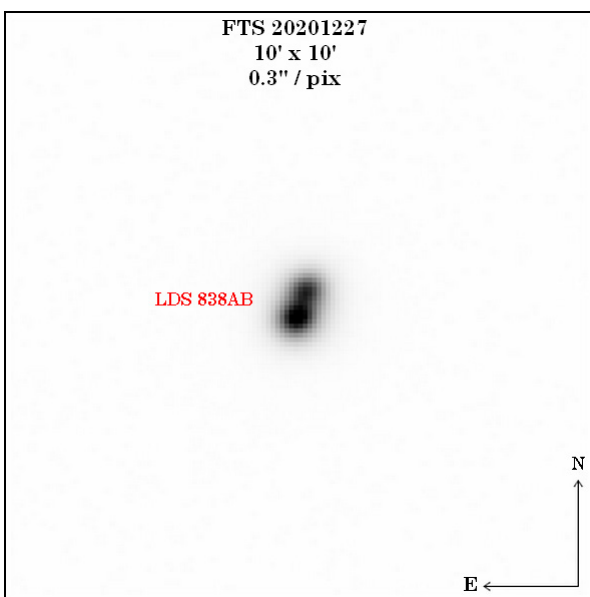


Figure 3 - La binaire LDS 838AB (extrait de l'image du 27 décembre 2020 ouverte dans REDUC).

3.3 Photométrie de LDS 838AB

Nous utilisons la loi de Pogson pour deux étoiles A et B où m_A et m_B sont les magnitudes apparentes de chaque étoile et I_A et I_B les intensités correspondantes mesurées sur l'image CCD en ADU (Analog Digital Unit). En effet, le signal vidéo obtenu après la lecture d'une matrice CCD est une grandeur analogique qu'il faut ensuite convertir en une grandeur numérique utilisable par les ordinateurs (la valeur 0 ADU correspond théoriquement à un éclaircissement nul et la valeur 32767 ADU à la saturation).

La loi de Pogson s'écrit :
Formule 1. Loi de Pogson

$$m_B - m_A = -2,5 \log_{10} (I_B / I_A) \quad (1)$$

3.3.1 Différence des magnitudes Δm

Le logiciel REDUC donne, sur notre image du 27 décembre 2020, une détermination de la différence des magnitudes des composantes du couple observé, $\Delta m = 0,4 \pm 0,1$ qui résulte de la modélisation 3D du couple faite par le logiciel SURFACE (Florent Losse, concepteur du logiciel REDUC, indique que l'incertitude sur le Δm est de l'ordre de $\pm 0,1$ mag avec un rapport signal sur bruit $S/B > 100$). Les deux composantes ne sont pas franchement

