

Université catholique de Louvain
Edition Bernoulli
2 chemin du cyclotron
B-1348 Louvain-la-Neuve, BELGIQUE
Patricia.Radelet@uclouvain.be

Keywords : Guarino Guarini, astronomie,
cosmologie

Guarini et la structure de l'Univers

Abstract. While Guarino Guarini is well known as an architect, his intellectual work was not limited to architecture, and three of his publications concern astronomy. This present paper concentrates on the first part of the 1683 *Coelestis mathematicae*. It appears clear that Guarini refused to take any official position in defence of either heliocentricity or geocentricity.

L'œuvre publiée de Guarino Guarini

Guarino Guarini est bien connu en tant qu'architecte et plusieurs de ses réalisations, parmi les plus belles ornent la ville de Turin. Pourtant l'œuvre intellectuelle de Guarini, ne se limite pas à l'architecture comme le montre la liste de ses publications où nous avons marqué d'un astérisque les trois publications relatives à l'astronomie.

Placita philosophica, Parisiis, apud Dionysium Thierry, 1665

Trattato di fortificatione, che ora si usa in Fiandra, Francia, & Italia, Torino, Per gl'Eredi Gianelli, 1666

Euclides adauctus et methodicus mathematicaque universalis, Turin, Zapata, 1671 réédit 1676

Modo di misurare le fabbriche, Torino, per gl'heredi Gianelli, 1674

* *Compendio della sfera celeste*, Torino, appresso Giorgio Colonna, 1675

* *Leges temporum et planetarum*, Torino, Per gl'Eredi Gianelli, 1678

* *Coelestis mathematicae pars prima et secunda*, Mediolani, ex Typographia Ludouici Montiae, 1683

Disegni di architettura civile ed ecclesiastica, Torino, Per gl'Eredi Gianelli, 1686

Novum Theatrum Pedemontii et Sabaudiae..., Hagrae-Comitum: sumptibus et cura R. C. Alberts, 1726

Architettura civile, Torino, G. Mairesse all'insegna di Santa Teresa di Gesù, 1737



Fig. 1. Portrait de Guarino Guarini

Le premier de ces travaux rassemble ses cours de physique et de philosophie, selon certains, Guarini y tente une réforme de l'Aristotélisme. Cinq travaux, soit la moitié de son œuvre publiée, concernent, on ne s'en étonnera pas, l'architecture et les fortifications. On y trouve encore une édition commentée d'Euclide et trois textes, ce qui est une proportion considérable pour une œuvre qui ne compte que dix titres, consacrés à l'étude de la cosmologie. La somme de travail, de lecture de textes anciens, de mesures et d'observations contenue dans ces travaux prouve indéniablement l'importance que Guarini attribuait à cette étude. Nous nous concentrerons sur la première partie des *Coelestis mathematicae* car la deuxième partie est un traité de gnomonique, que les *Leges temporum et planetarum*, contiennent principalement des tables de mesures et que je n'ai malheureusement pas vu le *Compendio della sfera celeste*.

Mais avant cela quelques remarques plus générales sur les opinions cosmologiques à l'époque de Guarino Guarini.

Le contexte de l'étude de la cosmologie

L'histoire des sciences se contente trop souvent de quelques dates phares pour jalonner l'histoire de la cosmologie.

1543, Copernic, *de Revolutionibus*,

1585, Stevin, *Whisconstige Ghedachtenissen*,

1596, Kepler *Mysterium cosmographicum*,

1609, Kepler *Astronomia Nova*

1610, Tycho Brahe *Astronomiæ instauratae progymnasmata*.

1619, Kepler, *Harmonices mundi*

1622, Longomontanus, *Astronomia Danica*

1632, Galilée, *Dialogo*

Il semble alors qu'en 1632 tout ait été dit et que l'intérêt d'un texte publié en 1683 semble dès lors minime.

Mais on oublie, en faisant cela que les religieux catholiques, dont Guarino Guarini faisait partie puisqu'il appartenait à l'ordre des Théatins, et qui constituent une grande partie de l'élite intellectuelle, sont muselés par la mise à l'Index du livre de Copernic en 1616. Les Protestants rencontrent également des difficultés en défendant Copernic. Il faut donc être prudent face aux opinions publiées par les auteurs et ne pas prendre pour argent comptant le fait que l'un ou l'autre semble défendre le système de Ptolémée. Souvent leur opinion secrète n'apparaît pas dans les publications.

Opposition des images et du contenu

Prenons l'exemple de Jan Ciermans, Jésuite, élève de Grégoire de Saint-Vincent. Ciermans publie en 1640, un cours à l'intention des élèves des collèges jésuites.

Bien qu'il cite tant Copernic, que Kepler et Van Lansberg et Wendelen, les plus ardents défenseurs belges de Copernic, Ciermans ne prend pas officiellement position. Il présente les théories de ces auteurs comme diverses hypothèses toutes envisageables, ce qui était autorisé par l'Eglise. Il va jusqu'à envisager d'autres hypothèses :



Fig. 2 et 3. Vignettes illustrant les *Disciplinae mathematicae* publiées par Jan Ciermans en 1640

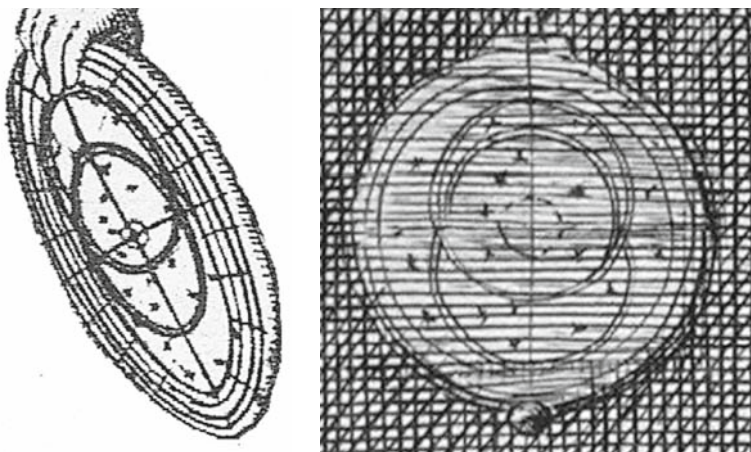


Fig. 4 et 5. Détails de la Fig. 1 et de la Fig. 2, reproduisant la figure donnée par Kepler pour illustrer sa découverte de la forme elliptique de l'orbite de Mars (Fig. 6)

