

BARNARD, LA VÉLOCE

Pierre Le Fur

Une comparaison instructive entre la détermination expérimentale de la vitesse de l'étoile de Barnard à 46 ans d'écart en utilisant le matériel disponible à chacune des époques.

Introduction

Dans l'Antiquité, les astronomes n'avaient pas observé de mouvement relatif des étoiles, c'est-à-dire les unes par rapport aux autres. Les constellations, figures imaginaires et mythiques restaient immuables pour l'œil nu de ces savants. Les étoiles constituaient la sphère des fixes.

En 1867, dans le tome II – posthume – de son *Astronomie populaire*, François Arago (directeur de l'Observatoire de Paris) nous rappelle que c'est Halley qui, le premier en 1718 [1], a soupçonné par des calculs de latitude et par comparaison avec le catalogue d'Hipparque, les mouvements propres de Sirius, Aldébaran et Arcturus. À la page suivante, pour Arcturus, il précise la valeur du mouvement propre vers le sud-ouest : $\mu = 2,25''$ (secondes d'arc) par an. C'est à peu près le pouvoir séparateur d'un télescope de 10 cm de diamètre. Dans *Les étoiles* [2], Flammarion précise « qu'en huit cents ans ce déplacement égale le diamètre apparent de la lune... ». On rappelle qu'une seconde d'arc représente $1/3\,600$ de degré.

Pour Arcturus cette valeur de μ a été tout à fait confirmée par les mesures modernes de Gaia, extraordinaire satellite astrométrique de l'Agence spatiale européenne : $\mu = 2,279\,42''/\text{an}$ (Data Release 2/2018). Ce déplacement est relatif aux lointains quasars, repères du fond de ciel.

Observer une étoile « mobile »

Pour réaliser une observation du mouvement propre d'une étoile, deux conditions s'imposent lorsqu'on dispose d'un matériel modeste : choisir une étoile rapide à forte valeur de μ et être très (très) patient.

1975, l'époque des « pellicules »

Étudiant en classe préparatoire et astronome amateur, je décidai de tenter l'expérience avec l'étoile la plus rapide de toute : l'étoile de Barnard appelée également « Velox Barnardi ». Je disposais alors d'une chambre photographique équipée d'un objectif de récupération de mauvaise qualité (diamètre 77 mm et F/D = 4,5). L'image venait s'inscrire sur une pellicule 6×9 HP4 Ilford

développée à 800 ASA ; si cela parle encore à certains lecteurs. À cette époque il fallait bricoler beaucoup pour avoir une monture équatoriale entraînée par une vis sans fin, manœuvrée manuellement. Le guidage était assuré par une lunette de 55 mm dont le tube était en carton. Une pose longue de 31 min se déroula l'œil collé à l'oculaire et les doigts tournant l'écrou de la vis tangente. Le reste du travail se faisait au laboratoire photo argentique : développement de la pellicule et tirage sur papier. Rien à voir avec les méthodes actuelles des astrophotographes...

2021, le règne du CCD

La deuxième prise de vue s'effectua dans des conditions totalement différentes, avec tous les moyens modernes : télescope Meade 305 mm à monture équatoriale Célestron et appareil photo numérique Nikon D330 au foyer, équipé d'un réducteur de focale à F/D = 5. Quelque 11 poses de 20 secondes furent prises soit un total de près de 4 minutes.

Elle bouge !

Les figures 1 et 2 montrent les deux images, ramenées au même champ angulaire (cercle bleu) de la taille de la pleine Lune, environ. On arrive à repérer les deux positions différentes de l'étoile, par comparaison.

Entre ces deux points 46 ans se sont écoulés. D'un point à un autre, il y a toute une carrière d'enseignant en physique-chimie ! Le premier cliché fut réalisé quand je venais de devenir élève-professeur, aux « Ips » et le plus récent, pour marquer mon départ en retraite. En 1975, j'étais loin de penser que j'attendrais aussi longtemps...

Mais revenons à l'astronomie et mesurons le paramètre μ de cette étoile.

On ramène les deux images, 1975 et 2021, à la même échelle, puis on les superpose directement ou indirectement en repérant la position 1975 avec les distances aux trois étoiles repères sur l'image 2021. On obtient alors la figure 2. Une échelle quantitative, déterminée grâce au logiciel *Aladin* de l'Université de Strasbourg [3], conduit

au résultat de $\mu_{\text{mesuré}} = 10,6''/\text{an}$; tout à fait en accord avec les mesures récentes ($10,3959''/\text{an}$, DR2 GAIA 2018 [3]), malgré la mauvaise définition sur l'image argentique très agrandie. C'est avoir « l'incertitude heureuse ».

