

Costabel, Pierre

Kepler et la vérité copernicienne

Organon 9, 141-146

1973

Artykuł umieszczony jest w kolekcji cyfrowej Bazhum, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych tworzonej przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego.

Artykuł został zdigitalizowany i opracowany do udostępnienia w internecie ze środków specjalnych MNiSW dzięki Wydziałowi Historycznemu Uniwersytetu Warszawskiego.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.



Pierre Costabel (France)

KEPLER ET LA VÉRITÉ COPERNICIENNE

La non-équivalence des systèmes héliocentrique et géocentrique est le fondement même de ce que l'on peut appeler la vérité copernicienne et c'est un fondement que nul ne conteste aujourd'hui, ni en lui-même, ni dans l'histoire par rapport au succès progressif des propositions de Copernic.

Il n'est pas rare cependant d'entendre dire que cette non-équivalence ne pouvait pas atteindre des caractères décisifs tant que l'astronomie demeurait une science descriptive, intégrant tout au plus une cinématique des mouvements célestes, et sous prétexte de valoriser ce que la révolution de la science positive doit, au XVI^e siècle, au développement de la pensée physique, des auteurs contemporains¹ minimisent volontiers la discrimination possible entre les systèmes lorsqu'on s'en tient à l'analyse mathématique des données de l'observation.

Ce point de vue, auquel l'autorité d'un Henri Poincaré, au début de notre siècle, n'est pas étrangère², semble parfois se référer à la pru-

* Zum Gedenken des 400. Geburtstages von Johann Kepler fand im Oktober 1971 eine wissenschaftliche Tagung in Żagań (Sagan) statt, wo der große Gelehrte einige Jahre seines Lebens verbrachte. Organisator dieser Tagung war die Stadt Żagań zusammen mit dem Institut für Geschichte der Wissenschaft und Technik der Polnischen Akademie der Wissenschaften. "Organon" veröffentlicht einige Referate von dieser Tagung, und zwar der Professoren: Costabel, Dobrzycki, Gaweł und Voisé; die Abhandlungen von Professor Kangro und Professor Ronchi erhielten die Redaktion außerhalb des Rahmens der Tagung. (Anmerkung der Redaktion).

¹ Par exemple, M. Maurice Clavelin écrit, dans son article sur «Galilée et le refus de l'équivalence des hypothèses» (dans: *Galilée, Aspects de sa vie et de son oeuvre*, P. U. F., Paris 1968, p. 133), que «nous ne connaissons pas un seul passage de l'oeuvre de Galilée où serait niée l'équivalence géométrique des systèmes héliocentrique et géocentrique», et prenant pour assuré que Galilée «savait bien que cette équivalence est irrécusable», cet auteur suggère comme base de départ que les raisons pour lesquelles Galilée a refusé l'équivalence doivent être cherchées dans la perspective de la physique.

² Cf. Henri Poincaré, *La science et l'hypothèse*, Paris 1906, p. 141. «Notre Copernic à nous nous a dit: il est plus commode de supposer que la Terre tourne

dence des pionniers eux-mêmes, telle qu'elle s'exprime dans les célèbres préfaces du *De revolutionibus orbis caelestium*. Prudence selon laquelle le salut des apparences serait possible de plusieurs manières et ne permettrait donc pas de marquer la voie de la vérité physique.

Il ne paraît pas inutile, par conséquent et pour le bien de la réflexion épistémologique d'aujourd'hui, de rechercher si les sources de l'astronomie nouvelle favorisent effectivement ou non une semblable vision des choses. Et le but de la communication présente est modestement limité à l'interrogation de l'une de ces sources majeures, le *Mysterium cosmographicum* de Kepler, en l'état où ce premier ouvrage du célèbre savant est sorti de ses mains.

