

MIGUEL A. GRANADA

Estratto da:

GALILÆANA
JOURNAL OF GALILEAN STUDIES

Anno VII - 2010

«A QUO MOVENTUR PLANETAE?».
KEPLER ET LA QUESTION DE L'AGENT
DU MOUVEMENT PLANÉTAIRE APRÈS
LA DISPARITION DES ORBES SOLIDES



FIRENZE
LEO S. OLSCHKI EDITORE
MMX

MIGUEL A. GRANADA

«A QUO MOVENTUR PLANETAE?».
KEPLER ET LA QUESTION DE L'AGENT DU MOUVEMENT
PLANÉTAIRE APRÈS LA DISPARITION DES ORBES SOLIDES*

SUMMARY

«A quo moventur planetae?» After the elimination of the solid orbs: Kepler and the question of the agent of planetary motion – The elimination of the celestial spheres in the 1580s raised the question of the agent of planetary motion. Against the general conception that the planets moved by virtue of an internal principle (through their intelligent souls), Kepler elaborated between 1593 (the date of a dissertation in Tübingen defending the motion of the Earth) and 1609 (the year of publication of the *Astronomia nova*) a celestial physics which accounted for planetary motion through the action of physical principles, mainly the motive force of the Sun. This celestial physics dispensed with intelligent internal principles of planetary motion. The present article focuses on the progressive construction of this system of physics up to 1609 and on Kepler's criticism of the possibility that planetary motion was the product of an internal intelligence. As evidenced by *De stella nova* (1606), this criticism did not exclude the existence of souls in the heavenly bodies in order to account for a plurality of phenomena beyond simple planetary motion. Rather, it followed the construction of the new physics and was subordinated to it. At the same time, Kepler's criticism was closely related to the 'rhetorical' needs that conditioned the presentation of his new astronomy to the public.

Keywords: Johannes Kepler, Planetary motion, Celestial physics.

Universitat de Barcelona - granada@ub.edu

* Communication présentée au colloque *Kepler: La physique céleste. Autour de l'Astronomia nova (1609)*, organisé par ÉDOUARD MEHL et DANIEL A. DI LISCIA, Strasbourg, 18-20 décembre 2008. Nous remercions les organisateurs d'avoir agréé la publication anticipée par rapport aux Actes du Colloque.

Kepler a attribué une importance prépondérante à la disparition ou l'élimination des orbés solides ou sphères célestes par le biais, d'après lui, de Tycho Brahe «à partir des observations des comètes».¹ Dans le cosmos traditionnel des sphères solides, y compris chez Copernic, le problème de l'agent du mouvement des planètes ne se posait pas vraiment: les planètes étaient immobiles, car elles étaient simplement emportées ou transportées («sicut nodus in tabula») par le vrai corps mobile: les sphères solides où elles étaient emboîtées ou clouées. Les sphères, de leur côté, étaient mues par des moteurs externes (des intelligences, des anges) ou internes (leur propre nature ou âme), ou par les deux.² Ces moteurs causent le mouvement de leur sphère respective: une rotation uniforme autour du centre. Cette représentation est valable tant pour l'univers strictement aristotélien des sphères concentriques que pour le modèle de Peurbach dans ses *Theoricæ novæ planetarum* (1472), où le mouvement apparent de la planète est une composition des mouvements simples des orbés solides 'partiels', inclus dans la 'sphère totale' de la planète.³

L'élimination des sphères solides dans la décennie de 1580 et leur remplacement par un ciel fluide ou liquide où sont suspendues les planètes a transformé ces corps en corps mobiles. Ainsi est apparu le problème de la cause et de la possibilité de leur mouvement (révolution autour d'un centre, terrestre ou solaire), dans le cadre de la conception traditionnelle (notamment aristotélienne) selon laquelle «omne quod movetur, ab alio movetur», c'est dire que le mouvement a besoin d'une cause toujours active pour sa production et sa conservation.

Si l'on observe les réactions des premiers protagonistes de cette élimination (toujours dans la décennie de 1580: Tycho Brahe, Giordano Bruno, Christoph Rothmann, Francesco Patrizi), on observe que la question se

¹ Voir JOHANNES KEPLER, *Astronomia nova*, in *Gesammelte Werke* (par la suite KGW), éd. M. Caspar, Munich, Beck, 1937-, vol. 3, p. 34: «Solidi orbés, ut Braheus ex trajectionibus cometarum demonstravit, nulli sunt». Cf. *ibid.*, cap. 2, p. 69. 1-5; cap. 33, p. 237. 6-7; 238. 30; 255. 2. Kepler s'inspire de Brahe, *De mundi ætherei recentioribus phaenomenis*, in TYCHO BRAHE, *Opera omnia* (par la suite TBOO), éd. J.L.E. Dreyer, Hauniae, In libraria Gyldendaliana, 1913-1929, vol. 4, cap. VIII, p. 159.

² Ainsi le mouvement planétaire résultait d'une action volontaire. Sur l'histoire et les variantes de cette conception voir le travail encore valable de HARRY A. WOLFSON, *The Problem of the Soul of the Spheres from the Byzantine Commentaries on Aristotle to Kepler*, «Dumbarton Oaks Papers», 16, 1962, pp. 65-93. Pour une analyse plus récente de la question voir MICHEL-PIERRE LERNER, *Le monde des sphères*, vol. I. *Genèse et triomphe d'une représentation cosmique*, 2^e ed., Paris, Les Belles Lettres, 2008, pp. 165-194. Le tournant décisif introduit par Kepler dans le problème a été posé très clairement par Alexandre Koyré. Voir ALEXANDRE KOYRÉ, *La révolution astronomique. Copernic, Kepler, Borelli*, Paris, Hermann, 1961, pp. 120 s.

³ C'est ainsi que Kepler l'établit, très clairement aussi, au chapitre deuxième de l'*Astronomia nova*. Cf. KGW, 3, pp. 67 s.

résout de manière simple et sans difficulté apparente: l'intelligence, l'âme ou la nature de la sphère éthérée qui auparavant mouvait sa sphère avec une rotation simple, est maintenant attribuée à la planète à titre de moteur interne, à ceci près: que ce moteur ne doit pas produire une rotation simple, mais un mouvement complexe de translation périodique autour du centre. Ainsi, Brahe et Rothmann attribuent l'action motrice à une «science infuse par la divinité»⁴ à chaque planète. Mais cette explication semble nécessairement supposer une âme intelligente capable de recevoir une telle science et de la porter à exécution.⁵ Pareillement, Giordano Bruno a attribué l'action motrice tout simplement à l'âme. Ainsi, dans *La cena de le Ceneri* (1584), il a fait de l'âme le moteur interne qui dirige la planète (conçue comme un *animale*, c'est-à-dire comme un être vivant doué d'une âme) et produit en même temps les mouvements nécessaires (rotation, translation, et autres) pour la conservation de sa vie et de celles des animaux qu'elle contient.⁶ En plus, cette âme est sans doute présentée par Bruno comme une âme intelligente, dans une mesure qui dépasse l'intelligence humaine.⁷

Cette conception (animiste, vitaliste, platonicienne) réalisait l'automotion des planètes laquelle se reflétait déjà dans la formule «sicut pisces in

⁴ BRAHE, *De mundi aetherei*, TBOO, 4, p. 159. 4-9: «[...] ipsam Coeli machinam non esse durum et impervium corpus variis orbibus realibus confertum [...] sed liquidissimum et simplicissimum, circuitibus Planetarum liberis, et absque ularum realium Sphaerarum opera aur circumvectione, iuxta divinitus Scientiam administratis». Cf. également la formulation plus claire dans la lettre à Rothmann de janvier 1587 (TBOO, 6, p. 88): «Iudicavi itaque semper naturalem motus scientiam singulis Planetis congenitam, vel potius divinitus inditam esse, qua in liquidissimo et tenuissimo aethere cursus sui normam regularissime et constantissime observare coguntur, nullius fulciminis vel promotoris indigi».

⁵ C'est d'ailleurs ainsi que Rothmann l'a compris. Voir CHRISTOPH ROTHMANN, *Handbuch der Astronomie von 1589. Kommentierte Edition der Handschrift Rothmanns "Observationum stellarum fixarum liber primus"*, Kassel 1589, ed. M.A. Granada, J. Hamel, L. von Mackensen, Acta Historica Astronomiae, vol. 19, Frankfurt, Harri Deutsch, 2003, chap. 18, p. 70: «Et revera si rem diligenter consideraverimus, omnino necesse est, ut aut Deus immediate gubernet ipsorum motum (ipso enim dicente omnia assunt, ipso volente omnia fiunt) quod Esaias cap. 40 videtur asserere; aut ad id utatur ministerio angelorum, quos Aristoteles vocat Intelligentias: aut planetis naturalis sit motus scientia, ipsis congenita et divinitus indita, quam Plato mentem et animam eorum vocat [cf. *Timée* 38 e], qua ipsi per se in liquidissima illa materia cursus sui normam regularissime et constantissime observare cogantur, nullius promotoris indigi. In hac ultima opinione est Nobiliss. Dn. Tycho Brahe, ut non tantum in literis, quibus ad meam hanc disputationem ante biennium respondit, verum etiam libro 2 de recentioribus mundi aetherei phaenomenis superiore aestate edito testatur». Au début du XVII^e siècle le jésuite tychonien Cristoforo Borri a attribué aux planètes des moteurs angéliques. Voir L.M. CAROLINO, *The Making of a Tychoic Cosmology: Cristoforo Borri and the Development of Tycho Brahe's Astronomical System*, «Journal for the History of Astronomy», 39, 2008, pp. 313-344: 327-330.

⁶ Voir GIORDANO BRUNO, *La cena de le Ceneri / Le souper des cendres*, dans *Oeuvres complètes*, II, 2^e ed., texte établi par G. Aquilecchia, Introduction de M.A. Granada, Paris, Les Belles Lettres, en préparation, pp. 165-171; 255-257; 271-275.

⁷ *Ibid.*, dialogue III, p. 169.

mare et aves in aëre» que nous voyons répétée à chaque instant par les auteurs qui nient l'existence des sphères et qui proposent un ciel fluide.⁸ Néanmoins, cette conception semble assumer l'âme intelligente comme une spèce de 'deus ex machina', puisqu'elle lui assigne une indéniable capacité de produire le mouvement et surtout de diriger le cours de la planète. En somme, c'est une conception de l'âme intelligente qui considère comme acquise sa capacité de mouvoir la planète de manière ordonnée et régulière, de la sorte qu'elle ne se demande jamais comment l'âme accomplit cette tâche, comme se demander comment se meuvent les poissons et les oiseaux dans leurs milieux respectifs s'avère, finalement, une question oiseuse. Ainsi, Patrizi a fait du mouvement des planètes l'effet du libre cours dans le ciel de ces animaux divins qui sont les astres «mus par leur âme et régis en ordre par leur intellect».⁹ De son côté, Bruno a nié la parfaite régularité et l'uniformité circulaire du mouvement planétaire, tout en laissant la détermination du cours réel des planètes – tâche qu'il tenait pour secondaire et propre aux intelligences oisives – aux géomètres.¹⁰ Pour sa part, Brahe, *mathematicus* parfaitement en accord avec la tradition astronomique, mais qui prétendait aussi découvrir la véritable figure à la fois géométrique et physique du mouvement planétaire, n'a pas pu développer son programme

⁸ C'est le cas par exemple du cardinal Bellarmin dans ses leçons de Louvain de 1570-1572. Voir UGO BALDINI – GEORGE V. COYNE S.J., *The Louvain Lectures (Lectiones Lovanienses) of Bellarmine and the Autograph Copy of his 1616 Declaration to Galileo*, Vatican Observatory Publications, Special Series, Studi Galileiani, vol. I, numéro 2, Specola Vaticana, 1984, p. 19: «necessario iam dicere debemus, stellas non moveri ad motum Coeli, sed motu proprio sicut aves per aërem, et pisces per aquam». Sur la présence dans la tradition de la métaphore «sicut pisces in mare et aves in aëre», voir EDWARD GRANT, *Planets, Stars, and Orbs. The Medieval Cosmos, 1200-1687*, Cambridge, Cambridge University Press, 1994, pp. 271-275; JAMES M. LATTIS, *Between Copernicus and Galileo. Christoph Clavius and the Collapse of Ptolemaic Cosmology*, Chicago et Londres, The University of Chicago Press, 1994, pp. 94-102.

