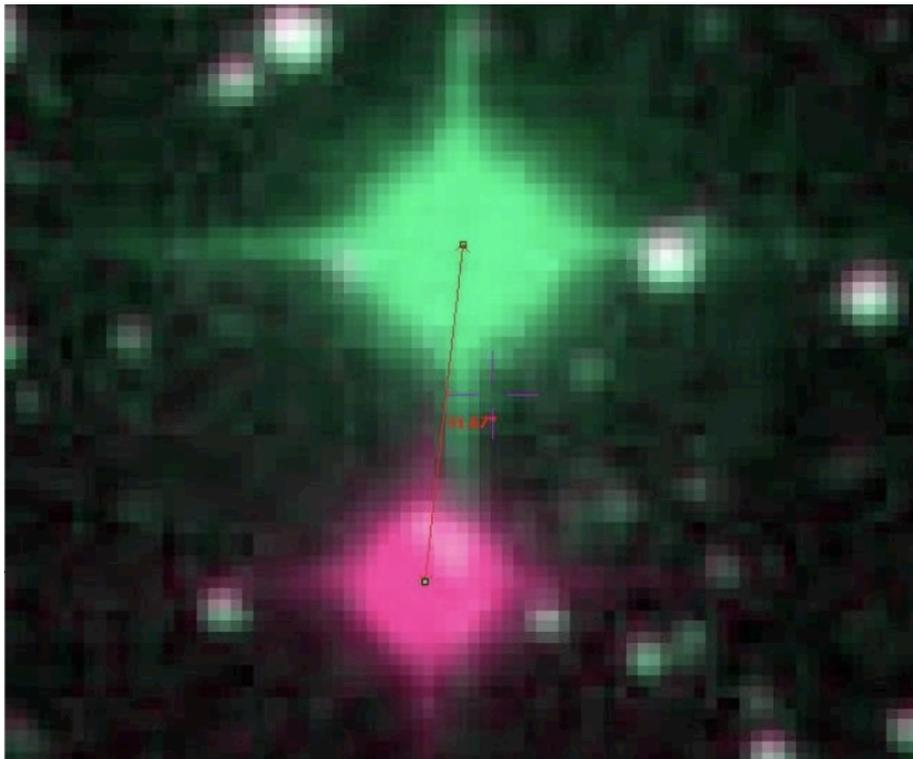


LES MOUVEMENTS PROPRES DE L'ÉTOILE DE BARNARD



Florian Freistetter, ZAH, Heidelberg
florian@ari.uni-heidelberg.de

Traduction française : Caroline Bot
caroline.bot@astro.unistra.fr

Les étoiles bougent !

Même si les étoiles sont appelées des “étoiles fixes”, parfois, elles ne sont pas tout à fait fixes. Cette appellation a été choisie il y a longtemps, quand on ne savait pas encore grand chose sur la nature des objets célestes, afin de les distinguer des “étoiles en mouvement” qui changent de position chaque nuit. Aujourd’hui, on sait que ces dernières sont des planètes et aussi que les étoiles “fixes” bougent, même si leurs mouvements sont très petits et qu’il a fallu du temps aux astronomes pour les mesurer.

Il y a plusieurs raisons pour qu’une étoile change de position dans le ciel. Il y a les changements apparents, dus au mouvement de la terre autour du soleil (parallaxe) et dus à la finitude de la vitesse de la lumière (aberration). Mais il y a aussi des changements réels de la position, dus aux *mouvements propres* de l’étoile.

Une étoile, se déplaçant sur le ciel, change son ascension droite et sa déclinaison. La formule suivante donne le changement durant un certain temps :

$$\mu_{\delta} = \mu \cos(\theta)$$

$$\mu_{\alpha} = \mu \sin(\theta) / \cos(\theta)$$

Le mouvement propre total par unité de temps est appelé μ ; θ est l’angle avec lequel l’étoile est en mouvement (vers le nord : $\theta = 0^\circ$).

Quelle est la rapidité de l’étoile de Barnard ?

