D'un nouvel effet de l'aberration de la lumière particulier aux étoiles doubles qui possèdent un mouvement propre. Sur les systèmes binaires 61 Cygni et 70 p Ophiuchi. Par Mr. *Houzeau*. (Beschluss.)

4. J'ai fait l'application des formules (6) et (7) au système binaire 61 Cygni. J'ai d'abord déterminé, au moyen d'éléments approchés, et de la dernière parallaxe de *Bessel*,

$$\alpha - 90^\circ = -11^\circ 6', \quad V = 36''142.$$

La direction du mouvement propre, rapportée à l'équinoxe de 1800, est, selon les données de *Argelander*, $51^\circ 17'$.

Le tableau ci-dessous renferme les observations de 61 Cygni, réduites à ce même équinoxe de 1800. J'ai recal-

culé les anciennes mesures de *Bradley*, de *Lefrançais*, *Lalande* et de *Piazzi*, d'après les sources originales. Les légères irrégularités que l'on remarque dans les inégalités causées par l'aberration, auraient disparu, si l'on avait remplacé dans les formules les θ' observés par ceux calculés. Mais cette substitution aurait pu présenter d'autres inconvénients plus graves. Il va sans dire, d'ailleurs, qu'on retrouve dans les observations corrigées de l'aberration, les écarts individuels qui appartiennent en propre aux observations elles-mêmes.

Dates.	Positions observées Eq. 1800.	Equat. d'aberrat. absolue.	Positions corrigées.	Dist. observées.	Equat. d'aberrat.	Dist. corrigées.
1753,76	35° 4'	+ 26'	35° 30'	19'30	+ 0'51	19'81
78,00	50 51	0	50 51	15,24	+ 0,01	15,25
1781,90	53 44	+ 1	53 45	16,33	— 0,09	16,24
1793,60	52 47	+ 3	52 50	14,89	— 0,39	14,50
1800,00	69 9	+ 26	69 35	18,27	— 0,43	17,84
05,00	78 30	+ 74	79 44	14,50	— 0,61	13,89
12,30	79 11	+ 71	80 22	16,74	— 0,66	16,08
13,80	69 16	+ 50	70 6	16,56	— 0,74	15,82
14,50	68 58	+ 46	69 44	17,20	— 0,73	16,47
19,92	83 4	+115	84 59	15,20	— 0,80	14,40
20,51	83 36	+120	85 36	15,11	— 0,83	14,28
22,72	85 55	+137	88 12	14,93	— 0,86	14,07
22,90	84 48	+125	86 53	15,425	— 0,846	14,579
25,70	87 4	+139	89 23	15,444	— 0,869	14,575
28,52	89 30	+156	92 6	15,429	— 0,888	14,541
28,72	89 33	+159	92 12	15,31	— 0,90	14,41
28,80	90 9					
29,60	89 35	+163	92 18	15,27	— 0,92	14,35
30,56	90 58	+164	93 42	15,613	— 0,897	14,716
30,66	90 29	+160	93 9	15,703	— 0,899	14,804
30,84	90 30	+162	93 12	15,638	— 0,906	14,732
31,70	91 20	+168	94 8	15,632	— 0,908	14,724
31,72	90 53	+170	93 43	15,453	— 0,925	14,528
32,57	91 5					
32,77	92 13	+170	95 3	15,79	— 0,90	14,89
33,80	92 57	+174	95 51	15,88	— 0,90	14,98
35,54	94 16	+191	97 27	15,589	— 0,929	14,660
35,65	94 1	+181	97 2	15,967	— 0,912	15,055
37,63	95 20	+184	98 24	16,276	— 0,903	15,373
37,71	95 38	+194	98 52	15,931	— 0,919	15,012
38,38	95 32	+190	98 42	16,204	— 0,916	15,288
39,73	96 16	+188	99 24	16,76	— 0,88	15,88
40,05	97 18	+195	100 33	16,014	— 0,922	15,092
1841,49	98 45	+183	101 48	16,491	— 0,892	15,599

Sources et Autorités.