Tout le monde sait que lorsque Kepler a entrepris cet ouvrage, c'est en raison de la croissance de sa conviction en faveur du système de Copernic. Les déclarations de l'auteur à cet égard sont à la fois trop explicites et trop faciles à transmettre pour ne pas figurer en bonne place dans la tradition de la macro-histoire. Celle-ci, dont le propre est d'opérer une réduction à l'essentiel, n'ignore pas que Kepler reproche aux hypothèses de l'astronomie ancienne de laisser sans réponse «certaines questions très importantes»³, mais tout se passe comme si le détail de l'examen de ces questions pouvait être négligé ou lu en diagonale.

C'est ainsi que l'importance des réflexions de Kepler sur le cas des planètes Mercure et Vénus est souvent signalée sans que son caractère décisif soit pour autant analysé et mis en lumière.

Or ce cas manifeste combien Kepler est peu disposé à se satisfaire de simples raisons de commodité⁴. Sans doute note-t-il que si Ptolémée,

parce qu'on exprime ainsi les lois de l'Astronomie dans un langage plus simple». Cette phrase où l'expression «la Terre tourne» recouvre une certaine ambiguïté par rapport au mouvement considéré, a provoqué en son temps quelques polémiques. Mais en essayant d'apporter quelque précision à sa pensée dans *La valeur de la science*, Paris 1913, p. 271-272, Henri Poincaré n'a fait qu'insister sur la notion de commodité.

³ Cf. *Mysterium cosmographicum*, en T. I, J. Kepler, *Gesammelte Werke* München 1938, p. 15, l. 24-26: «Respondeo primum antiquas hypotheses praecipuorum aliquod capitum nullam plane rationem reddere».

⁴ Cf. *Mysterium...*, p. 16, l. 25: «Ut interim taceam penetrationem orbium Veneris et Mercurii, et alia, quibus antiqua Astronomia in tanta orbium fingendorum libertate etiamnum laborat». Cette phrase vient en incise à la suite de l'affirmation générale de Kepler concernant l'avantage des hypothèses de Copernic, avantage qui consiste à limiter le pouvoir de fiction pour la représentation des orbites. Il est très remarquable que le cas de Vénus et de Mercure soit en fait le seul que Kepler explicite parmi tous ceux pour lesquels l'avantage susdit lui paraît manifeste et significatif.

Sans doute la traduction de la phrase offre des difficultés, mais son sens est parfaitement clair. A la suite de l'affirmation générale dont nous venons de parler, et dans laquelle est soulignée la réduction que permet Copernic: «Penes Copernicum plurimi motus ex paucissimis sequuntur orbibus», Kepler veut marquer qu'il y a plus à considérer qu'une simple réduction. «Ut interim taceam» veut dire «sans parler pour l'instant», et cette formule de style, fort classique, a pour but de prévenir le lecteur contre une interprétation étroite de ce qui précède tout en évitant d'entrer dans le détail. Dans cette perspective, le mot

en fonction des données de l'observation, a été conduit, dans son système de représentation des mouvements par déférent et épicycles, à donner au Soleil, à Mercure et à Vénus, la même durée de révolution sur le déférent, c'est là une rencontre curieuse qui n'est facile à comprendre qu'en rapportant l'apparence à la réalité d'un mouvement, annuel, de la Terre autour du Soleil⁵. Mais Kepler sait parfaitement que les tables construites sur la cinématique ptoléméenne ne donnent pas aux astronomes de motifs suffisants de mécontentement pour changer l'ordonnance de la relativité des mouvements. Aussi sa réflexion ne se limite pas à essayer de comprendre plus aisément pourquoi, vues de la Terre, Mercure et Vénus accompagnent toujours le Soleil, tantôt en avant, tantôt en arrière, mais sans écart considérable.

Ce qui justifie la représentation ptoléméenne est en même temps aux yeux de Kepler ce qui met en évidence un désaccord étonnant entre les planètes, puisque Mercure et Vénus ne sont jamais en opposition avec le Soleil tandis que cela arrive périodiquement pour Jupiter, Mars et Saturne.