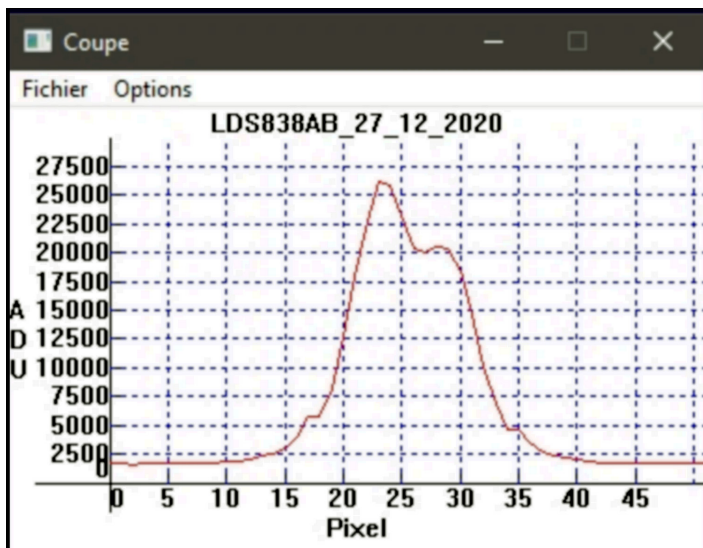


Figure 4 - Profil de la binaire LDS 838 dans IRIS

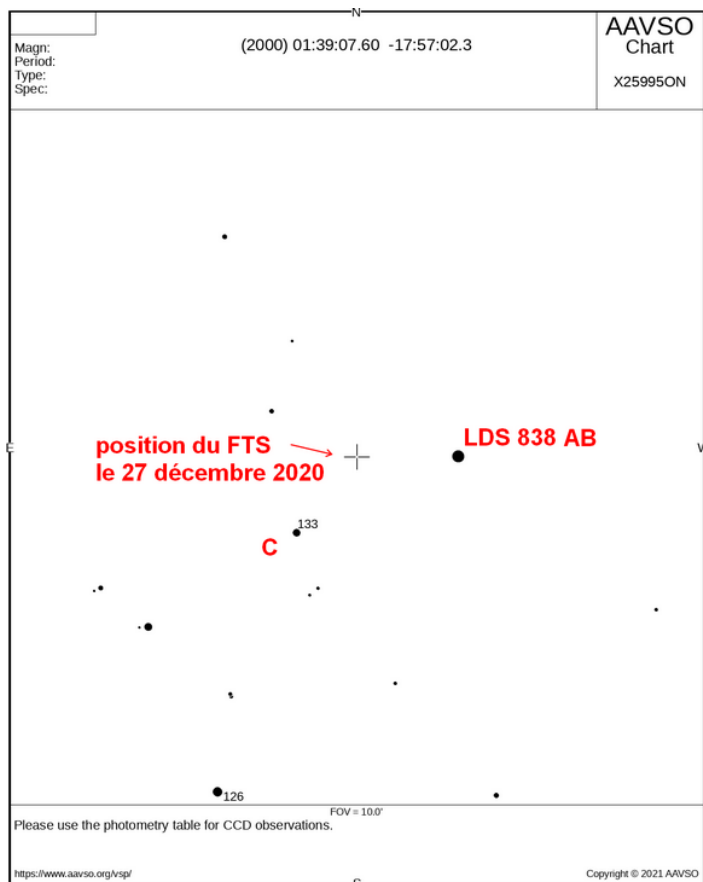


Figure 5 - Carte générée sur le site web de l'AAVSO centrée sur notre image du 27 déc. 2020.

séparées comme le montre le profil de l'image du 27 décembre 2020 par exemple (Fig 4).

3.3.2 Magnitude globale du système mAB

Pour effectuer la photométrie du système, nous avons besoin d'étoiles de comparaison de magnitudes apparentes bien déterminées. Les deux composantes de LDS 838AB sont des variables connues, il y a donc des étoiles de référence pour la photométrie aux alentours de cet objet. Debackère a généré une carte correspondant au format de nos images (10'x10') en utilisant en ligne le "Variable Star Plotter (VSP)" de l'Association Américaine des Observateurs d'Etoiles Variables (AAVSO), (Fig. 5).

Malheureusement comme on peut le voir sur cette carte, nous ne pouvons retenir qu'une seule étoile de comparaison (le champ en contient deux mais l'une d'elle est trop près du bord pour être utilisée), (Fig. 5).

La magnitude dans le rouge de C est donnée par le catalogue APASS Data Release 9, (Table 6).

Nous utilisons le logiciel SUBARU Image processor : Makali'i (National Astronomical Observatory of Japan NAOJ & AstroArts Inc.) pour réaliser la photométrie d'ouverture (Table 7).

Les valeurs des rayons des 3 cercles (en pixels) sont : R1 rayon du premier cercle 18 pix., R2 rayon du cercle délimitant le fond de ciel 32 pix. et R3 rayon du cercle extérieur 48 pix. Les mesures d'intensité étant effectuées nous pouvons calculer la magnitude apparente globale de la cible mAB en utilisant la loi de Pogson (Formule 2) à partir de la magnitude apparente dans le rouge de l'étoile de comparaison C.

Les incertitudes sur les mesures d'intensité engendrent des erreurs de détermination de magnitudes inférieures au millième de magnitude. Nous considérons donc que l'incertitude sur la magnitude globale du couple est égale à l'incertitude de la magnitude de l'étoile de comparaison.

Formule 2. Loi de Pogson

$$m_{AB} = 2,5 \times \log_{10} (I_C / I_{AB}) + m_C \quad (2)$$

où mAB est la magnitude apparente globale de la cible, mC est la magnitude apparente de l'étoile de comparaison dans le rouge (filtre Sloan r'), I_{AB} est l'intensité de la cible et I_C l'intensité de l'étoile de comparaison.

Catalogue GAIA-eDR3 (identificateur et position)			
Etoile de comp.	Identificateur	AD	DEC
C	5140692746525036928	01:39:11,232	-17:58:07,86
Catalogue APASS DR9 (indice de couleur et magnitudes)			
B-V	V mag	B mag	r' mag
0,563 ± 0,030	13,232 ± 0,018	13,794 ± 0,024	13,093 ± 0,031