⁹ Voir FRANCESCO PATRIZI, *Nova de universis philosophia*, Ferrariae, Apud Benedictum Mammarellum, 1591, «Pancosmia», XII, f. 91 [bis] v, col. a. Kepler critique déjà la conception de Patrizi dans le *Contra Ursum* (1600-1601). Voir maintenant NICHOLAS JARDINE – ALAIN-PHILIPPE SEGONDS, *La guerre des astronomes. La querelle au sujet de l'origine du Système géo-héliocentrique à la fin du XVI^e siècle*, vol. II/2, *Le Contra Ursum de Jean Kepler. Édition critique, traduction et notes*, Paris, Les Belles Lettres, 2008, pp. 272 s. (pour le texte de Kepler, lequel arrive à accuser l'animisme de Patrizi d'identifier le mouvement réel des planètes avec leur mouvement apparent) et 432 ss. pour un commentaire exhaustif.

¹⁰ Voir BRUNO, *La cena de le Ceneri* (cit. note 6), pp. 158, 277-281; *De immenso et innumerabilibus*, Frankfurt, 1591, livre III, chap. 6-7 et 10, dans GIORDANO BRUNO, *Opera latine conscripta*, ed. F. Fiorentino et al., Neapoli-Florentia, 1879-1891, vol. I, 1, pp. 361-372, 398. Sur les conceptions astronomiques de Bruno voir maintenant DARIO TESSICINI, *I dintorni dell'infinito. Giordano Bruno e l'astronomia del Cinquecento*, Pise-Rome, Fabrizio Serra, 2007 et Id., [*G. Bruno*] *Astronomia*, sous presse chez *Enciclopedia bruniana e campanelliana*, dir. par E. Canone et G. Ernst, vol. II. À la différence de ce qui arrive avec Patrizi, Kepler ne connaît pas encore les conceptions de Bruno lors de la rédaction du *Contra Ursum*.

tant de fois énoncé dans ce sens au-delà de la formulation schématique du système géo-héliocentrique. Lors de son décès en 1601 il a laissé un immense héritage d'observations systématiques de grande précision, mais qui manquaient de construction théorique.¹¹

1. LE PREMIER EXPOSÉ PHYSIQUE DU MOUVEMENT PLANÉTAIRE: DE LA DISSERTATION SCOLAIRE (1593) AU *MYSTERIUM COSMOGRAPHICUM* (1596)

Le Kepler du *Mysterium cosmographicum* a déjà quitté les orbres solides. Il l'avait déclaré dans la lettre du 3 octobre 1595 adressée à son maître Maestlin, où il lui communiquait des aspects capitaux du livre qu'il était en train d'écrire et qui devait paraître sous les soins de Maestlin vers la fin de 1596: «il est absurde et monstrueux – disait Kepler – de placer dans le ciel ces corps [les polyèdres, mais il se peut aussi que Kepler pense aux orbres] revêtus d'une certaine matière qui ne permet pas le passage à un corps étranger. Mais il ne faut pas non plus penser à l'épaisseur de l'orbre terrestre, comme si la grandeur de celui-ci devait inclure toute la sphère de la lune [...]. Mais, qui sait s'il y a là vraiment des orbres?»¹² Il est certain que Brahe a soupçonné dans la lecture du *Mysterium* que Kepler continuait à accepter les orbres solides dans le ciel, ce qu'il a indiqué à Kepler dans sa lettre du 1er avril 1598.¹³ Néanmoins Kepler a protesté contre ce jugement de Brahe, dans une note en marge du passage en question de la lettre de Brahe¹⁴ et plus tard dans une note à la deuxième édition du *Mysterium* (1621).¹⁵ L'impression erronée de Brahe tenait assurément au généreux usage verbal par Kepler des termes 'orbres' et 'sphères'. Ainsi, le chapitre XIV s'intitulait: «Primarius scopus libelli, et quod haec quinque corpora sint inter orbres, astronomica probatio» [«But essentiel de notre petit ouvrage et preuve astronomique que ces cinq corps [les solides réguliers] sont

¹¹ Cf. le jugement de Kepler en M. CASPAR, *Kepler*, translated and edited by C. Doris Hellman, nouvelle édition complétée par O. Gingerich and A.-Ph. Segonds, New York, Dover, 1993, pp. 102 s.

¹² KGW, 13, lettre numéro 23, lignes 390-397. Kepler reprendra ce passage au chap. XVI du *Mysterium* (KGW, 1, p. 56; trad. française [cit. *infra*, note 15], p. 138), avec une explication décisive sur l'élimination des orbres. Voir *infra*.

¹³ *Ibid.*, lettre numéro 92, lignes 61-65.

¹⁴ *Ibid.*, p. 201, note à la ligne 63: «Idem etiam per me licet, et per libellum meum» [«la même chose [les orbres n'existent pas] est valable pour moi et mon petit ouvrage [M. C.]»].

¹⁵ «Sur ce point j'ai été mal compris par Tycho Brahe» (note 3 de l'auteur au chap. II). Voir JOHANNES KEPLER, *Le secret du monde*, traduction et notes d'A. Segonds, Paris, Gallimard, 1984, p. 73.

situés entre les orbes»].¹⁶ Mais il était évident que tant les orbes sphériques compris par les distances maximale et minimale de chaque planète, que les espaces entre les orbes déterminés par les solides réguliers, ceux qui remplissaient les 'vides' introduits dans le monde plein de la tradition par la recomposition copernicienne des orbes et de leurs dimensions, manquaient d'existence physique ou matérielle, puisqu'ils n'étaient que des concepts, ou des artefacts géométriques.¹⁷

En effet, le même chapitre XIV affirmait clairement que la contraction ou la réduction copernicienne des orbes planétaires (due à l'interprétation de la deuxième anomalie du mouvement planétaire comme une projection du mouvement annuel de la Terre) n'obligeait pas à un élargissement démesuré des orbes, puisque «nous n'avons besoin, pour rendre compte des mouvements, d'aucun orbe qui s'écarte au-dessus de la voie de la planète [planetæ viam]». ¹⁸ La 'via' ou 'cours' de la planète, c'est-à-dire le cours linéaire de celle-là par le ciel en longitude et latitude, suffit donc; au-dessus et au-dessous (entre les voies des planètes supérieure et inférieure) il y a tout simplement de l'espace plein de 'l'air céleste' dont l'étendue s'explique par les divers polyèdres réguliers interposés.¹⁹ Si l'on tient compte du fait que *via* est le terme qui finira par devenir *orbita* dans l'*Astronomia nova*, lorsque la course linéaire de la planète s'associera aux causes physiques qui la produisent en accord avec les lois – ce que Goldstein et Hon ont brillamment démontré – le cadre conceptuel du *Mysterium* est celui des planètes qui se meuvent dans un milieu fluide 'd'air céleste'.²⁰

Néanmoins, le *Mysterium cosmographicum* n'a comme objet primaire l'étude de la production du mouvement planétaire dans le milieu fluide de l'*aura* ou air céleste. Comme affirme la préface au lecteur de 1596, l'objet de la considération de Kepler se trouvait dans un domaine plus fondamental: «il y avait alors trois choses, particulièrement dont je cherchais avec obstination pourquoi elles étaient ainsi et non pas autrement, à savoir: le nom-

¹⁶ *Ibid.*, p. 123.

¹⁷ Voir BERNARD R. GOLDSTEIN – GIORA HON, *Kepler's Move from Orbs to Orbits: Documenting a Revolutionary Scientific Concept*, «Perspectives on Science», 13, 2005, pp. 74-111 (80); MICHEL-PIERRE LERNER, *Le monde des sphères*, vol. II. *La fin du cosmos classique*, 2^a ed., Paris, Les Belles Lettres, 2008, pp. 71-73.

¹⁸ KEPLER, *Le secret du monde* (cit. note 15), p. 126 (KGW, I, p. 47).

¹⁹ *Ibid.*: «Chez Copernic, aucun orbe n'est en contact avec un autre, mais il reste entre les divers systèmes [les modèles des diverses planètes] d'immenses espaces assurément remplis d'un air céleste et qui ne se rattachent pas à aucun des deux systèmes voisins» (KGW, 1, p. 48).

²⁰ Cf. chap. XVI («Avertissement particulier concernant la lune; sur la matière des corps et des orbes»), p. 138: «cet air c'est le ciel dans lequel nous vivons, nous existons et nous nous déplaçons, nous aussi bien que tous le corps de ce monde» (Kepler semble renvoyer à Actes 17, 28). Les corps [solides réguliers] et les orbes n'ont pas donc d'existence matérielle.

bre, la grandeur, et le mouvement des orbes». ²¹ On le sait, Kepler cherchait une explication *a priori* du monde copernicien: pourquoi les planètes étaient six, quelle était la raison de leurs distances par rapport au centre (le Soleil), ainsi que la raison de leurs mouvements, c'est-à-dire le rapport entre les distances au Soleil et la durée des périodes dans les diverses planètes.

Toutefois le problème de la production du mouvement planétaire dans le milieu céleste fluide émerge en des lieux textuels différents, dont deux s'avèrent particulièrement significatifs et importants, lesquels apparaissent précisément comme la conséquence de l'inexistence des orbes solides. Dans le chapitre XIV Kepler reprend la remarque précédente de sa lettre à Maestlin du 3 octobre 1595, ²² en l'élargissant dans les termes suivants:

Car il est absurde et monstrueux de placer dans le ciel des corps ²³ qui, parce qu'ils sont revêtus d'une certaine matière, ne permettent pas le passage d'un autre corps. Assurément bien de gens ne craignent pas de se demander s'il y a vraiment des orbes adamantins de cette sorte dans le ciel *ou bien si c'est sous l'action de quelque puissance divine, réglant leur course par l'intellection de rapports géométriques, que les astres, libérés des entraves de ces orbes, se déplacent à travers les champs de l'éther.* ²⁴

La libération des orbes lance les planètes en quête d'un nouveau principe par lequel elles se *voient transportées* (Kepler utilise un verbe à la voix passive: *transportentur*). Il s'agit ici d'une *virtus divina* qui dirige le cours ordonné et régulier des planètes à travers sa propre *intellection* des proportions géométriques. Tout se passe comme si Kepler s'orientait dans le sens des auteurs déjà examinés, à ceci près que face à la conception active et individualisée de Patrizi, Bruno et Brahe on ne peut point exclure que Kepler parle d'un agent général, qui serait commun à toutes les planètes et auquel elles seraient soumises. Dans son édition de 1621 Kepler a jugé pertinent d'ajouter à ce passage une note explicative établissant que le passage de 1596 ne se bornait pas à décrire la conception étrangère de la production du mouvement planétaire dans un ciel sans sphères, mais qu'il s'agissait de sa propre conception: «C'était, alors du moins, mon opinion». ²⁵

²¹ *Ibid.*, p. 32 (KGW, 1, p. 9).

²² Cf. *supra*, note 12.

²³ Latin 'corpora'. JUDITH V. FIELD (*Kepler's Rejection of Solid Celestial Spheres*, «Vistas in Astronomy», 23, 1979, pp. 207-211: 207) traduit 'spheres', en excluant partant la possibilité que Kepler pense aussi ou seulement aux solides réguliers.

²⁴ KEPLER, *Le secret du monde* (cit. note 15), p. 138; nous soulignons. Le texte latin correspondant à l'italique déclare: «an divina quadam virtute, moderante cursus intellectu proportionum Geometricarum, stellae per campos et auram aetheream liberae istis orbium compedibus transportentur» (KGW, 1, p. 56).

²⁵ *Ibid.*, p. 140.

Kepler ne précisait ni l'emplacement, ni l'origine, ni le mode opératoire de cette «puissance divine intelligente», instance qui non seulement avait la force nécessaire pour produire le mouvement, mais qui était de surcroît supposée capable de mouvoir de façon ordonnée, régulière et proportionnelle chacune des planètes. On peut bien penser qu'il s'agissait d'une âme intelligente, ce que Kepler n'a point explicité.