Ce désaccord entre les planètes, «supérieures» et les planètes «inférieures», les Anciens n'ont pas pu l'expliquer, bien qu'il paraisse devoir être lié à ce qui fonde les deux catégories, c'est-à-dire la grandeur relative de la distance Terre—Planète par rapport à la distance Terre—Soleil. Mais Ptolémée a augmenté encore la difficulté en énonçant que pour les trois planètes supérieures la conjonction avec le Soleil se produit dans une apogée c'est-à-dire lors d'un passage de la planète à sa plus grande distance de la Terre, l'opposition dans un périhélie. Absence d'opposition pour les planètes inférieures, propriété très particulière des conjonctions et oppositions des planètes supérieures, tels sont les faits, géométriques, que le système ptoléméen ne permet pas de fonder en raison sur l'ordination des distances où se situe pourtant la distinction des catégories⁶.

Tout s'éclaire, au contraire, lorsqu'avec Copernic on accepte de réordonner le monde planétaire à partir du Soleil. L'inclusion des planètes «inférieures» à l'intérieur du circuit de la Terre rend compte immédiatement des apparences concernant les limites de l'écart de ces astres par

clef est évidemment *penetratio*. Si l'astronomie antique travaille laborieusement, péniblement, *in tanta orbium fingendorum libertate*, la diminution de liberté qui résulte du système de Copernic ne correspond pas seulement à la satisfaction de déduire *plurimi ex paucissimis*, mais permet aussi la compréhension précise, la *penetratio*, de certaines choses, en particulier les orbites de Vénus et de Mercure.

⁵ Cf. *Mysterium...*, p. 18, l. 5-7: «Nam primo a Ptolemaeo quaeri potuit, qui fiat, quod Eccentrici tres Soli, Veneris et Mercurii habeant aequales revolutiones?».

⁶ En rigueur de termes, c'est à la propriété particulière des conjonctions et oppositions des planètes supérieures avec le Soleil que Kepler consacre un passage explicite *Mysterium...*, p. 18, l. 39 — p. 19 l. 8. Pour l'absence d'opposition des planètes inférieures, le fait est relevé indirectement par Kepler lorsqu'il remarque (p. 18, l. 32) que les Anciens ont pris pour épicycles de Vénus et de Mercure ce que l'on doit reconnaître en réalité pour leurs «orbites vrais». Nous revenons plus loin sur cette question délicate.

rapport au Soleil ainsi que de leur impossibilité d'entrer en opposition avec lui⁷. La coïncidence des conjonctions et des oppositions des planètes «supérieures» avec des maxima et des minima de distance à la Terre est une simple affaire de géométrie élémentaire du triangle.

Mais ce n'est pas tout. Si l'on admet avec les Anciens et Ptolémée lui-même que le monde est ainsi fait que les durées de la révolution autour du centre du monde sont proportionnelles aux distances à parcourir, donc d'autant plus grandes que l'astre est plus éloigné du centre, il faut conclure que Mercure, dont la révolution est la plus courte, est la planète la plus «inférieure»⁸. De telle sorte que si c'est le Soleil qui est au centre du monde, il est nécessaire, avec Copernic, d'invertir Mercure et Vénus quant aux places qu'elles occupaient par rapport à la Terre et au Soleil dans le système ptoléméen. Cette interversion, qui passe souvent inaperçue, met dans le système copernicien le circuit de Mercure à l'intérieur de celui de Vénus et explique pourquoi le balancement de la ligne de visée Terre-Planète est plus faible pour Mercure que pour Vénus⁹. Non seulement ce fait d'observation n'avait pour Ptolémée aucune explication, mais encore il constituait un désordre, puisque de Saturne à Vénus l'observation donnait un balancement croissant, c'est-à-dire une variation en raison inverse de la distance¹⁰.