Table 6 - Etoile de comparaison

Etoile	R1 objet (pix.)	R2 fond de ciel (pix.)	largeur anneau ext. (pix.)	Intensité (ADU)		
				26/12/20	27/12/20	15/01/21
C	18	32	16	957644,652	247301,108	639859,6745
LDS 838 AB	18	32	16	8663204,02	2230116,13	5634720,131
	mAB = (2.5xlog10(IC/IAB))+mC			Magnitudes (r')		
C	magnitude (r') catalogue APASS-DR9			13.093 ± 0.031		
LDS 838 AB	Calcul magnitude globale mAB (r')			10.702±0.031	10.705±0.031	10.731±0.031

Table 7 - Photométrie d'ouverture, mesure des intensités et calcul de magnitudes

Filtres utilisés :

- Pour l'acquisition de l'image : Bessel R, largeur de bande 158,0 nm, centré sur 640,7 nm.
- Dans le catalogue APASS-DR9 : SDSS r', largeur de bande 139,0 nm centré sur 621,5 nm.

Ces deux filtres ont donc une bande passante commune dans l'intervalle [571,2; 701,0] nm. La correction à apporter entre R et r' est négligeable par rapport à l'erreur de mesure de la magnitude apparente globale de la cible (Table 7).

3.3.3 Calcul des magnitudes des composantes de LDS 838AB.

Le calcul des magnitudes apparentes mB et mA se fait à partir des mesures de la magnitude apparente globale mAB et de la différence de magnitude Δm.

Posons $\Delta m = mB - mA$ et $IAB = IA + IB$

La loi de Pogson peut également s'écrire sous la forme de la formule 3:

Formule 3. Δm et rapport des intensités

$$I_B/I_A = 10^{(0,4 \Delta m)} \quad (3)$$

Et de nouveau sous la forme utilisée dans la formule 1 permettant de calculer la différence mAB-mA, on a :

$$mAB - mA = -2,5 \log_{10} (I_{AB}/I_A) \quad (4)$$

$$mAB - mA = -2,5 \log_{10} (1 + I_B/I_A) \quad (5)$$

Enfin nous pouvons calculer les magnitudes apparentes de chaque composante:

$$mA = mAB - (mAB - mA) \quad (6)$$

$$mB = mA + \Delta m \quad (7)$$

Date	mAB	Δm	mAB-mA	mA	mB
26/12/20	10,702 ± 0,031	0,3 ± 0,1	-0,613 ± 0,043	11,315 ± 0,074	11,615 ± 0,174
27/12/20	10,705 ± 0,031	0,4 ± 0,1	-0,571 ± 0,041	11,278 ± 0,072	11,678 ± 0,172
15/01/21	10,731 ± 0,031	0,4 ± 0,1	-0,571 ± 0,041	11,314 ± 0,072	11,714 ± 0,172

Table 8 - Calcul des magnitudes apparentes des deux composantes de LDS 838AB.

4 ANALYSE ET DISCUSSION

4.1 Mouvement propre de LDS 838AB

Des images d'archive enregistrées au Space Telescope Science Institute (STScI Digitized Sky Survey) de 1951 et de 1996 ainsi que nos images de 2020/2021 permettent de montrer le mouvement propre rapide de LDS 838A. Sur l'image de 1996 du STScI nous avons ajouté les positions de 1951 et de 2020 (Fig. 6). Nous pouvons calculer le déplacement entre le 3 septembre 1951 et le 26 décembre 2020 à partir des coordonnées équatoriales J2000,0 de LDS 838AB à ces deux époques (la résolution de l'image de 1951 ne permet pas de distinguer les photocentres des deux composantes A et B).

Nous ouvrons les images de 1951 et de 2020 dans ALADIN et pointons les photocentres de LDS 838AB dans les deux cas, nous obtenons les coordonnées équatoriales J2000.0 de LDS 838AB

le 3 septembre 1951 à 09h 22mn 0s TU

soit MJD = 33892,39027778

α = 01h 38mn 50,34s ± 0,03s

δ = -17°57'28,0" ± 0,4"

et

le 26 décembre 2020 à 10h 22mn 11, 81s TU

soit MJD = 59209,43208113

α = 01h 39mn 06,29s ± 0,01s

δ = -17° 56' 49,9" ± 0,1"

Nous obtenons sur une période de 69.4 années :

$$\mu\alpha \cdot \cos(\delta) = +227.6'' \pm 0,57''$$

$$\mu\delta = +38,10'' \pm 0,5''$$

soit

$$\mu\alpha \cdot \cos(\delta) = +3,279''/an \pm 0,008''/an$$

$$\mu\delta = +0,549''/an \pm 0,007''/an$$

Ce qui est cohérent avec les valeurs indiquées par Gaia EDR3 (2020) dans la Table 1.