Néanmoins, le chapitre XX est plus explicite. On le sait, dans ce chapitre très important Kepler présentait – en développant des considérations de Reticus dans sa *Narratio prima* – une nouvelle preuve de la vérité du système copernicien à partir du rapport entre les périodes planétaires et les distances au centre. Kepler indiquait que ce rapport – qui fut déjà affirmé par Aristote dans *De caelo* (II, 10), mais en prenant comme centre le premier mobile ou sphère des fixes –²⁶ ne s'accomplissait parfaitement que dans l'univers copernicien en rapport avec le seul centre, le Soleil: «Chez Copernic un tel rapport se présente au premier coup d'oeil. En effet, dans ses six orbes mobiles, plus un orbe est petit, plus vite il accomplit sa révolution».²⁷ Or, Kepler ajoutait que la comparaison des périodes planétaires manifestait qu'«une relation simple de ce type [c'est-à-dire la simple proportion de la période à la distance par rapport au Soleil] n'existe pas»,²⁸ puisque la planète supérieure emploie dans sa révolution un temps additionnel par rapport à la planète inférieure, ce qui était interprété immédiatement par Kepler comme un effet de l'affaiblissement de la *virtus* ou puissance motrice directement proportionnel à l'accroissement de la distance. Ensuite Kepler établissait une conjecture concernant la nature et la localisation de cette *virtus*, sous la forme d'une double possibilité:

Ou bien que plus les âmes motrices sont éloignées du Soleil, plus elles sont faibles; ou bien qu'il n'y a qu'une seule âme motrice placée au centre de tous les orbes (c'est-à-dire dans le Soleil) qui meut d'autant plus vigoureusement un corps quelconque qu'il est plus proche et qui, dans les corps plus éloignés, en raison de l'éloignement et de la diminution de sa force, s'affaiblit.²⁹

La première possibilité attribuée (cette fois positivement) aux planètes une âme propre, dont la force motrice est inversement proportionnelle à la distance au Soleil central. Il s'agit de la conception propre à Patrizi, Bruno et Brahe, mais ces auteurs ne concevaient pas une faiblesse des âmes pla-

²⁶ Sur cette question, voir notre étude mentionné *infra*, note 32.

²⁷ KEPLER, *Le secret du monde* (cit. note 15), p. 167 (KGW, 1, p. 69).

²⁸ *Ibid.*, p. 168.

²⁹ *Ibid.*, p. 169 (KGW, 1, p. 70).

nétaires croissant avec l'éloignement par rapport au Soleil. L'ajout képlérien (en accord avec la constatation de la réduction de la vitesse de la planète) introduit une subordination de ces âmes présumées par rapport au Soleil, et par conséquent il diminue la plausibilité de cette première conception à l'égard de la deuxième. Celle-ci fournit une meilleure explicitation de la conjecture exposée dans le chapitre XIV: un seul principe moteur, que maintenant l'on nomme âme motrice («animam motricem»), localisée dans le Soleil,³⁰ laquelle exerce à partir de lui sa force inversement proportionnelle à la distance. Koyré a déjà signalé que Kepler penche visiblement pour cette deuxième possibilité.³¹ Ceci est évident aussi à partir des épithètes dont Kepler loue le Soleil («source de la lumière», principe du cercle et donc de la vie et du mouvement, «coeur du monde, Roi et Empereur des étoiles, Dieu visible») avec une référence explicite au discours similaire de Reticus.³²

En plus, Kepler déployait ici l'exposé qu'il avait déjà développé dans sa dissertation de jeunesse de 1593 à Tübingen, où il avait défendu la doctrine copernicienne. Dans ce texte inédit, Kepler, en plus d'honorer le Soleil avec les mêmes épithètes et même avec d'autres, nommait le Soleil (en opposition à Aristote et par son rapport avec la divinité) «premier moteur», c'est-à-dire source et principe immobile du mouvement, car – d'après lui – «il ne convient pas que le premier moteur soit diffusé sphériquement» («cum igitur primum motorem non deceat orbiculariter esse diffusum»), ainsi que chez Aristote le premier moteur dans son rapport avec la sphère du *primum mobile* ou sphère des fixes, principe du mouvement mondain), «mais qu'il rayonne depuis un principe unique et presque depuis un point»,³³ c'est-à-dire depuis le Soleil central. En tant que pre-

³⁰ Un peu plus loin Kepler dit que «le mouvement et l'âme du monde reviennent à ce même Soleil», p. 169 (KGW, 1, p. 70: «Motus et anima mundi in eundem Solem recidunt» [nos itali-ques]). Kepler avait déjà formulé cette conjecture dans la lettre à Maestlin du 14 septembre 1595, en comparant l'affaiblissement de la force motrice à celle de la lumière: «in Sole est anima movens et motus infinitus, in mobilibus decrementum Motus duplex, primo inaequalitas redivus, quam causatur amplitudo orbium inaequalis, etsi vigor motus esset idem in omnibus orbibus, 2. Sed jam ille vigor Motus (ut in opticis lux) quo longius a fonte est, hoc debilior est» (KGW, 13, p. 32).

³¹ Voir KOYRÉ, *La révolution astronomique* (cit. note 2), p. 152.

³² KEPLER, *Le secret du monde* (cit. note 15), p. 169. Sur ce rapport, voir MIGUEL A. GRANADA, *Aristotle, Copernicus, Reticus and Kepler on Centrality and the Principle of Movement*, dans MENSIO FOLKERTS and ANDREAS KÜHNE (eds.), *Astronomy as a Model for the Sciences in Early Modern Times*, Augsburg, Dr. Erwin Rauner Verlag, 2006, pp. 175-194: 189 ss.

³³ Cf. *Fragmentum orationis de motu terrae*, in KGW, 20/1, p. 147. Pour une première indication sur l'importance de ce texte programmatique et une analyse de son contenu, voir JAMES R. VOELKEL, *The Composition of Kepler's Astronomia nova*, Princeton and Oxford, Princeton University Press, 2001, pp. 26-32.

mier moteur et principe du mouvement, le mouvement des planètes provient du Soleil, auxquelles il imprime le mouvement avec un effort uniforme, produisant leur mouvement circulaire autour du centre avec des périodes proportionnées à la distance.³⁴ Nous le voyons, dans ce texte de néophyte Kepler n'avait pas encore reconnu l'affaiblissement de la force avec la distance.

Dans le chapitre XXII du *Mysterium* Kepler élargit et développe encore cette deuxième conjecture de l'agent du mouvement planétaire, ce qu'il fait en plus dans une nouvelle connexion avec la thématique de la disparition des orbes solides.³⁵ Si la *via* (Kepler n'utilise pas encore le terme *orbite*) des planètes est toujours excentrique par rapport au Soleil, alors leur distance changera au cours de la période, et donc aussi leur vitesse sera différente: en étant plus forte l'action motrice de l'âme solaire (d'*anima movens*, sc. le Soleil, l'on parle à la p. 76, ligne 30) lorsque la planète en est plus proche, sa vitesse sera par conséquent plus grande que lorsqu'elle sera plus loin (dans l'aphélie) où la *virtus* motrice sera plus faible:

si la lenteur et la vélocité de chaque orbe ont la même cause que celle que j'ai indiquée plus haut au chapitre 20 pour l'univers entier, alors le cheminement de la planète sur sa voie excentrique est lent en haut [dans l'aphélie] et rapide en bas [dans le périhélie].³⁶

Deux innovations importantes de Kepler dans le *Mysterium cosmographicum* sont en rapport avec cet exposé: d'abord, le retour à Ptolémée et à l'équant, ce qui est une reconnaissance de la non uniformité du mouvement planétaire, face à la critique de Copernic;³⁷ deuxièmement, dans le chapitre XV Kepler exprime la nécessité de changer le centre des mouvements planétaires de Copernic, qui n'est pas le vrai Soleil, mais le centre de l'excentrique terrestre, le Soleil moyen (un point excentrique vide).³⁸ Ce

³⁴ KGW, 20/1, p. 149: «Ab eo puncto centro nempe Solis et mundi communi, proferens sese Motus aequalissime in vicinos quosque orbes, aequale conatu in eos impressionem facit et quorundam conversiones pro ratione ambitus maturat».

³⁵ KGW, 1, p. 76. 14-15: «sine orbibus»; p. 77. 24: «orbibus remotis».

³⁶ KEPLER, *Le secret du monde* (cit. note 15), p. 184 (KGW, 1, p. 76. 18-20).

³⁷ *Ibid.*, pp. 185 s. Kepler revient à Ptolémée contre son bien-aimé Copernic parce que sa propre conception de la production du mouvement planétaire l'amène à concevoir une âme motrice dans le Soleil par laquelle toute planète se meut avec une vigueur plus ou moins grande selon la distance, le Soleil imprimant ainsi à la planète une vitesse variable au long de la voie excentrique.

³⁸ *Ibid.*, pp. 129 ss. (KGW, 1, pp. 50-54). Kepler qualifie cet élément ptolémaïque chez Copernic comme un abandon de la *cosmographie* (de la cosmologie ou la physique) pour développer un discours purement calculateur et mathématique «pour ne pas troubler son lecteur consciencieux en s'éloignant trop de Ptolémée» (p. 132).

changement était motivé par la nécessité d'adapter les calculs des distances planétaires à l'hypothèse des polyèdres, mais il avait aussi un indéniable sens physique, en accord avec la conception fondamentale de Kepler: les planètes doivent se mouvoir logiquement autour d'un centre, dont la *virtus* ou *anima movens* leur imprime une vitesse proportionnelle à leur éloignement par rapport à lui. Il serait donc absurde d'imaginer un mouvement autour d'un point vide où il ne se trouve aucun agent.³⁹

Or, si le Soleil est vraiment au centre de la voie de la planète et la meut, alors on doit conclure qu'une telle voie doit nécessairement être concentrique, et que la planète, placée toujours à la même distance, doit se mouvoir avec une vitesse constante. Toutefois, les observations démontrent que la planète se déplace avec une vitesse variable proportionnellement à sa distance par rapport au Soleil, et, partant, que son cours est excentrique. Ceci oblige Kepler, dès le *Mysterium*, à attribuer à la planète une autonomie, c'est-à-dire une âme propre responsable de l'anomalie de l'excentricité (la première anomalie du mouvement planétaire). Ainsi, dans le chapitre XXII, dans une note rapide il dit: «Ensuite, il faut admettre dans chaque planète une âme particulière qui, par son mouvement, fait monter la planète dans sa course».⁴⁰

Pour conclure: Kepler a développé dès le *Mysterium cosmographicum* l'héliocentrisme dans le sens d'une dynamique ou d'une physique céleste, basée sur des forces (*virtutes*) agissant sur les planètes depuis ou à partir d'*âmes*, notamment l'âme solaire, mais aussi l'âme propre de la planète qui produit la variation de la distance par rapport au Soleil, en rendant ainsi la planète attachée à une force motrice plus ou moins grande, et par conséquent à une vitesse variable dans sa *via* ou *chemin*.

2. L'EXPLICATION PHYSIQUE DU MOUVEMENT PLANÉTAIRE DANS L'*ASTRONOMIA NOVA*

L'*Astronomia nova* a apporté la confirmation de cette conception képlérienne de la dynamique du système planétaire héliocentrique, avec un raffinement et une définition de la production du mouvement planétaire plus corporelle et matérielle, plus proprement physique. Sur la base

³⁹ Conscient de la dimension de ce changement, Kepler affirme «je vais édifier un monde nouveau» (*ibid.*, p. 129).

⁴⁰ *Ibid.*, p. 186. Cf. KGW, 1, p. 77: «Deinde esto in quolibet Planeta peculiaris anima, cuius remigio stella ascendat in suo ambitu: Et orbibus remotis eadem sequentur».

des observations précises tychoiennes des mouvements de Mars et du Soleil, Kepler a réussi finalement à élaborer la 'théorie' géométrique de la course de Mars, en même temps qu'il travaillait à une théorie physique d'icelle, susceptible d'être généralisée aux autres planètes. Dans cette théorie physique l'action motrice des âmes (qui était encore acceptée dans l'ouvrage de 1596) était remplacée par des agents plus physiques, à savoir des vertus ou des puissances corporelles (foncièrement magnétiques) à l'exception de la 'facultas vitalis' qui est présente dans le Soleil et associée à son âme.⁴¹

Toutefois il convient de rappeler que ce raisonnement mathématique ou physique, d'un style résolument moderne, était imposé à Kepler par les contraintes 'rhétoriques' auxquelles l'obligeait la difficile réception de sa «nouvelle astronomie» dans la communauté astronomique et philosophique de son temps.⁴² C'est pourquoi la démonstration *a priori* (métaphysique) du *Mysterium cosmographicum* a donné lieu à une exposition *a posteriori*, à partir des observations telles qu'elles étaient enregistrées dans l'héritage de Brahe. Comme Voelkel⁴³ a indiqué très justement, cette contrainte a obligé Kepler à réduire au minimum la présence d'éléments étrangers à la construction mathématique et à sa réalisation physique, laquelle était toujours introduite comme la confirmation des résultats mathématiques héliocentriques atteints auparavant, tel qu'il est prouvé manifestement dans la troisième partie de l'ouvrage après la démonstration de l'existence d'un équant dans l'orbite de la Terre.