L’étoile avec le mouvement propre le plus grand mesuré actuellement est l’étoile de Barnard. Avec Aladin, on peut trouver avec quelle rapidité elle se déplace :

Démarrer Aladin, puis aller dans le menu Fichier/Ouvrir... Cette commande ouvre une fenêtre appelée le sélecteur de serveurs. Tapez “Barnard Star” dans le champ “Position” et cliquez sur “Chercher”.

Les images disponibles de l’étoile de Barnard sont présentées sous forme de liste. Pour étudier le mouvement propre, on choisit deux images qui ont été prises à des moments différents. Plus il y a de temps entre les images, le mieux c’est. Prenons deux images du relevé POSS-II (I3’X13’). La colonne “date” indique le moment où les images ont été prises. Nous allons prendre des images de 1991 et 1988.

Recliquer sur “Chercher” afin de charger les images en question dans Aladin.

On peut maintenant combiner les deux images dans un petit film afin de voir si l’étoile a bougé. Pour cela, on utilise le bouton “assoc.” de la barre d’outils à droite de l’image. On choisit les images que l’on veut utiliser et cliquer sur “CREE”.

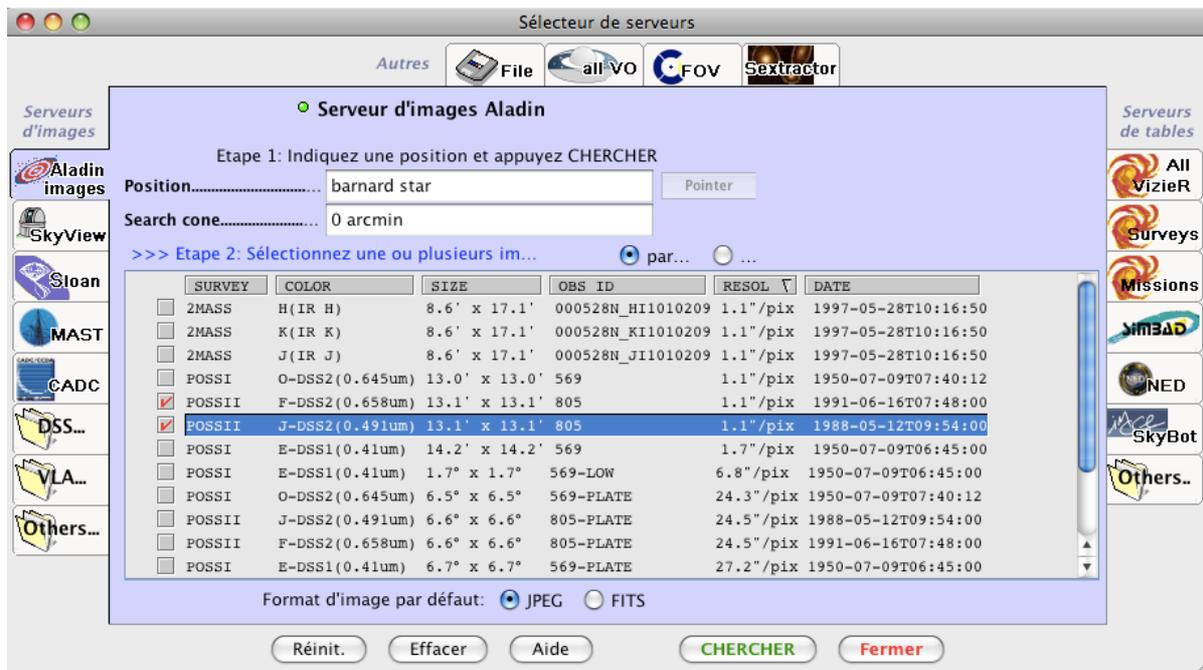


Figure 1 : Choix des images de l'étoile de Barnard dans le sélecteur de Serveurs d'Aladin.