Date	θ (°) (O)	ρ (") (O)	θ (°) (C)	ρ (") (C)	θ (°) (O-C)	ρ (") (O-C)
2020,9872	338,28	1,908	339,5	1,883	-1,22	0,025
2020,9901	338,24	1,912	339,5	1,882	-1,26	0,030

Table 9 - Écarts entre nos mesures et les positions calculées

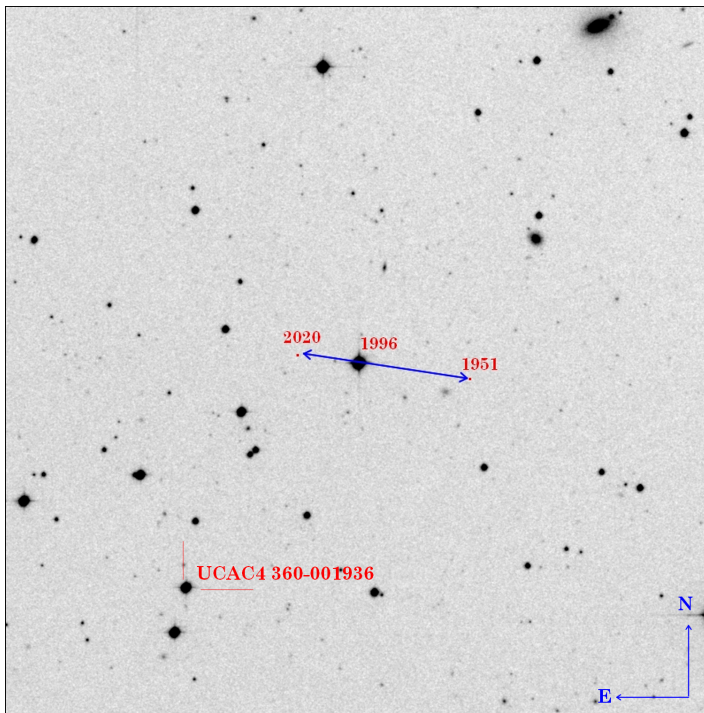


Figure 6 - Déplacement de LDS 838AB entre 1951 et 2020

4.3 Orbite de LDS 838AB

4.3.1 Historique par Wullaert

En 1954, Luyten obtient des plaques photographiques de L726-8. Il effectue les mesures et constate une forte variation de l'angle de position depuis les premières données de 1948 : - 55°, alors que la séparation n'augmente que légèrement de 1,6" à 2,0" (Luyten, W. J., 1949). Il donne alors une valeur de parallaxe qu'il qualifie lui-même de très estimative à 0,4" et ajoute qu'elle est très certainement supérieure à 0,3". Il admet que les mesures à sa disposition ne sont pas suffisantes pour entreprendre un calcul d'orbite. Il donne toutefois des valeurs indicatives de la période (qu'il estime entre 32 et 57 ans) et de la masse du système (estimée entre 0,06 et 0,2 masse solaire). Il remarque que cette masse est très faible et en conclut que l'une au moins des composantes possède la plus faible masse stellaire connue à l'époque. La première orbite préliminaire est publiée en 1955 (Protitch, M. B., 1955). La période est de 31,86 ans et en combinant son orbite avec la parallaxe obtenue par Luyten, Protitch estime la masse du système à 0,064 masse solaire. Van de Kamp, à partir des mesures effectuées sur la période 1949-1959 avec la lunette de Sproul de 24 pouces, affine la mesure de parallaxe à $0,370 \pm 0,01$ (Van de Kamp, P., 1959). Il effectue également un calcul d'orbite pour estimer les masses des étoiles. Malheureusement, la déclinaison est très basse et les conditions atmosphériques sont peu favorables pour séparer les composantes, ce qui affecte particulièrement la qualité des mesures de séparation. Il bénéficie cependant des mesures effectuées par Van den Bos (1951), Van Biesbroeck (1954), Protitch (1955) et Markowitz (1956) (Fig. 7) qui mentionnent également avoir eu des difficultés pour mesurer cet objet faible.

Pour effectuer le calcul d'orbite, Van de Kamp est amené à effectuer de nombreux ajustements sur les valeurs de séparation pour respecter la loi des aires. Après plusieurs essais, il retient la meilleure combinaison obtenue et publie une orbite (Fig. 8). La période est de 200 ans, l'excentricité de 0,7 et le passage au périastre en 1948,1. La masse du système est toujours estimée à 0,08 masse solaire.

