

Received August 1, 1766.

XXXIV. *A Letter from Mr. Wargentín, F. R. S. and Secretary of the Royal Academy of Sciences at Stockholm, to the Rev. Mr. Maskelyne, M. A. F. R. S. and Astronomer Royal at Greenwich, containing an Essay of a new Method of determining the Longitude of Places, from Observations of the Eclipses of Jupiter's Satellites.*

Vir reverende atque celeberrime,

Read June 19,
1766.

ANTE triennium fere, dominus Ellicott tuo nomine ad me misit exemplar libri a te editi, *The British Mariner's Guide*, pro quo gratissimo munusculo maximas tibi ago gratias, debitasque statim persolvere voluissém, nisi eodem tempore indicasset Ellicottus noster, te tunc esse absentem, octepto videlicet longo in insulam Barbadoes itinere. Benigne excuses precor, quod jam demum officii memor, tibi gratuler felicem reditum, & munus astronomi regii nuper in te collatum, quo ut diu, in astronomiæ incrementum, fungaris, opto, & ut illustrissimorum prædecessorum tuorum æmulus, parem acquiras gloriam.

Dictus liber fuit mihi duplici nomine acceptissimus, & argumenti pertractati elegantia, & ut amicitiaæ sponte

sponte mihi a te oblatae tessera. Non honori tantum singulari, sed et certissimo usui mihi erit commercium litterarium cum primarii observatorii astronomo. Dabo operam, ut non prorsus indignus tuo favore videar.

Ne vacuæ ad te veniant primæ litteræ meæ, dissertatiunculam astronomici argumenti inseram, cum observationes alicujus momenti, quas tibi communicebam, jam non habeam.

Quamvis non dubitem, quin jam diu determinaveris longitudinem geographicam insulæ Barbatorum, ope observationum ibi a te habitarum, quæ extant in novissimo Transactionum Philosophicarum tomo; non tamen ingratum tibi futurum speraverim meum videre tentamen in ea re, quod simul est specimen methodi, quâ, nullibi quidem antea distincte explicatâ, per plures annos usus sum, quando ex observationibus satellitum Jovis, in aliquo disfito loco institutis, ejus loci longitudinem elicere conatus sum.

Consueta & diu usitata methodus est, ut conferantur observationes habitæ in loco, cujus longitudo quæritur, cum observationibus institutis eodem tempore in observatorio quodam vel alio loco, quo longitudo determinatur. Si quæ inter illas occurrunt immediate correspondentes, ita ut eadem immersiones vel emersiones Satellitis cujusdam, præcipue primi utrinque, notatæ sint, quodvis par correspondentium suppeditat differentiam quandam meridianorum; & si hoc modo inventæ plures differentiæ aliquantulum inter se discrepant, media inter omnes sumpta pro verâ vel veræ proximâ haberi solet. Satis bene succedit hæc methodus, quando plurimæ suppetunt observationes correspondentes tam immersionum quam emersionum
primi,

primi, habitæ tubis vel telescopiis fere æqualis utrinque potentia. Et si sequamur regulas, quas huic negotio præscripsit celeberrimus astronomus Cæsareus Vindebonensis, pater S. J. Maximilianus Hell, in ephemeridibus suis astronomicis ad annum 1765, quæsitam meridianorum differentiam acû fere, quod aiunt, tangere licet, ne obstante quidem instrumentorum discrepantiâ & observatorum inæquali perspicaciâ. Laborat tamen illa methodus imperfectione quadam. Plerumque multæ in loco determinando factæ observationes nullam nactæ sunt in alio loco correspondentem; tum vero omnes illæ nullius fere in geographiâ sunt usus & quasi perditæ, quamvis fortassis per se sint præstantissimæ. Quid? si una tantum alterave, vel nulla prorsus reperiatur correspondens: contingit autem hoc sæpissime, imprimis si locus, cujus longitudo quæritur, longe remotus est versus orientem vel occidentem ab Europâ, astronomiæ sede. Sic parti longe maximæ observationum Pekinensium deficiunt correspondentes Europeæ. Hujus quoque rei exemplo esse possunt tuæ, in insula Barbatorum versus finem anni 1763, & initio 1764 habitæ: nam inter 17 a te observatas eclipses primi satellitis, non nisi duæ, quantum quidem mihi constat, correspondentes habuerunt.

Ad supplendum correspondentium defectum, astronomi duplici incedere consueverunt viâ. Alii quærunt, ane aliqua eclipsium satellitis proximæ præcedentium, vel sequentium in observatorio quodam notata sit, quâ inventâ, & addito vel subtracto revolutionum intercedentium noto numero, invenire satagunt verum tempus, quo contingere debuisset in eodem observatorio eclipsis desiderata correspondens.

