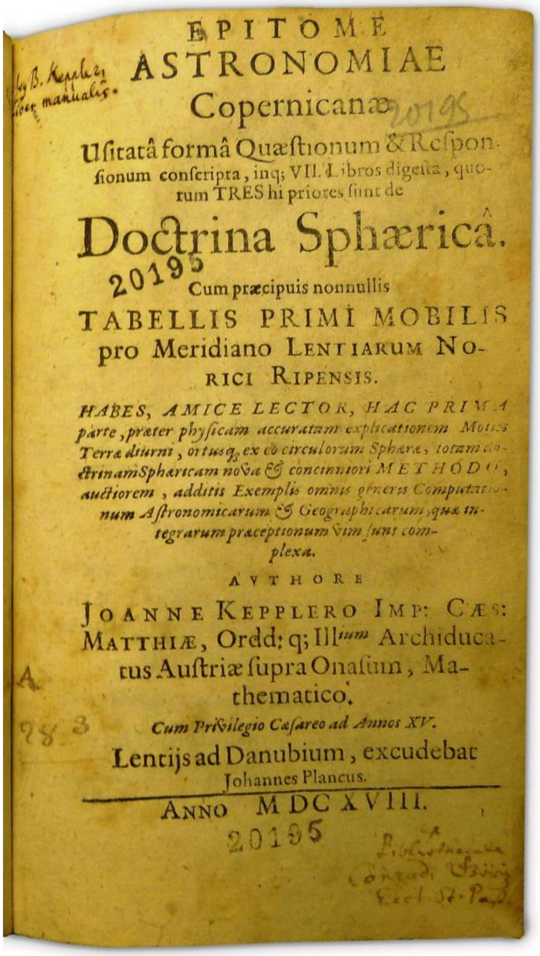
A LA RECHERCHE DE LA PARALLAXE SOLAIRE (2/11)

La parallaxe harmonieuse de Kepler

À l'ouverture du XVII^{e} siècle, les idées anciennes sur la valeur de la parallaxe solaire vont se trouver complètement bouleversées par le travail d'un homme atypique, Johannes Kepler (1571-1630). La vieille parallaxe avait alors traversé paisiblement les siècles depuis les temps antiques où Ptolémée, au II^{e} siècle apr. J.-C., l'avait arrêtée à une valeur de 3' de degré (voir LI #98). En l'espace de 20 ans, entre 1606 et 1627, Kepler va remettre de l'huile dans des engrenages bien rouillés ; ce n'est pas encore de la mécanique céleste – expression introduite par le mathématicien Pierre Simon de Laplace à la fin du XVIII^{e} siècle - mais cela s'en approche.