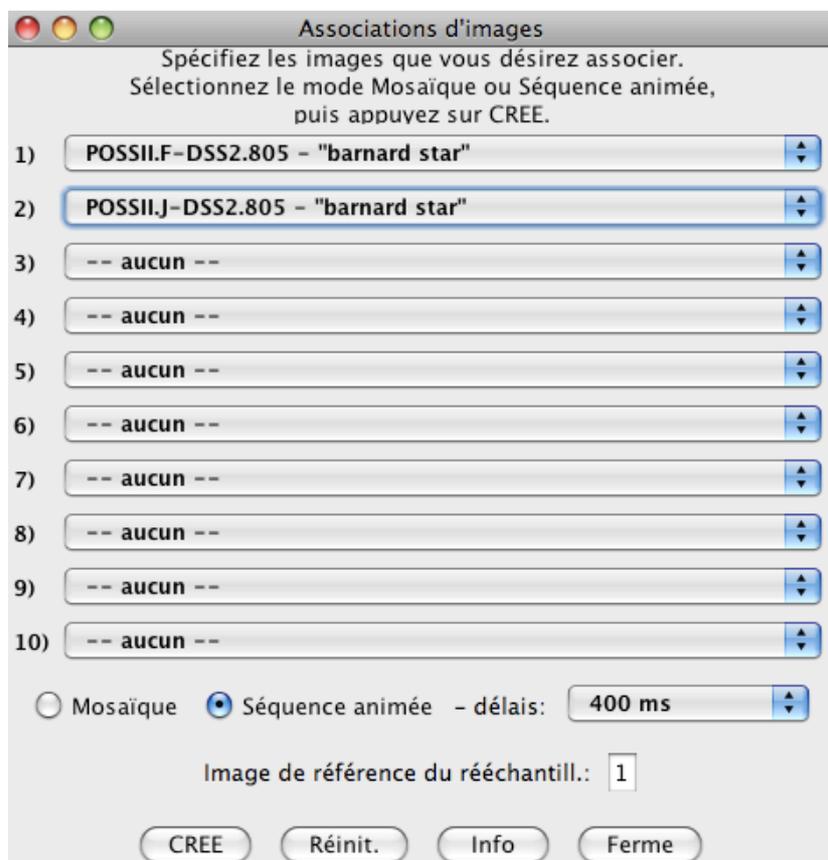


Figure 2 : faire un film avec les images choisies

Le petit film commence alors et on peut voir l'étoile bouger. Vous pouvez stopper le déroulement du film en appuyant sur le bouton "pause" en haut de l'image.

Mouvements propres des étoiles de Barnard

Pour mesurer de combien l'étoile a bougé, on utilise le bouton "rvb" de la barre d'outils. Cette fonction est faite pour utiliser une combinaison d'images à différentes longueurs d'ondes pour obtenir une image en couleurs. Mais on peut aussi l'utiliser dans notre cas.

Dans la fenêtre "rvb", on choisit une des images pour le canal rouge et une pour le canal vert. En cliquant "CREE", on obtient la composition colorée.

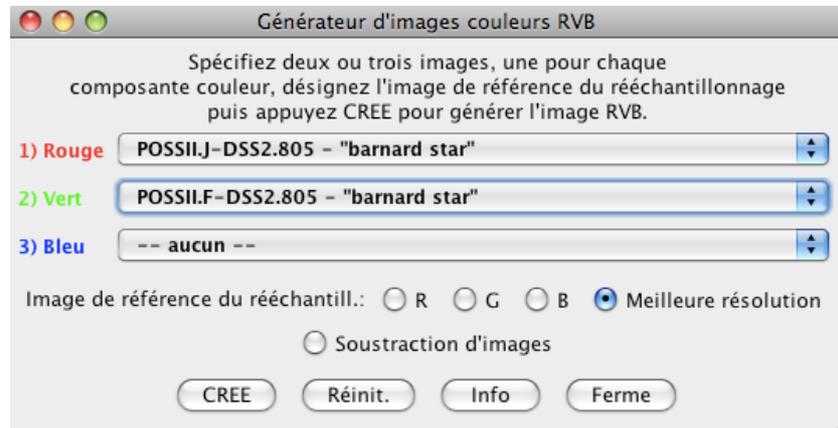


Fig 3 : Combiner des images en RVB

Les deux images sont maintenant superposées. Les étoiles qui n'ont pas bougées apparaissent blanches. Mais l'étoile de Barnard a bougé et donc nous voyons deux images de cette étoile, une en vert et une en rouge :