Cette retenue de Kepler permet de comprendre le silence sur des éléments physiques externes au problème justement circonscrit de la production du mouvement planétaire. Or, si l'on tient compte du fait que l'*Astronomia nova* a été complétée dans son structure théorique au début de 1606 et qu'en

⁴¹ *Astronomia nova*, in *KGW*, 3, Introduction, p. 35. 12-17: «Itaque Motores hi planetarum proprii, probabilissime ostensi sunt, nihil aliud esse, quam affectiones ipsorum Planetariorum Corporum tales, qualis est in Magnete poli appetens, ferrumque rapiens: ut ita tota ratio motuum coelestium facultatibus mere corporeis, hoc est, magneticis administretur, excepta sola turbatione corporis Solaris in suo spacio permanentis: cui vitali facultate opus esse videtur». Cf. *ibid.*, p. 23. Quant à l'étendue de la théorie physico-géométrique de Mars à toutes les planètes, voir *Astronomia nova*, in *KGW*, 3, p. 272. 1-2: «Quae tertia parte demonstrata sunt, ad omnes Planetas pertinent: unde non injuria clavis astronomiae penitioris dici possunt».

⁴² Comme le note judicieusement Donahue, «Kepler's *Astronomia Nova* is a single concerted argument [...] striving to convince readers that everything they knew about astronomy is wrong. The geometrical perfection of circular orbs must be abandoned, and planetary theories must be based on a new science of physical forces. It was a hard sell». Voir *Selections from Kepler's Astronomia Nova. A Science Classics Module for Humanities Studies*, selected, translated and annotated by William H. Donahue, Santa Fe, New Mexico, Green Lion Press, 2004, p. VII.

⁴³ VOECKEL, *The Composition of Kepler's Astronomia nova* (cit. note 33), p. 2 et *passim*.

1607 elle était sur le point d'être imprimée, l'on reconnaîtra que sa gestation à partir de la fin 1602⁴⁴ coïncide avec la rédaction et la publication de deux ouvrages très importants (l'*Optica* de 1604 et spécialement le *De stella nova* de 1606), où l'étendue de la conception physique et cosmologique de Kepler était pleinement en évidence, notamment en ce qui concerne la présence d'âmes internes aux corps célestes, avec leur efficace manifeste dans la production de toute une série de phénomènes naturels.⁴⁵

Pour aborder notre question, savoir comment l'*Astronomia nova* explique la production du mouvement planétaire après l'élimination des orbes solides – au-delà de l'ouvrage de 1596 – nous croyons que l'Introduction à l'ouvrage apporte des principes fondamentaux de grand intérêt. L'Introduction, qui est adressée particulièrement aux «physiciens» dont l'hostilité envers le copernicanisme est manifeste,⁴⁶ tout en annonçant que l'ouvrage examinera les hypothèses géométriques (ptolémaïques, tychoiennes et copernico-képlériennes) et leur capacité de sauver les phénomènes planétaires, expose que seule la transformation képlérienne du copernicanisme est capable d'en rendre compte parfaitement, non seulement en tant que hypothèse géométrique, mais comme hypothèse astronomique ou physique véritable. Afin d'obtenir l'accord des physiciens ou du moins leur écoute, Kepler avance, outre une réfutation de la contradiction présupposée entre le mouvement de la Terre et l'Écriture,⁴⁷ quelques «remèdes» (*remedia*) contre les objections physiques

⁴⁴ *Ibid.*, p. 212.

⁴⁵ En ce sens il est intéressant d'observer que dans la note importante à la deuxième édition du *Mysterium* que nous avons déjà mentionnée (voir *supra*, note 25; cf. *Le secret du monde*, cit. note 15, pp. 140 s.) Kepler, après avoir fait appel à l'élimination des âmes dans la production du mouvement planétaire dans l'*Astronomia nova*, ajoutait la remarque suivante: «Néanmoins, il y a d'autres arguments qui établissent qu'il y a dans les corps des planètes, au moins dans ceux de la terre et du Soleil, un certain intellect, non pas ratiocinant comme celui de l'homme, mais instinctif, comme dans le cas de la plante, qui lui fait conserver la forme de sa fleur et le nombre de ses feuilles», p. 141. Sur cette *facultas naturalis* dans la Terre, voir *De stella nova*, chap. xxiv (KGW, 1, pp. 267-270), et PATRICK R. BONER, *Kepler's Living Cosmology: Bridging the Celestial and Terrestrial Realms*, «Centaurus», 48, 2006, pp. 32-39; ID., *Life in the Liquid Fields: Kepler, Tycho and Gilbert on the Nature of Heavens and Earth*, «History of Science», 46, 2008, pp. 275-297. Nous renvoyons aussi à P.R. BONER, *The New Star of 1604 and Kepler's Copernican Campaign* et M.A. GRANADA, *Johannes Kepler and David Fabricius: Their Discussion on the Nova of 1604*, à paraître dans PATRICK R. BONER (ed.), *Cosmological continuity and the Conception of modern Science*, Archimedes: New Studies in the History and Philosophy of Science and Technology. Voir aussi *infra*, note 67.

⁴⁶ KGW, 3, p. 19. 5-8: «Detegam autem in gratiam potissimum eorum, qui Physicam profitentur, quique mihi, imo vero Copernico, adeoque vetustati ultimae irascuntur, ob fundamenta scientiarum concussa Motu Telluris ...».

⁴⁷ *Ibid.*, *Introduction*, pp. 28-34. On sait que ces pages recueillaient, sauf des développements ultérieurs dont on n'est pas à même de déterminer la portée, la déclaration rédigée pour le *Mysterium cosmographicum*, et dont le retrait avait été exigé par les théologiens de Tübingen. Voir EDWARD ROSEN, *Kepler and the Lutheran Attitude towards Copernicus*, dans ROSEN, *Coper-*

au mouvement de la Terre. Ces remèdes constituent une authentique déclaration de principe qui, d'un côté, bouleverse totalement les principes de la physique aristotélicienne sous-jacente au géocentrisme, et d'autre côté apporte – avec des nouveaux éléments par rapport au *Mysterium cosmographicum* – les prémisses d'une physique céleste képlérienne que l'on exposera dans la troisième partie.

En effet, les principes établis par Kepler constituent une réfutation de l'implication réciproque chez Aristote entre les concepts d'espace, de composition matérielle des corps et de leur comportement en termes de mouvement ou repos. Face à la conception aristotélicienne de l'espace comme emplacement approprié à la nature des corps, et, a fortiori, à l'attribution à l'espace d'un rôle causal dans la production du mouvement naturel (les corps graves se meuvent par nature vers le centre géométrique du monde où ils restent immobiles; les corps légers se meuvent vers la périphérie du monde sublunaire; et les corps célestes appartenant à la quintessence se meuvent par un mouvement naturel circulaire et uniforme autour du centre du monde), pour Kepler l'espace est uniforme et homogène, causalement inactif par rapport au mouvement des corps. Ceux-ci sont 'à leur place' où qu'ils se trouvent et se puissent rencontrer;⁴⁸ leurs mouvements possibles ne s'expliquent pas par une tendance naturelle et intérieure vers leur lieu propre, mais *par l'action d'une force extérieure qui les meut et les emporte*. Ainsi, la gravité n'est pas la tendance naturelle des corps lourds vers le centre du monde, car un simple point mathématique (l'espace en tant que tel) est incapable par lui-même d'exercer une action physique sur les corps. La gravité n'est autre chose que l'attraction que la Terre (là où elle se trouve) exerce sur les corps qui lui sont voisins dans un *orbis virtutis* ou domaine d'efficience déterminé.⁴⁹ Cette conception libère la Terre du corset du mouvement rectiligne en tant que seul mouvement possible pour elle⁵⁰ et de la détermination au centre de l'Univers; de surcroît,

nicaeus and his Successors, edited by Erna Hilfstein, London and Rio Grande, The Hambledon Press, 1995, pp. 217-237; KENNETH J. HOWELL, *God's Two Books: Copernican Cosmology and Biblical Interpretation in Early Modern Science*, Notre Dame, Indiana, 2002, pp. 109-135.

⁴⁸ Voir KOYRÉ, *La révolution astronomique* (cit. note 2), pp. 194 s.; Id., *Études galiléennes*, Paris, Hermann, 1966, pp. 187 s.

⁴⁹ Voir KEPLER, *Astronomia nova*, Introduction, pp. 24 s. Cette doctrine sur la gravité et en général cette formulation des principes physiques avait été déjà avancée par Kepler à Herwart von Hohenburg dans une lettre du 28 mars 1605 (KGW, 14, lettre numéro 340, pp. 180-190: 183 ss.). Sur la notion d'*orbis virtutis* et son origine dans les théories du magnétisme de Giambattista della Porta et William Gilbert, voir FRITZ KRAFFT, *The new celestial physics of Johannes Kepler*, dans SABETAI UNGURU (ed.), *Physics, Cosmology and Astronomy, 1300-1700: Tension and Accommodation*, Dordrecht, Kluwer, 1991, pp. 185-227 (196-198).

⁵⁰ Cf. la lettre à Herwart mentionnée dans la note antérieure (ligne 104): «opponitur, unius

elle a des effets immédiats sur le mouvement planétaire, puisqu'elle déclare impossible qu'un corps puisse se mouvoir circulairement autour d'un simple point géométrique (qu'il soit vide, comme c'est le cas d'un mouvement dans une excentrique ou dans un épicycle; ou qu'il soit un point occupé par un autre corps, mais en vertu du point spatial lui-même).

Plus encore, l'indépendance de la nature des corps à l'égard de leur mouvement (naturel) exclut qu'il y ait un mouvement naturel des corps (par exemple le mouvement circulaire autour du centre) en vertu d'un principe interne. Si les corps sont à leur place là où ils se trouvent, ils sont donc immobiles en vertu de leur «inertie», conçue par Kepler comme de la résistance au mouvement: «Omnis substantia corporea, quatenus corporea, apta nata est quiescere omni loco, in quo solitaria ponitur». ⁵¹ Le mouvement n'est point une donnée primaire, mais un fait secondaire, le résultat de l'action d'une cause motrice. On a fréquemment ⁵² signalé le caractère aristotélien de cette conception képlérienne de l'inertie et l'hypothèque aristotélienne de la dynamique résultante, où la force qui agit sur un corps produit et conserve le mouvement (elle ne cause pas une accélération). Mais Kepler reste profondément anti-aristotélien lorsqu'il conçoit que le corps inerte n'a qu'une tendance à rester à l'endroit où il se trouve; Kepler n'accepte pas comme immédiatement acquise l'existence d'un principe interne du mouvement qui produit une translation du corps, comme par exemple une planète. Cette translation par un principe interne doit être expliquée et Kepler, dans la formulation de ses principes, semble pencher pour l'intervention d'un agent extérieur dont la force vaincra l'inertie de la planète en initiant et en maintenant constamment le mouvement. Quoique l'Introduction à l'*Astronomia nova* ne le signale pas de manière explicite, la lettre de 1605 adressée à Herwart l'affirme clairement:

Nam eadem ratione, qua philosophi dicunt illam [Terram] in medio pendere quietam, dico ego, *Terram et quamlibet stellam mobilem quieturam ibi quorsumcunque transferatur. Materiae proprium est quies. Cum hac quiete perpetuo pugnat virtus illa quae Terram movet.* ⁵³

corporis motum esse unum» (citation littérale d'Aristote, *De caelo*, I, 3, 270b 28). Kepler réfute ensuite ce principe.

⁵¹ KEPLER, *Astronomia nova*, Introduction, p. 25. 19-20.

⁵² Cf. KOYRÉ, *La révolution astronomique* (cit. note 2), p. 196; *Études galiléennes* (cit. note 48), pp. 186 s., 191 s., 201 s.; GÉRARD SIMON, *Kepler astronome astrologue*, Paris, Gallimard, 1979, pp. 343-348.