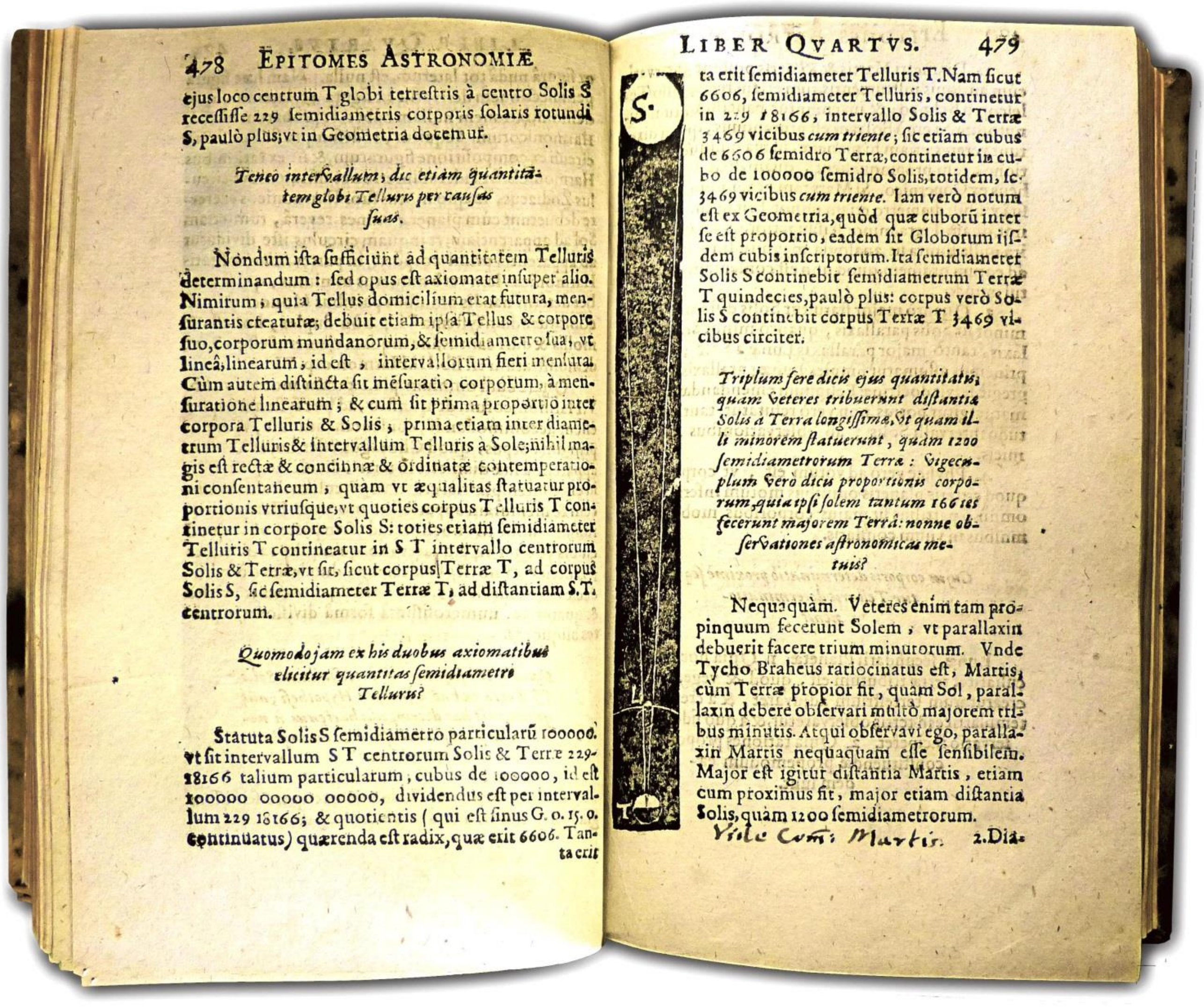
Lors de la parution de son *De Stella Nova* en 1606, Kepler tire de l'analyse d'éclipses lunaires que la distance de la terre au Soleil doit être comprise entre 700 et 2 000 rayons terrestres. Il adopte une valeur de 1 432 rayons terrestres, ce qui revient à admettre une parallaxe solaire de 2'24″. Par conséquent, l'observation l'oblige à réduire la parallaxe aux 2/3 de son ancienne valeur. Il ne peut s'arrêter en si bon chemin mais va cependant porter tous ses espoirs de mesure de la parallaxe sur la plus vieille méthode qui soit, celle de la dichotomie lunaire suggérée par Aristarque de Samos au III^{e} siècle av. J.-C. Kepler pense alors tirer avantageusement parti d'un nouvel instrument, qu'il aura l'occasion de manipuler pour la première fois à l'été 1610 : la lunette de Galilée. La méthode consiste à mesurer l'écart en temps entre la dichotomie parfaite et la quadrature, ce qui revient à mesurer l'angle entre le Soleil et la Lune lorsque celle-ci est dichotome, c'est-à-dire à moitié éclairée par le Soleil. Cependant, dans ce cas précis, la lunette n'apporte rien de plus que l'œil humain. L'angle à mesurer est si minuscule qu'aucune méthode directe ne peut y parvenir avec une précision suffisante. Finalement, de guerre lasse, Kepler se résout à adopter une valeur de 2', ce qui signifie que l'écart de la dichotomie à la quadrature est d'environ 4 heures.

Mais Kepler, avant d'être un observateur – peu talentueux d'ailleurs, il était fortement myope et souffrait même de polyopie – est surtout un mathématicien qui a une conception propre et novatrice de l'Univers qu'il a déjà exposée dans son *Mysterium Cosmographicum*, publié en 1595, et qu'il portera à son faîte en 1619 dans son *Harmonices Mundi*. Le système du Monde de Kepler est porté et guidé par un principe universel et mystique d'harmonie céleste. Il donne ainsi une explication harmonieuse au nombre de planètes par le moyen des cinq solides réguliers. Le désordre n'est pas de son monde ; il doit y avoir un sens autant qu'une cause. La valeur de 1800 rayons terrestres qu'il adopte pour la distance au Soleil, soit une parallaxe de 2', relève de cette exigence d'harmonie. En effet, ce nombre rond de 1800 le satisfait parce qu'il est équivalent à 30 fois la distance de la Lune à la Terre qui est d'environ 60 rayons terrestres, et donc la proportion des intervalles entre le Soleil et la Terre et entre la Lune et la Terre est la même que celle entre la rotation de la Lune et celle de la Terre.