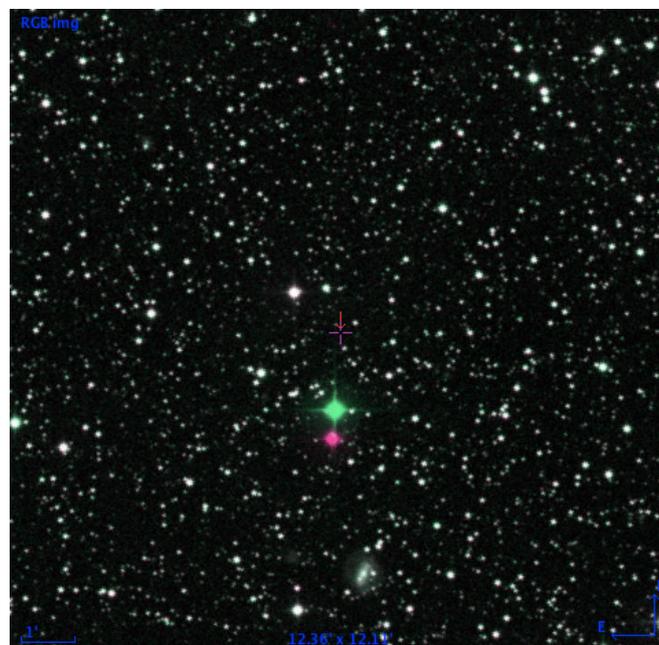


Fig 4 : composition colorée avec les deux images de l'étoile de Barnard

On peut maintenant zoomer sur la partie de l'image autour de l'étoile de Barnard (bouton "loupe" dans la barre d'outils) et utiliser l'outil de distance (bouton "dist") pour mesu-

Mouvements propres des étoiles de Barnard

rer la distance entre l'image rouge et l'image verte. Le résultat est d'environ 32 secondes d'arc : c'est la distance apparente de laquelle l'étoile s'est déplacée.

Mais durant quel temps ? Avec un clic droit sur les images de la pile Aladin, on peut voir les propriétés des images. On peut trouver le moment exact où les images ont été prises :