⁵³ «En effet, pour la même raison que les philosophes disent qu'elle [la terre] est suspendue immobile au milieu [du monde], moi, je dis, que *la terre et toute étoile mobile se tient au repos en quelque direction qu'elle soit transportée. Le repos est le propre de la matière.* La force qui meut la

On doit conclure donc, qu'en absence de forces qui agissent sur les corps vainquant leur inertie, ceux-ci – et l'univers en général – seront en repos. S'il y a du mouvement, notamment du mouvement des planètes autour du corps central (l' 'actus secundus' en termes de la précoce *disputatio* de Tübingen), cela est dû à l'action de forces exercées par des moteurs. De plus, dans la mesure où Kepler pense surtout à des moteurs extérieurs qui produisent une translation (nous faisons pour l'instant abstraction de la rotation *in loco*, qui semble en être l'effet et postuler l'action d'une âme interne), cette conception du mouvement a déjà aboli la distinction aristotélicienne du mouvement naturel et violent.⁵⁴ Tous les mouvements sont naturels, quoique d'après la conceptualisation aristotélicienne ils soient violents. En ce sens, il faut signaler que la terminologie képlérienne fait allusion à cette «violence» exercée par un agent extérieur sur le corps en repos inertiel: la *vis* ou *virtus* qui meut la Terre (ou une autre planète) «lutte» (*pugnat*) contre la tendance de la planète au repos. De même, les exemples dont Kepler illustre le mouvement planétaire sont des exemples qui dans la physique d'Aristote font partie des mouvements violents, comme le cas du levier ou du fleuve circulaire qui emporte la barque représentant la planète.

En fait, à la fin de 1604 l'*Astronomia nova* était déjà assez avancée, comme le prouve le fait que Kepler a envoyé une copie du manuscrit à l'université de Tübingen, en lui demandant de procéder à sa publication au cas où il décéderait avant que l'ouvrage ne voie le jour,⁵⁵ et aussi le fait qu'il en a présenté une deuxième copie à l'Empereur. Chacune des lettres adressées à Longomontanus (début 1605) et à Herwart von Hohenburg (février 1605) affirment que l'ouvrage contient déjà 51 chapitres. Si l'on considère que la première partie de l'ouvrage définitif (chapitres 1-6) a été rédigée vers la fin,⁵⁶ nous pourrions voir qu'au début de 1605 c'est déjà la troisième partie de l'ouvrage définitif («Recherche de la deuxième ano-

terre est constamment en lutte avec ce repos», *KGW*, 14, lettre numéro 340, lignes 134-138; nous soulignons.

⁵⁴ C'est ce que Koyré a vu très clairement. Cf. *La révolution astronomique* (cit. note 2), p. 194: «La conception aristotélicienne, qui distingue entre mouvements "naturels" et "violents", étant corrélatrice à sa conception générale du Cosmos et de l'être matériel, est donc aussi fautive que celle-ci» et la note à ce passage: «La disparition des mouvements "naturels" implique, assez paradoxalement, l'extension à tous les mouvements – terrestres et célestes – de l'axiome d'Aristote: *quodquod movetur, ab alio movetur* », p. 405, note 30. Voir aussi KRAFFT, *The new celestial physics of Johannes Kepler* (cit. note 49), p. 223, note 47.

⁵⁵ *KGW*, 15, lettre numéro 304, lignes 24 ss.

⁵⁶ Cf. SIMON, *Kepler astronome astrologue* (cit. note 52), p. 355; GOLDSTEIN – HON, *Kepler's Move from Orbs to Orbits: Documenting a Revolutionary Scientific Concept* (cit. note 17), p. 102, note.

malie, à savoir des mouvements du Soleil ou de la Terre ou Clé d'une astronomie plus profonde où l'on traite beaucoup de choses relatives aux causes physiques des mouvements»⁵⁷ avec la «physique céleste» qui est définitivement établie, dans l'attente de la démonstration de la structure elliptique de l'orbite de Mars avant l'été de cette année-là. La lettre à Herwart de mars 1605, avec son exposé tant de la défense de l'héliocentrisme sur les fronts de la théologie et de la physique, que des principes de la théorie physique qui fondent le mouvement de la Terre, préfigure l'Introduction à l'*Astronomia nova* de 1609 et confirme en même temps déjà l'existence de la «physique céleste».

Un moment décisif de ce processus avait été – après la confirmation, en accord avec le *Mysterium cosmographicum*, du vrai Soleil comme centre des mouvements planétaires contre le Soleil moyen de Ptolémée, Copernic et Tycho – la démonstration, en accord cette fois avec les observations de Tycho, que le mouvement du Soleil ou de la Terre se reflète «comme un miroir» dans la deuxième anomalie de Mars,⁵⁸ et que le mouvement du Soleil ou de la Terre (comme il a déjà été conjecturé dans le chapitre XXII du *Mysterium*) présente aussi un équant, c'est-à-dire qu'il faut bissecter son excentricité de la même façon que celle des autres planètes.⁵⁹ De cette manière se manifestait l'homogénéité ou l'uniformité de toutes les courses planétaires, sans aucune exception pour le Soleil ou la Terre (ce qui pour Kepler signifiait le caractère céleste de la Terre en parfaite égalité avec les autres planètes). En parfaite cohérence avec le chapitre XXII du *Mysterium* Kepler pouvait avancer à Longomontanus (dans la lettre du début de 1605) que

j'ai compris en 51 chapitres tout ce que j'ai exploré jusqu'à présent: si je meurs, je sais que toutes ces choses seront d'une très grande utilité pour celui qui voudra aller au-delà. La somme en est ce qui suit: Mars [...] est emporté par une force répandue par le monde à partir du Soleil [...] Ceci est absolument vrai: du Soleil se répand la force qui emporte les planètes.⁶⁰

⁵⁷ KGW, 3, p. 189. L'expression «clavis astronomiae» apparaît dans la lettre à David Fabricius du 1.10.1602 à propos de la bissection de l'excentricité dans l'orbite terrestre (cf. KGW, 14, lettre numéro 226, ligne 371); «clavis ad universam astronomiam» désigne dans la lettre à Herwart du 12.11.1602 (KGW, 14, lettre numéro 232, ligne 111) les *Commentaria in Theoriam Martis*, à savoir, l'*Astronomia nova* même en tant que construite à ce moment-là sur la bissection de l'excentricité de la Terre et sa signification physique. Voir VOELKEL, *The Composition of Kepler's Astronomia nova* (cit. note 33), pp. 176 s.

⁵⁸ Cf. lettre à Herwart du 7.10.1602, KGW, 14 (numéro 284), lignes 79-83.

⁵⁹ Voir VOELKEL, *The Composition of Kepler's Astronomia nova* (cit. note 33), pp. 146 s.

⁶⁰ KGW, 15 (lettre numéro 323), lignes 255-269: «Comprehendi tamen 51 Capitibus Omnia quae explorata habeo: si moriar, scio haec omnia utilissima futura ulterius progressuro. Summa

Ce qui est intéressant est que Kepler met en parallèle cette excentricité bissectée (ou la récupération de l'équant et son étendue à la Terre) et l'explication au moyen de sa nouvelle physique céleste associée à la *vis motrix* solaire avec l'élimination des orbes par Tycho et son propre refus des intelligences-âmes motrices. Un passage important de la lettre mentionnée à Longomontanus défend le programme physique de Kepler face à la désapprobation du collaborateur de Tycho:⁶¹

Vous, astronomes tychoïens, après avoir dépouillé à juste titre la physique des orbes solides, vous la laissez injustement dépourvue en faisant qu'elle traite les vols des planètes dans une invraisemblance et confusion maximales. Pourquoi ne viendrais-je une fois de plus à son aide en cherchant les formes physiques des mouvements à travers le fluide vide? Je t'avoue, Christian, qu'en ces cinq dernières années j'ai consacré au moins la moitié du temps que m'ont laissé les affaires de la Cour à l'étude physique des mouvements de Mars. En vérité, je crois que les sciences [astronomie et physique] sont si intimement liées que l'une ne peut pas se compléter sans l'aide de l'autre.⁶²

L'élimination par Tycho des orbes oblige à élaborer une physique céleste basée dans les forces devant l'invraisemblance d'une pseudophysique qui prétend vainement rendre compte des mouvements célestes au moyen d'âmes et d'intelligences. La lettre pratiquement contemporaine à Herwart von Hohenburg de février 1605 est encore plus explicite, si la chose se pouvait: «Tycho a nié les orbes; j'enseigne déjà de quelle manière se meuvent les planètes sans orbes, comment se produit l'excentricité, etc.»⁶³ Et Kepler se rapporte à son explication dynamique en alléguant la fameuse analogie avec la «machine»:

Je présente [aux 51 chapitres] tous mes efforts pour que soit d'autant plus claire la raison fondamentale d'être entré dans cette voie. Je m'occupe surtout de la recherche des causes physiques. Mon objectif est le suivant: d'expliquer que la machine céleste n'est pas comme un animal divin, mais comme une montre

haec, Mars [...] rapitur a virtute ex Sole in mundum sparsa. [...] Hoc simpliciter certum, ex Sole propagari vim quae planetas rapit». Cf. SIMON, *Kepler astronome astrologue* (cit. note 52), p. 330: «l'homogénéité structurelle du monde est pour lui [Kepler] pleine d'enseignements. Toutes les planètes, y compris la Terre, sont plus lentes ou plus rapides selon qu'elles s'éloignent ou se rapprochent du Soleil. Et pour toutes, semble-t-il, il convient comme le faisait Ptolémée de bissecter l'excentricité. [...] Les idées avancées dans le *Mystère cosmographique* se vérifient une à une».

⁶¹ Voir la lettre de Longomontanus du 6 mai 1604, *KGW*, 15, lettre numéro 287, lignes 139 s.: «ita tandem revoces velim, ut phaenomena ipsa Coeli, nullam tuam vim, nullam violentiam sentiant». Cf. aussi VOELKEL, *The Composition of Kepler's Astronomia nova* (cit. note 33), pp. 153 ss.

⁶² Lettre à Longomontanus, *KGW*, 15, lettre numéro 323, lignes 101-109.

⁶³ Lettre à Herwart, *KGW*, 15, lettre numéro 325, lignes 65-67.

(celui qui croit qu'une montre est animée, il attribue à l'oeuvre la gloire de l'artisan), de sorte qu'en elle presque toute la variété des mouvements [dépend] d'une force magnétique corporelle très simple, de même que dans la montre tous les mouvements [dépendent] d'un poids très simple.⁶⁴

L'accent mis sur le caractère mécanique des mouvements célestes (utilisé d'une manière exagérée par une partie de l'historiographie) en excluant les âmes est très en rapport avec les difficultés pour développer sa fondation du copernicanisme que Kepler trouvait parmi les héritiers de Tycho, avec son gendre Tengenagel en tête, et la complicité de Longomontanus. Kepler décrit son angoisse dans une phrase laconique de la lettre à Herwart: «Néanmoins, je ne peux pas publier sans le consentement de Tengenagel».⁶⁵ C'est cet obstacle qui impose à Kepler un processus discursif, une ligne 'rétorique' caractérisée par l'union étroite de démonstration géométrique et dynamique céleste, faisant abstraction de tout ce qui est relatif à l'animation des cieux et des corps célestes, c'est-à-dire d'une composante aussi centrale de sa cosmologie. Nous voyons la retenue de Kepler, non seulement dans le fait déjà souligné que le traité *De stella nova*, élaboré tout au long de 1605,⁶⁶ donne une large part à l'expression de son animisme, mais aussi dans la confiance à son correspondant David Fabricius dans la lettre du 11 octobre 1605, où il affirme, à propos de leur discussion autour de la *nova*, que «néanmoins je ne suis pas loin de la philosophie de Cornelius Gemma, qui juge qu'il y a un seul et identique esprit dans tout l'univers».⁶⁷

La conception mécanique du mouvement planétaire à partir de l'action «d'une force magnétique corporelle très simple» (qui n'est autre que la *vis motrix* solaire), laquelle n'implique pas toutefois la réduction ontologique de l'Univers à un système de corps en interaction mécanique, est, à notre avis, étroitement liée à la négation des âmes et des intelligences en tant qu'agents du mouvement planétaire, négation qui est aussi formulée dans

⁶⁴ *Ibid.*, lignes 55-61.

⁶⁵ *Ibid.*, ligne 67. En général, sur le harcèlement des héritiers de Tycho, voir VOELKEL, *The Composition of Kepler's Astronomia nova* (cit. note 33), chap. 7.

⁶⁶ Voir FRIEDRICH SECK, *Johannes Kepler und der Buchdruck*, «Archiv für Geschichte des Buchwesens», 11, 1970, pp. 609-726: 630-638.