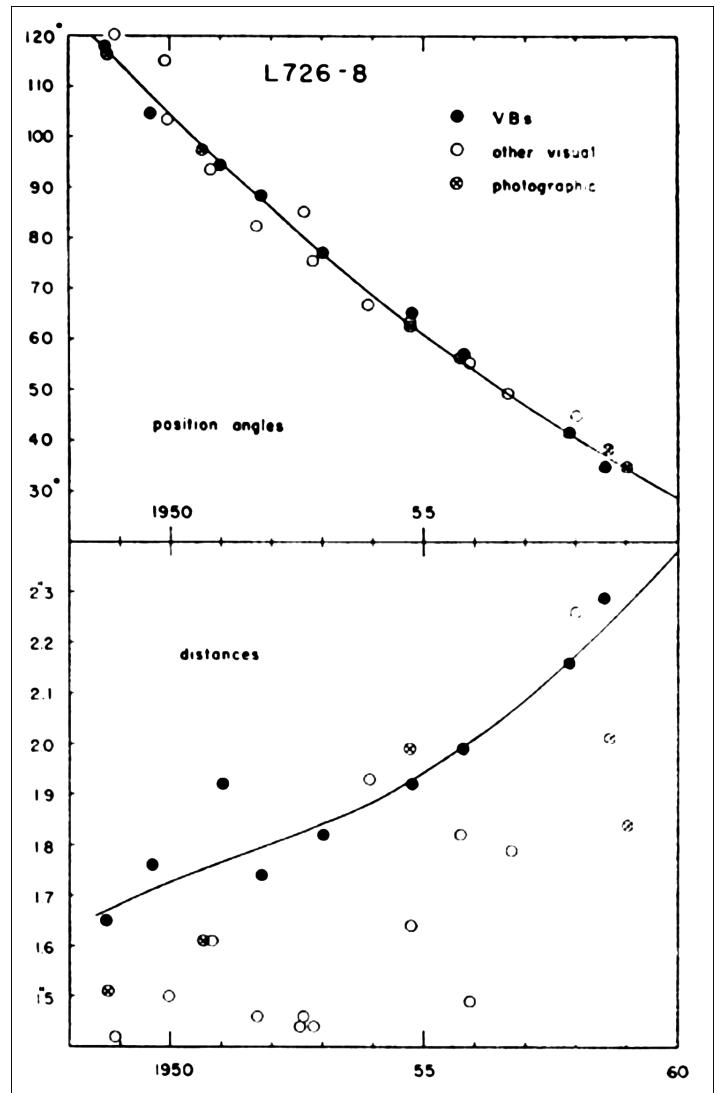


Figure 7 - Angles de position et séparations (figure 1 de l'article de Van de Kamp).

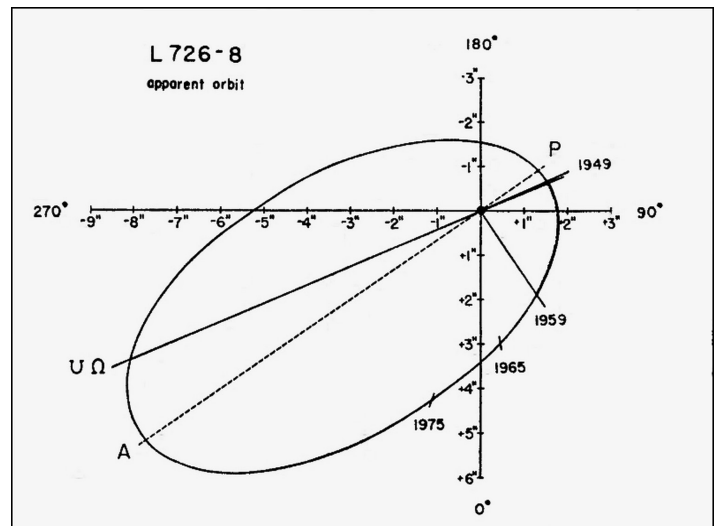


Figure 8 - Orbite apparente basée sur les observations de 1949 à 1959 (figure 2 de l'article de Van de Kamp)

Il considère avoir eu beaucoup de chance avec une période d'observation débutant à l'époque du périastre. Il écrit que ce couple va devenir un objet facile à suivre dans les années suivantes avec une séparation croissant jusqu'à 9" au voisinage de l'apastron. Van de Kamp écrit même que les prochaines décennies n'apporteront que peu d'améliorations à son orbite ! Des masses stellaires aussi faibles posent pourtant des