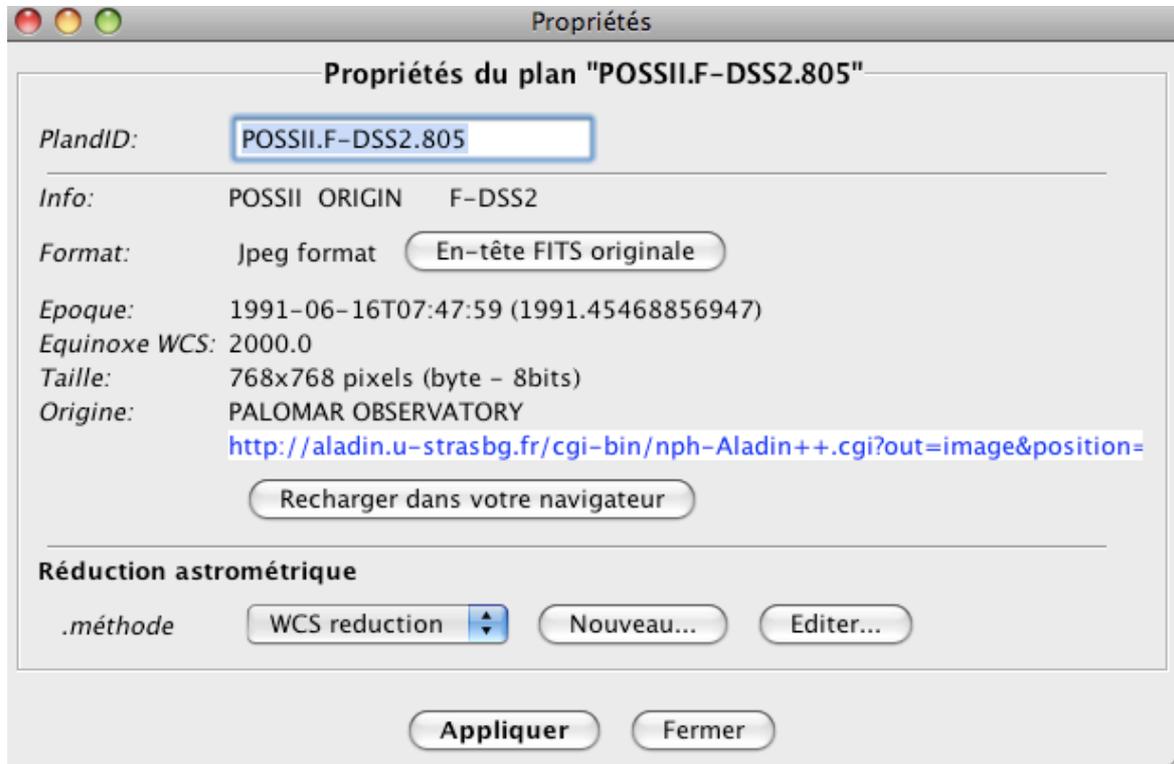


Fig 5 : A quelle date l'image a-elle été prise ?

L'information utile se trouve au niveau du label "Epoque". Dans notre cas, les images ont été prises le 12 mai 1988 à 9h42m00s et le 16 juin 1991 à 07h47m59s. Soit en décimales :

1988,36115674196

et

1991,45468856947.

On peut facilement calculer le temps qui a passé entre les deux images : 3.09353182751 années.

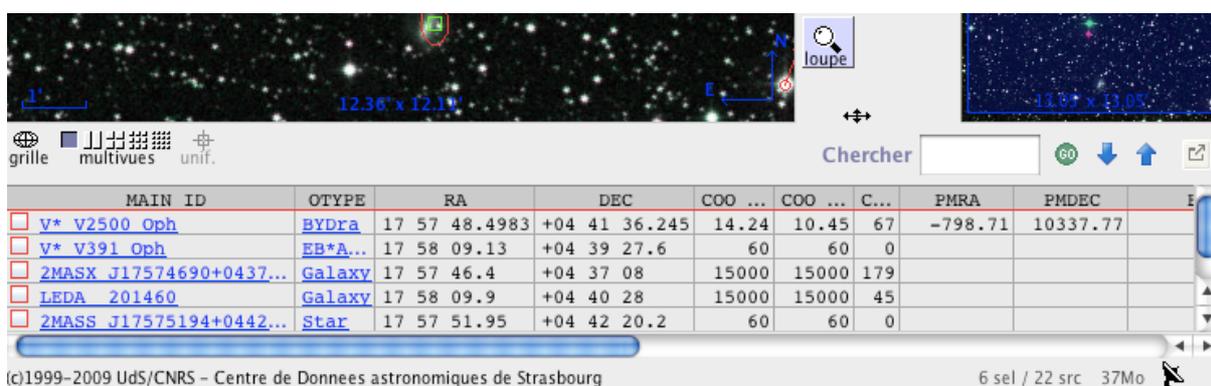
Le mouvement propre pour l'étoile de Barnard est donc de **10.35 secondes d'arc/an !**

Analyse plus poussée

Si l'étoile bouge à 10.35 secondes d'arc par an sur la sphère céleste, quelle est sa vraie vitesse dans l'espace ? Pour calculer cette valeur, on doit connaître la distance de l'étoile de Barnard.

Pour obtenir cette information, on va charger un catalogue à l'aide du menu *Fichier/Charger un catalogue/ Simbad database*

Le catalogue est maintenant chargé dans la pile à droite. Avec l'outil "Select" on va sélectionner les objets du catalogue dans l'image et les entrées de la base de donnée sont montrées dans la fenêtre de mesures :



MAIN ID	OTYPE	RA	DEC	COO ...	COO ...	C...	PMRA	PMDEC	E
<input type="checkbox"/> V* V2500 Oph	BYDra	17 57 48.4983	+04 41 36.245	14.24	10.45	67	-798.71	10337.77	
<input type="checkbox"/> V* V391 Oph	EB*A...	17 58 09.13	+04 39 27.6	60	60	0			
<input type="checkbox"/> 2MASX J17574690+0437...	Galaxy	17 57 46.4	+04 37 08	15000	15000	179			
<input type="checkbox"/> LEDA 201460	Galaxy	17 58 09.9	+04 40 28	15000	15000	45			
<input type="checkbox"/> 2MASS J17575194+0442...	Star	17 57 51.95	+04 42 20.2	60	60	0			