⁶⁷ Lettre à David Fabricius, KGW, 15, lettre numéro 358, lignes 738 s. Voir la déclaration plus explicite dans la lettre précédente de 21.2.1605 à Wolfgang Wilhelm von Neuburg, *ibid.*, lettre numéro 332, lignes 111-117: «Derowegen ich hie *Cornelii Gemmae philosophiam* der warheit am ähnlichsten sein vermeine, wölicher *in libris cosmocriticis* füngibet, das die ganze weite welt *unum aliquod animal* und drinnen ein ybermächtiger *spiritus mundi* seye, und wie im menschlichen leibe die *spiritus animales quovis fulmine citius* aus dem hirn in alle glider gehen, also gehe diser *spiritus mundi* durch die ganze welt und vereinige himmel und erden mit einander, das ein mitleiden zwischen ihnen seye».

cette lettre, comme l'on a déjà vu. La remarque même, selon laquelle l'attribution du mouvement planétaire à l'action d'un principe animé interne implique un crime de lèse-majesté divine («quiconque croit qu'une montre est animée, attribuée à l'oeuvre la gloire de l'artisan») doit être entendue comme un argument théologique polémique contre l'explication tycho-nienne de l'origine du mouvement planétaire. C'est ce que nous voyons confirmé dans l'*Astronomia nova* même, où l'explication physique par la force motrice solaire dans la troisième partie de l'ouvrage se développe en même temps que Kepler argumente précisément l'impossibilité d'un moteur interne à la planète (âme ou intelligence) ou bien, dans la première partie, là où la critique de ce moteur interne est renforcée par l'idée du caractère païen et polythéiste des intelligences motrices, afin de montrer la plus grande conformité avec la religion chrétienne de l'explication physique élaborée par Kepler, en conformité avec la géométrie céleste.

3. LA PHYSIQUE CÉLESTE CONTRE L'AUTO-MOTION DES PLANÈTES DANS L'*ASTRONOMIA NOVA*

Telle qu'elle fut présentée au public, l'*Astronomia nova* commence par une première partie (chapitres 1-6) où Kepler, outre qu'il remplace le Soleil moyen par le vrai Soleil comme centre des mouvements planétaires,⁶⁸ – conformément à ce qu'on a déjà exposé au chapitre XV du *Mysterium* – annonce toute une série d'arguments réfutant la possibilité d'une automotion des planètes par une âme et une intelligence propres. Au chapitre 2, en vertu de la discussion sur l'équivalence des deux hypothèses géométriques essentielles qui expliquent la première anomalie du mouvement planétaire, à savoir l'hypothèse d'un concentrique et d'un épicycle et celle de l'excentrique, la discussion s'étend à la conception d'Aristote et Peurbach, à savoir à des modèles qui présupposent la traction des planètes par des orbes solides. Cela s'explique parce que Kepler se pose aussi la question des «causes physiques» de ces deux hypothèses géométriques, c'est-à-dire leur dimension d'hypothèses astronomiques ou physiques. Mais nous croyons qu'après la considération d'une conception d'ores et déjà manifestement obsolète, comme celle des sphères concentriques

⁶⁸ *KGW*, 3, p. 65. 25-36 et la présentation du chap. 1 en pp. 36 s. Ainsi les mouvements planétaires ont pour centre non pas un point vide, purement géométrique, mais le centre même de l'univers; certes, non pas en tant que tel, mais parce qu'en lui se trouve le Soleil, «coeur du monde» («in quo Sol, cor mundi», *ibid.*, p. 91.12). Cf. p. 97. 25: «in Sole corde mundi».

d'Aristote, se cache l'intention képlérienne de discréditer l'hypothèse physique de l'auto-motion des planètes par quelques objections, même théologiques, à la conception aristotélicienne du mouvement planétaire.

En effet, Aristote, étant convaincu de l'éternité du monde et du mouvement, a attribué à chaque sphère ou orbe une intelligence gouvernant sa période et sa course, et a fait finalement de ces intelligences des «intellects séparés, c'est-à-dire *des dieux*, comme des administrateurs du mouvement éternel des cieux». ⁶⁹ Cette fonction attribuée aux intelligences était une conséquence, dit Kepler, de l'erreur aristotélicienne qui consiste à ne pas croire à la création du monde par Dieu, et par conséquent à son attribution aux moteurs de l'ordre même établi par Dieu lors de la création. Les défenseurs d'Aristote, dont Kepler ne mentionne que Jules César Scaliger, ont assumé cet exposé, qui au fond est païen, et qui – pour utiliser les termes de la lettre adressée à Herwart von Hohenburg en 1605 – «attribue à l'oeuvre la gloire de l'artisan»:

laquelle fonction a été nécessairement transférée par Aristote, parce qu'il ne savait rien d'un commencement du monde ou ne voulait pas y croire, aux auteurs mêmes [les intelligences séparées] des mouvements. Et les sectateurs d'Aristote et Scaliger (qui n'est Chretien que de nom) disputent ouvertement si ce mouvement des orbes est volontaire et ils attribuent aux orbes, come origine de cette volonté, une intellection et un désir. ⁷⁰

Kepler va répéter ce passage dans l'*Epitome*, ⁷¹ en insistant sur la connexion de la doctrine des sphères et leurs intelligences avec une théologie païenne erronée qui méconnaît la création du monde et attribuée à la créature l'oeuvre du créateur, avec les absurdités qui en résultent:

À nouveau j'objecte à cette philosophie-là non pas tant l'autorité de la religion chrétienne que l'absurdité de sa doctrine, laquelle s'imagine des dieux dont le métier provient de l'ordre naturel même et qui en plus leur assigne de toute éternité des choses telles qui proviennent d'un premier principe unique de toutes choses au commencement du temps [...]. Cette philosophie s'appuie sur les orbes solides, et une fois que ceux-ci sont démolis, elle tombe avec eux. ⁷²

⁶⁹ KGW, 3, p. 67. 32-33 (trad. française en KEPLER, *Le secret du monde*, cit., note 15, p. 275); nous soulignons.

⁷⁰ *Ibid.*, p. 68. 21-25 (trad. française, p. 276).

⁷¹ KGW, 7, pp. 293 ss.

⁷² *Ibid.*, p. 294. 30-34: «rursum illi obijcio non tam autoritatem Christianae disciplinae, quam ipsam absurditatem dogmatis, Deos fingentis, quorum munia sint ex naturae operibus, eis-que interim asscribentis ab aeterno talia, quae necesse est ab uno primo principio rerum omnium in temporis exordio esse profecta». Ensuite (p. 295) Kepler rejette la possibilité que les moteurs soient des «anges ou une autre créature rationnelle».

L'élimination des orbes solides par Brahe, affirme Kepler, a privé les âmes motrices du «bâton» dont elles se servaient (comme «*facultas movens*» sur laquelle l'intelligence imprimait à son tour sa direction) et a obligé à chercher une nouvelle explication.⁷³ Toutefois, le recours à la «*vis insita*» dans le corps même de la planète, ce qui est commun à Brahe et à d'autres contemporains, n'est pas satisfaisant. En réalité, pense Kepler, il s'agit de la même explication avec la circonstance aggravante que l'élimination des orbes met en évidence la pénurie de raisons physiques, car – comme il avait dit en 1605 dans la lettre mentionnée à Longomontanus – «vous, astronomes tycho-niens, après avoir dépouillé justement la Physique des orbes solides, vous la laissez injustement dépourvue en faisant qu'elle traite les vols des planètes dans la plus grande invraisemblance et confusion».⁷⁴ Kepler avance alors l'impossibilité d'une production du mouvement circulaire (dans n'importe quelle des deux hypothèses, concentrique plus épicycle, ou excentrique) de la part de la planète même. Pour cela il faudrait à la fois une «puissance motrice» («*facultas transvectandi corporis*», «*facultas motrix*», c'est-à-dire, une âme) et une science ou connaissance de la course circulaire à accomplir, qui ne peut être l'oeuvre que d'un «esprit» ou intelligence.⁷⁵ Kepler se complâit à montrer l'insurmontable difficulté de la tâche à laquelle serait soumise cette intelligence: dans le premier cas elle devrait maintenir la planète avec une vitesse constante dans une course circulaire parfaite (l'épicycle) autour d'un point vide qui n'ait aucune différence par rapport à l'espace environnant et qui décrive à son tour un mouvement circulaire; comment peut-on concevoir une capacité motrice dans un simple point géométrique de l'espace où il n'y a aucun corps? Dans le deuxième cas (l'excentrique) l'intelligence de la planète devrait s'orienter par rapport à un point vide en s'efforçant de maintenir constantes ses distances par rapport à ce point, en même temps qu'elle subvient aux distances changeantes par rapport au corps excentrique (le Soleil ou la Terre) autour duquel elle tourne. L'intelligence (simple) sera occupée à plusieurs choses simultanément, ce qui rend les deux explications «absurdes».⁷⁶

⁷³ *KGW*, 3, p. 69. 1-8.

⁷⁴ Cf. *supra*, note 62.

⁷⁵ *KGW*, 3, p. 69. 9-14: «Comme la planète par une force inmanente doit accomplir dans le pur éther un cercle parfait [...] il est manifeste que ce moteur aura deux choses en partage: d'abord la puissance de transporter le corps; ensuite, la science qui lui fait trouver la limite du cercle à travers ces purs espaces éthérés, où aucune des régions ne se distingue des autres: ce qui est l'office d'une intelligence», traduit par SIMON, *Kepler astronome astrologue* (cit. note 52), p. 353 (trad. légèrement modifiée).

⁷⁶ *KGW*, 3, p. 69. 38-70. 35. Voir l'exposition dans KOYRÉ, *La révolution astronomique* (cit. note 2), pp. 190 s. et dans SIMON, *Kepler astronome astrologue* (cit. note 52), pp. 353-355.

Justement cette absurdité oblige à conclure «qu'il ne se peut pas que la cause des mouvements rapides réside dans le corps de la planète ou bien dans son orbe; je dois construire une voie pour persuader [qu'il y a] d'autres formes des mouvements, et plus simples». ⁷⁷ Cette autre voie est, naturellement, la nouvelle «physique céleste» édifiée dans l'*Astronomia nova*. Toutefois, avant de l'exposer de façon systématique dans la troisième partie, Kepler revient sur l'impossibilité des moteurs internes dans le chapitre 6 de la première partie. Il argumente ici à partir de la deuxième anomalie du mouvement planétaire qui est responsable des rétrogradations et des stations. A propos de l'hypothèse de Ptolémée, qui attribue aux planètes supérieures un épicycle, l'on pourrait penser à une force motrice présente au centre du dit épicycle (bien qu'il s'agisse d'un simple point mathématique en mouvement, en plus, autour d'un autre point mathématique) qui en même temps «attire» la planète en mouvement sur la circonférence de l'épicycle. «Toute cette variété – signale Kepler – ne peut pas tomber dans une intelligence motrice, à moins qu'elle ne soit un DIEU, comme le défend Aristote dans sa *Méthaphysique* XII, 8 [...]. De plus, comment une vertu pourrait-elle résider dans un non-corps? comment fluera-t-elle depuis un non-corps vers la planète?». ⁷⁸ Même si l'on distribue les fonctions entre deux intelligences, le problème subsiste. ⁷⁹

Dans le cas du système tychonien – où la deuxième anomalie est un effet du transport de la planète par le Soleil autour duquel elle tourne, lorsque le Soleil se meut autour de la Terre – Kepler pose la difficulté

que puisse être en accord avec les principes physiques l'hypothèse selon laquelle le Soleil entoure la Terre avec son intelligence motrice, en la visant et se mouvant irrégulièrement en vertu de son rapprochement ou son éloignement par rapport à elle (à moins que tu veuilles faire la Terre plus noble que le Soleil et lui attribuer la force motrice du Soleil), alors que le Soleil même (comme chez Copernic) émet la force motrice de toutes les planètes [...]; entre-temps les planètes s'efforcent de réaliser dans le petit épicycle leurs rapprochements et leurs éloignements par rap-

⁷⁷ *Ibid.*, p. 70. 35-38: «Atque ego eorum absurdorum assumptione hoc ago, ut tandem obtineam, non posse fieri, ut omnis motuum causa vel in corpore Planetarum vel alias in orbe ejus inhabitet, viamque struam ad formas motuum alias faciliores persuadendas».

⁷⁸ *Ibid.*, p. 97. 35-40.

⁷⁹ *Ibid.*, pp. 97. 40-98. 26. Dans les dernières lignes de ce passage Kepler précise que «ne sont pas ici pertinentes les subtilités que quelques uns pourraient vouloir m'opposer sur l'essence, le mouvement, l'endroit, les opérations des anges bienheureux et les intelligences séparées. Car nous sommes en train de discuter sur des choses naturelles d'une dignité très inférieure, sur des puissances (*virtutibus*) qui ne se servent d'aucune liberté pour modifier leur action, sur des intelligences qui ne sont pas du tout séparées, puisqu'elles sont conjointes et unies aux corps célestes qui doivent être transportés».

port au Soleil, et en même temps de suivre les pas de ce dernier lorsqu'il se déplace autour de la Terre. Et ainsi chaque planète (dans une très grande mesure le Soleil) s'occupe à la fois de plusieurs choses.⁸⁰

Conformément à son programme et sa stratégie rhétorique, Kepler affirme reporter à un autre moment la question sur la possibilité physique de cette conception.⁸¹ Il est clair que, comme dans les cas précédents, il est convaincu que le modèle tychonien du mouvement planétaire est physiquement impossible.