Bradley, Astron. observ., Vol. I, transits, p. 129 et 140; mérid. dist. southw., p. 80.
Chr. Mayer, cité par *J. Herschel*, Mem. of the astron. Soc., Vol. V, p. 43.
W. Herschel, MS. cité Mem. of astr. Soc., Vol. V, p. 43.
Lefrançais-Lalande, Hist. céleste, p. 14.
Piazzi, Praecip. stel. pos. med., ed. in 4°, p. 151.
Piazzi, cité par *Bessel*, Fund. astr., p. 360.
Bessel, Fundam. astron., p. 360.
Lindenau, cité Mem. of astr. Soc., Vol. V, p. 43.
Struve, Catalogus novus stell. duplicium.
Struve, Addit. in Vol. II. observ. dorpatens.
Struve, Mensurae microm., p. 169.
Struve, ibid., p. 318.
J. Herschel et South, Phil. Tr., 1824, p. iij, p. 367.
South et Beaufort, Phil. Tr., 1826, P. I, p. 382.
J. Herschel, Mem. of the astr. Soc., Vol. V, p. 84.
Struve, Mens. microm., p. 169.
J. Herschel, Mem. of the astr. Soc., Vol. V, p. 43.
J. Herschel, ibid., p. 84 et 43.
J. Herschel, ibid., p. 84.
Daves, Mem. of the astr. Soc., Vol. VIII, p. 91.
Bessel, Abhandl. der Akad. zu Berlin, 1833, S. 57.
Struve, Mens. microm., p. 169.
J. Herschel, Mem. of the astr. Soc., Vol. VIII, p. 55.
J. Herschel, ibid., p. 55.
Struve, Mens. microm., p. 169.
Daves, Mem. of the astr. Soc., Vol. VIII, p. 91.
Mädler, Astr. Nachr., Nr. 304, Bd. XIII, S. 261.
Struve, Mens. microm., p. 169.
Encke et Galle, Berl. Astr. Beob., Bd. I.
Struve, Addit. in mens. micr., p. 17.
Bessel, Astr. Nachr., Bd. XV., Nr. 345.
Galle, Berliner Astr. Beobachtungen, Bd. I.
Kaiser, Astr. Nachr., Bd. XVIII, Nr. 409.
Mädler, Beob. auf der Sternw. in Dorpat, Bd. IX, p. 58.

Avec ces positions corrigées, bien que ce ne soit encore qu'une première approximation, la courbe des angles de position, dans l'intervalle postérieur à 1818, s'accorde avec la variation des distances corrigées. Quant à la plupart des observations antérieures, les limites de leurs erreurs surpassent considérablement l'étendue de la correction d'aberration.

Je n'ai pas tenté une seconde approximation des éléments de l'orbite, parce que l'arc parcouru jusqu'ici sous nos yeux, ne permettrait d'arriver encore qu'à un résultat imparfait.

5. Je vais traiter maintenant le cas de 70 p Ophiuchi. Dans cette étoile double, la parallaxe est inconnue, de sorte qu'il faut tirer V des observations elles-mêmes. J'ai donc fait successivement plusieurs suppositions sur la valeur de cette constante. Au moyen de la valeur provisoire de V , je calculais approximativement l'équation d'aberration, et je cherchais ensuite de nouveaux éléments elliptiques d'après les observations corrigées. Le quatrième essai m'a donné des résultats déjà très satisfaisants, et qui liaient les observations des angles de position faites de 1819 à 1823 avec celles qui ont suivi, aussi bien qu'on pouvait le désirer. Ces éléments se rapprochaient beaucoup de ceux que *Mädler* a obtenus par la considération de l'ensemble de toutes les observations. Les éléments de *Mädler* représentent les directions avec assez d'exactitude; en effet, les angles de position sont bien moins affectés que les distances par l'équation d'aberration. De plus, dans l'intervalle de 1819 à 1841, les effets de cette équation sur les angles de position se sont pour ainsi dire entre-détruits. Ce n'est guère qu'aux deux extrémités de l'arc parcouru dans cet espace de temps, qu'ils se faisaient sentir avec quelque importance.

Ces circonstances m'ont engagé à employer exclusivement les distances à la recherche de la constante V , et à partir dans ce but, des éléments mêmes de *Mädler*. Ces éléments, publiés dans le Nr. 444 des *Astronomische Nachrichten*, sont, sur l'équinoxe de 1800:

Epoque du passage par le Périhélie.....	1805,104
Position du Nœud.....	112° 6'7
Inclinaison.....	18 26,1
Dist. du Nœud au Périhélie sur l'orbite vraie	181 21,8
Excentricité.....	0,64030
Durée de la Révolution (rétrograde).....	90,734 ans.

J'omets le demi-grand axe, qui fera avec V l'objet d'une recherche particulière.