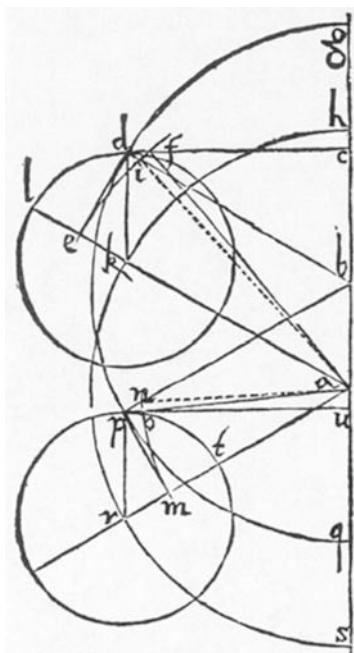


Fig. 6. Figure donnée par Kepler dans *l'Astronomia Nova* pour illustrer sa découverte de la forme elliptique de l'orbite de Mars

Que le Soleil soit fixe et que la Terre se meuve, de là on peut montrer exactement, que dans ces hypothèses, on sauve tous les phénomènes, et on en conclut les mêmes choses pour la Lune, on peut en effet trouver un système où tout aussi bien cette dernière, comme le Soleil chez Copernic ou la Terre chez Tycho, reste immobile.

Ciermans estime que l'on peut choisir de placer le centre fixe du système planétaire n'importe où, on pourra toujours sauver les phénomènes. Mais il s'agit là d'hypothèses. Ciermans n'aborde pas l'éventualité de la réalité de ces situations.

Si nous analysons attentivement les jolies vignettes qui illustrent le cours (Fig. 2 et 3), nous y découvrons deux figures (Fig. 4 et 5) copiant celle de Kepler (Fig. 6) lorsqu'il explique sa découverte de la forme elliptique de l'orbite de Mars dans l'*Astronomia Nova* en 1609.

Ciermans ne prend donc pas officiellement position quant à la réalité du système héliocentrique, mais une vignette illustrant son cours de 1640 montre deux *Putti* dont l'un regarde les phases de Vénus au moyen d'une lunette alors que l'autre se cache les yeux pour ne pas voir la réalité (Fig. 7). Nous verrons avec Guarini, l'importance de l'observation des phases de Vénus.



Fig. 7. Vignette illustrant les *Disciplinae mathematicae* publiées par Jan Ciermans en 1640

Le plan des traités d'astronomie

L'influence de l'introduction d'Ossiander au *de Revolutionibus* de Copernic sur un grand nombre de traités est remarquable. Rappelons que dans cette introduction, Ossiander, par peur de la réaction prévisible au bouleversement proposé par Copernic présente ces idées comme une hypothèse, non réelle mais facilitant les calculs. Beaucoup d'auteurs vont saisir cette opportunité et présenter les différents systèmes sur pied d'égalité et sans jugement quant à leur réalité. Cette méthode permettait de masquer son opinion. C'était aussi la manière de faire qui avait été exigée de Galilée par Urbain VIII

pour obtenir de l'Église la permission de rédiger le *Dialogo*. Il convenait évidemment dans ces circonstances de masquer réellement ses opinions. Ce que Galilée ne fit pas. Pas plus que ne le fait un Stevin, qui pourtant adopte le plan de mise en parallèle des différents systèmes, mais y sélectionne un système comme correspondant à la réalité, celui de Copernic. Comparons son plan à celui de Giovanni Batista Riccioli (1598-1671) qui assume des responsabilités importantes au sein de la Compagnie de Jésus. Son plan est tiré de l'*Almagestum Novum* publié en 1651.



TOMVS PRIMVS
CONTINET LIBROS DECEM
QUORVM ANTIQVITATEM INFERIORIBUS LIBRIS

LIB. I. DE SPHÆRA MVNDI IN COMMVNI.

II. DE SPHÆRA ELEMENTARI.

III. DE SOLE.

IV. DE LVNA.

V. DE ECLIPSIBVS.

VI. DE STELLIS FIXIS.

VII. DE PLANETIS MINORIBVS.
Et hic Liber est subdivisus in tria Sectiones.

VIII. DE EXTRAORDINARIIS PHENOMENIS.
CVIVS I. DE COMETIS.
SECTIO II. DE NOVIS STELLIS.

IX. DE MVNDI SYSTEMATIBVS.
I. DE CREATIONE, ET NATVRA CÆLESTIVM CORPORVM;
II. DE MOTIBVS, AC MOTORIBVS CÆLESTIVM CORPORVM;
CVIVS SEC. TIO III. DE SYSTEMATIBVS MVNDI TERRAM IMMOTAM SVPPONENTIBVS;
IV. DE SYSTEMATE TERRAM MOTAM SVPPONENTE.
V. DE SYSTEMATE MVNDI HARMONICO.

X. PROBLEMATÀ GENERALIA Astronomiæ theoreticæ.
I. TRIGONOMETRIA ANTIQVÆ, ET NOVÆ, SEV LINEARV
ET LOGARITHMICA COMPENDIOSA.
II. PROBLEMATÀ PRIMI MOBILIS COLLECTA, ET AVCTA.
III. PROBLEMATÀ TEMPORIS COLLECTA, ET AVCTA.
SEC. TIO IV. PROBLEMATÀ GEOGRAPHICA, ET COSMOGRAPHICA AVCTA.
V. PROBLEMATÀ PARALLAXVM, CVM THEOREMATIBVS COLLECTA, ET AVCTA.
VI. PROBLEMATÀ REFRACTIONVM COLLECTA, ET AVCTA
Hic primus Tomus prodit in lucem.