(c)1999-2009 UdS/CNRS - Centre de Données astronomiques de Strasbourg 6 sel / 22 src 37Mo

Fig 6 : données du catalogue

L'étoile de Barnard est listée sous son autre nom : "V* V2500 Oph" ("V" signifie variable car l'étoile de Barnard est une étoile variable). En cliquant sur son nom, on ouvre la base de données Simbad dans le navigateur internet. On peut alors voir toutes les données utiles pour cette étoile :

Basic data :

V* V2500 Oph -- Variable of BY Dra type

Other object types: EB* () , BY* () , * {AC2000, ASCC, BD, CSI, GAT, GCRV, GJ, GSC, HIC, HIP, JP11, MCC, 8pc, PLX, TYC, UB (V*, CSV, NSV) , IR (IRAS, 2MASS) , X (1E) , ** (CCDM)

ICRS coord. (ep=2000) : 17 57 48.4983 +04 41 36.245 (-) [14.24 10.45 67] A [1997A&A...323L..49P](#)

FK5 coord. (ep=2000 eq=2000) : 17 57 48.498 +04 41 36.25 (-) [14.24 10.45 67] A [1997A&A...323L..49P](#)

FK4 coord. (ep=1950 eq=1950) : 17 55 22.71 +04 33 14.1 (-) [84.21 61.89 67] A [1997A&A...323L..49P](#)

Gal coord. (ep=2000) : 031.0087 +14.0627 (-) [14.24 10.45 66] A [1997A&A...323L..49P](#)

Proper motions mas/yr [error ellipse]: -798.71 10337.77 [1.66 1.22 67] A [1997A&A...323L..49P](#)

Radial velocity / Redshift / cz : V(km/s) -106.8 [-] / z(-) -0.000356 [-] / cz -106.78 [-] (-) D [1979IAUS...30...57E](#)

Parallaxes mas: 549.30 [1.58] A [1997A&A...323L..49P](#)

Spectral type: M4ve C -

Fluxes (7) : B 11.28 [-] C - V 9.54 [-] C - R 8.7 [-] E [2003AJ...125..984M](#) I 7.9 [-] E [2003AJ...125..984M](#) J 5.24 [-] C [2003yCat.2246....0C](#) H 4.83 [-] C [2003yCat.2246....0C](#) K 4.52 [-] C [2003yCat.2246....0C](#)

essential notes: • not [BD+04 3561](#) [01-Jan-2000].

Fig 7 : étoile de Barnard dans Simbad

Mouvements propres des étoiles de Barnard

Le champ “*Parallaxes mas*” indique la parallaxe de l’étoile en milli-arcsecondes (mas). On voit donc que la parallaxe de l’étoile de Barnard est de 0.549 secondes d’arc. A partir de cette valeur, on peut calculer facilement la distance r de l’étoile de Barnard :

$$r = 1 / 0.549 = 1.82 \text{ pc}$$

On sait maintenant que l’étoile de Barnard est à une distance de 1.82 parsecs et montre un mouvement apparent de 10.35 secondes d’arc par an.

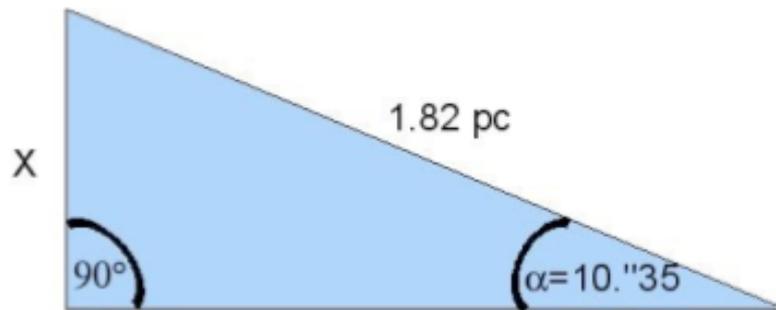


Fig 8 : Trigonométrie

La distance X que parcourt l’étoile durant une année est de 0.0000912 parsecs ou 2813000000 km. Cela correspond à une vitesse tangentielle de **90 km/s ou 321 000 km/h.**

Mouvements sur la sphère céleste

Le mouvement visible de l’étoile de Barnard sur le ciel est aussi influencé par d’autres facteurs : le mouvement de la Terre autour du Soleil ; l’influence de la lune sur le mouvement de la Terre, etc.