⁷ Le tableau I dans lequel Kepler figure le système de Copernic à l'aide d'une représentation géométrique (*Mysterium...*, p. 20) est très explicite, au moins en ce qui concerne le premier point. En traçant les tangentes menées de la Terre aux orbes vrais de Vénus et de Mercure, Kepler rend visible l'angle à l'intérieur duquel se situent les variations de la ligne de visée Terre-Planète. L'impossibilité de l'opposition avec le Soleil en est une conséquence si immédiate que l'on ne peut guère s'étonner de ne pas la voir mentionnée.

⁸ Cf. *Mysterium...*, p. 18, l. 33: «Mercurii autem ut velocissimi, minimus etiam orbis est».

⁹ L'interversion dont nous parlons est encore une évidence dans la comparaison des tableaux I et II de Kepler (*Mysterium...*, p. 20 et 21), mais qui ne donne pas lieu à une remarque explicite dans le texte. Quant à l'interprétation que nous donnons ici à la pensée de Kepler relativement à ce que nous appelons la comparaison des balancements de la ligne de visée Terre-Planète quand on passe de Mercure à Vénus, elle est entièrement conforme avec le texte de la page 18, l. 29-33.

¹⁰ Kepler note ce désordre dans le passage que nous venons de citer à l'instant mais là encore les tableaux I et II contiennent, visuellement, davantage que le texte. Sur le tableau II, les marges de variation de la ligne de visée Terre-Planète sont définies par les tangentes menées de la Terre aux épicycles, et de Saturne à Mercure les valeurs des angles correspondants sont indiquées:

Saturne 12 Jupiter 22 Mars 84 Vénus 92 Mercure 43.

Ces chiffres sont plus éloquents que tout discours. De Vénus à Mercure, il y a rupture de la croissance manifestée jusque là en fonction inverse de la distance au centre du monde.

Sur le tableau I, les angles à considérer sont tracés comme nous l'avons dit dans la note précédente pour Vénus et Mercure (tangentes menées de la Terre aux orbes des deux planètes), et pour les planètes supérieures ces angles sont obtenus en menant de chaque planète les tangentes à l'orbe de la Terre. Il y a croissance lorsqu'on passe de Saturne à Mars et décroissance de Vénus à Mercure, comme précédemment, mais d'une part Kepler ne propose aucun chiffre pour ces divers angles, d'autre part il se tait sur les raisons du changement sur-

Tels sont les détails dont il est aisé de donner les références au texte de Kepler. La méthode qui s'en dégage est nette. Elle consiste à se placer à l'intérieur du système ptoléméen et de l'ensemble des « apparences » et données d'observation, à relever dans cet ensemble ce qui échappe à une compréhension ou à une intégration simple dans l'ordre par le système, et à montrer que « ces questions très importantes » que les Anciens auraient dû se poser ou se sont posées sans pouvoir y répondre, trouvent leur solution dans le système de Copernic. Et il ne s'agit pas du tout, en cette affaire, de l'explication physique, il s'agit seulement du salut des apparences. C'est à ce niveau, que Kepler constate la supériorité du système héliocentrique.

Bien entendu, lorsque Kepler conserve au coeur de ses réflexions la loi admise par les Anciens selon laquelle il y a proportionnalité entre les dimensions des orbites et les durées de révolution, il ne saisit pas que c'est là où il est impossible de s'en tenir aux apparences. Il ne sait pas vers quoi il va être entraîné lui-même pour préciser cette loi et la justi-

venu dans l'appréciation d'un même résultat qualitatif : à savoir que ce qui était désordre ne l'est plus.

Ceci oblige à se rendre compte que Kepler suppose chez son lecteur beaucoup d'attention.