Fig. 8 et 9. Le frontispice de l'*Almagestum Novum* de 1651 et le plan des dix premiers livres

Nous y lisons à propos du

- IX système du monde :*
- I. De la création et de la nature des corps célestes*
 - II. Des mouvements et des moteurs des corps célestes*
 - III. Du système du monde supposant la Terre immobile*
 - IV. Du système supposant la Terre mobile*
 - V. Du système harmonique du monde*

Les hypothèses d'une terre mobile ou fixe sont donc apparemment mises sur le même pied.

Chez Stevin, le plan de l'*Astronomie*, IIIe partie de la *Cosmographie* n'est pas très différent.

Livre I De l'invention du cours des Planètes, et des estoiles fixes, par les Ephémérides observées, le tout fondé sur la supposition que le terre est stable ou fixe; c'est en un mot, sur l'hypothese de terre immobile.

Tractatus XI : Eclipsis lunae demonstrata

Tractatus XII : Eclipsis solis ostensa

Tractatus XIII : Eclipsis terrae deprehensa

Tractatus XIV : Trium planetarum superiorum hypoteses stabilitae

Tractatus XV : Duorum inferiorum hypoteses stabilitae

Tractatus XVI : Latitudo minorum planetarum dimensa

Tractatus XVII : De passionibus planetarum

Tractatus XVIII : Proprietates planetarum expositae

Tractatus XIX : Stellae fixae indigitatae

Tractatus XX : Asterismorum figurae descriptae

Tractatus XXI : De fixis singulis caelo visibilibus

Un rapide tour d'horizon de la table des matières de cet ouvrage, confirme l'importance accordée par Guarini aux mesures, importance qui nous avait déjà été montrée par les nombreuses tables auxquelles il consacre plusieurs ouvrages. Le fait de rester près des mesures entraîne d'office une allure ptoléméenne car ne l'oublions pas jusqu'à nos sondes spatiales, toutes les mesures ont toujours été géocentriques. Mais est-ce tout ?

Les auteurs cités par Guarini

Inventorions et analysons rapidement l'avis sur le système à adopter, de ceux qui sont cités par Guarini.

Excluons d'abord de cette analyse les personnages incontournables de ce sujet, comme Copernic, Stevin, Kepler, Tycho Brahe et Galilée qui sont mentionnés par Guarini et dont les opinions sont bien connues. Nous reviendrons sur les positions de Guarini vis-à-vis de ces personnages dans notre analyse de ses *coelestis mathematicae*.

Excluons aussi ceux à qui Guarini fait appel parce qu'ils donnent des mesures dont il a besoin lors de l'établissement de ses tables mais aussi lors de ses raisonnements théoriques. Les opinions de ces auteurs sur le système héliocentrique ne nous apprend rien sur le point de vue de Guarini.

Mais Guarini cite bien d'autres auteurs dont voici la liste

Christiaan Huygens (1629 - 1695)

Ismail Bouillaud (1605 – 1694)

Claude Milliet Dechasles (1621 – 1678),

Caramuel y Lebkovich, (1606 – 1682)

Godefroid Wendelen (1580 – 1667)

Dominique Cassini (1625 – 1712)

Christian Longomontanus (1562 – 1647)

Francesco Fontana (1602 – 1656)

Philipe van Lansberg (1561 – 1632)

Nicolas Zucchi (1586 - 1670)

Gérard Jean Vossius (1577-1649) ou Isaac Vossius (1618-1688)

Force est de constater que les opposants au copernicnisme sont absents et que les défenseurs sont largement majoritaires par rapport aux abstentionnistes. Mais on ne peut pas tirer de conclusion définitive d'une telle constatation.

Revenons sur certains chapitres des *Coelestis mathematicae*

Nous voudrions dans ce qui suit montrer la difficulté qu'il y a, en lisant attentivement le texte, à décider de l'opinion profonde de Guarini. Il est toujours possible de trouver quelques phrases qui semblent définitive en les sortant de leur contexte. Mais immédiatement d'autres se présentent qui pourraient très bien soutenir le contraire. Notre but n'est donc pas de démontrer que Guarini a adopté l'une ou l'autre position mais plutôt de montrer à quel point il a laissé planer le doute.

Le livre s'ouvre sur un intitulé des plus classiques

Tractatus I: Sphaera caelestis descripta [*Coelestis mathematicae*, Vol. 1, p. 1]

(Traité I : Description de la sphère céleste.)

Guarini semble se placer d'entrée de jeu dans la lignée géocentrique du *de sphaera* de Sacrobosco,

Expensio 1 : De caeli rotunditate.

(Premier développement : De la sphéricité du ciel.)

Theor I. Propos I. : Coeli motus circularis est quoad sensum.

(Théorème I. Proposition I : Le mouvement du Ciel est circulaire pour ce qui concerne les sens.)

Et le théorème I, Proposition I sur le mouvement circulaire du ciel nous conforte dans cette opinion. Mais que devons-nous penser de la restriction : pour ce qui concerne nos sens. Le mouvement circulaire du Ciel serait-il dû à une erreur de nos sens ? Cette remarque peut recouvrir le principe de relativité optique, c'est-à-dire le fait que c'est la rotation de la Terre qui nous fait croire au mouvement du Ciel. Guarini qui a lu Galilée ne peut manquer de la savoir. Ebranlé déjà par cette remarque que dire de l'allusion aux orbites elliptiques de Kepler qui suit immédiatement.

... Neque obstat quod planetae juxta Ptolemaeum per excentricos delabantur, aut juxta Keplerum per ellipses.

(... Personne ne s'oppose à ce que les planètes suivant Ptolémée parcourent des excentriques ou suivant Kepler des ellipses.)

Les deux systèmes sont mis sur le même pied. Personne ne s'y oppose parce que l'ellipse ne diffère pas fortement du cercle.

... excentrici vere circuli sint et ellipses, si tamen admittendae, non valde discrepant a circulo.

(... Les excentriques sont de véritables cercles et les ellipses si on les admet, ne diffèrent pas beaucoup du cercle.)