EPITOME
ASTRONOMIAE
Copernicanæ
Usitatâ formâ Quæstionum & Responsionum conscripta, inq; VII. Libros digesta, quorum TRES hi priores sunt de
Doctrina Sphæricâ.
Cum præcipuis nonnullis
TABELLIS PRIMI MOBILIS pro Meridiano LENTIARUM NORICI RIPENSIS.
HABES, AMICE LECTOR, HAC PRIMA parte, præter physicam accuratam explicationem Motus Terræ diurni, ortusq; ex eo circulorum Sphæræ, totam doctrinam Sphæricam nova & concinniori METHODO, auctiorem, additis Exemplis omnis generis Computationum Astronomicarum & Geographicarum, quæ integrarum præceptionum vim sunt complexa.
AVTHORE
JOANNE KEPPLERO IMP: CÆS: MATTHIÆ, Ordd: q; Illium Archiducatus Austriæ supra Onasum, Mathematico.
Cum Privilegio Cæsareo ad Annos XV.
Lentijs ad Danubium, excudebat Johannes Plancus.
ANNO MDCXVIII.
20195

***Epitomes Astronomiae Copernicanae*, Kepler, 1618 (crédit : Bibliothèque de l'observatoire de Paris)**

Par ailleurs, ses dispositions de calculateurs infatigables l'amènent à reconsidérer le modèle héliocentrique copernicien à la lumière des observations de haute précision de son mentor, Tycho Brahé (voir LI #88). De ce travail colossal, Kepler en tire en 1620 dans le quatrième livre de son *Epitome Astronomiae Copernicanae* – un « abrégé » de l'astronomie copernicienne de près de mille pages ! -, un système complet de tailles et de distances relatives des corps célestes, le plus précis jamais calculé jusqu'alors. Kepler pose son exigence d'harmonie qui sonne comme un postulat fondamental : puisque la Terre est le foyer de la créature mesurant, elle est elle-même la mesure de tous les corps célestes et de toutes les distances ; Il doit y avoir proportionnalité, rapport identique, entre les volumes respectifs de la Terre et du Soleil et entre la distance au Soleil rapportée à la taille de la Terre. Cela signifie que celui-ci doit contenir autant de fois la Terre que de rayons terrestres dans l'intervalle entre les centres de ces deux corps célestes. Comme le diamètre apparent du Soleil vu depuis la Terre est la 720^e^ partie du cercle, ou 15', cela signifie que la distance entre le centre de la Terre et celui du Soleil est de 229 fois le rayon solaire. C'est une équation très simple à poser dont la solution donne le rayon solaire 15 fois plus grand que le rayon terrestre et la distance au Soleil équivalente à 3469,33 rayons terrestres, soit une parallaxe de 59,45″ ou encore 1' de degré (soit la soixantième partie d'un degré) ! C'est cette valeur de la parallaxe solaire que Kepler adopte dans ses *Tables rudolphines*, publiées en 1627. Néanmoins, Kepler se persuade également de sa valeur par des raisons purement observationnelles : le meilleur accord constaté dans ses calculs d'éclipse avec une parallaxe de 1' au maximum. Il ne pouvait raisonnablement aller en deçà car alors tout désaccord éventuel entre calcul et observation serait à l'intérieur de la marge d'erreur des observations de l'époque et ne pourrait donc pas être imputé à une erreur sur la valeur de la parallaxe solaire. L'influence des arguments de Kepler s'appuyant sur une exigence d'harmonie des cieux, comme nous le verrons dans la suite de ce feuilleton, perdurera jusqu'au début du XVIII[e] siècle.



478 EPITOMES ASTRONOMIÆ

ejus loco centrum T globi terreſtris à centro Solis S receſſiſſe 229 ſemidiametris corporis ſolaris rotundi S, paulò plus; vt in Geometria docemur.

Teneo intervallum; dic etiam quantitatem globi Telluris per cauſas ſuas.