Sed aleæ plena est hæc methodus, revolutiones enim satellitis inæquales sunt, ut vix duæ vicinæ perfecte conveniant. Inæqualitates plerasque eruere docet quidem theoria, sed operosus labor est & lapsui obnoxius. Nonnunquam deficiunt observationes etiam hoc modo, mediate scilicet, correspondentes, vel nimis longe sunt remotæ a tempore desiderato, vel si quæ occurrit propinquior, una pluribus non sufficit. Sic toto mense Decembri, quo tu in dictâ insulâ septem observasti emerfiones primi satellitis, unica tantum, quod sciam, in Europâ videri contigit. Si unica ista minus bona fuisset, & tamen omnes tuas ad illam exigere oporteret, ane in erroneam induceret meridianorum differentiam, tuis quantumvis per se optimis?

Melior sane est altera ratio supplendi defectum correspondentium, ope calculi ad datum meridianum facti, & addito vel subtracto tabularum errore, correcti, quem errorem aliæ observationes, eodem mense vel proximis habitæ, prodiderunt: nam hoc modo omnes observationes, in loco determinando institutæ, pro ratâ parte contribuunt ad indagandam longitudinem. Certitudo hujus methodi, quam ego potissimum expoliendam reor, ab eo pendet, ut pro quovis momento rite corrigatur error, cui tabulæ, etiam optimæ, sunt obnoxia. Facile hoc fieret, si error iisdem annis vel saltem mensibus constans effet. Sed experientia docuit, observationes, circa idem tempus factas, quamvis ipsis observatoribus fere æqualiter bonæ sint visæ, inæqualiter tamen a calculo recedere; immo eandem immersionem, vel emerfionem, a diversis astronomis notatam, sæpe multis secundis quin & integro minuto differentem dare calculi errorem, non totum tabulis vitio vertendum; sed quâ partem

ipsis observationibus. In hoc casu, valde frequenti, arduum est invenire verum tabularum errorem, nam, insciis observatoribus etiam exercitatissimis, sæpissime irrepunt defectus, ut pro certis venditent observationes vitii non expertes. Si itaque, ut plerumque fit, una tantum alterave seligatur observatio pro inveniendò tabularum errore, facile in devia itur.

Hiscè rationibus persuasus, necessarium omnino duco examinare ipsas observationes, antequam adhibeantur determinandæ per quamcunque methodum longitudini. Fieri id potest modo sequenti.

Omnes, quæ suppetunt, observationes ejusdem satellitis, præcipue primi, habitas cirçà idem tempus, tam in loco determinando quam in observatoriis satis antea determinatis, dispono, secundum temporis seriem, in tabulam. Differentiam meridianorum quæsitam tantisper assumo, quantam vel observationes, si quæ adsunt, immediatè correspondentes offerunt, vel calculus non correctus unius observationis requirere videtur. Deinde ad tabularum amuffin exigo omnes observationes, & inventum calculi errorem juxta quamvis annoto. Quo factò, & attentè examinatâ errorum serie, satis patet, 1°, quænam inter observationes in locis determinatis habitas reliquis sint meliores & fide dignissimæ: 2°, quis eo tempore medius sit tabularum error; & denique, 3°, an quæsitâ meridianorum differentia major vel minor sit, quam quæ in calculo assumpta erat, quantumque vel augenda vel minuenda erit, ut quam proxime pares prodeant calculi errores.

Quod ad primum atinet, verisimillimum utique puto, immersiones, quæ plerisque aliis multo citius, & emersiones quæ serius visæ sunt, inter minus certas esse

esse referendas, etiamsi bonas crediderint ipsi observatores: nam theoria satellitum Jovis, imprimis duorum inferiorum, hoc tempore adeo exulta est, ut vix dubitare liceat, quin omnes ejusdem anni vel saltem mensis immerfiones fere æqualiter a calculo recederent, si observationes æquali gauderent certitudine. Idem de emerfionibus seorsim dicendum. Ideoque variationes &, ut ita dicam, saltus errorum, inæquali observationum bonitati videntur tribuendæ. His aliisque circumstantiis, præsertim observatorum de quavis observatione annotationibus bene pensatis, sat in propatulo erit verus vel medius tabularum eo tempore error. Si observationes in loco determinando habitæ pariter fere a tabulis discrepant, indicio est, assumptam tantisper meridianorum differentiam esse veram: sin minus, quantum augenda, vel minuenda sit. Si immerfiones majorem minoremve poscere videntur meridianorum differentiam, quam emerfiones, id inæquali tuborum potentiz adscribendum, & media inter utrasque meridianorum differentia tanto certius pro verâ haberi potest, quanto plures utrinque observationes eam confirment.