Nous devons pourtant être attentifs et ne pas conclure trop vite. Comme chez Ciermans, et contrairement à nos habitudes, les orbites elliptiques sont admises facilement et ne sont pas dans l'esprit des gens de l'époque synonymes d'héliocentrisme.

Les traités II à VII

Ces traités traitent de la mesure. Comment faire des mesures ? Quelle est l'importance du temps, temps civil et temps astronomique, puis les difficultés de mesures, la parallaxe, la réfraction.

Tractatus VII : Observationes astrorum operi traditae.

(Traité VII : Observations des astres transmises dans les œuvres.)

Après avoir inventorié les difficultés des mesures, Guarini donne une liste, tirée d'auteurs anciens, des irrégularités, du Soleil, de la lune, des trois planètes supérieures, des planètes inférieures. En montrant les difficultés liées à la mesure, Guarini nous a en fait mis en garde contre les résultats qu'il donne à présent. Ce chapitre se termine par une phrase étrange :

Trademus autem omnium irregularitatum quantitatem, tum Longitudinis, tum Latitudinis, & modum quo quantitates singulae decernuntur cum nostro motus explicabimus infra [Coelestis mathematicae, Vol. 1, p. 168].

(Nous traiterons de la grandeur de toutes ces irrégularités, tant en longitude qu'en latitude, et de la manière dont chacune de ces irrégularités peut être tranchée lorsque nous expliquerons, plus loin, notre mouvement.)

Guarini va-t-il à son tour nous proposer un système planétaire ? Mais avant cela, il va rendre compte des systèmes proposés jusqu'ici.

Tractatus VIII : Theoriae planetarum descriptae.

(Traité VIII : Description de la théorie des planètes.)

Ce chapitre est introduit de la manière suivante qui résume ce qu'il vient de faire. Semer le doute sur les résultats de mesure et dès lors discréditer en bloc toutes les lignes tortueuses qui ont été inventées pour décrire le mouvement des planètes.

Cum, ut vidimus, ex observationibus colligatur motus caelestes esse inaequales, Astronomis ea cura fuit tales circulos, linearumque amphractus invenire, per quos ducti Planetae illas inaequalitates exprimerent. Inter vero alias hypotheses, quibus sub lege errores astrorum rediguntur Ptolemaica adeo posteritati placuit, & concinavisa est, ut nemo eam novis circulorum ambagibus temerare, usque ad Copernicum ausus fuerit. Sed is audacior multa mole motum telluris astruens novas caelo tricas invexit, quem Keplerus, Bullialdusque, aliisque permulti secuti insuper, & pro circulis substituerunt Ellipses, putantes melius errorum caelestium incertitudines posse ellipticis gyris representari; quamvis, et spes eos fefellerit. Quapropter nedum antiqua siderum Theoria docenda est tanquam basis, fundamentumque caeterorum, captuque facilius; sed & alia proponendae, ut plenam lector omnium modorum, quibus motu

caelestis prostaphereses aequantur, obtineat cognitionem [*Coelestis mathematicae*, Vol. 1, p. 169].

(Puisque, comme nous l'avons vu par l'ensemble des observations rassemblées, les mouvements célestes sont irréguliers, les astronomes ont inventé pour y remédier, des cercles et des lignes tortueuses (amphractus), au moyen desquelles, ils expriment les irrégularités du mouvement des Planètes. Parmi les différentes hypothèses, qui furent rédigées pour expliquer les irrégularités des Astres, celles de Ptolémée plurent beaucoup à la postérité et furent jugées agréables, au point que personne n'osa proposer d'autres sinuosités des cercles jusqu'à ce que Copernic ne l'ose. Mais cet audacieux, inventât de nouveaux mouvements du ciel et surtout le mouvement de la Terre et fut suivi par Kepler, Bouillaud et beaucoup d'autres, qui de plus, remplacèrent les cercles par des ellipses, pensant que ces tours elliptiques rendraient mieux compte des erreurs célestes, mais leurs espoirs furent déçus. C'est pourquoi, il convient d'enseigner l'ancienne théorie en tant que base et fondement des autres, et plus simple à comprendre ; mais aussi les autres pour permettre au lecteur de connaître tous les moyens de ramener les mouvements des cieux à la prostaphérèse.)

Bien que la théorie de l'audacieux Copernic semble attractive pour Guarini, il n'en ressort pas moins qu'elle ne rend pas mieux compte des « erreurs célestes ». Dès lors, quelle que soit l'opinion que l'on puisse avoir personnellement, Guarini conseille de considérer et d'enseigner l'ensemble des systèmes proposés. Nous sommes arrivé à la conclusion de tous les auteurs mentionnés plus haut dont Ciermans. Guarini ajoute que de cette manière on apprendra à mieux connaître la *prostaphérès*. Il explique la nécessité de ce calcul engendré par le fait que le centre du mouvement vrai n'est pas le centre du Monde.

Pars vero, quae additur vocatur Aequatio, seu Prostapheresis, & Motus in excentrico vocatur Anomalia, seu Irregularitas, non quia motus in ipso sit inaequalis ; sed quia causat inaequalitatem motus veri, ob eius centrum extra centrum Mundi collocatum [*Coelestis mathematicae*, Vol. 1, p. 170].

(La partie ajoutée est appelée équation, ou prostapheresis, et le mouvement dans l'excentrique est appelé anomalie ou irrégularité, non parce que le mouvement y est inégal mais parce que le fait que son centre ne coïncide pas avec le centre du monde cause une inégalité du mouvement vrai.)

La non identité, du centre du monde avec le centre de l'orbite entraîne un terme supplémentaire dans l'équation de l'orbite. Certains appellent prostaphérèse l'opération qui ramène le produit de deux sinus à une somme de deux sinus.

Ensuite Guarini va inventorier tout ce que l'on a trouvé pour palier à ces « erreurs célestes » C'est-à-dire pour mieux rendre compte de la forme des orbites ou encore comme le disaient les anciens pour mieux sauver les phénomènes. Il va ainsi énumérer les outils de la théorie ptoléméenne, les excentriques, épicycles et autres déférents.