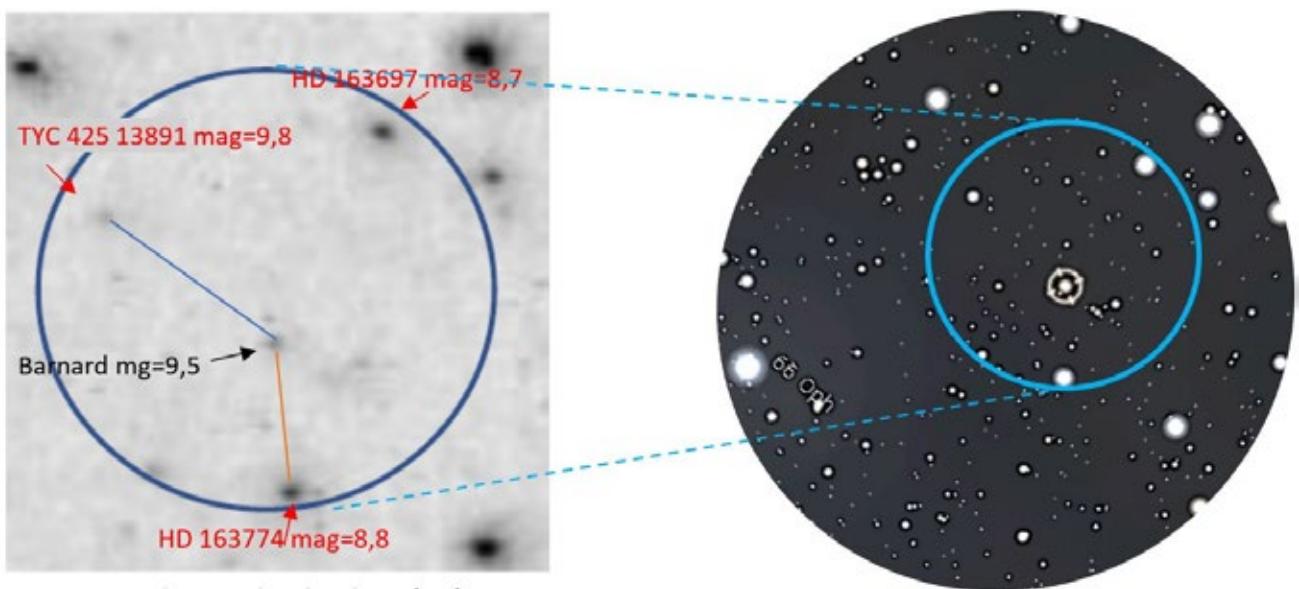


Fig.1. Région de 66 Ophiuchus le 01/07/1975

À gauche, ancien négatif argentique agrandi 10 fois, pose de 31 min sur HP4 Ilford 800 ASA, chambre photographique D = 77 mm F/D = 4,5.

À droite, même région à la même date. Repérage de l'étoile de Barnard, cerclée en blanc, avec Stellarium.