J'ai déduit des nombres d'*Argelander* la direction apparente du mouvement propre sur l'équinoxe de 1800, et je l'ai trouvée 168° 55'. La connaissance de cette direction

fournit le moyen de déterminer N ; puis on tire de la formule (1)

$$\alpha - 90^\circ = + 2^\circ 53'.$$

J'ai calculé ensuite pour chacune des dates auxquelles *Struve* ou *Bessel* ont observé soit avec le grand réfracteur de Dorpat, soit avec l'héliomètre de Königsberg, j'ai calculé la distance apparente ρ , en supposant le demi-grand axe de l'orbite vraie égal à l'unité. J'ai déterminé pour chacun de ces instants les angles ν , et j'ai tiré des observations les angles θ' . On obtient ensuite, par de simples soustractions les angles δ , qui influent peu sur le résultat dans la plupart des cas. J'ai eu ainsi, pour chacune des dates indiquées, un facteur $\frac{\cos \theta'}{\rho} \cdot \frac{\sin(\nu + \alpha - 90^\circ)}{\cos \delta}$, que j'appellerai h .

Observons maintenant que $r = \rho A$, A étant le demi-grand axe de l'ellipse vraie. Nous pourrions poser

$$\rho A = r' - h \frac{V}{A}.$$

Chaque distance observée r' m'a donc fourni une équation de condition. Et comme j'ai joint aux distances citées par *Mädler*, celle observée en 1843,58, qui m'est parvenue récemment dans le Nr. 490 des *Astronomische Nachrichten*, j'ai formé dix-neuf équations de condition. Les distances de l'héliomètre de Königsberg avaient été préalablement ramenées à celles du grand réfracteur de Dorpat, au moyen de la correction constante — 0"234 indiquée par *Mädler*. Ces équations de condition, traitées par la méthode des moindres carrés, m'ont donné pour équations finales:

$$34,986 A = 145''746 - 3,896 \frac{V}{A},$$

$$-3,896 A = -16,947 + 0,7395 \frac{V}{A};$$

d'où l'on tire

$$A = 3''9061, V = 9''1146.$$

Ces valeurs numériques représentent comme suit les observations:

Dates.	Dist. ellipt. r	Equation d'aberr. absolue.	Dist. corrig. r' calc.	Dist. observ. r' observ.	Diff. ou r' obs. — r' calc.	Obs- vateurs.
1825,57	4"505	— 0"532	3"973	3"984	+ 0"011	<i>Struve.</i>
27,02	4,668	— 0,345	4,323	4,375	+ 0,052	<i>Struve.</i>
28,71	4,925	— 0,033	4,892	4,782	— 0,110	<i>Struve.</i>
29,59	4,936	+ 0,187	5,123	5,087	— 0,036	<i>Struve.</i>
30,50	5,065	+ 0,265	5,330	5,240	— 0,090	<i>Bessel.</i>
30,84	5,099	+ 0,290	5,389	5,310	— 0,079	<i>Struve.</i>
31,68	5,184	+ 0,305	5,489	5,410	— 0,079	<i>Struve.</i>
32,69	5,254	+ 0,356	5,610	5,560	— 0,050	<i>Bessel.</i>
32,75	5,255	+ 0,349	5,604	5,553	— 0,051	<i>Struve.</i>
34,47	5,342	+ 0,428	5,770	5,852	+ 0,082	<i>Struve.</i>
35,60	5,462	+ 0,482	5,944	5,893	— 0,051	<i>Bessel.</i>
35,60	5,462	+ 0,482	5,944	6,108	+ 0,164	<i>Struve.</i>

Dates.	Dist. ellipt. r	Equation d'aberr. absolue.	Dist. corrig. r' calc.	Dist. observ. r' observ.	Diff. ou r obs. $-r'$ calc.	Obser- vateurs.
1836,52	5"516	+ 0"513	6"029	6"110	+ 0"081	<i>Bessel.</i>
36,66	5,517	+ 0,513	6,030	6,137	+ 0,107	<i>Struve.</i>
37,52	5,587	+ 0,555	6,142	6,205	+ 0,063	<i>Bessel.</i>
37,69	5,589	+ 0,568	6,157	6,240	+ 0,083	<i>Bessel.</i>
37,72	5,590	+ 0,569	6,159	6,152	— 0,007	<i>Struve.</i>
41,53	5,739	+ 0,654	6,393	6,380	— 0,013	<i>Mädler.</i>
1843,58	5,804	+ 0,733	6,537	6,445	— 0,092	<i>Mädler.</i>

Je crois que ces distances sont représentées avec une précision presque égale à celle des observations mêmes. Trois fois seulement les différences surpassent 0"1. Si les signes des erreurs restantes paraissent encore affecter une sorte de disposition systématique, on peut concevoir qu'un léger changement dans les éléments de l'orbite, notamment dans l'inclinaison, rendrait la concordance encore plus complète.