Expensio I : De excentrico

(Expensio I : De l'excentrique.)

Expensio II : De duplici excentrico

Quoniam in aliquibus Planetis, immo in omnibus secundum aliquos unicus excentricus irregularitatem eorum non eliminat ; hinc Astronomi duplicem Excentricum protulerunt [Coelestis mathematicae, Vol. 1, p. 172].

(Expensio II : Du double excentrique)

Comme pour certaines planètes, si pas pour toutes, toutes les irrégularités ne disparaissent pas avec un excentrique, les astronomes proposèrent le double excentrique.)

Expensio III : de Epicyclo

Epicyclus est parvus circulus, cuius centrum defertur per circumferentiam alterius circuli. Inventusque est ad salvandam aliam irregularitatem Planetarum, quam vocant respectivam ob connexionem quandam, quam gerit cum Sole, Superiorum quidem qui circa punctum motus medij, ut Sol circa terram moventur eodem tempore circulum cum Sole absolventes, inferiorem autem, qui se girant circa Solem eum pro centro motuum suorum, recognoscendo [Coelestis mathematicae, Vol. 1, p. 175].

(Expensio III : de l'Épicycle)

L'épicycle est un petit cercle dont le centre est déplacé par la circonférence d'un autre cercle. Il est inventé pour sauver d'autres irrégularités des Planètes que l'on appelle respectives à cause d'une connexion qu'elles ont avec le Soleil, les supérieures elles mêmes qui tournent autour d'un point, d'un mouvement moyen, comme le Soleil est mù autour de la Terre dans le même temps que le Soleil autour de la Terre et les inférieures aussi qui tournent autour du Soleil en le reconnaissant comme centre de leur mouvement.)

Expensio IV : De epicyclo in excentricis se movente

(Expensio IV : de l'Épicycle se mouvant sur un excentrique)

Expensio V : De duplici Epicyclo

(Expensio V : Du double Épicycle)

Ce double épicycle a été proposé par Tycho et Longomontanus pour expliquer les irrégularités difficiles de la Lune.

Après avoir inventorier tous ces remèdes inventés pour rectifier les irrégularités des mouvements célestes depuis l'Antiquité, Guarini poursuit sans transition en introduisant les ellipses, et en les classant elles aussi parmi ces remèdes.

Expensio VI : De Ellipsi

Keplerus, sed foelicus Bullialdus Ellipsim pro moderamine primae irregularitatis coelis invaserunt, & licet illi absurdum motum terrae prosupponantur, potuissent tamen ipsum adhibere, & forte facilius, quamvis tellus non agitent ad salvandos caelestes lapsus [Coelestis mathematicae, Vol. 1, p. 183].

(Expensio VI : de l'Ellipse)

Kepler, et mieux encore Bouillaud, introduirent l'ellipse pour diriger les premières irrégularités du ciel et laissèrent présupposer que cet absurde mouvement de la Terre, puisse s'appliquer, et beaucoup plus facilement qu'une Terre qui ne s'agitait pas, à sauver les glissements du ciel.)

Notons ici l'absurdité du mouvement de la terre ou encore de son agitation. Des mots qui, tirés de leur contexte, pourraient laisser croire à l'avis classique et ptoléméen de Guarini, mais ce serait oublier sa remarque initiale sur les sens qui pourraient nous abuser.

Expensio VII: Motuum caelestium ambages circulis, seu ellipsis expressae

Ex observationibus vidimus motus caelestes regulares non esse, aut aequales solemque annuam suam irregularitatem obtinere caeteros Planetas omnes duas consequi, alteram absolutam qua redirent fere post certum tempus ad eandem partem zodiaci, alteram respectivam, que motum Solis respicit, ita quod finiret cum Sol ipsis accederet, usque coniungeretur. Hic vero volumus plenius declare quomodo hi motus per circulos, seu Ellipses ab Astronomis salventur generaliter tamen, & prescindendo a particularibus cuiuscunque Planete orbibus, & hoc ut illorum usus innotescat [Coelestis mathematicae, Vol. 1, p. 186].

(Expensio VII : Mouvements célestes exprimés par deux cercles, c'est-à-dire une ellipse)

Les observations nous ont fait voir que les mouvements du ciel n'étaient pas réguliers ni égaux, et que l'irrégularité annuelle du Soleil a deux conséquences sur les autres Planètes, l'une absolue, qu'elles reviennent après un certain temps à la même place dans le Zodiac, l'autre respectueuse, qu'elles respectent le mouvement du Soleil de manière à finir [leur mouvement] lorsque le Soleil termine [le sien], comme conjugué à lui. Ici nous voulons expliquer pleinement comment les Astronomes sauvent ces mouvements d'abord de manière générales et puis en déterminant pour une Planète quelconque particulière son orbite et tout ce qui est nécessaire pour l'utiliser.)

Cette constatation du mouvement coordonné du Soleil et des planètes avait été faite depuis longtemps et avait justifié le rôle royal attribué au Soleil qui règne sur les planètes qui l'accompagnent. Mais il est évident pour celui qui a compris les choses que ce comportement est une conséquence immédiate de l'héliocentrisme.

Corollarium I

Hinc inferre licet, ut diximus etiam supra, loco Aequantis, & Deferentis posse substitui Ellipsim, vel loco aequantis Excentricum, & loco Deferentis, & Epicycli duplex Epicyclus, vel etiam secundum alios eliminari potest Aequans, & solo Deferente uti pro prima irregularitate absoluta, pro secunda Epicyclo, vel etiam alio Excentrico; essetque morosum velle omnes modos, quibus Planetae motus horum circularum varia compositione potest salvari, velle prolixius explicare [Coelestis mathematicae, Vol. 1, p. 188].

(Corollaire I

De là on peut inférer, comme nous l'avons déjà dit plus haut, que l'on peut substituer des ellipses au lieu des équants et déférents, ou à la place des excentriques et à la place des déférents et des épicycles ou double épicycle ou encore suivant d'autres que l'on peut supprimer les équants et ne garder que les déférents pour la première irrégularité absolue; et pour la seconde un épicycle ou bien un autre excentrique; et il est difficile de connaître toutes les manières dont les Planètes peuvent sauver leurs mouvements en composant ces cercles de manière différentes, ou de vouloir les expliquer de manières plus compliquées.)