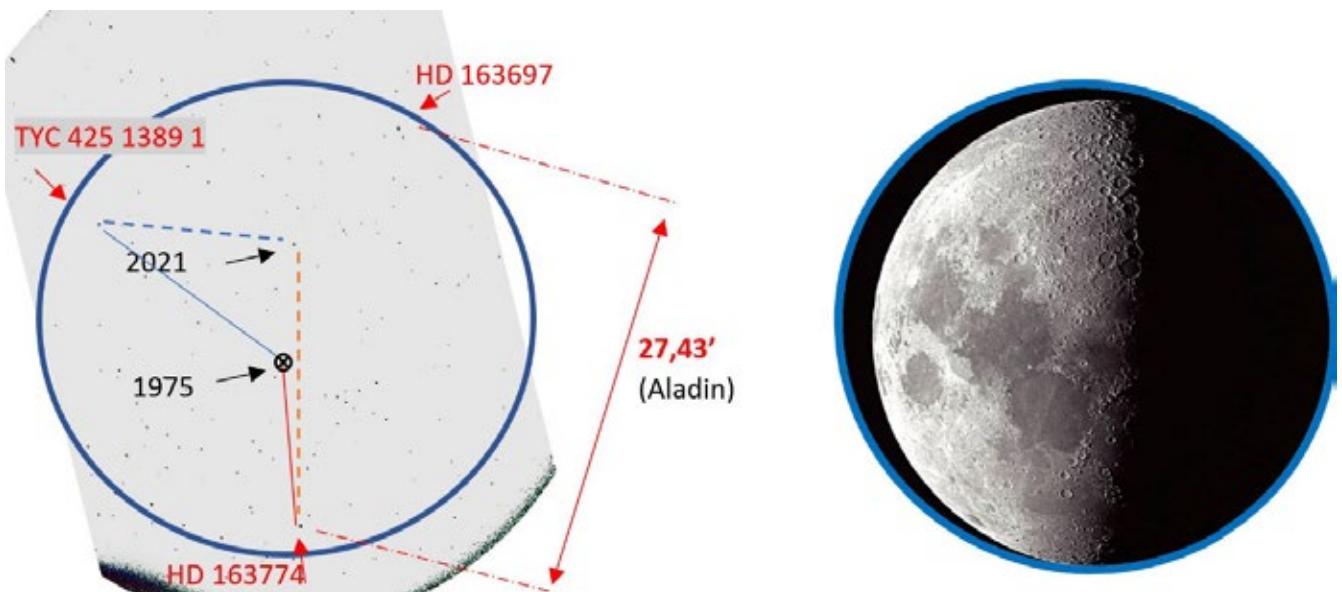


Fig.2. Même région de 66 Oph au télescope de 305 mm, pose de 3 min 40 s Nikon 330 1600 ISO , F/D = 5. Le champ photographié est en gris. Par comparaison avec La lune à la même échelle.

On a superposé par triangulation à cette image la position de l'étoile de Barnard du 01/07/1975. L'échelle est déterminée par le logiciel Aladin.

$$\text{Distance angulaire parcourue : } 28 \text{ mm} / 94,5 \text{ mm} * 27,43 * 60 = 488''$$

En 46 ans soit **$10,6''/\text{an}$**

Ce travail pourrait être transposé en classe en utilisant le logiciel *Stellarium*, chaque élève entrant sa date de naissance t_1 et la date du jour t_2 . Avec le logiciel *GeoGebra* on mesure facilement les distances étoiles repères par rapport à *Velox*. Avec les outils de tracé de cercle on replace l'étoile mobile de t_1 sur l'image t_2 . On utilise *Aladin* pour l'échelle. On compare les valeurs de μ obtenues par les

élèves. Enfin en donnant la distance d (5,955 al) on peut calculer la composante tangentielle V_T de la vitesse réelle de déplacement de *Velox*, si l'on aime jouer avec les unités.

$V_T = d \mu \approx 90,10 \text{ km/s.}$ (avec d en km et μ en radian). On pourra la comparer avec la vitesse radiale $V_R = -110,10 \text{ km/s}$ [3].

Découverte de Velox

Qui est Barnard (1857-1923) ?

Les images précédentes démontrent que cette étoile est difficile à repérer dans le dense fouillis des soleils de la Voie lactée. Il fallait être un observateur exceptionnel pour réaliser cet exploit à l'aube du XX^e siècle. C'est Edward E. Barnard, né à Nashville en 1857, qui y parvint. Il découvrit 7 comètes entre 1881 et 1887 alors qu'il n'était pas encore astronome professionnel. Il est l'un des premiers à remarquer les lueurs du « gegenschein ». En 1887 il est nommé comme astronome à l'observatoire de Lick (Californie). Il y examine visuellement les planètes, à la grande lunette de 91 cm, et découvre, entre autres, le satellite de Jupiter Amalthea (1892) et les traînées radiales sur les anneaux de Saturne (spokes). Un total de 10 comètes s'ajoute aux précédentes. En 1899, il rejoint le tout nouvel observatoire de Yerkes (Wisconsin, lunette de 102 cm) où il développe son talent pour la photographie astronomique et publie son premier atlas de la Voie lactée en 1913 puis en 1924. Enfin il travaille sur les nébuleuses obscures de notre Galaxie.

C'est en 1916 qu'il repère l'étoile « Velox » (la rapide d'Ophiuchus, en latin), sur ses clichés.

Son œuvre lui vaut de nombreuses récompenses internationales comme les prix Lalande (1892) ou Janssen (1900). [4], [5].

L'astronomie en 1900

Barnard a travaillé à la charnière entre deux modes de recherches astronomiques. Il fut un grand observateur en visuel qui utilisait les plus grandes lunettes astronomiques du monde et savait repérer à l'oculaire des astres d'éclat tenu, dans le fouillis du ciel. N'avait-il pas aussi réussi à voir les nuées gazeuses émises par une nova fraîchement découverte ?