problèmes théoriques : il est difficile d'expliquer comment ces étoiles peuvent rester stables en brûlant l'hydrogène. Pour cela, Kumar avance l'hypothèse, que ces étoiles contiennent de la matière dégénérée au centre (Kumar, S. S., 1964). Cependant, à partir de 1966, le couple s'écarte de plus en plus de l'orbite calculée. En 1970, la séparation entre les composantes devient inférieure à 1" et l'angle de position effectue un "180°" sur la période allant de 1966 à 1972. Disposant alors de mesures sur 320° de l'orbite, Worley calcule une nouvelle orbite (Worley, C. E. and Behall, A. L., 1973). Les résultats sont radicalement différents des précédents : la période calculée est maintenant de 26,52 ans, l'excentricité de 0,6 et le passage au périastre a eu lieu en 1971,9. La masse du système est fortement ré-estimée à la hausse à 0,22 masse solaire. Ces nouveaux calculs permettent alors de considérer les composantes comme des étoiles normales brûlant de l'hydrogène et sur la séquence principale. Geyer réactualise les calculs et publie des résultats plus précis avec une période de 26,52 ans, une excentricité de 0,62 et un passage au périastre en 1971,91 et une parallaxe de $0,3711'' \pm 0,0040''$ (Geyer, D. W., 1988). En 2016, Kervella publie une étude approfondie de ce couple (Kervella, P. and al., 2016). A partir des données obtenues en interférométrie sur le VLTI, il mesure les rayons des deux étoiles : $RA = 0,165$ rayon solaire $\pm 0,006$ rayon solaire et $RB = 0,159$ rayon solaire $\pm 0,006$ rayon solaire. Pour affiner les paramètres orbitaux, il complète les données déjà exploitées par ses prédécesseurs par les images du HST et par celles obtenues en optique adaptative au VLT. Il intègre également dans le calcul, la mesure de vitesse radiale qu'il a obtenue au VLT grâce au spectromètre UVES. La nouvelle orbite calculée présente une période de 26,284 ans, son excentricité est de 0,6185 et le passage au périastre a eu lieu en 1972,115 (à 17 jours près). Une mesure plus précise des masses des étoiles est publiée avec $m_A = 0,1225$ masse solaire $\pm 0,0043$ masse solaire et $m_B = 0,1195 M \pm 0,0043$ masse solaire. Kervella constate que les rayons stellaires dépassent respectivement de 14 et 12 % ceux prédits par les modèles théoriques. Il émet alors l'hypothèse que cet écart serait dû à la rotation rapide de ces deux étoiles, l'effet dynamo obtenu créerait un fort champ magnétique qui inhiberait le transport convectif d'énergie dans les étoiles. Par la suite, la présence d'un fort champ magnétique a été confirmée par Kochukhov & Lavail (Kochukhov, O. and Lavail, A., 2017) ainsi que Shulyak et al. (2017).

4.3.2 Les paramètres orbitaux

L'orbite de LDS 838AB, définie dans Kervella, P., Merand, A., Ledoux, C., Demory, B.O., & Le Bouquin, J.-B. 2016 A&A 593 A127, est référencée Krv2016 (Fig. 9) dans le 6ème catalogue d'orbites (Sixth Catalog of Orbits of Visual Binary Stars).

Les éléments orbitaux sont consignés dans la table 10.

4.4 Discussion

4.4.1 Concernant les paramètres de l'orbite de LDS 838AB

Philippe Laurent est surpris de voir que les éléments de l'orbite du 6ème catalogue d'orbites et de l'orbite de Kervella et al. (2016) sont identiques à l'inclinaison près qui est différente de 180°. Bonneau pense que la correction a été faite au WDS pour donner $i = 127,82^\circ$ qui satisfait les conventions, à savoir, $0^\circ < i < 90^\circ$ pour une orbite apparente à mouvement direct (N → E) et $90^\circ < i < 180^\circ$ pour une orbite à mouvement rétrograde (E → N) comme cela est le cas pour LDS 838 AB.

Période P (années)	26,284	$\pm 0,038$
Périastre T (années)	1972,115	$\pm 0,047$
Demi-grand axe a (")	2,0584	$\pm 0,0097$
Excentricité e	0,6185	$\pm 0,002$
Inclinaison i (°)	127,82	$\pm 0,28$
Noeud Ω (°)	145,79	$\pm 0,32$
Longitude du périastre ω (°)	283,27	$\pm 0,21$
Grade	2	1=Définitive, 5=Indéterminée

Table 10 - Éléments orbitaux de LDS 838AB à l'équinoxe J2000 (Kervella et al. 2016).