Bref tous ces remèdes sont équivalents et les ellipses peuvent les remplacer. Mais une fois de plus, Guarini ne prend pas position, il constate et termine en disant que l'on peut faire comme l'on veut, cela risque seulement d'être plus long. Il conclut

Corollarium 2

... Et haec sunt omnes appellationes, quas ad motum Planetarum pertinent, quae etiam militent, si loco Defequentis substituas Ellipsim [Coelestis mathematicae, Vol. 1, p. 189].

(Corollaire 2

... Et telles sont les appellations pertinentes pour le mouvement des Planètes et qui militent également pour la substitution des ellipses au lieu des Déférents.)

En fin de ce huitième traité, Guarini va introduire l'hypothèse de la Terre mobile.

Expensio VIII : De hypothesi terrae motae.

Quamvis, quod terra moveatur putemus ingenij ostentationem a sensuum ductu se rebellantis, & eorum suasionem dedignanti; adhuc tamen eam declarare oportet, ne quid huic Tractatui desit et incompertum relinquatur [Coelestis mathematicae, Vol. 1, p. 190].

(Expensio VIII : De l'hypothèse de la Terre mobile :

Nous pensons que le mouvement de la Terre est un ingénieux faux semblant contre lequel on se rebelle guidé par les sens; néanmoins il faut ignorer leur persuasion, et déclarer cette hypothèse opportune pour que ce traité ne manque à son devoir et reste incomplet.)

Une telle phrase ne peut s'interpréter que par le refus de son auteur de prendre position. Il va ensuite terminer le traité VIII par une double négation appliquée à un verbe négatif lui-même, à savoir éviter (*eos non vitent necesse non era*) pour laisser le lecteur dans la plus totale incertitude.

Theor. IV. Propos. LIII

... Quare evidens est istos motus terrae Assertores tandem in id consentire, quod summopera effugiunt. Iam enim in Luna Epicicli, seu Ellipsis loco Epicicli cogunt incommodum experiri: unde cum penitus eos non vitent necesse non erat tanto machinamento terra a sua quiete divellere, & in motus extortos cogere, & hae breviter dicta sint de Systematibus terrae

errantis; Motus enim medios aequationes Apogaeorum motus, & anomalias, ut supra diximus ordinant, ut quisque ex se poterit facile cognoscere [Coelestis mathematicae, Vol. 1, p. 191].

(Theor. IV. Propos. LIII)

C'est pourquoi les défenseurs de ce mouvement de la Terre doivent reconnaître qu'ils manquent leur but. Déjà en effet, ils reconnaissent avoir des difficultés pour la Lune avec les épicycles ou ellipses à la place d'épicycles: donc comme profondément, il ne leur était pas nécessaire de ne pas éviter une telle machinerie pour ôter à la Terre son repos et pour lui attribuer un mouvement tortueux qu'ils appellent rapidement système de la Terre errante ; on ordonne le mouvement au moyen des équations du mouvement des apogées et des anomalies, comme nous l'avons dit plus haut, et n'importe qui peut s'en assurer facilement.)

Tractatus IX : Solis motus decreti

(Traité IX : Dogmes du mouvement du Soleil)

Guarini n'évite donc pas la théorie traditionnelle mais on remarquera le terme *décretum* que nous traduisons pas « dogme », forçant un peu l'aspect imposé. Mais cet aspect est bien présent dans décret également.

Tractatus XV : Duorum inferiorum hypoteses stabilitae

(Traité XV : hypothèses établies pour les deux planètes inférieures)

Theor. II. Propos. II : Duo Planeta inferiores modo sunt supra, modo infra Solem

Probatum ex Phasibus, quae Telescopio detectae sunt. Nam sicut in Luna illuminationes variae sunt, modo plena, modo cornuta, modo gibbosa, apparet, sic & hi Planetae, & praecipue Venus [Coelestis mathematicae, Vol. 1, p. 380-381]

(Theor. II. Propos. II : Les deux planètes inférieures sont parfois au-dessus, parfois en dessous du Soleil.

Cela se montre au moyen des phases que le télescope a détectées. Car comme les illuminations de la Lune sont variées, et qu'elle est parfois pleine, parfois en croissant, ou gibbeuse comme ces planètes [inférieures] et principalement Vénus.)

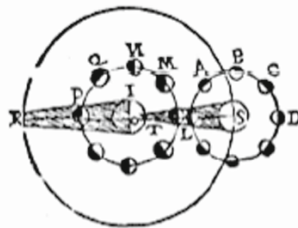


Fig. 12. Dessin rassemblant une Lune tournant autour de la Terre et une planète tournant autour du Soleil pour illustrer le phénomène des phases de la Lune et de Vénus

Dans le quinzième traité, Guarini signale que les planètes inférieures ont comme la lune des phases. Il illustre cette affirmation par un dessin rassemblant une Lune tournant autour de la Terre et une planète tournant autour du Soleil. Il montre ainsi les deux phénomènes de phases et le fait que la planète passe alternativement devant et derrière le Soleil alors que la Lune reste toujours en deçà de ce dernier.

Tractatus XVIII : Proprietates planetarum expositae

(Traité XVIII : Exposé des propriétés des planètes)

Expensio I : De figura planetarum.

(Expensio I : de la figure des Planètes.)

Guarini rassemble ici les résultats des observations faites au moyen du Télescope, principalement par Galilée, à qui il en attribue erronément la découverte.

*Concl. I. Propos. I : Saturnus ad modum lentis efformatus probabiliter est
Probatum ex observationibus Galilei, Fontanae anno 1630, Riccioli anno
1643, Nicolae Zucchij, & Ugenij, qui de haec re librum scripsit.*

(Concl. I. Propos. I : Il est probable que Saturne soit formée de Lentilles

Cela se prouve grâce aux observations de Galilée, Fontana en 1630, de Riccioli en 1643, de Nicolas Zucchi et de Huygens qui a écrit un livre sur ce sujet.)