Puis la photographie, qu'il maîtrisait depuis sa jeunesse, lui permit de passer à l'étude méthodique des clichés argentiques du ciel, avec le blink microscope par exemple. Ce qui l'amena à l'exploit de découvrir Velox dont la vitesse apparente 10,4"/an reste incomparablement plus faible que celle d'un astéroïde ou d'une comète qui est de quelques secondes d'arc par heure.

Si l'on veut se replonger dans l'astronomie de cette époque, je recommande de visiter l'observatoire de Nice. Vous verrez les instruments des années 1881-1900 en parfait état de fonctionnement, grâce à l'équipe de passionnés, dont l'astronome Jean Pierre Rivet : la grande lunette de 76 cm et celle de 50 cm de la coupole « Charlois » (figure 3).



Fig.3. Intérieur de la coupole Charlois, observatoire de Nice. L'astronome Jean Pierre Rivet présente la lunette de Charlois, toujours opérationnelle. Elle fut modifiée en 1960 par remplacement de l'objectif de 38 cm par un de 50 cm de diamètre.

D'ailleurs Auguste Charlois, prix Janssen un an avant Barnard (1899), eut une trajectoire professionnelle proche de celle de Barnard : il découvrit la bagatelle de 99 astéroïdes dont 27 en visuel, les autres photographiquement entre 1887 et 1904 [6]. Mais, lui, mourut tragiquement, assassiné par un jaloux...

Sur la colline du mont Gros dominant Nice, vous retrouverez cet original parfum du passé et profiterez de l'Universarium, espace moderne, ludique et interactif situé sous le plancher de la coupole Bischoffsheim [7].

N'oublions pas de fêter les 140 ans de l'Observatoire de Nice : <https://www.oca.eu/fr/visite-guidee-individuels>

Une étoile toujours d'actualité

L'environnement solaire

Dès que Velox fut découverte, on a su mesurer sa parallaxe (0,548") c'est-à-dire l'angle de son déplacement semi-annuel dû au mouvement de la Terre autour du Soleil. Il en a été déduit directement qu'elle était très proche du Soleil à l'échelle interstellaire : 5,96 années-lumière. À

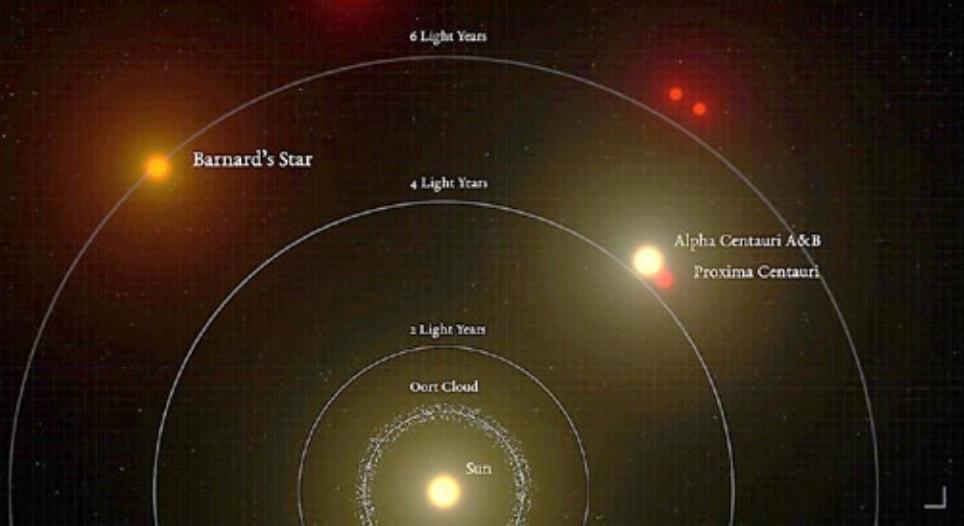


Fig.4. Les étoiles les plus proches du Soleil.

Crédit : IEEC/Science-Wave - Guillem Ramisa / ESO im 1837e- 14/11/2018.

Johannesburg, Robert Innes venait de découvrir Proxima Centauri un an avant, en 1915 (4,24 al).

Elle fait partie des quelque 339 systèmes stellaires présents autour du Soleil dans un rayon de 10 parsecs (32,6 al). Ces systèmes sont constitués de naines rouges, brunes, de petites étoiles multiples possédant souvent des exoplanètes. Ce dernier recensement réalisé par une équipe de l'IRAP et de l'UTINAM a été publié en 2021 [8], [9]. Voir la carte partielle figure 4 [10].