Arrive le moment dans la troisième partie, où après avoir donné et démontré le deuxième moment de sa stratégie (le mouvement annuel de la Terre ou du Soleil présente aussi un équant; partant, on doit bissecter son excentricité, ce qui fait que toutes les planètes présentent une course uniforme)⁸² Kepler aborde – aux chapitres 32-39 – la dynamique céleste qui produit le mouvement planétaire. Ainsi donc, en même temps qu'il présente cette dynamique dans ses divers aspects, il accumule des nouveaux arguments à l'encontre des intelligences motrices propres des planètes. Lorsque dans le chapitre 33 il expose que «la puissance (*virtus*) qui meut les planètes réside dans le corps du Soleil», Kepler ajoute au détriment de l'agent interne:

Il sera peut-être absurde de dire que la force animale (*animalem vim*) qui réside dans le corps mobile de la planète et qui imprime le mouvement à l'astre augmente et diminue son intensité tant de fois sans éprouver ni fatigue ni vieillissement. Ajoute que l'on ne peut pas comprendre comment cette force animale peut transporter son corps par les espaces du monde si, comme Tycho Brahe a démontré, il n'existe les orbes solides. En plus, un corps rond ne dispose non plus

⁸⁰ *Ibid.*, p. 103. 37-104. 6.

⁸¹ *Ibid.*, p. 103. 37-38.

⁸² Kepler développe ce sujet dans les premiers chapitres de la troisième partie (chaps. 22-28). L'importance de ce point est telle que Kepler le désigne comme la 'clé' qui ouvre tout le reste et rend possible le déploiement des raisons physiques: «hac veluti clave inventa, reliqua patebunt», *KGW*, 3, p. 191. 16-17. Kepler mène une démonstration rigoureuse *a posteriori*, c'est-à-dire à partir des observations face à l'exposé *a priori* déjà présent dans le *Mysterium* (chap. XXII). Kepler rappelle le précédent et le nouveau développement (qui n'admet point d'objection puisqu'il procède suivant la méthodologie acceptée universellement par la tradition astronomique, face aux réserves qu'avait suscité la méthode *a priori* du *Mysterium*) en *KGW*, 3, p. 191 y 238, quoique dans ce dernier lieu il défend la possibilité d'une démonstration *a priori*: en arguant «à partir de la dignité et la prééminence du Soleil [...], que c'est la source de la vie du monde (laquelle se reflète dans le mouvement des astres) celui qui est aussi la source de la lumière, par laquelle il se manifeste la beauté de toute la machine, tout également que la source de la chaleur qui anime toutes choses, je crois que j'aurais mérité d'être écouté avec des oreilles bienveillantes». Sur l'importance et la nécessité de cette démonstration rigoureuse, à partir des observations, de la bissection de l'excentricité dans l'orbite de la Terre, voir VOELKEL, *The Composition of Kepler's Astronomia nova* (cit. note 33), pp. 235 s.

d'ailes ou de pieds dont le mouvement permette à l'âme de transporter, moyennant un certain effort, ce corps à travers le champ de l'éther, comme s'il s'agissait d'oiseaux en l'air, et avec une résistance de ce champ.⁸³

C'est ce que l'on voit au chapitre 39, lors de la présentation de la «puissance propre à la planète» qui doit coopérer dans la production du changement de sa propre distance par rapport au Soleil. Ici l'on rappelle que «la force simple et solitaire qui réside dans le corps même ne suffit à transporter d'un endroit à un autre son corps, qui manque de pieds, d'ailes et de plumes où s'appuyer pour sillonner l'aura éthérée».⁸⁴

Je ne vais pas entrer dans une exposition détaillée de la physique céleste qui, à partir de la *vis motrix* émise par le Soleil, et conformément aux concepts physiques fondamentaux présentés dans l'Introduction, constitue l'alternative à l'action motrice des principes internes aux planètes. Je me bornerai à parcourir les principes fondamentaux tels qu'ils apparaissent au cours des chapitres très importants 32-39.⁸⁵ Le chapitre 32 établit, tout en confirmant ce qui a déjà été exposé en 1596, que «la puissance qui meut la planète en cercle s'affaiblit avec l'éloignement de la source», ce qui n'explique pas seulement la durée majeure des périodes des planètes les plus éloignées du centre, mais aussi et surtout que la vitesse d'une planète soit plus ou moins grande selon qu'elle est plus proche ou plus éloignée du Soleil dans sa course excentrique. Le chapitre 33 («Que la puissance qui meut les planètes réside dans le corps du Soleil») établit que, devant l'inertie ou la résistance du corps de la planète au mouvement par sa tendance naturelle au repos à l'endroit où elle se trouve actuellement, et par l'impossibilité d'un principe interne de sa translation (âme et intelligence), l'on doit reconnaître que la source de la «puissance motrice» est au centre depuis lequel l'excentricité se calcule, à savoir le Soleil situé immobile au centre du monde. L'*Astronomia nova* ajoute dans les chapitres 33 et 34 que cette puissance ou force motrice se répand depuis le Soleil sous la forme d'une «species immateriata» (image ou émanation immatérielle)⁸⁶ que le corps du Soleil, grand *magnes* qui tourne sur

⁸³ KGW, 3, p. 237. 3-10.

⁸⁴ *Ibid.*, p. 256. 17-20.

⁸⁵ Pour une exposition plus complète nous renvoyons aux études fondamentales de KOYRÉ, *La révolution astronomique* (cit. note 2), II^e partie, caps. 4-6; SIMON, *Kepler astronome astrologue* (cit. note 52), pp. 332-348; VOELKEL, *The Composition of Kepler's Astronomia nova* (cit. note 33), pp. 236-246, et bien sûr à l'ouvrage capital de BRUCE STEPHENSON, *Kepler's Physical Astronomy*, Princeton N.J., Princeton University Press, 1987.

⁸⁶ KGW, 3, pp. 240-242. Sur ce concept voir STEPHENSON, *Kepler's Physical Astronomy* (cit.

soi-même au centre du monde, émet radialement en toutes directions emportant la planète vers une course circulaire (l'orbite en tant que course dans l'espace causée par des forces physiques).⁸⁷

On doit signaler ici que le principe interne qui en tant qu'agent du mouvement planétaire est exclu par cette physique céleste de la force motrice solaire, est introduit exceptionnellement comme cause – qui n'est autre que l'âme du Soleil – productrice de la rotation solaire et de l'émission dans l'espace du flux constant de la *vis motrix* associée à la *species immateriata*.

Cela confirme une fois de plus que l'*Astronomia nova* et sa physique céleste n'éliminent pas les âmes et n'introduisent pas un schéma théorique exclusivement mécaniste. Dans le domaine limité de la production du mouvement planétaire, ce qui constitue l'objet de l'ouvrage, elles excluent les principes du mouvement internes aux planètes, qui sont remplacés par la dynamique, plus efficiente et suffisante, de la force motrice solaire. Mais l'existence des âmes des planètes n'est point niée; plus encore, ainsi que le Soleil tourne en vertu de la puissance de son âme (ce qui ne requiert aucune intelligence), les planètes peuvent tourner en vertu de leur propre âme (la Terre avec sa rotation quotidienne émet la *vis motrix* qui fait tourner la Lune autour d'elle en 28 jours),⁸⁸ en même temps qu'elles manifestent l'existence de cette âme dans la perception des aspects planétaires et en général dans leur connaissance des archétypes divins qui président la configuration de l'univers. Comme nous l'avons déjà dit, le *De stella nova*, dont la rédaction est contemporaine de la conclusion de l'*Astronomia nova*, est la preuve la plus irréfutable que la portée des conceptions cosmologiques de Kepler et leurs principes était beaucoup plus grande que ce que le programme restreint de l'*Astronomia nova* manifestait.

Or, si la planète est mue par la force motrice qui émane du Soleil, alors (comme le *Mysterium cosmographicum* l'avait déjà établi) elle devrait se

note 85), pp. 68-75. On ne peut pas rentrer dans la question de savoir si la *species immateriata* émise par le Soleil comme véhicule de la *vis motrix* est une image/émanation matérielle (lisant *immateriata* comme 'made into matter' d'accord avec SHEILA RABIN dans *Was Kepler's species immateriata substantial?*, «Journal for the History of Astronomy», 36, 2005, pp. 49-56) ou bien une espèce/émanation immatérielle, quoique corporelle, comme le défendent la quasi totalité des spécialistes. Concernant le sens d'*immateriata* dans cette deuxième ligne, voir Segonds dans *Le secret du monde* (cit. note 15), p. 264, note 22: «L'adjectif *immateriatus* n'est pas attesté en latin classique; c'est, apparemment, une création de Kepler, qui emploie *materiatus* au sens de "matériel" dès les *Paralipomena* [...]; donc *immateriatus* = immatériel».

⁸⁷ Cf. STEPHENSON, *Kepler's Physical Astronomy* (cit. note 85), p. 35 note et l'étude plus récente de BERNARD R. GOLDSTEIN – GIORA HON, *Kepler's Move from Orbs to Orbits: Documenting a Revolutionary Scientific Concept* (cit. note 17).

⁸⁸ KEPLER, *Astronomia nova*, KGW, 3, chap. 37.

trouver toujours à la même distance du Soleil, dans une course concentrique, et se mouvoir avec la même vitesse puisque la *vis motrix* déplace latéralement, sans attirer. Kepler doit expliquer physiquement comment se produit ce rapprochement et cet éloignement du Soleil (et donc l'excentricité) pour qui l'ouvrage de 1596 postulait un principe interne à la planète, son âme individuelle.⁸⁹ On le sait, les chapitres 38 et 39, et plus loin le chapitre 57 expliquent cette action propre de la planète dans des termes physiques (la relation magnétique d'attraction et répulsion de la planète, corps magnétique doué de deux pôles positif et négatif par rapport au corps magnétique du Soleil), en excluant à nouveau l'action de l'âme-intelligence.⁹⁰ Kepler pouvait ainsi conclure fièrement dans l'Introduction:

⁸⁹ Cf. *supra*, note 40. Encore à la fin de 1602, après avoir déjà réduit la *vis motrix* solaire à une faculté naturelle (*facultas naturalis*) ou corporelle, Kepler continuait à penser à une intelligence ou faculté animale comme l'agent de l'éloignement de la planète par rapport au Soleil. Voir la lettre à Fabricius du 1er décembre 1602: «Nam videtur durum, planetam eniti e virtute Solis, quod est naturalis facultatis, et interim nitendo remittere, intendere, pro ratione exigentiae circuli aequalibus temporibus per aequalia spacia describendi, quod est animalis facultatis. Concinnius esset, ut omnem facultatem naturalem, Soli transcriberemus, cui maximam partem transcribimus, et qui cor mundi est: planetae vero tantum intellectualem quamquam facultatem tribueremus, cui non viribus sed solo nisu opus esset. [...] Conficiat [planeta] gradus aequales aequalibus temporibus, metiatur descensum et ascensum suum specie Solis occurrente. Nam infra sub maiori angulo occurrit. Diametrum vero ad latera metiatur respectu fixarum. Haec omnia sine viribus facere potest, solo intellectu et nutu, quia globi caelestes versus Solem graves non sunt», *KGW*, 14, lettre numéro 226, lignes 618-643 [«Il paraît en effet difficile qu'une planète cherche à échapper à la puissance du Soleil, ce qui relève d'une faculté naturelle, et que, en faisant ces efforts, tour à tour elle décélère ou accélère, suivant ce qu'exige le fait de parcourir sur un cercle en des temps égaux des arcs de cercle égaux, ce qui relève de la faculté animale. Il serait plus approprié d'attribuer toute la faculté naturelle au Soleil, à qui nous en attribuons déjà la plus grande partie et qui est le cœur du monde, tandis que nous n'attribuerions à la planète qu'une faculté intellectuelle quelconque, laquelle aurait besoin non pas de forces mais d'un simple effort [*nisu*, à rapprocher évidemment du *enitor* du début]. [...] Que la planète parcoure des arcs égaux en des temps égaux, qu'elle mesure sa descente et sa remontée, parce que la species du Soleil la rejoint – en effet, en bas [la species] la rejoint sous un angle plus grand –, en revanche, qu'elle mesure le diamètre sur les côtés d'après les fixes. [La planète] peut faire tout cela sans avoir besoin de forces, simplement par l'intellect et l'effort, parce que les globes célestes vers le Soleil ne sont pas lourds»; nous traduisons]. L'intelligence et la volonté de la planète peuvent réaliser ce déplacement-là, pour lequel on ne précise pas de la force (*vires*), s'orientant à travers la majeure ou la mineure magnitude de l'image perçue du Soleil et par la relation par rapport aux étoiles fixes.