Sit exempli loco determinanda longitudo insulæ Barbatorum, ope 17 observationum primi satellitis ibi a te habitarum, mensibus Novembri et Decembri 1763, Januario et Februario anni 1764. Reperio alias 21 observationes iisdem mensibus factas in Europâ, in locis probe determinatis, quarum duæ tantum tuis sunt correspondentes, quæ per medium dant differentiam 5 horarum, 10 minutorum, & 14 secundorum, inter meridianum observatorii Stockholmensis tuique loci. Scire lubet, an illa reliquis quoque observationibus congruat. Omnes itaque horum mensium observationes, additis ultimis in Octobri 1763, & primis in Martio 1764, in justum ordinem redigo, &

verum tempus secundum tabulas computo, quo quis in suo meridiano contingere debuisset.

Peracto calculo, apparet, immersiones Europæas alias paucis secundis serius, alias citius observatas fuisse, quam per tabulas oportuerat. Illas meliores jure puto, has, præcipuè quæ maxime discedunt, inter dubias refero. Per medium, immersiones omnes calculo quam proxime convenire debuisse videntur. At inter 15 in Europâ observatas emersiones, pleræque calculum aliquot, ubi maxime, 31 secundis præverterunt, exceptis tribus Tyrnavensibus, quæ computatis momentis serius visæ, ideoque vitio non carere censendæ sunt. Media bonarum emersionum præcessio fuit 20 secundorum circiter.

Considerato ulterius tuarum observationum calculo, vidi eas fere omnes, positâ differentiâ meridianorum $5^h 10' 14''$, multo magis prævertere computum, quam Europæ, sed fere æqualiter a tabulis discessuras, si differentiam meridianorum 22 secundis auxerim. Eam itaque $5^h 10' 36''$, quam proxime æqualem autumo; cujus rei ut fidem tibi faciam, heic subjungo omnes observationes, cum correcto tuarum calculo.

Parisienses habitæ sunt telescopio Gregoriano, diametros objectorum 104^{es} augente, à Domino Messier, in Observatorio Societatis Maritimæ, quod duobus temporis secundis orientalius est observatorio regio.

Viennenses, à Rev. Patre Hell, S. J. telescopio $4 \frac{1}{2}$ pedum, in observatorio Cæsareo, cujus à Parisiensi longitudo præcise est stabilita $56' 11''$.

Tyrnavenses a R. P. Weifs, S. J. telescopio 4 pedum Newtoniano. Differentia meridiani Tyrnaviæ à Parisiensi observatorio est $1^h 1' 56''$ satis certa.

Meæ habitæ sunt tubo Dollondiano 10 pedum egregio. Distat autem observatorium Stockholmense à Parisiensi $1^h 2' 51''$, & à Grenovicensi $1^h 12' 7''$.

OBSERVATIONES COMPARATÆ PRIMI SAT. JOVIS.