L’outil APFS de l’observatoire virtuel allemand (GAVO) permet une visualisation des vrais mouvements d’une étoile sur la sphère céleste. On peut trouver cet outil sur http://dc.zah.uni-heidelberg.de/apfs/res/apfs_new/hipquery/form

Entrez “Barnard Star” dans le champ “*objet*.” et donnez l’échelle de temps. Regardons le mouvement entre le 1^{er} juin 2009 et le 1^{er} juin 2014. L’intervalle de sortie (“interval of generation”) doit être de 24h. Comme format de sortie (“output format”), on choisit une représentation graphique et on sélectionne “VOPlot”.

Cliquez sur “Go” pour démarrer le calcul et l’interface graphique. Il suffit ensuite de sélectionner les colonnes que l’on souhaite pour les axes “ x ” et “ y ”. On veut prendre l’ascension droite (“raCIO”) en “ x ” et la déclinaison (“dec”) en “ y ”. Un clic sur “plot” dessine la nouvelle image.

GERMAN ASTROPHYSICAL VIRTUAL OBSERVATORY
GAVO
APFS Simple Query Form

This service computes apparent places of certain fundamental stars (from the FK6 catalogue). The positions can be given either in the CIO system (default) or the old equinox system.

If you give a position or an object resolvable by Simbad, the service will choose the nearest FK6 star for the ephemeris.

Object
Enter an FK6 number, or a (decimal, comma-separated) position, or a

Start date / / (day/month/year)
Start date of generated ephemeris

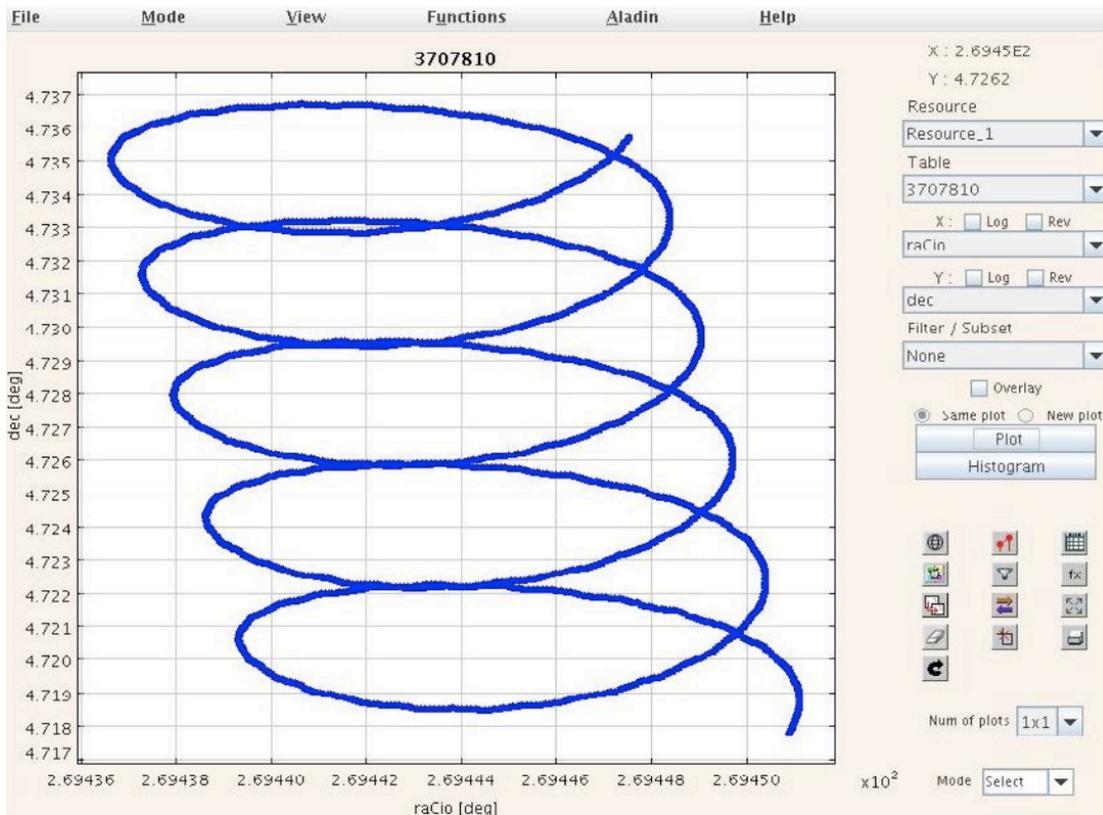
End date / / (day/month/year)
End date of generated ephemeris