⁹⁰ La lettre à Maestlin du 5 mars 1605 constate déjà la nouvelle position: «Solis corpus est circulariter magneticum et convertitur in suo spacio, transferens orbem virtutis suae, quae non est attractoria, sed promotoria: Planetarum corpora contra, seipsi apta sunt ad quiescendum in quocunque mundi loco collocantur. Itaque ut a Sole moveantur contentione opus est, inde fit ut remoti a Sole lentius incitentur propinqui velocius [...]. Jam quilibet globus planetarum rursus statuendus est magneticus vel quasi (similitudinem enim volo, non pertinaciter rem ipsam) et quidem linea virtutis est recta, duos habens polos alterum fugientem a Sole alterum sequentem. Hic axis vi animali tenditur in partes Mundi easdem fere. Raptus igitur planeta a Sole iam fugiente polo obvertitur Soli, iam sequente: ita fit accessus et recessus ille libratorius: nec alium huius rei modum confingere potui», *KGW*, 15, lettre numéro 335, lignes 93-106 [«Le corps du Soleil est circulairement magnétique et il se meut dans son espace propre, en transférant l'orbe de sa puissance qui est non pas attractive, mais promotrice, tandis que les corps des pla-

finalement donc, on a posé la base de l'édifice et on a démontré géométriquement qu'une libration de ce type est normalement l'effet d'une propriété corporelle magnétique. Ainsi, il a été démontré qu'avec la probabilité maximale ces moteurs propres des planètes ne sont que des affections des corps planétaires mêmes, similaires à celle qui désire le pôle dans l'aimant, et qui attire le fer, de sorte que toute l'explication des mouvements célestes s'effectue avec des propriétés simplement corporelles, à savoir magnétiques, à la seule exception de la rotation du corps solaire qui réside immobile à sa place, qui semble ne pouvoir être l'oeuvre que d'une faculté vitale.⁹¹

CONCLUSION

Quand l'*Astronomia nova* était déjà sous presse, Kepler a formulé proprement, en quelques lettres adressées à Johann Georg Brengger, l'opposition frontale de sa nouvelle astronomie, dans laquelle le mouvement des planètes recevait une explication physique, à l'exposé plus traditionnel qui, en plaçant le principe du mouvement dans les planètes mêmes se réduisait finalement, à travers le recours aux âmes et aux intelligences planétaires, à une théologie païenne. En évoquant les déclarations présentes en ce sens dans l'*Astronomia nova*, Kepler disait dans sa lettre du 4 octobre 1607: «j'enseigne à la fois une philosophie ou physique céleste contre une théologie céleste ou métaphysique d'Aristote»;⁹² dans une lettre adressée au même Brengger du 30 novembre de cette même année, il ajoutait: «J'expulse [les cercles] non pas du calcul, mais du ciel. C'est-à-dire, je

nètes sont, par eux-mêmes, disposés à demeurer en repos en quelque lieu du monde qu'ils se trouvent. C'est pourquoi, pour qu'ils soient mus par le Soleil, ils ont besoin d'une contrainte, ce qui fait que, loin du Soleil, ils se meuvent plus lentement, tandis que plus proches, ils se meuvent plus vite. [...] Maintenant il faut poser que tout globe d'une planète est magnétique ou quasiment (ce que je veux, en effet, c'est une certaine ressemblance et non pas la chose elle-même), et assurément la ligne de la puissance est droite, puisqu'elle a deux pôles, l'un qui s'écarte du Soleil, l'autre qui le suit. Cet axe est tourné pratiquement vers les mêmes régions du monde par une puissance animale. La planète donc, entraînée par le Soleil, se tourne vers le Soleil tantôt par le pôle qui fuit, tantôt par celui qui suit [le Soleil]; c'est ainsi que se produit ce mouvement oscillatoire d'accès et de recès; et je n'ai pu imaginer un autre modèle pour expliquer cette chose», nous traduisons]. Notons, outre l'abolition de la distinction entre mouvement naturel et violent, la conservation d'un principe animé (*vi animalis*) dans la planète, lequel néanmoins est responsable de l'orientation constante de l'axe, mais non pas de la libration qui produit le changement en la distance par rapport au Soleil, laquelle se produit par l'interaction magnétique (naturelle ou corporelle) entre la planète et le Soleil. On le voit donc, l'explication *physique* du mouvement planétaire n'implique pas l'abolition de tout principe interne ou âme dans les corps célestes.

⁹¹ KGW, 3, p. 35. 10-17, cité partiellement *supra*, note 41.

⁹² KGW, 16, lettre numéro 448, p. 54. 4-6.

nie les orbres solides; je nie également que les planètes aient des intelligences qui poursuivent les cercles. Au contraire, j'affirme que les planètes sont mues par des puissances (*virtutibus*) magnétiques». ⁹³ On pourrait trouver peu d'expressions si catégoriques, non seulement sur l'opposition de sa conception de la cause productrice du mouvement planétaire à l'ancienne doctrine des intelligences motrices, mais aussi sur la conviction solide de l'astronome impérial sur le caractère en dernier ressort religieux et païen (par la divinisation du ciel et des corps célestes qu'elle impliquait) de la doctrine des agents volontaires internes. Aussi, dans ce cas, était-il évident qu'avec sa physique céleste ou astronomie nouvelle Kepler exerçait son métier de «prêtre de Dieu quant au livre de la Nature», ⁹⁴ en construisant une astronomie chrétienne rendant au créateur du monde et du système planétaire la gloire exclusive qui lui est dûe, et qu'on avait frauduleusement transférée à la créature.

S'il est donc hors de doute que le rejet des intelligences motrices à cette dimension théologique, on pourrait se demander laquelle de ces dimensions précède chronologiquement l'autre et agit comme stimulant dans son élaboration théorique. Est-ce le rejet de la doctrine païenne des intelligences motrices ce qui a poussé Kepler à son élaboration d'une physique céleste basée dans des forces motrices de caractère naturel ou magnétique? Ou au contraire, est-ce la physique céleste fondée dans le principe de la *vis motrix* solaire qui a cherché un appui et un soutien théologique plus ou moins réthorique, dans l'impossibilité d'un moteur interne intelligent?

Bien que l'*Astronomia nova*, avec son récit apparent du cours *historique* de la gestation de la physique céleste, commence par une première partie concluant à l'extrême invraisemblance et même l'impossibilité des intelligences motrices, il faut exclure l'antériorité de ce résultat, et cela non seulement parce que la première partie de l'*Astronomia nova* a été

⁹³ *Ibid.*, lettre numéro 463, p. 84. 9-11.

⁹⁴ L'expression apparaît déjà dans la lettre à Herwart von Hohenburg du 25 mars 1598 (KGW, 13, numéro 91, lignes 182 s.) et elle réapparaît dans l'*Epitome*, KGW, 7, p. 9. 11. Mais voyez la lettre à Maestlin du 3 octobre 1595, dans KGW, 13, numéro 23, p. 40, lignes 253 ss. et la conclusion du *Mysterium cosmographicum*: «Et toi maintenant, ami Lecteur, ne va pas oublier la fin de tous ces [efforts], à savoir la connaissance, l'admiration et la vénération du Très Sage Artisan», trad. française, p. 193. Voir aussi *Astronomia nova*, KGW, 3, p. 33: «Dieu a concédé [à l'astronome] la vision la plus pénétrante de l'oeil de l'intelligence et une capacité et un désir de célébrer son Dieu par-dessus les choses qu'il a découvertes». Sur cette question, voir JOB KOZHAMTHADAM, S.J., *The Discovery of Kepler's Laws: The Interaction of Science, Philosophy, and Religion*, Notre Dame-London, University of Notre Dame Press, 1994, notamment pp. 39-43; PETER BARKER – BERNARD R. GOLDSTEIN, *Theological Foundations of Kepler's Astronomy*, «Osiris», 16, 2001, pp. 88-113; ROBERT S. WESTMAN, *Was Kepler a Secular Theologian?*, dans ROBERT S. WESTMAN and DAVID BIALE (eds.), *Thinking Impossibilities. The Intellectual Legacy of Amos Funkenstein*, Toronto-Buffalo-London, University of Toronto Press, 2008, pp. 34-62.

rédigée à un moment tardif, mais aussi parce que dès que Kepler entre dans la scène du débat astronomique et cosmologique, avec sa dissertation scolaire de 1593, il défend le principe de la *vis motrix* solaire comme moteur du mouvement planétaire. Le *Mysterium cosmographicum* de 1596 a été aussi construit sur ce principe comme le fondement qui permet de comprendre «la raison des mouvements» planétaires. Et le Kepler de 1596 n'avait pas abandonné la notion des âmes comme l'origine des forces motrices, car il était très influencé par la doctrine des intelligences motrices de Scaliger. En somme, il semble que le jeune Kepler ne juge pas qu'il y ait une incompatibilité entre la "physique céleste" (au moins la production du mouvement planétaire par des forces motrices), et l'existence de principes internes volontaires et intelligents dans les planètes. Encore au début du XVII^e siècle, vers la fin de 1602, comme le montre la lettre adressée à Fabricius datée du mois de décembre de cette année-là, la production physique du mouvement de la planète par la *species immateriata* solaire coïncidait avec la production par l'intelligence et la volonté internes à la planète de la variation de sa distance par rapport au Soleil. Nous pensons que la séparation d'intelligences motrices et de forces physiques en tant que deux représentations antinomiques de la production du mouvement planétaire a eu lieu pendant les années de gestation de l'*Astronomia nova*, entre 1602 et 1605, et que la ligne directrice dans le processus a été l'élaboration de la physique céleste dans des termes de *virtutes* ou forces naturelles magnétiques, c'est-à-dire dans des termes de relations entre corps, indépendamment des principes internes.

La lettre à Maestlin de mars 1605 le montre en toute clarté. Cela a abouti à récuser l'existence de principes internes (les intelligences) comme une théorie qui devait être combattue et discréditée. La critique de son caractère religieux, et plus précisément païen, constituait un allié précieux dans le développement des composantes 'réthoriques' du programme képlérien de présentation et de consolidation de la physique céleste, un programme qui devait lutter contre l'opposition presque unanime de ses contemporains, lesquels restaient fermement fidèles à la conception traditionnelle de l'astronomie comme une géométrie céleste qui acceptait la pseudo-explication physique de la production des mouvements au moyen de principes internes, d'âmes ou d'intelligences. «Pour dire les choses en un mot», avec Gérard Simon, «ce n'est qu'avec Kepler que l'astronomie atteint le concept moderne d'*orbite*, comme trajectoire résultante du jeu des forces qui s'exerce [depuis l'extérieur] sur un astre. Toute utilisation de ce terme pour parler des techniques en usage dans l'Antiquité, ou léguées par elle, risque de conduire à un anachronisme [...] et l'homonymie

ne peut que masquer le changement qui se produit à partir de l'*Astronomie nouvelle*. Le recours à l'étude des causes du mouvement, c'est-à-dire des forces n'y est nullement marginal; tout au contraire, il est essentiel à la démarche qui mène Kepler à un nouveau champ d'objectivité [...]. Ainsi, quelques trente ans après que les orbites eurent été détruites par Tycho Brahe, le concept moderne d'orbite se reconstruisait sur leurs ruines, et éliminait du ciel les techniques circularistes qui en étaient les ultimes vestiges»,⁹⁵ des techniques circularistes qui, au contraire, trouvaient aussi dans les moteurs intelligents et volontaires internes leurs derniers protecteurs.

⁹⁵ SIMON, *Kepler astronome astrologue* (cit. note 52), pp. 389 s. Nous voulons conclure ce travail avec ces mots de Simon, en reconnaissance à la grande clairvoyance de son livre, qui anticipe en maints aspects sur des recherches plus récentes dans le domaine anglo-saxon, comme celles de Bruce Stephenson et (dernièrement) l'article important de GOLDSTEIN et HON, *Kepler's Move from Orbs to Orbits: Documenting a Revolutionary Scientific Concept* (cit. note 17).