Fig. 13. Représentations de Saturne proposées par Guarini, nous y reconnaissons l'étoile triple de Galilée en C les anses proposées par Fontana et Riccioli en A et une forme bizarre en B qui pourrait aussi correspondre à une proposition de Fontana

Guarini résume ici toute l'histoire de la découverte de la forme de Saturne. Initiée par Galilée qui croyait à la présence de trois étoiles accolées, fut recomposée par Riccioli qui rassemble dans son *Novum Almagestum* toutes les formes qui ont été proposées pour Saturne. C'est finalement Huygens qui va expliquer sa forme entourée d'un anneau dans le *De systema saturnium* [1659] (fig. 14).

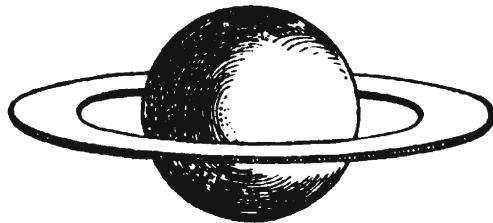


Fig. 14. Représentation de Saturne par Christiaan Huygens

Concl. IV. Propos. IV : *Venus, & Mercurius ad sensum sphaerici sunt.*

(Concl. IV. Propos. IV : Venus, & Mercure sont sphériques aux sens.)

Mais le télescope fait découvrir une d'autres formes



Fig. 15 Représentations des phases de Mercure et de Vénus telles que les montre le télescope selon Guarini

Guarini passe ensuite à l'illumination des planètes qui cause le phénomène des phases.

Expensio II de illuminatione Planetarum

(Expensio II de l'illumination des Planètes)

Theor. I. Propos. VII. : *Lunae suum a Sole Lumen mutuatur, & hinc diversis phasibus variatur.*

(Theor. I. Propos. VII. : La lune reçoit sa lumière du Soleil et donc elle a des phases variables.) (fig. 16)

Theor. IV. Propos. X. : *Planetae superiores recipientes lumen a Sole, neque corniculati, nex bifidi cerni queunt ; sed tantum gibbi [Coelestis mathematicae, Vol. 1, p. 444].*

(Theor. IV. Propos. X. : Les Planètes supérieures reçoivent leur lumière du Soleil mais ne sont jamais en croissant, ni en demi, mais parfois gibbeuse.) (fig. 17)

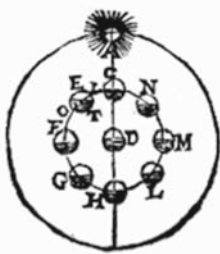


Fig. 16. Les phases de la Lune expliquées par Guarini

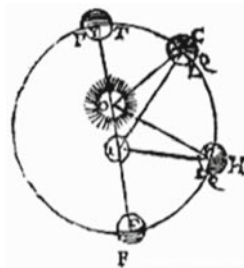


Fig. 17. Explication de l'absence de phase des planètes supérieures

Ces deux dernières figures se combinent pour former la Fig. 12 que nous avons vue supra.

Theor. V. Propos. XI. : *Venus, & Mercurius Lumen a Sole recipiunt, & iisdemque phasibus, ac Lunae variantur.*

Probatur vero ex Phasibus, quae tubo optico ut fig. pr. 4 videre licet,

(Theor. V. Propos. XI. : Vénus et Mercure reçoivent leur lumière du Soleil et ont les mêmes phases que la Lune.

Cela est prouvé par les observations fait au moyen de la lunette comme on l'a montré dans la figure supra [cf. Fig. 18].)

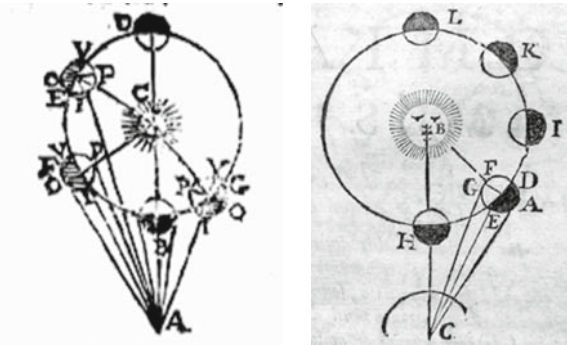


Fig. 18. Les phases de Mercure et Vénus expliquées par Guarini et Fig. 19 par Riccioli

Le phénomène des phases de Vénus est essentiel pour l'héliocentrisme. En effet, les phases de Vénus se succèdent dans l'ordre opposé des phases lunaires comme on peut le voir sur la Fig. 12 de Guarini. Si on ajoute à cela les différences de taille de Vénus au cours de son trajet qui prouvent qu'elle s'éloigne et se rapproche de la Terre au lieu de rester à même distance comme le voudrait la théorie géocentrique, on peut se convaincre de ce que Vénus tourne autour du Soleil. Il est difficile de croire, après les explications précises qui viennent d'être données, que Guarini n'ait pas été sensible à cet argument.

Guarini va terminer son traité XVIII en présentant en parallèle comme ses contemporains, les différents systèmes planétaires et les confronter à ses mesures. Il va au passage proposer son propre système, très proche du système ptoléméen affirme-t-il cette fois haut et fort ; trop haut, trop fort après ce qui précède (voir aussi la Fig. 11 qui reproduit les pages 454-455).

Expensio VI : De loco planetarum

(Expensio VI : l'emplacement des Planètes)

Conc. II. Propos. XXVIII :

Planetarum ordo is est supposito terrae centrum occupare ; primo Luna ambit terram , Solque remotior, Venus, & Mercurius eadem Caelesti regione deportantur ; Superiores autem circa terram, & circa Solem in excentrico delabuntur ampliori, quam Solis circuitu [Coelesti mathematicae, Vol. 1, p. 454].