Toutefois les déviations des distances sont déjà très-bien représentées; et elles le sont par une loi unique, dans un sixième du périmètre de l'orbite apparente, pour un laps total de dix-huit années. Ces considérations me semblent démontrer, non seulement que l'explication présentée ici est réelle, mais qu'elle est suffisante pour lever la difficulté relative à 70 p Ophiuchi. Au reste, lorsque j'aurai effectué de nouveaux essais, j'espère faire disparaître tous les doutes, s'il en pouvait encore subsister.

Il faut reconnaître, d'une part la nécessité de tenir compte de la différence des aberrations absolues, dans les étoiles doubles qui possèdent un mouvement propre, et de l'autre, l'extrême simplification que la question soulevée par 70 p Ophiuchi, en éprouve.

Il n'est pas douteux que des inégalités analogues ne se développent dans les autres étoiles doubles à mouvement propre, lorsqu'on connaîtra des portions plus étendues de leurs trajectoires apparentes. Pour la plupart d'entr'elles, l'arc décrit n'est pas encore assez étendu. J'avais essayé d'examiner dans ce but les observations de η Cassiopeæ; mais j'ai dû y renoncer.

6. On n'aura pas été sans remarquer la possibilité d'obtenir par les calculs qui précèdent, le temps que la lumière met à nous venir du système binaire 70 p Ophiuchi. Voilà déjà plus de seize ans que *Savary* (Connaissance des tems, 1830, p. 163) avait proposé un procédé du même genre pour la détermination de la parallaxe des étoiles doubles. Le com-

pagnon a, en effet, une aberration dans l'ellipse, qui nous le fait paraître au lieu de la courbe qu'il occupait il y a t années. Or t , ou le temps que la lumière emploie à parcourir la distance qui nous sépare du compagnon, change avec cette distance. Quand le compagnon est au delà de l'étoile principale, ou quand il est en deça, l'aberration dans l'ellipse n'est donc pas la même. Les observations en sont légèrement affectées, et par suite on peut déterminer la durée τ nécessaire à la lumière pour traverser l'orbite du compagnon. La connaissance de cette quantité τ suffit d'ailleurs pour trouver les dimensions absolues de l'orbite, et enfin la distance du système binaire et sa parallaxe. Mais on peut se convaincre par le calcul, combien cette inégalité doit être faible, dans la grande majorité des cas. Par exemple, la lumière ne met pas un jour à traverser l'orbite de 61 Cygni, et dans cet intervalle de temps, la variation de l'angle position est insaisissable.

On peut donc dire que l'application de la vitesse de la lumière à la détermination de la parallaxe des étoiles doubles, était jusqu'ici une pure spéculation. Mais l'équation d'aberration absolue exposée dans cette note, fournit pour cet objet un procédé véritablement praticable. Pour 70 p Ophiuchi, les éléments employées de *Mädler* donnent $V' = 0"8564$; d'où j'ai tiré

$$t = \frac{V}{V'} = \frac{9,1146}{0,8564} = 10,643 \text{ ans.}$$

Cette valeur de t répond à une parallaxe annuelle
 $p = 0"306$.

Le quatrième essai d'éléments que j'ai obtenu, me donnait

$$V = 7"290, \quad t = 8,445 \text{ ans,} \quad p = 0"386,$$

et je pense ces dernières quantités un peu préférables.

Bien que la parallaxe de 70 p Ophiuchi ne soit pas encore connue avec précision, une demi révolution du compagnon, assiduellement suivie, nous la donnerait certainement. Mais indépendamment de la longue durée d'observation que ce procédé exige, je crois que, par la difficulté de faire converger rapidement les dernières approximations des éléments et de V , il sera toujours inférieur à de bonnes mesures héliométriques. Cependant il sera intéressant de l'employer simultanément avec ces observations, toutes les fois qu'on le pourra, ne serait-ce que pour découvrir si la vitesse de la lumière des étoiles ainsi examinées, ne présente pas quelque différence inattendue.

Mons, 7 Janvier 1844.

J. C. Houzeau.