Les angles en question ci-dessus répondent au genre appelé prosthaphère, mais tandis qu'ils sont dits *aequatio* dans le système de Ptolémée, ils sont *parallaxis* dans le système de Copernic. Et à la différence des vocables correspond une différence de signification réelle. Sans doute le problème de l'établissement des tables des mouvements planétaires, vus de la Terre, et de leur confrontation avec les observations, ne se pose pas, dans l'un et l'autre cas, en termes radicalement différents. Ce problème met en oeuvre une résolution de triangle dont un côté est toujours défini par la Terre et la planète vraie. Mais dans le système de Ptolémée, le troisième sommet est la planète moyenne (laquelle décrit le différent dans un nombre entier d'années), tandis que dans le système de Copernic, le troisième sommet est le Soleil. C'est à dire que dans le premier cas, il y a une triangulation fictive tenant à une certaine manière de composer le mouvement de la planète vraie; dans le second, triangulation réelle tenant à la considération des astres eux-mêmes. Aussi si la triangulation est toujours du même type dans le premier cas (où la Terre est extérieure aux épicycles), elle n'a pour analogie dans le second cas que ce qui est relatif à Vénus et Mercure. Ce qui est toujours *aequatio* chez Ptolémée, c'est-à-dire correction de calcul adéquate, ne correspond à la parallaxe chez Copernic que pour les deux planètes inférieures, et ainsi se trouve expliquée l'assertion notée plus haut selon laquelle les Anciens ont pris pour épicycles de Vénus et de Mercure ce que sont en réalité leurs orbites vraies. Pour les planètes supérieures, les parallaxes coperniciennes ont dans la triangulation une autre situation. Elles ne cessent pas d'être correctives, mais du fait que c'est le côté Terre-Soleil qui est le plus petit, c'est l'angle opposé à ce côté qui devient caractéristique et non plus l'angle ayant son sommet sur la Terre.

Dans la mesure même où les parallaxes coperniciennes ne jouent pas le même rôle dans la triangulation qui est l'objet de l'attention calculatrice lorsqu'on passe des planètes inférieures aux planètes supérieures, il n'y a pas lieu de s'étonner du silence de Kepler souligné plus haut. Il n'y avait désordre à ses yeux dans les valeurs des *aequationes* ptoléméennes que par ce qu'elles étaient a priori les valeurs d'une même fonction, dans le système proposé par les Anciens. Et il n'y a rencontre avec le résultat qualitatif de Ptolémée que parce que Vénus et Mercure ont interverti leurs places dans le nouveau système.

Quant au fait que Kepler ne donne aucun chiffre pour les parallaxes coperniciennes, qui pourrait aussi s'en étonner? Les évaluations supposent, relativement aux dimensions des orbites, des prises de position qui n'interviendront que par la suite.

fier en même temps. Et pour nous qui bénéficions du recul du temps, nous voyons bien où s'accroche la nécessité de dépasser le point de vue descriptif et cinématique pour atteindre celui de la dynamique céleste et de l'explication physique.

Mais, en définitive, l'histoire ne nous permet pas de détacher cette «nécessité» du schéma descriptif sur lequel elle a pris naissance. Loin d'avoir considéré les hypothèses comme équivalentes sur le plan du salut des apparences ¹¹, Kepler n'a mis le doigt sur le problème où il devait s'illustrer pour le fondement de la dynamique céleste que parce qu'il a acquis préalablement une démonstration positive de la supériorité du système héliocentrique.

Nul ne peut nier que la connaissance de ces raisons ne soit insuffisamment appréciée aujourd'hui et qu'il soit utile de lui restituer dans l'enseignement la place qu'elle mérite.

¹¹ A la lumière des notes précédentes, on peut ajouter que la non-équivalence des hypothèses est affirmée par la considération des planètes inférieures. On comprend mieux l'importance que leur a accordée Kepler dans ses recherches, importance manifestée en particulier par les manuscrits conservés à Leningrad. Le fait étant constaté, la réflexion la plus élémentaire ne peut rien y trouver que de très naturel. La relativité des mouvements n'est pas perturbée de manière sensible par le changement de point fixe tant que l'échelle du changement est très petite par rapport aux dimensions de ce qui est observé. Mais il est évident que les astres intermédiaires entre la Terre et le Soleil devaient constituer a priori pour l'équivalence des hypothèses une véritable pierre d'achoppement.