Nondum iſta ſufficiunt ad quantitatem Telluris determinandum : ſed opus eſt axiomate inſuper alio. Nimirum ; quia Tellus domicilium erat futura, menſurantis creaturæ; debuit etiam ipſa Tellus & corpore ſuo, corporum mundanorum, & ſemidiametro ſua, vt lineâ, linearum, id eſt , intervallorum fieri menſura. Cùm autem diſtincta ſit mēſuratio corporum, à menſuratione linearum ; & cum ſit prima proportio inter corpora Telluris & Solis ; prima etiam inter diametrum Telluris & intervallum Telluris à Sole; nihil magis eſt rectæ & concinnæ & ordinatæ contemperationi conſentaneum ; quàm vt æqualitas ſtatuatur proportionis vtriuſque, vt quoties corpus Telluris T continetur in corpore Solis S: toties etiam ſemidiameter Telluris T contineatur in S T intervallo centrorum Solis & Terræ, vt ſit, ſicut corpus Terræ T, ad corpus Solis S, ſic ſemidiameter Terræ T, ad diſtantiam S.T. centrorum.

Quomodo jam ex his duobus axiomatibus elicitur quantitas ſemidiametri Telluris?

Statuta Solis S ſemidiametro particularū 100000. vt ſit intervallum S T centrorum Solis & Terræ 229-18166 talium particularum, cubus de 100000, id eſt 100000 00000 00000, dividendus eſt per intervallum 229 18166; & quotientis (qui eſt ſinus G. 0. 15. 0. continuatus) quærenda eſt radix, quæ erit 6606. Tanta erit

LIBER QVARTVS. 479

ta erit ſemidiameter Telluris T. Nam ſicut 6606, ſemidiameter Telluris, continetur in 229 18166, intervallo Solis & Terræ 3469 vicibus *cum triente*; ſic etiam cubus de 6606 ſemidro Terræ, continetur in cubo de 100000 ſemidro Solis, totidem, ſc. 3469 vicibus *cum triente*. Iam verò notum eſt ex Geometria, quòd quæ cuborū inter ſe eſt proportio, eadem ſit Globorum iiſdem cubis inſcriptorum. Ita ſemidiameter Solis S continebit ſemidiametrum Terræ T quindecies, paulò plus: corpus verò Solis S continebit corpus Terræ T 3469 vicibus circiter.

Triplum fere dicis ejus quantitatis, quam veteres tribuerunt diſtantiæ Solis à Terra longiſſimæ, vt quam illi minorem ſtatuerunt, quàm 1200 ſemidiametrorum Terræ : vigecuplum verò dicis proportionis corporum, quia ipſi ſolem tantum 166 ies fecerunt majorem Terrâ: nonne obſervationes aſtronomicas metuis?

Nequaquàm. Veteres enim tam propinquum fecerunt Solem , vt parallaxin debuerit facere trium minutorum. Vnde Tycho Braheus ratiocinatus eſt, Martis, cùm Terræ propior ſit, quàm Sol, parallaxin debere obſervari multò majorem tribus minutis. Atqui obſervavi ego, parallaxin Martis nequaquam eſſe ſenſibilem. Major eſt igitur diſtantia Martis , etiam cum proximus ſit, major etiam diſtantia Solis, quàm 1200 ſemidiametrorum.

Vide Com: Martis. 2. Dia-

Epitomes Astronomiae Copernicanae, *Kepler, 1618. Livre 4, p.478-479. Kepler expose son axiome (p. 478, deuxième paragraphe) qui le mène à adopter une distance centre à centre entre le Soleil et la Terre de 3469 rayons terrestres (crédit : Bibliothèque de l'observatoire de Paris) :*

« Sans doute, parce que la Terre devait être la maison d'une créature de mesure, la même Terre est devenue la mesure, par son corps, des corps du monde, et par son demi-diamètre, comme une ligne, de leurs lignes, c'est-à-dire, comme mesure de leurs intervalles. Mais puisque la mensuration des corps est distincte de la mensuration des lignes, et puisque la proportion entre les corps de la Terre et du Soleil est la première et que la proportion entre le diamètre de la Terre et l'intervalle entre la Terre et le Soleil est aussi la première, rien n'est plus en accord avec l'ordre correct, élégant, et ordonné que l'égalité des deux proportions est établi, de sorte que autant de fois le corps de la Terre est contenu dans le corps du Soleil, autant de fois aussi le semidiamètre [rayon] de la Terre est contenu dans l'intervalle entre les centres du Soleil et de la Terre: comme le corps de la Terre est au corps du soleil, alors le semidiamètre de la Terre est à la distance entre les centres. »

En d'autres termes, plus simplement, l'axiome de Kepler impose la relation suivante entre les rayons du Soleil (R), de la Terre (r) et la distance D entre le Soleil et la Terre :

$$\frac{R^3}{r^3} = \frac{D}{r}$$

Sachant que D = 229R - découlant de la taille apparente du Soleil -, il est laissé au lecteur le loisir et le bonheur de résoudre l'équation de Kepler.