(Conc. II. Propos. XXVIII :

L'ordre des Planètes est le suivant, la Terre occupe le centre, la Lune est la première à tourner autour de la Terre, puis vient le Soleil, Vénus, Mercure se trouvent dans la même région du ciel, les planètes supérieures tournent aussi autour de la Terre et autour du Soleil aussi mais de manière excentrique sur des cercles plus grands que celui du Soleil.)

Conc. III. Propos. XXIX :

Caeli Regiones per quas planetae deducuntur latiores sunt, ita quod nec Saturnus gyrando in Orbe, Caelum Iovis occupet, nec Iovis regionem Martis, nec Veneris Lunae : Sed Mars Solis confinia aliquando permeat in perigae orbis, Venus, & Mercurius toto orbe, seu Epiciclito motu semper perambulant [Coelestis mathematicae, Vol. 1, p. 454].

...

Praeter hoc nostrum sistema, qui cum Ptolemaico fere convenit, adest Ptolemaicum, quod solum differt a proposito in hoc, quod semper Martem super Solem ferri autemet.

Tychonicum, qui terram orbitae Solis esse centrum statuit, & Lune. Solem vero esse centrum omnium quinque Planetarum [Coelestis mathematicae, Vol. 1, p. 454].

...

Sistema Copernicaeum Solem Immobilem in medio Mundi collocat, circa quem terra, omnesque Planetae sub Zodiaco perferuntur [Coelestis mathematicae, Vol. 1, p. 455].

(Conc. III. Propos. XXIX :

Les régions du ciel que les Planètes parcourent sont larges, de telle manière que Saturne tournant sur son orbite n'occupe pas le ciel de Jupiter , ni Jupiter celui de Mars, ni Vénus celui de la Lune : Mais Mars est si près du Soleil qu'elle pénètre dans son orbite au périégée, Vénus et Mercure parcourent toujours leurs orbites ou épicycles



Fig. 20. Système général ptoleméen et système de Guarini

...

... Donc notre système, qui concorde pratiquement avec celui de Ptolémée et qui est Ptoléméen et n'en diffère que par le fait que ce dernier suppose que Mars est toujours au-dessus du Soleil.

...

Le système de Tycho qui affirme que la Terre est le centre de l'orbite solaire et de celle de la Lune. Mais que le Soleil est le centre de l'orbite des cinq autres Planètes.

... Le système de Copernic place le Soleil immobile au centre du Monde, autour de lui se déplace la Terre et toutes les autres Planètes sur le Zodiac.)



Fig. 21. Le système de Tycho Brahe



Fig. 22. Le système de Copernic

Conclusion

Je ne tenterai pas de conclure en affirmant une quelconque prise de position par Guarini à propos de l'héliocentrisme, alors que je pense avoir montré qu'il refuse de prendre une telle position. Je voudrais seulement montrer le pavement de la Capella della Sindone parce qu'il est tellement beau et parce qu'il contient, on peut y rêver la solution de cette énigme (Fig. 23).

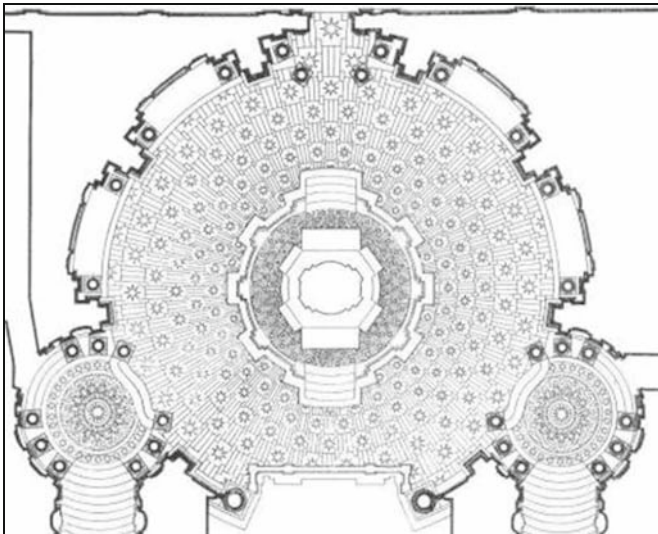


Fig. 23. Pavement de la Capella della Sindone

Bibliographic

- GUARINI, Guarino. 1665. *Placita philosophica*. Parisiis, apud Dionysium Thierry.
- . 1666. *Trattato di fortificatione, che ora si usa in Fiandra, Francia, & Italia*. Torino, Per gl'Eredi Gianelli.
- . 1671. *Euclides adauctus et methodicus mathematicaque universalis*. Turin, Zapata, 1671 réédit 1676.
- . 1674. *Modo di misurare le fabbriche*. Torino, per gl'heredi Gianelli.
- . 1675. *Compendio della sfera celeste*. Torino, appresso Giorgio Colonna.
- . 1678. *Leges temporum et planetarum*. Torino, Per gl'Eredi Gianelli.
- . 1683. *Coelestis mathematicae pars prima et secunda*, Mediolani, ex Typographia Ludouici Montiaë.
- . 1686. *Disegni di architettura civile ed ecclesiastica*. Torino, Per gl'Eredi Gianelli.
- . 1726. *Novum Theatrum Pedemontii et Sabaudiae...*, Hagae-Comitum: sumptibus et cura R. C. Alberts.
- . 1737. *Architettura civile*. Torino, G. Mairesse all'insegna di Santa Teresa di Gesù.
- HUYGENS, Christiaan. 1659. *Systema saturnium, sive de Causis mirandorum Saturni phaenomenon et comite ejus planeta novo*, Hagae-Comitis : ex typ. A. Vlacq.

L'auteur

Patricia Radelet-de Grave is a physicist. She teaches history of mathematics and physics to mathematicians, physicists, engineers, architects and computer scientists at the Catholic University of Louvain la Neuve. She is also the general editor of the Bernoulli Edition. Her main interests are the relations between mathematics and physics, which, for example, she studied through the interactions between the concept of vector and that of force, or between the mathematical concept of field and the concept of electromagnetic field. Studying forces, she was led to works on stability of vaults. She then met Edoardo Benvenuto, with whom she initiated the research series *Between mechanics and architecture*.