Évolution de la distance au Soleil

Le signe négatif de la vitesse radiale montre que cette étoile se rapproche du Soleil actuellement. Une étude des mouvements des étoiles proches présentée figure 5 montre que sa distance au Soleil sera minimale dans 10 000 ans : 3,8 al. Puis elle s'éloignera [11].

Découverte d'une exoplanète

En octobre 2018, une équipe internationale du projet RedDots, utilisant les instruments de l'Observatoire européen austral (spectrographe HARPS

de l'ESO entre autres) a montré que la vitesse radiale variait périodiquement de quelques km/h (par rapport à 396 360 km/h = 110,10 km/s). L'interprétation proposée est l'existence d'une super terre de 3,2 masses terrestres orbitant autour de Proxima, naine rouge de type spectral M5. Sa période de révolution de 233 jours montre qu'elle orbite dans une zone froide au-delà de la ligne des glaces et non dans la zone habitable.

Le responsable de ces recherches, l'astronome espagnol Ignasi Ribas, indique que les observations continuent pour confirmer ce résultat, publié dans la revue Nature [10].

Affaire à suivre... ■

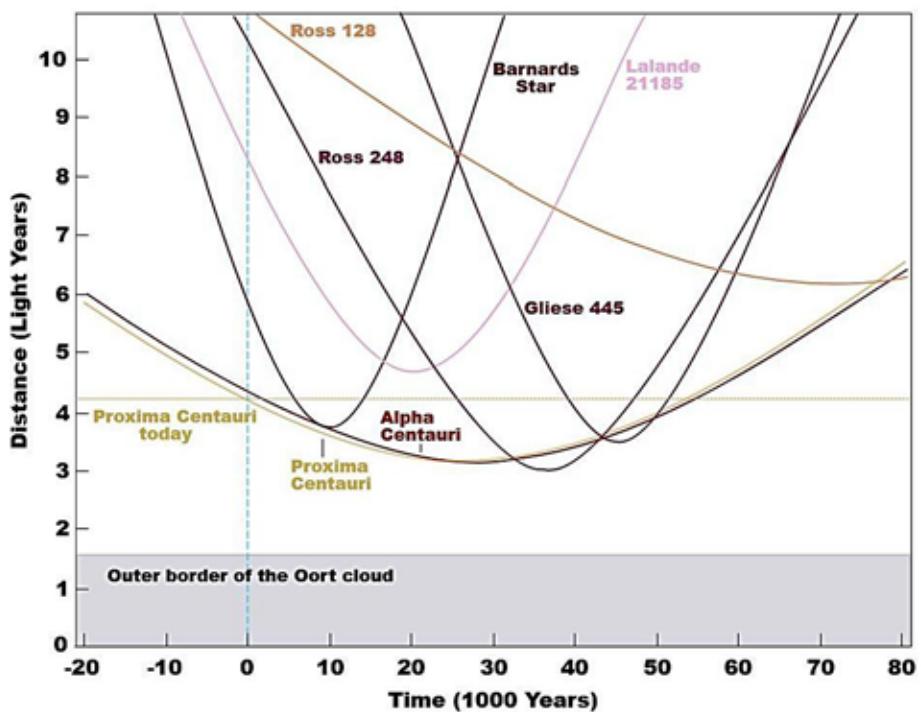


Fig.5. Variation des distances au Soleil de quelques étoiles.

Vélos et alpha du Centaure seront à même distance du Soleil dans 10 000 ans. Crédit : Wikimedia commons.

Références

1. *Astronomie populaire* tome II p. 22 Fr. Arago, chez Guérin éditeur 1867.
2. *Les étoiles et les curiosités du ciel* p. 134 chez Marpon et Flammarion éditeurs 1882.
3. <http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/sim-id?Ident=NAME+Barnard%27s+star&NbIdent=1>
4. <https://tennesseencyclopedia.net/entries/edward-emerson-barnard/>
5. https://en.wikipedia.org/wiki/Edward_Emerson_Barnard
6. <https://jfconsigli.wordpress.com/accueil/charlois/>
7. <https://www.oca.eu/fr/visites-individuels/visitez-le-site-historique-du-mont-gros>
8. <https://www.insu.cnrs.fr/fr/cnrsinfo/le-voisinage-du-soleil>
9. The 10 parsec sample in the Gaia era - *Astronomy & Astrophysics* (2021), C Reylé and al.
10. <https://www.eso.org/public/france/news/eso1837/?lang#2>
11. <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Near-stars-past-future-de.svg>