Interval of generation (hrs)
Number of hours between two apparent positions

Output in CIO system
 (old) equinox system

Output format output verbosity

Fig 9 : Mouvements de l'étoile de Barnard avec GAVO



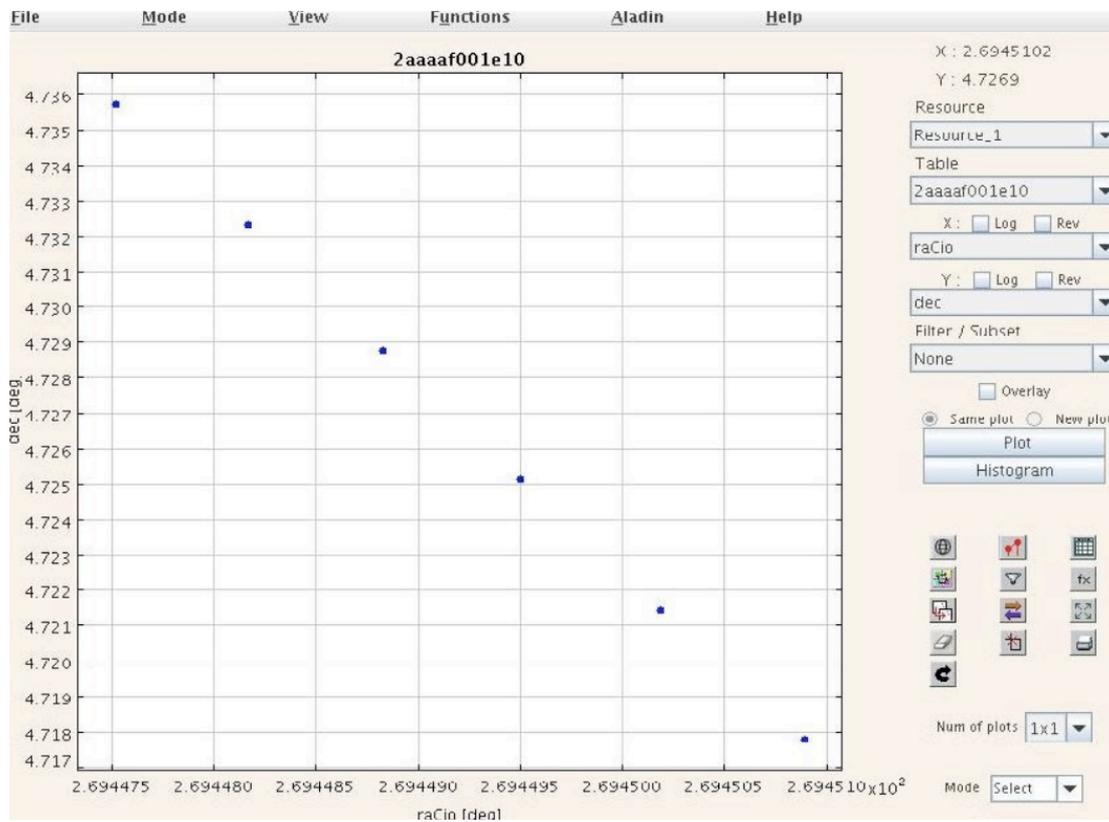


Fig II : Mouvements de l'étoile de Barnard

Cela devient plus clair si on modifie l'intervalle de sortie de 24h à 8 766h (un an). Le mouvement de la Terre est alors filtré et on peut voir le mouvement propre de l'étoile de Barnard.