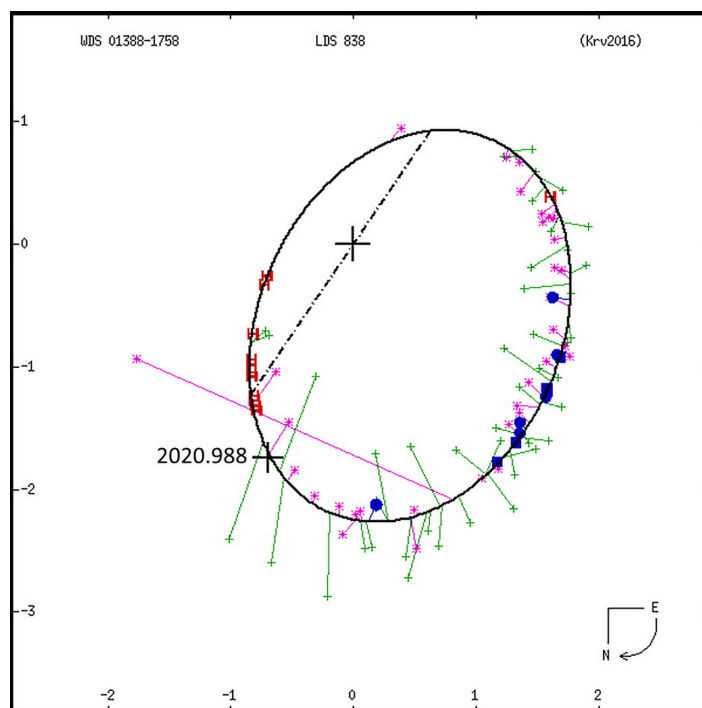


Figure 9 - Observation de LDS 838AB les 26 et 27 décembre 2020 (croix noire) reportée sur la figure du publiée dans le 6ème catalogue d'orbites montrant le tracé de l'orbite et les mesures antérieures. Les mesures en vert ont été effectuées au micromètre, en bleu en interférométrie et en violet sur des plaques photographiques.

4.4.2 Concernant le déplacement rapide de LDS 838AB

Coliac a trouvé un article très intéressant (Potemine, I. Y., 2010) sur l'étoile binaire LDS 838AB située à moins de 9 al du soleil et son passage proche de Epsilon Eridani d'ici "peu". Wullaert précise que l'étude est un petit peu ancienne, et qu'il serait intéressant de voir ce que cela donne avec les mesures de Gaia. Mais, malheureusement, Gaia ne donne pas les vitesses radiales de ces deux étoiles. Debackère ajoute qu'en fait LDS 838AB passera à moins d'une année-lumière de Epsilon Eridani dans environ 30 000 ans, interagissant peut-être avec l'hypothétique nuage de Oort de cette étoile, (Potemine, I. Y., 2010).

4.4.3 Concernant la différence de magnitude des deux composantes de LDS 838AB

Debackère remarque qu'étant donné que les deux composantes du couple sont variables, le Δm doit également varier au cours du temps. L'AAVSO donne pour la composante primaire BL Cet une variation de magnitude en bande V allant d'une magnitude minimale non mentionnée à une magnitude de 12,52 (AAVSO, VSX) et pour la composante secondaire UV Cet

une variation de 6,8 à 12,95 (AAVSO, VSX).

5 CONCLUSION

Les résultats des mesures astrométriques (position et mouvement propre du système, positions relatives des composantes) et photométriques (photométrie globale et différence de magnitude) produits par l'analyse des trois images

en bande R sont regroupés dans la Table 11.

Ces résultats sont satisfaisants. Cependant, la position de l'objet au début de l'année 2021 rendait son observation très difficile. Nous n'avons donc pas pu obtenir toutes les images que nous aurions souhaitées, notamment en bandes B, V et r'. Nous espérons poursuivre cette étude à l'avenir quand les conditions d'observation de cette cible redeviendront optimales.

Coordonnées équatoriales J2000,0 de chaque composante						
Date	J2020,987					
	LDS 838A			LDS 838B		
α	01h 39mn 06,33s \pm 0,01s			01h 39mn 06,27s \pm 0,01s		
δ	-17° 56' 50,9" \pm 0,1"			-17° 56' 49,1" \pm 0,1"		
LDS 838AB						
Mouvements propres du couple LDS 838AB						
$\mu\alpha.\cos\delta$ ("/an)	+3,279 \pm 0,008					
$\mu\delta$ ("/an)	+0,549 \pm 0,007					
μ ("/an)	3,325 \pm 0,010					
Magnitudes (filtre Bessel R)"						
Date	J2020,987					
Δm	0,3 \pm 0,1					
mAB	10,702 \pm 0,031					
mA	11,315 \pm 0,074					
mB	11,615 \pm 0,174					
Date	J2020,990					
Δm	0,4 \pm 0,1					
mAB	10,705 \pm 0,031					
mA	11,278 \pm 0,072					
mB	11,678 \pm 0,172					
Date	J2021,042					
Δm	0,4 \pm 0,1					
mAB	10,731 \pm 0,031					
mA	11,314 \pm 0,072					
mB	11,714 \pm 0,172					
O-C						
Date	θ (°) (O)	ρ (") (O)	θ (°) (C)	ρ (") (C)	θ (°) (O-C)	ρ (") (O-C)
J2020,987	338,28	1,908	339,5	1,883	-1,22	0,025
J2020,990	338,24	1,912	339,5	1,882	-1,26	0,03