Ann.	Mens.	Tempus Observat.				Imm.	Tem. comput.				Error comp.	Locus Obs.	cum Annotationibus.
		D.	h	'	"		h	'	"	"			
1763.	Oct.	23	13	32	21		13	32	9	0	12	—	Paris. Serenum.
		23	14	27	50		14	28	18	0	28	+	Vien. Cœlo vaporoso.
		25	8	56	26		8	56	56	0	30	+	Vien. Ser. sed lunâ vicinâ.
		25	9	3	48		9	3	36	0	12	—	Stockholm. Bonâ vîsâ, cœlo fer.
		1	9	55	6		9	54	59	0	7	—	Paris. Serenum.
	Nov.	6	18	21	14		18	21	10	0	4	—	Tyrnav. Cœlo sereno.
		8	12	44	24		12	44	49	0	25	+	Vien. Cœlo vaporoso.
		10	7	17	36		7	17	48	0	12	+	Tyrnav. Cœlo sereno.
		13	15	5	38	Imm.	15	5	37	0	1	—	Insula Barbâd.
		15	14	37	34		14	37	44	0	10	+	Vien. Cœlo sùdo.
	Dec.	17	8	9	39		8	9	47	0	8	+	Paris. Observatio bona.
		20	16	57	20		16	58	10	0	50	+	Inf. Barb. Per tenues nubes.
		22	11	26	6		11	26	12	0	6	+	Inf. Barb.
		22	16	34	10		16	34	53	0	43	+	Tyrnav. Serenum.
		24	10	2	13		10	2	0	0	13	—	Paris. Serenum.
		1	7	46	0	Imm.	7	45	58	0	2	—	Inf. Barb. Sat. contiguus Jovi.
		6	17	21	4	Em.	17	18	44	2	20	—	Inf. Barb. Jupiter imminet horizonti.
		8	11	46	35		11	46	33	0	2	—	Inf. Barb.
		10	11	24	45		11	24	56	0	11	+	Stockholm. Serenum.
		15	13	37	9		13	37	41	0	32	+	Inf. Barb.
	Jan.	17	8	5	46		8	5	27	0	19	—	Inf. Barb. Aëre turbido.
		22	15	28	35		15	28	49	0	14	+	Inf. Barb.
		24	9	56	20		9	56	33	0	13	+	Inf. Barb.
		2	11	25	59		11	26	17	0	18	+	Stockholm. Cœlo serenissimo.
		2	11	19	10		11	19	37	0	27	+	Vien.
		4	5	47	15		5	47	29	0	14	+	Vien.
		7	13	39	43		13	39	30	0	13	—	Inf. Barb. Aëre turbido.
		9	8	7	20		8	7	29	0	9	+	Inf. Barb.
		16	9	59	38		9	59	52	0	14	+	Inf. Barb.
		23	11	32	36		11	52	52	0	16	+	Inf. Barb.
	Febr.	25	6	20	51		6	21	15	0	24	+	Inf. Barb. Optima.
		25	11	31	20		11	31	51	0	31	+	Stockholm. Certa.
		8	10	9	19		10	9	50	0	31	+	Inf. Barb.
		10	8	46	6		8	46	24	0	18	+	Paris. Bona.
		10	9	47	41		9	47	18	0	23	—	Tyrnav.
		17	10	41	48		10	41	51	0	3	+	Paris. Bona.
		17	11	43	6		11	42	45	0	21	—	Tyrnav.
		17	11	44	22		11	44	40	0	18	+	Stockholm. Cœlo sereno, sed vehementiori vento.
		19	6	13	22		6	13	39	0	17	+	Stockholm. Certe jam aderat; forte jam ante cœperat.
		19	6	6	34		6	6	59	0	25	+	Vien.
	Mart.	19	6	11	45		6	11	44	0	1	—	Tyrnav.
		24	8	30	42	Em.	8	30	13	0	29	—	Inf. Barb.
		4	10	4	51		10	4	53	0	2	+	Tyrnav.
		4	10	6	41		10	6	48	0	7	+	Stockholm. Aurora Borealis circa Jovem.
		13	6	26	48		6	26	34	0	14	—	Vien.
		13	6	31	45		6	32	19	0	34	—	Tyrnav.

Jam ipsi tibi, vir celeberrime, relinquo dijudicandum, anne sensibilibiter majorem vel minorem admittant hæ observationes meridianorum differentiam? Tuarumne idem fere inter se & cum tabulis consensus, atque est Europæarum? Videsne, quasi ictu oculi, quæ observationes erroris sunt suspectæ, quæ reliquis præferendæ? Quas ipse dubias notasti, calculus quoque arguit. Emerfio die 6 Dec. omnium maxime, sine dubio, est vitiosa. Inæqualem tuborum potestatem etiam indicat errorum series: nam Weiffius suo fere semper observavit immerfiones citius, & emerfiones tardius, quam reliqui. Tuum telescopium meo Dollondiano fere palmam præripere videtur. Si differentia meridianorum inventa non est exacte vera, eam potius aliquot secundis augendam quam minuendam puto, sed paucis.

Pari ratione differentiam meridianorum observatorii Grenovicensis & insulæ S. Helenæ inveni 23 minutis primis vix majorem, sed potius aliquot secundis minorem, nisi duæ ex emerfionibus 15 ibi a te observatis sint prorsus rejiciendæ: immerfiones enim solæ paulo majorem admitterent.

Persuafus sum, hanc methodum determinandi longitudes per observationes satellitum Jovis esse reliquis præferendam, quod evidentior & generalior sit, & præcipue quoniam simul indicat observationum majorem minoremve præstantiam. Sed satis de his.

Vale, vir æstumatissime, & fave,

Reverendi celeberrimique nominis tui,

Cultori sincero,

Dab. Stockholmiæ,
die Julii, 1766.

Petro Wargentin.