Table 11 - Récapitulatif des mesures

6 REMERCIEMENTS

Debackère remercie chaleureusement toutes les personnes impliquées dans cette observation d'une binaire de naines rouges 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). Les auteurs tiennent à remercier Florent Losse, concepteur du logiciel REDUC. Enfin ils rendent 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 et récemment intégré à REDUC.

Ce travail a utilisé :

- Las Cumbres Observatory, LCO global network, <https://lco.global/>
- Faulkes Telescope Project, <http://www.faulkes-telescope.com/>
- Faulkes Telescope South, <https://lco.global/observatory/telescopes/ Faulkes-telescope-south/>
- GAIA EDR3 catalogue, <https://gaia.obspm.fr/la-mission/les-resultats/article/gaia-edr3-3-decembre-2020-174>
- ALADIN Sky Atlas, <https://aladin.u-strasbg.fr/>
- 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>

- REDUC, Florent Losse, <http://www.astrosurf.com/hfosaf/fr/tdownload.htm#reduc>
- IRIS, Christian Buil, <http://www.astrosurf.com/buil/iris-software.html>
- AstroImageJ, Karen Collins, <https://www.astro.louisville.edu/software/astroimagej/>
- American Association of Variable Star Observers, <https://www.aavso.org/>
- AAVSO, AAVSO Photometric All Sky Survey (APASS) DR9 (Henden+, 2016), <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2016yCat.2336....0H/abstract>
- SUBARU Image Processor : Makali'i, <https://makalii.mtk.nao.ac.jp/>
- STScI Digitized Sky Survey, https://archive.stsci.edu/cgi-bin/dss_form
- Sixth Catalog of Orbits of Visual Binary Stars, November 24, 2020, <http://www.astro.gsu.edu/wds/orb6.html>
- 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/>
- Kochukhov, O. and Lavail, A., The Astrophysical Journal Letters, Volume 835, Number 1, January 16, 2017, <https://iopscience.iop.org/article/10.3847/2041-8213/835/1/L4>
- Kumar, S. S., The Observatory, Number 938, February 1964, <http://articles.adsabs.harvard.edu/pdf/1964Obs....84...18K>
- Luyten, W. J., The Astrophysical Journal, vol. 109, p532, May 1949. <http://articles.adsabs.harvard.edu/pdf/1949ApJ...109..532L>
- Luyten, W. J., The Astronomical Journal, 55, 15, December 1949, <http://articles.adsabs.harvard.edu/pdf/1949AJ.....55...15L>
- MacDonald, J., et al., The Astrophysical Journal, 860:15(12pp), June 10, 2018, <https://iopscience.iop.org/article/10.3847/1538-4357/aac2c0/pdf>
- Morlet, 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
- Potemine, I.Y., Cornell University, arXiv.org:1004.1557v1, April 9, 2010, <https://arxiv.org/abs/1004.1557v1>
- Protitch, M. B., Bulletin de l'Observatoire Astronomique de Belgrade, Numéro 92 (publication originale vol. 19, num. 3), p. 11, 1955, <https://bulletin.aob.rs/>
- Shulyak, D., et al., Nature Astronomy 1, Article number : 0184, July 24, 2017, <https://www.nature.com/articles/s41550-017-0184>
- Van De Kamp, P., The Astronomical Journal, Volume 64, Number 1271, August 1959, <http://articles.adsabs.harvard.edu/pdf/1959AJ.....64..236V>
- Worley, C. E. and Behall, A. L., The Astronomical Journal, Volume 78, Number 7, September 1973, <http://adsabs.harvard.edu/pdf/1973AJ.....78..650W>

RÉFÉRENCES

- Geyer, D. W. et al., The Astronomical Journal, Volume 95, Number 6, p. 1841, June 1988, <http://articles.adsabs.harvard.edu/pdf/1988AJ.....95.1841G>
- Henry, T. J., The Astronomical Journal, volume 108, number 4, October 1994, <http://adsabs.harvard.edu/pdf/1994AJ....108.1437H>
- Kervella, P. et al., Astronomy and Astrophysics, volume 593, A 127, September 2016, https://www.aanda.org/articles/aa/full_html/2016/09/aa28631-16/aa28631-16.html

